

УДК 581.2

Т. І. Юсипіва

Дніпропетровський національний університет

ВПЛИВ ПРОМИСЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ГІСТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЦИЛІНДРА СТЕБЛА ВИДІВ РОДУ *FRAXINUS*

Висвітлено результати досліджень гістологічних характеристик центрального циліндра стебла у аборигенного виду *F. excelsior* L. та інтродуцентів *F. lanceolata* Borkh. і *F. pennsylvanica* Marsh. за умов дії на лісові фітоценози викидів коксохімічного виробництва. Фітотоксиканти викликають зміни співвідношення гістологічних елементів стели: у *F. excelsior* спостерігається збільшення товщини деревини та м'якого лубу, у *F. lanceolata* – ширини деревини та серцевини, зменшення вторинної кори (за рахунок м'якого лубу), у *F. pennsylvanica* – зниження товщини деревини та твердого лубу.

Histological characteristics of a stem's central cylinder of introduced species *Fraxinus lanceolata* Borkh. and *F. pennsylvanica* Marsh., and aboriginal species *F. excelsior* L. under emissions of by-product coke plants are described. Phytotoxicants cause changes in proportions of histological elements of the stele: the timber and soft bast thickness increase in the *F. excelsior*, the timber and medulla thickness developing, but the soft bast decreasing in the *F. lanceolata*, and the decrease of timber and hard bast in the *F. pennsylvanica*.

Вступ

Екологічні проблеми південного сходу України зумовлені зростанням антропогенного впливу на природне середовище. Викиди промислових підприємств, особливо коксохімічного, викликають глибокі порушення газового складу атмосферного повітря, що призводить до зміни умов існування як природної рослинності, так і штучних лісових насаджень [2]. Вивчення стану деревних рослин, що зростають в умовах тривалої дії на них промислових емісій, дозволяє оцінити можливість їх адаптації до фітотоксикантів. Найвагомішими є зміни гістологічних характеристик і ступеня визрівання пагонів, бо вони відображають фізіолого-біохімічні та ростові адаптивні процеси рослин [1; 7]. Крім того, залежно від екологічних умов, навіть у видів, близьких у систематичному відношенні, можуть спостерігатися відмінності в анатомічній будові [3].

На даному етапі хронічний вплив промислових емісій на внутрішню будову пагонів деревних порід досліджений недостатньо, а структура та співвідношення гістологічних елементів стебла у аборигенних та інтродукованих видів роду

Fraxinus в умовах забруднених територій практично не вивчені. У попередній роботі ми представили результати досліджень дії викидів коксохімічного виробництва на анатомічні характеристики первинної кори стебла ясенів [11]. Оскільки основні функції стебла виконує стела, мета цієї роботи – оцінити вплив викидів коксохімічного виробництва на гістологічні показники центрального циліндра стебла однорічного пагона представників роду *Fraxinus* в умовах степового Придніпров'я.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкти дослідження – однорічні стебла 20–25-річних дерев трьох видів роду *Fraxinus* L.: інтродуцентів *F. lanceolata* Borkh. і *F. pennsylvanica* Marsh. та аборигенного виду, що зростає на межі свого природного ареалу *F. excelsior* L.

Попередніми дослідженнями ми встановили більшу стійкість за морфологічними ознаками *F. excelsior* порівняно з менш толерантним *F. pennsylvanica* і чутливим *F. lanceolata*. Збирання матеріалу проводили у серпні 2000–2001 років на двох пробