

УДК 633.11:631.5:504.054:581.45

© 2011

*Колеснікова Л. А., здобувач\**

Полтавська державна аграрна академія

## ЗМІНА БУДОВИ ЛИСТКОВОЇ ПЛАСТИНКИ ТА ЇЇ ЕПІДЕРМАЛЬНОГО ШАРУ У ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ, ВИРОЩЕНИХ НА НАФТОЗАБРУДНеноМУ ҐРУНТІ

*Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор Г. П. Жемела*

*Встановлено, що навіть за несприятливих умов розвитку проростків пшениці (нафтове забруднення ґрунту) спостерігається дія закону «подібності форми» листкової пластинки. Подібність форми прикореневих листків і їх поперечних зрізів визначає фенотип даних вегетативних органів. На підставі отриманих результатів морфометричного аналізу епідермального шару листкової пластинки виявлено три базові закономірності розвитку епідерміоцитів у залежності від умов експерименту. Встановлено, що при відносно незначних дозах нафтового забруднення ґрунту (5–10 мл/кг) зберігається структурний гомеостаз епідермісу листкової пластинки четвертого листка проростків пшениці ярої, що обумовлено незмінною кількістю епідерміоцитів на зовнішньому та внутрішньому контурах поперечного зрізу листкової пластинки.*

**Ключові слова:** агроєкосистема, нафтові вузлеводні, морфометричний аналіз, епідерміоцити, мікроморфологія.

**Постановка проблеми.** На Полтавщині, як і в цілому в Україні, проблема охорони й забруднення верхнього родючого шару ґрунту найбільш чітко проявилась у районах нафтовидобувних і нафтопереробних підприємств. Нафтовидобувна галузь Полтавщини є провідним нафтогазовидобувним регіоном України. Сорок відсотків українського газу й кожна п'ята тонна нафти із конденсатом видобувається з надр Полтавського регіону, які характерні різноманітним набором родовищ. Нині в Полтавській області налічується 40 нафтогазових родовищ, що знаходяться в експлуатації, та 69 родовищ і площ – у геологічному вивченні й дослідно-промисловій експлуатації [3]. Території нафтопромислів охоплюють площі в десятки й сотні квадратних кілометрів. До того ж переважна частина з них не виключена допокищо із сільськогосподарського землекористування. Нафтозабруднений ґрунт, як доведено, негативно впливає на рослини, а в окремих випадках навіть є екстремальним фак-

тором зовнішнього середовища, до якого вони постійно пристосовуються або ж гинуть [2, 10, 12]. Цей процес називається адаптацією рослин до умов зовнішнього середовища і є одним з актуальніших у сучасній екології сільськогосподарських наук при формуванні високих урожаїв пшениці ярої у зв'язку зі значним розширенням забруднених територій [11].

**Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Враховуючи важливість екологічної проблеми, перед нами постає задача з вивчення та пом'якшення токсикоекологічних ситуацій агроландшафтів Полтавської області, які, на жаль, найбільш піддаються антропогенному впливу. Нині спостерігається активізація в плані використання культурних рослин у технологіях фітореємедіації для відновлення агроєкосистем, забруднених сировою нафтою [5]. Останнім часом у ході розробки означеної проблеми неабиякої уваги надається фізіолого-біохімічним аспектам токсичного та мутагенного впливу нафтозабруднених ґрунтів на рослинні об'єкти [4, 9]. Пригнічення фізіологічних і морфологічних процесів на ранніх етапах онтогенезу неминуче призводить до зниження урожайності сільськогосподарських культур [1, 8]. Відомо, що проростки пшениці на стадії третього-четвертого листків знаходяться в ювенільному періоді, для якого характерний інтенсивний розвиток вегетативних і фотосинтезуючих органів, які й визначають майбутню продуктивність посівів.

**Мета дослідження** – з'ясування закономірностей розвитку епідерміоцитів листкової пластинки (далі буде – ЛП) у проростків пшениці ярої, вирощених на нафтозабрудненому ґрунті.

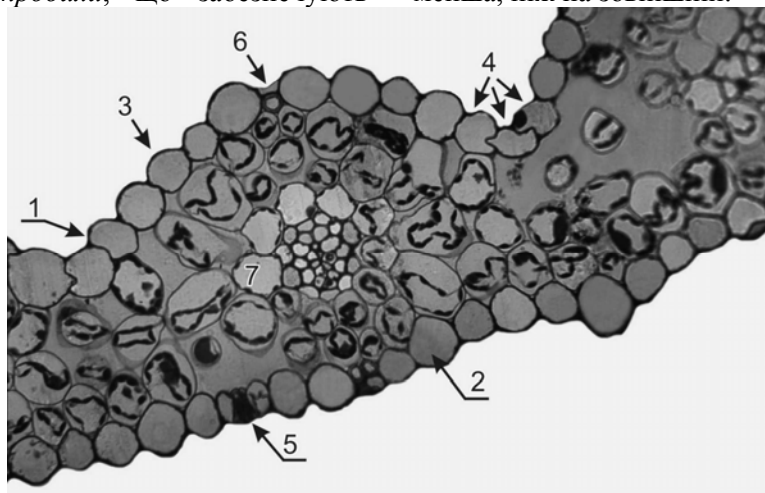
**Методика проведення досліджень.** Пшеницю вирощували на відкритому ґрунті в спеціальних ящиках, у які висівалося по 100 каліброваних насінин. Контрольну групу склали четверті листки проростків пшениці, вирощені на ґрунті,

\* Керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П. В. Писаренко

що не містив компонентів сирової нафти. Експериментальна група – четверті листки проростків пшениці, вирощені на ґрунті з модульованим забрудненням, відповідно, наступних рівнів: 0; 5; 10; 30; 40; 50 мл сирової нафти (густиною  $\approx 0,80$  г/мл) на 1 кг ґрунту. Для мікроскопічних і морфометричних досліджень вирізали центральну частину ЛП у десяти проростків в усіх групах спостережень. Біо-зразки четвертого листка фіксували, обезводжували й заливали в епоксидні смоли згідно з класичною методикою приготування препаратів для електронної мікроскопії [6]. З полімеризованих блоків виготовляли серію напівтонких поперечних зрізів ЛП, які монтували на предметні скельця й забарвлювали метиленовим синім або фуксином. Мікроскопічні дослідження та морфометричний аналіз препаратів проводили за допомогою мікроскопа МБІ-15 при загальному збільшенні 700\*. Для характеристики зрізів біооб'єктів складної форми використали нами розроблений та запропонований спосіб апроксимації зрізів ЛП гомотопними геометричними моделями [7].

**Результати досліджень.** Епідерміс утворений покривною тканиною і розміщений на поверхні листків проростків пшениці. Він складається з одного шару клітин без міжклітинників. Основні фізіологічні функції епідермісу: захист внутрішніх структур, у тому числі хлоренхіми, від руйнівного впливу різних фізико-хімічних факторів зовнішнього середовища, регуляція процесів газообміну та випаровування. Верхній і нижній епідерміс мають типову будову. До складу епідермісу входять: *продихи*, що забезпечують

зв'язок із зовнішнім середовищем, *волоскові* клітини та *рухомі* клітини, що забезпечують рухливість ЛП, сприяючи згортанню листя за несприятливих умов. У нормі зовнішній контур ЛП утворює багаточисленні гребені й заглиблення. Внутрішній контур ЛП більш згладжений, помірно хвилястий. Поверхня листка покрита одношаровим епідермісом, у якого визначаються чотири види клітин, що виконують різні функції (рис. 1). Значна кількість клітин епідермісу відіграє захисну функцію. Вони мають циліндричну форму, зовнішня поверхня покрита відносно тонким шаром кутикули. У заглибленнях ЛП виявляються регулюючі клітини, які в процесі «гідратації  $\leftrightarrow$  дегідратації» цитоплазми міняють свою форму й сприяють звертанню ЛП у разі несприятливих умов зовнішнього середовища. Дрібні клітини утворюють спеціалізовані структури – *продихи*, за допомогою яких здійснюється зв'язок хлоренхіми із зовнішнім середовищем, а також проходить регуляція випаровування та газообміну. *Продихи* найчастіше спостерігаються у середній частині бічної поверхні гребенів ЛП. На вершині гребенів розміщені волоскові клітини, основа яких контактує з нижчележачими елементами механічної тканини, а вершина формує подовжені вістря – волоски. Епідерміс внутрішньої сторони ЛП за будовою схожий з епідермісом зовнішньої сторони, але в ньому відсутні чітко виражені гребені та впадини і не має рухомих клітин. Кількість волоскових клітин і *продихів* на внутрішній поверхні ЛП менша, ніж на зовнішній.



**Рис. 1.** Мікроструктура листкової пластинки четвертого листка проростка пшениці ярої в контролі (норма). Збільшення 400\*, забарвлення метиленовий блакитний. 1 – одношаровий епідерміс зовнішньої поверхні ЛП; 2 – одношаровий епідерміс внутрішньої поверхні ЛП; 3 – епідерміоцити, що виконують захисну функцію; 4 – регулюючі епідермальні клітини; 5 – епідермальні клітини *продихів* ЛП; 6 – місце розташування волоскової клітини; 7 – клітини мезофілу, що утворюють зовнішню піхву судинно-волокнистих пучків.

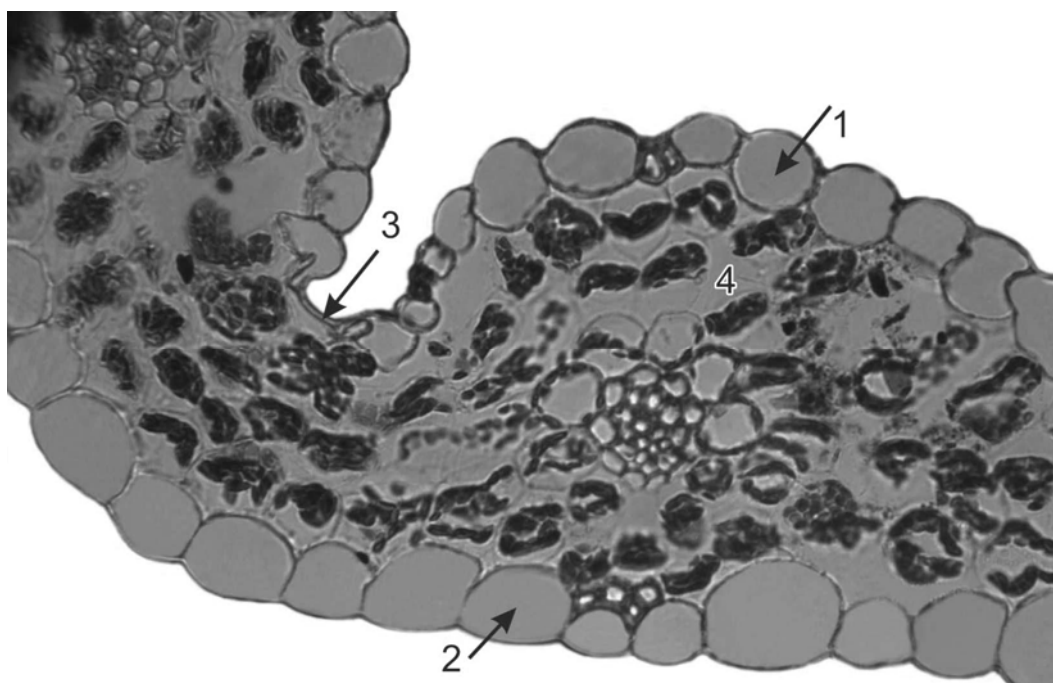
Епідермальні клітини містять округле ядро, розміщене ексцентрично поблизу базальної поверхні. Хлорофіл в епідермісі листків не виявлений. В умовах нафтозабрудненого ґрунту (5 мл/кг) спостерігається значне збільшення розмірів поперечного перерізу ЛП четвертого листка проростків пшениці. Зовнішній контур ЛП помірно хвилястий, утворює відносно невисокі гребені й неглибокі заглиблення.

Епідерміс ЛП покритий безперервним відносно тонким шаром кутикули, який переривається в місцях знаходження продихів і волосових клітин. Шар кутикули помітно товстіший на поверхні клітин епідермісу зовнішньої сторони ЛП. Епідерміс складається зі значної кількості відносно однакових за розмірами прозорих клітин. Товщина епідермісу на внутрішній поверхні ЛП більша, ніж на зовнішній. Відносно контрольної групи спостерігається збільшення товщини епідермісу ЛП у проростків пшениці, вирощених на ґрунті (5 мл/кг). Фізіологічна гіпертрофія клітин епідермісу обумовлює збільшення відстані між продихами на зовнішній і внутрішній сторонах ЛП.

Зачатки волоскових клітин щільно контактують із відносно тонкими механічними волокнами, однак вершина більшості волоскових клітин не має типової форми у вигляді протяжного віс-

тря. Це свідчить про суттєве уповільнення або припинення росту даної спеціалізованої клітинної структури. Значна кількість рухомих регулюючих клітин в епідермісі зовнішнього контуру ЛП знаходиться в стані гідратації. Вони розміщені групою по 3–4 клітини й мають випуклу форму. В окремих місцях загину ЛП рухомі клітини дегідратовані, сплюснені, мають складні контури (рис. 2). Більшість епідерміоцитів оптично світлі, за винятком тих, у цитоплазмі яких виявляється овальне ядро й одиничні дрібні оптично темні гранули.

В умовах нафтового забруднення (10–20 мл/кг) визначається значне зменшення розмірів ЛП четвертого листка проростків пшениці. На зрізах ЛП чітко оконтуровані гребені і впадини. У глибині впадин рухомі епідермальні клітини деформовані й мають складні просторові контури. Часто міжклітинні контакти рухомих епідерміоцитів набувають форму «шарніра», що сприяє збільшенню амплітуди криволінійного переміщення клітин відносно одна одної й збільшенню крутизни розміщення епідермальних клітин на поверхні гребенів. Епідерміс – без видимих пошкоджень, розміщений вздовж ЛП і щільно прилягає до клітин мезенхіми. Продири мають типову будову і розміщені по обидві сторони гребенів, ближче до їх основи. Зустрічаються



**Рис. 2. Мікроструктура листкової пластинки четвертого листка проростка пшениці ярої в експерименті при концентрації сирої нафти у ґрунті 5 мл/кг. Збільшення 400\*:**

1 – епідерміоцити зовнішнього контуру ЛП; 2 – епідерміоцити внутрішнього контуру ЛП; 3 – епідермальні рухомі клітини у стані дегідратації складної форми; 4 – скупчення зерен хлорофілу в цитоплазмі хлоренхімних клітин.

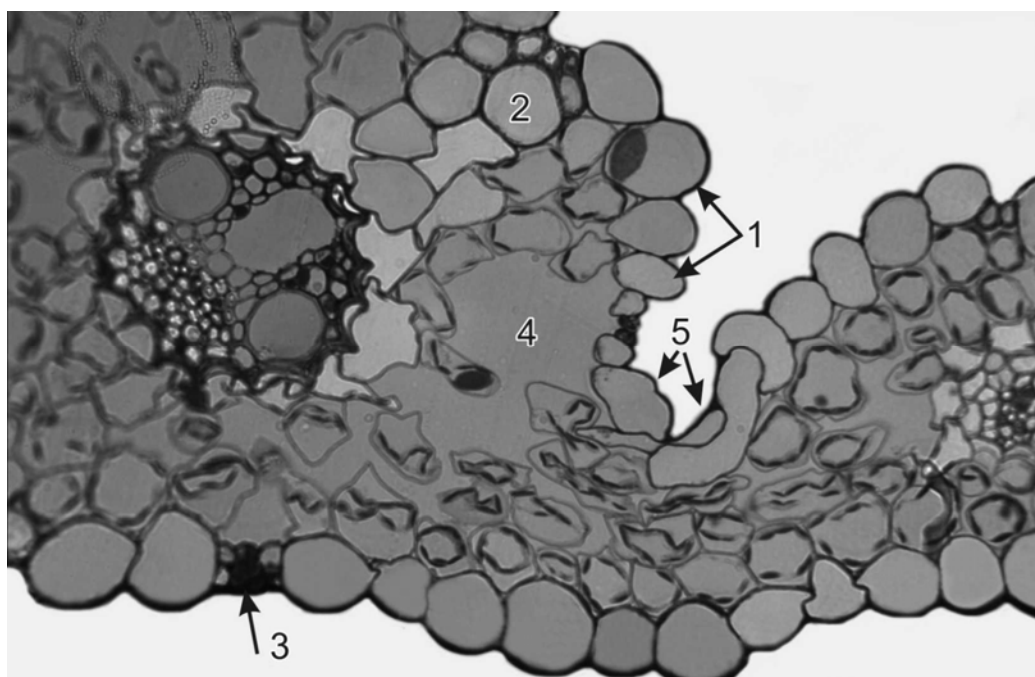
«відкриті» й «закриті» продихи; їх співвідношення 1:2. В умовах нафтового забруднення (20 мл/кг) на внутрішній поверхні ЛП значно зменшується кількість продихів. Спостерігається гетерогенність і гетероморфність клітин епідермісу (рис. 3). У разі виникнення локальних динамічних напружень, при зміні форми рухомих клітин епідермісу, спостерігається трансформація форми покривних клітин. Розміри зрізів клітин епідермісу внутрішнього контуру ЛП суттєво більші, ніж клітин зовнішнього контуру. Зовнішня поверхня епідермальних клітин вкрита суцільним шаром кутикули, який значно товщій на внутрішній поверхні листка.

Нафтове забруднення ґрунту (30 мл/кг) досить впливає на розміри і мікроморфологію ЛП четвертого листка проростків пшениці ярої. Значно зменшується ширина ЛП, яка вкрита потовщеним шаром кутикули. Розміри зрізів цих клітин менші, ніж у контролі. Форма епідермальних клітин і розміри їх поперечних зрізів верхнього і нижнього контуру ЛП не відрізняються між собою, у контролі – клітини нижнього контуру значно більші, ніж епідерміоцити верхнього контуру ЛП. Зменшується кількість продихів у епідермісі ЛП. Зі збільшенням нафтового забруднення ґрунту – від 10 мл/кг до 30 мл/кг – співвідношення «відкриті – закриті» продихи зміню-

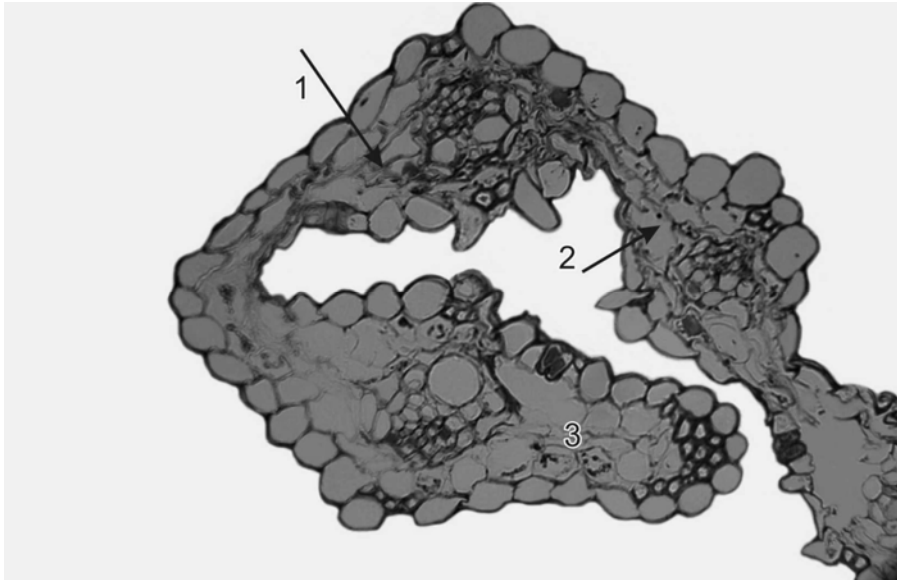
ється від 1:2 до 1:4. Досить рідко на гребнях ЛП виявляються волоскові клітини. Слід зауважити, що в тих місцях, де в контролі виявляються типові волоскові клітини, і ті, що тільки-но формуються, в умовах нафтового забруднення ґрунту на поверхні гребенів ЛП не спостерігаються.

Результати вивчення схожості зерен пшениці при нафтовому забрудненні ґрунту (40–50 мл/кг) дали змогу встановити, що цей показник складає всього 4–6 %. За короткий проміжок часу після сходу проростки пшениці на стадії розвитку третього-четвертого прикореневого листків жовтіють, листки зморщуються, висихають – і рослини гинуть.

Клітини епідермісу переважно випуклої циліндричної форми, щільно прилягають боковою поверхнею один до одного. Із зовнішньої сторони вони вкриті товстим шаром кутикули. Окремі епідерміоцити містять велике ядро й чітко оконтуровану вакуоль. На відмінну від препаратів ЛП контрольної групи, в епідерміоцитах ЛП, що проросли на забрудненому нафтою ґрунті, виявлені поодинокі темні, оптично щільні, сферичної форми «маслянисті» включення, які розміщені переважно у вакуолях і контактують із тонопластом. У зонах локальної деформації рухомих клітин такі цитоплазматичні включення мають сплюснуту сферичну форму або видовжену, у формі «коми».



**Рис. 3.** Мікроморфологія листкової пластинки четвертого листка проростка пшениці ярої (експеримент – забруднення ґрунту сировою нафтою 10 мл/кг). Збільшення – 400\*, забарвлення метиленовий блакитний: 1 – гетероморфність клітин епідермісу; 2 – неперервний зв'язок клітин зовнішньої піхви СВП із клітинами епідермісу, 3 – продих; 4 – макропора; 5 – рухомі епідерміоцити.



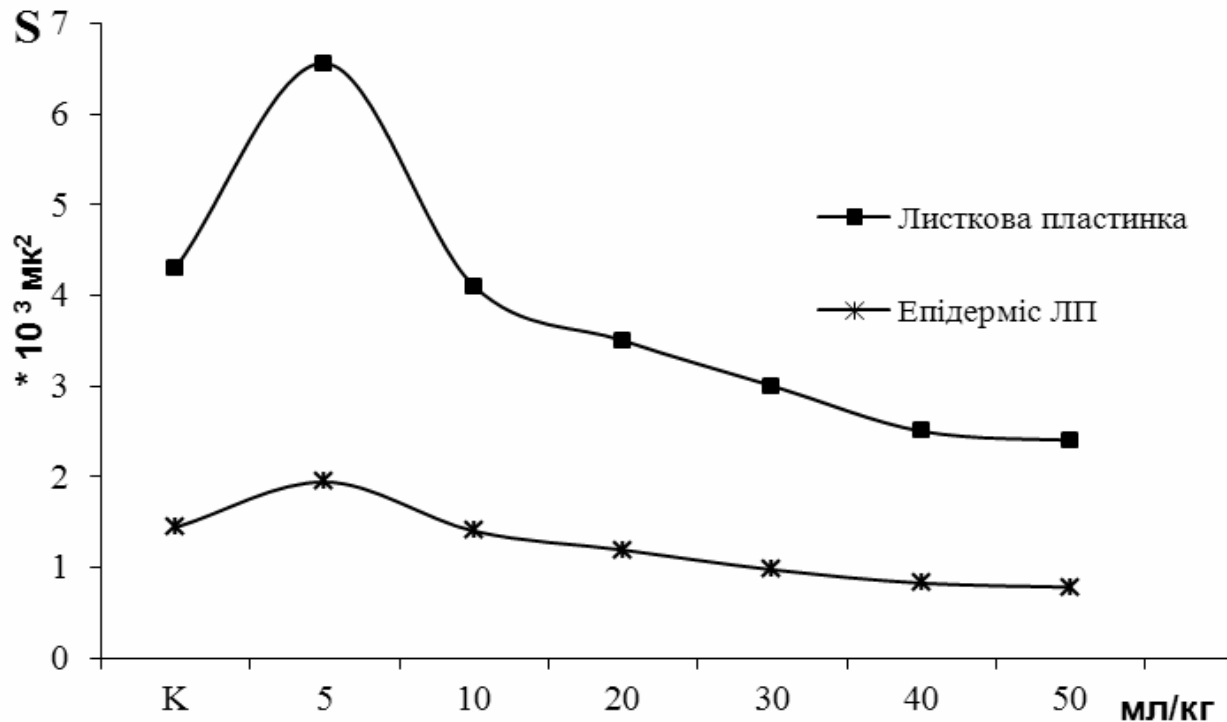
**Рис. 4.** Мікроструктура листкової пластинки четвертого листка проростків пшениці в експерименті (забруднення ґрунту сировою нафтою у дозі 50 мл/кг); збільшення 400\*, забарвлення – метиленовий блакитний: 1 – тотальний пікноз і дегідратація клітин хлороенхіми; 2 – оптично темні кулясті включення, що виявляються в цитоплазмі окремих клітин; 3 – дрібні зерна хлорофілу.

Ці морфологічні спостереження свідчать про те, що виявлені включення в епідерміоцитах в'язкі, пружні, нерозчинні в клітинному соку. У вільному стані в цитоплазмі клітин вони набувають сферичної форми. Це дає підстави припустити, що дані внутрішньоклітинні включення мають в'язку консистенцію і є, очевидно, вуглеводневими компонентами сирової нафти, що знаходиться у верхньому шарі чорнозему.

У зів'ялих листках проростків пшениці (нафтозабруднення 50 мл/кг) спостерігається процес тотальної деструкції клітин епідермісу. Пікноз клітин супроводжується зміною їх форми і зменшенням об'єму (рис. 4). Епідерміоцити набувають вуглуватої форми. Виявляються локальні ділянки клітин, на яких відсутній кутикулярний шар. Ймовірно, при деформації епідерміоцитів відбувається «злушування» часточок кутикули. Клітинна оболонка деяких епідерміоцитів пошкоджена, фрагментована. У результаті дегідратації та пікнозу значна кількість епідерміоцитів зморщена.

Результати проведеного морфометричного аналізу дали можливість встановити, що в залежності від дози нафтового забруднення ґрунту суттєво змінюються розміри ЛП. При концентрації сирової нафти 5 мл/кг спостерігається ріст, а при подальшому збільшенні вмісту нафти – прогресивне зменшення розмірів листкової пластини і площі одношарового епідермісу (рис. 5). Відносно параметрів ЛП у контролі за концент-

рації сирової нафти (5 мл/кг) визначається достовірно й суттєве збільшення площі поперечного перерізу ЛП в 1,53 разу, від  $430 \cdot 10^3 \text{ мк}^2$  у нормі, до  $\approx 660 \cdot 10^3 \text{ мк}^2$ . Отже, малі дози нафтового забруднення (5 мл/кг) володіють стимулюючим впливом на процеси метаболізму в клітинах ЛП. Відбувається збільшення розмірів і маси ЛП четвертого прикореневого листка проростків пшениці ярої. Приріст площі поперечного зрізу ЛП відносно норми становить 153 %. Ріст розмірів ЛП супроводжується збільшенням протяжності та ширини пласта одношарового епідермісу. Сумарна площа верхнього й нижнього шарів епідермісу зрізу ЛП збільшується від  $144 \cdot 10^3 \text{ мк}^2$  (у нормі) до  $177 \cdot 10^3 \text{ мк}^2$  (5 мл/кг). При наступному збільшенні концентрації сирової нафти у ґрунті (10 мл/кг) параметри структурної організації ЛП четвертого листка проростків пшениці мало відрізняються від показників норми (рис 5). Однак ці метричні показники ЛП набагато менші, ніж у рослин, вирощених на нафтозабрудненому ґрунті (5 мл/кг). Якщо площу ЛП у нормі прийняти за 100 %, то в умовах нафтового забруднення ґрунту (10 мл/кг) її площа становить 95 % і в метричному вираженні дорівнює  $410 \cdot 10^3 \text{ мк}^2$ . Сумарна площа зовнішнього та внутрішнього епідермісу ЛП (у межах похибки вимірювань) не відрізняється від контрольних значень і складає 97 % від норми, а в метричному вираженні дорівнює  $140 \cdot 10^3 \text{ мк}^2$ .



**Рис. 5.** Графіки зміни площі зрізу ЛП та її структурних компонентів у залежності від концентрації сирої нафти у ґрунті. По вісі абсцис – концентрація сирої нафти (мл/кг); по вісі ординат – площа поперечного зрізу (мк<sup>2</sup>). К – контрольні значення показників.

Наведені морфометричні дані дають підстави стверджувати, що в умовах нафтового забруднення ґрунту (10 мл/кг) органічні складові нафти не проявляють стимулюючої або інгібіруючої дії на ріст і розвиток вегетативних органів проростків пшениці. Спостерігається лише тенденція до уповільнення анаболічних процесів росту прикореневих листків проростків цих рослин, що морфологічно проявляється в певному зменшенні цифрових значень морфометричних параметрів структурної організації ЛП четвертого прикореневого листка. При збільшенні дози нафтового забруднення ґрунту (до 50 мл/кг) спостерігається суттєве уповільнення процесів росту вегетативних органів проростків пшениці. Морфологічно це проявляється в значному зменшенні цифрових значень морфометричних показників ЛП четвертого прикореневого листка (рис. 5). Площа ЛП зменшилася від  $350 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> (20 мл/кг) до  $240 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> (50 мл/кг). При забрудненні сирією нафтою (50 мл/кг) розміри поперечного зрізу ЛП четвертого листка (відносно контролю) зменшуються в 1,8 разу; площа покривної тканини – епідермісу – зменшилася в 1,85 разу.

На рис. 6 наведені графіки змін площі епідерміального шару, розміщеного на зовнішньому (1) і внутрішньому (2) контурах зрізів ЛП проро-

стків пшениці, в залежності від умов експерименту. Морфометричні дані свідчать про те, що площа епідермісу зовнішнього контуру ЛП достовірно менша площі епідермісу, розміщеного на внутрішньому контурі. В ході всього експерименту спостерігається синхронізація процесів росту та зменшення площі перерізу зовнішнього і внутрішнього контурів епідерміального шару ЛП. В умовах нафтового забруднення ґрунту (5 мл/кг) відбувається збільшення площі епідермісу на зовнішньому контурі зрізу ЛП від  $67 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> до  $90 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup>. Площа епідермісу на внутрішньому контурі зрізу ЛП зростає від  $77 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> (у нормі) до  $104 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup>. Цей приріст відносно норми становить 35 %. В інтервалі значень нафтового забруднення ґрунту (10–50 мл/кг) відбувається зменшення числових значень площі епідермісу верхнього контуру ЛП від  $62,7 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> до  $36,5 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup>, на нижньому контурі – від  $77 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> до  $41,5 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup>. Сумарна площа епідермісу ЛП зростає від  $144 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> в нормі до  $194 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> при забрудненні ґрунту (5 мл/кг). Із збільшенням концентрації нафти від 10 мл/кг до 50 мл/кг загальна площа епідермісу прогресивно зменшується (від  $139,8 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup> до  $78 \cdot 10^3$  мк<sup>2</sup>). При максимальному нафтовому забрудненні ґрунту (50 мл/кг) площа епідермісу на ЛП становить 54 % порівняно з контролем (рис. 6).

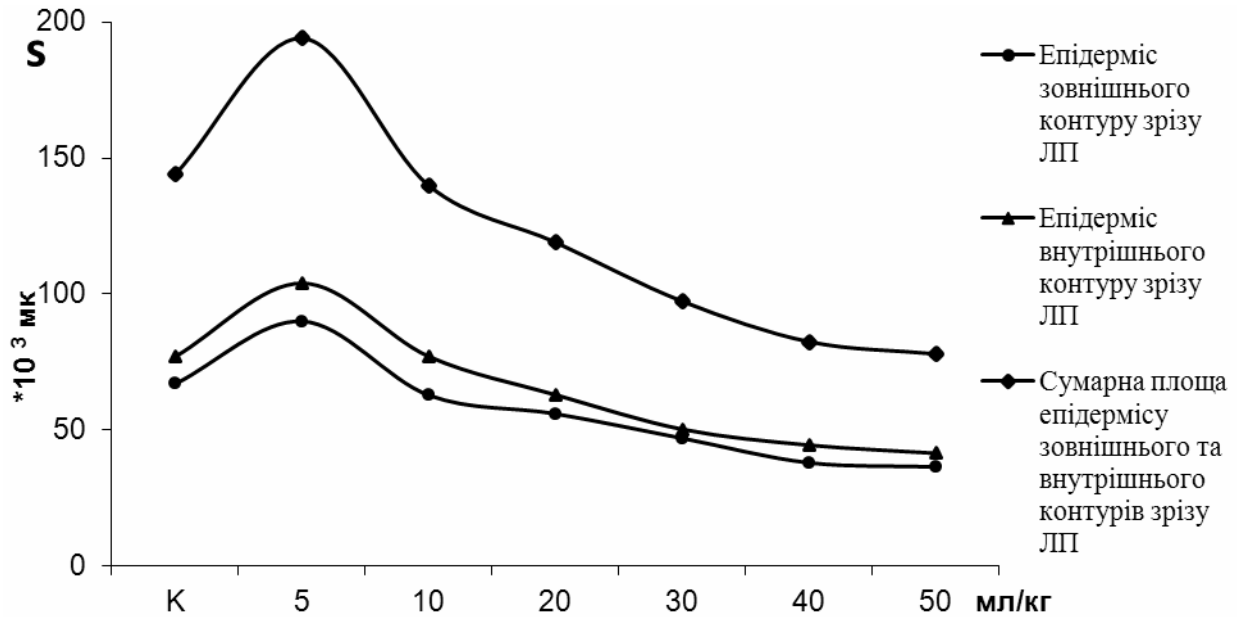


Рис. 6. Графіки зміни площі зрізів епідермісу ЛП. По вісі абсцис – концентрація сирої нафти у ґрунті (мл/кг); по вісі ординат – площа епідермісу, (мк<sup>2</sup>). К – контрольні значення показників.

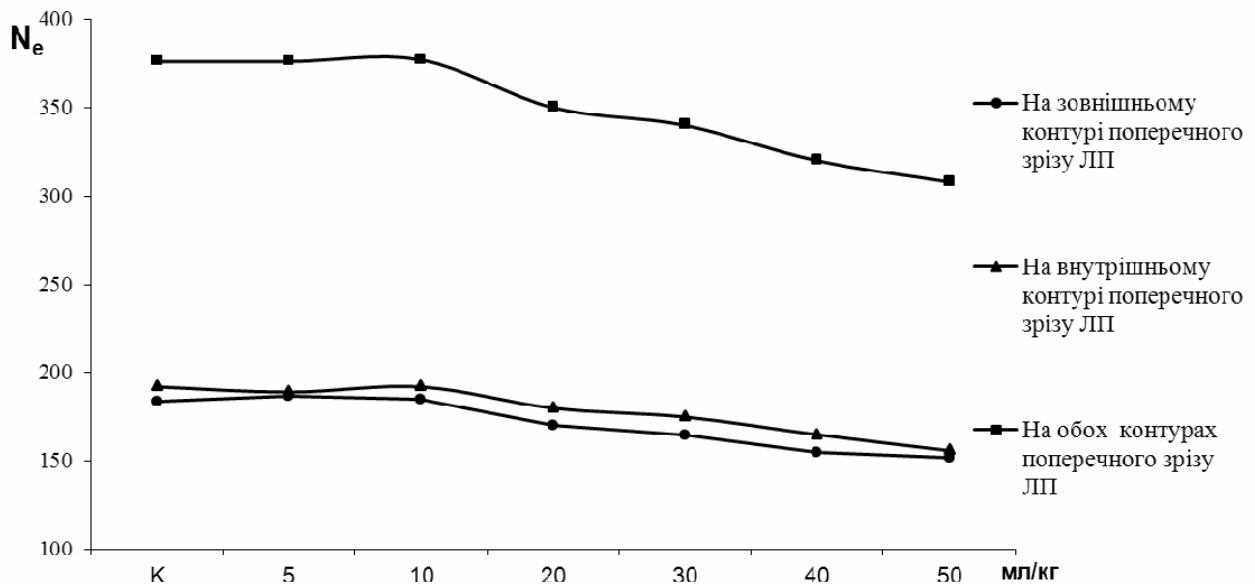


Рис. 7. Графіки зміни кількості зрізів клітин епідермісу ЛП. По вісі абсцис – концентрація сирої нафти у ґрунті (мл/кг); по вісі ординат – число зрізів клітин епідермісу – N<sub>e</sub>; К – контрольні значення показників.

Для визначення фізіологічних процесів, що обумовлюють ріст і зменшення площі епідермального шару ЛП, нами досліджено динаміку зміни кількості зрізів епідермальних клітин та їх середньої площі в залежності від нафтового забруднення ґрунту. В інтервалі (5–10 мл/кг) кількість зрізів епідерміоцитів на гістопрепаратах ЛП, у межах похибки вимірювання, не змінюється й становить 184–187 на зовнішньому контурі (1) і 190–192 на внутрішньому контурі (2),

що в сумі дорівнює 375–378 (рис. 7). При збільшенні нафтового забруднення ґрунту – від 20 мл/кг до 50 мл/кг – на верхньому контурі зрізу ЛП кількість зрізів епідерміоцитів зменшується від 170 до 152. При максимальній концентрації у ґрунті сирої нафти (50 мл/кг) кількість епідерміоцитів на верхньому контурі зрізу ЛП, відносно норми, становить ~ 83 %, на нижньому контурі зрізу ЛП цей показник дорівнює ~ 81 %. Сумарна кількість епідерміоцитів, розміщених по периметру

зрізу ЛП, зменшується від 376 (у нормі) до 307 – при вмісті сирової нафти в ґрунті 50 мл/кг. Отже, їх кількість відносно контролю становить приблизно 82 %.

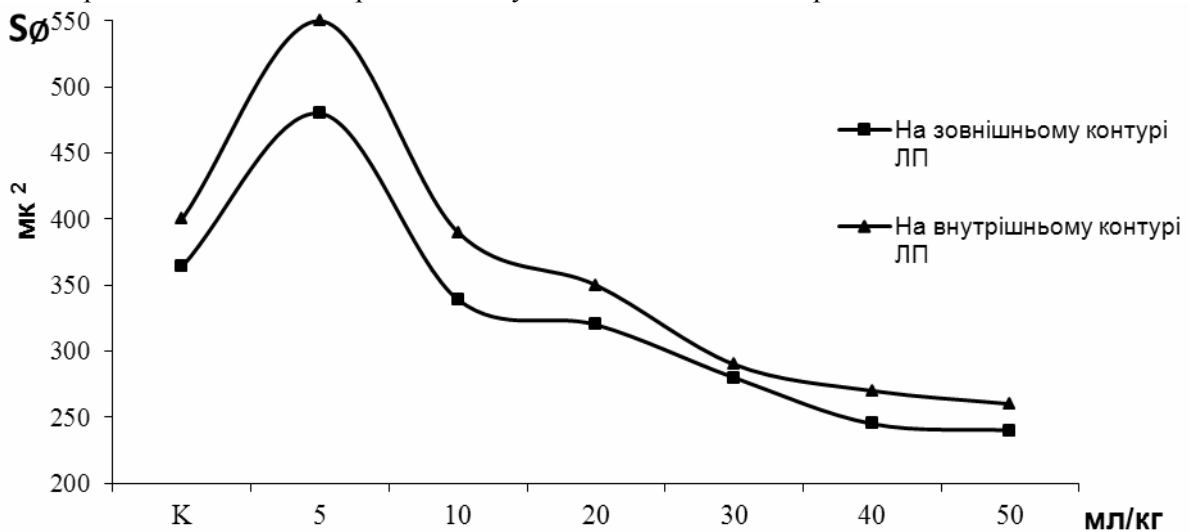
На рис. 8 наведені графіки зміни середніх значень площі зрізів епідерміоцитів на зовнішньому контурі (1) і внутрішньому контурі (2) ЛП, що вказує: при нафтовому забрудненні ґрунту 5 мл/кг спостерігається суттєве збільшення середньої площі зрізів епідерміоцитів на зовнішньому контурі (1) ЛП від 364 мк<sup>2</sup> до 480 мк<sup>2</sup>. Ці показники для епідерміоцитів внутрішнього контуру (2) ЛП, відповідно, дорівнюють 400 мк<sup>2</sup> у нормі і 550 мк<sup>2</sup> – при 5 мл/кг. Приріст середньої площі зрізу епідерміоцитів на зовнішньому контурі ЛП становить відносно норми близько 32 %, а епідерміоцитів на внутрішньому контурі зрізу ЛП – 37 %. При збільшенні нафтового забруднення ґрунту (від 10 мл/кг до 50 мл/кг) спостерігається поступове зменшення цифрових значень середньої площі зрізу епідерміоцитів на зовнішньому контурі ЛП від 339 мк<sup>2</sup> до 240 мк<sup>2</sup> і на внутрішньому – від 402 мк<sup>2</sup> до 266 мк<sup>2</sup>. Таким чином, при високих дозах нафтового забруднення ґрунту (40–50 мл/кг) значно зменшуються розміри епідерміоцитів четвертого листка проростків пшениці ярої. Порівняно з нормою, середня площа зрізів епідерміоцитів зовнішнього та внутрішнього контурів ЛП зменшується в 1,5 разу.

Проведенні морфометричні дослідження динаміки зміни кількісних параметрів епідермісу ЛП четвертого прикореневого листка проростків пшениці ярої дають підстави зробити наступне

припущення: в інтервалі малих концентрацій вмісту нафти у ґрунті (0–10 мл/кг) збільшення та подальше зменшення площі епідермального шару на поперечному зрізі ЛП не пов'язано зі змінами числа епідерміоцитів – їх кількість залишається сталою (незмінною). Ріст, а потім зменшення цифрових значень середньої площі поперечного перерізу епідерміоцитів свідчить про «збільшення ↔ зменшення» об'єму цих клітин. Домінуючим об'ємним компонентом парапласту епідерміоцитів є вакуоль, яка заповнена клітинним соком. Саме «збільшення ↔ зменшення» вакуолярного простору (гідратація ↔ дегідратація) й обумовлює зміни об'єму клітин епідермісу при малих дозах нафтового забруднення ґрунту. Адаптація проростків пшениці до середніх і великих доз нафтового забруднення ґрунту відбувається шляхом зменшення розмірів ЛП, зменшення об'єму епідерміоцитів (їх дегідратація) і зниженням загальної кількості цих клітин по периметру поперечного зрізу ЛП.

**Висновки:** 1. Таким чином, незважаючи на зменшення площі зрізів ЛП, їх форма відносно норми практично не змінюється. Це свідчить про те, що навіть за несприятливих умов розвитку проростків пшениці (нафтове забруднення ґрунту) спостерігається дія закону «подібності форми» ЛП.

2. Малі дози сирової нафти в ґрунті (5–15 мл/кг) не впливають на кількість епідермальних клітин, а середні (20–30 мл/кг) і великі дози (40–50 мл/кг) гальмують процес проліферації цих клітин в епідермісі четвертого прикореневого листка проростків пшениці ярої.



**Рис. 8.** Графіки зміни площі зрізів клітин епідермісу на зовнішньому контурі поперечного зрізу ЛП (1), внутрішньому контурі поперечного зрізу ЛП (2). По вісі абсцис – концентрація сирової нафти у ґрунті (мл/кг); по вісі ординат – площа зрізів клітин епідермісу (мк<sup>2</sup>). К – контрольні значення показників.



3. Результати морфометричного аналізу дали змогу виявити три базові закономірності розвитку епідерміоцитів у залежності від умов експерименту:

- на зрізах четвертого прикореневого листка проростків пшениці кількість зрізів епідерміоцитів на внутрішньому контурі ЛП завжди більше, ніж на зовнішньому. Ця закономірність проявляється незалежно від дози нафтового забруднення ґрунту;

- виявлена однонаправленість і синхронізація

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Білик Г. І. Рослинність засолених ґрунтів України, її розвиток, використання та поліпшення. – К.: Вид-во АН УКРАЇНИ, 1963. – 300 с.
2. Веселова Т. В., Веселовский В. А., Чернавский Д. С. Стресс у растений / Т. В. Веселова, В. А. Веселовский, Д. С. Чернавский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 145 с.
3. Звіт про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2009 році. – Полтава: Державне управління екології та природних ресурсів у Полтавській області, 2010. – 117 с.
4. Костишин С. С., Хорбут Н. С. Морфологічні зміни *Lemna minor* та *Elodea canadensis* в умовах нафтового забруднення / С. С. Костишин, Н. С. Хорбут // Екологія та ноосферологія. – 2007. – Т. 18. – №1–2. – С. 68–76.
5. Назаров А. В. Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв / А. В. Назаров, С. А. Илларионов // Альтернативная энергетика и экология. – 2005, № 1. – С. 60–65.
6. Пиз Д. Гистологическая техника в электронной микроскопии / Д. Пиз. – М.: ИЛ., 1983 – 163 с.
7. Писаренко П. В. Изопериметрия равновеликих плоских фигур і її використання для морфометрії

процесів зміни кількості епідермальних клітин на зовнішньому та внутрішньому контурах зрізів ЛП в умовах проведеного експерименту;

- за відносно незначних дозах нафтового забруднення ґрунту (5–10 мл/кг) зберігається структурний гомеостаз епідермісу ЛП четвертого листка проростків пшениці ярої, що обумовлено незмінною кількістю епідерміоцитів на зовнішньому та внутрішньому контурах поперечного зрізу ЛП.

зрізів листової пластинки проростків пшениці ярої / П. В. Писаренко, Л. А. Колеснікова, Г. Є. Загоруйко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2010. – №4. – С. 30–35.

8. Растения в экстремальных условиях минерального питания: эколого-физиологические исследования / Под. ред. М. Я. Школьника. – Л.: Наука, 1983. – 177 с.

9. Терек О. І. Фотосинтетичні пігменти рослин *Carex hirta* L. за умов нафтового забруднення ґрунту / О. І. Терек, Н. М. Джура, О. М. Цвілинюк // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Т. 40. – №3. – С. 238–243.

10. Adams P., Thomas J. C., Vernon D. M. et al. Distinct cellular and organismic responses to salt stress // Plant. And Cell. Physiol. – 1992. – V. 33, №2. – P. 1215–1223.

11. Ghassemi F., Kakeman A. J., Nix N. A. Salinization of land water resources // Wallingford, CT: CAB Intern. – 1998. – 526 p.

12. Jones H. G. Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology // 2th Cambridge Univ. press. – 1992. – 296 p.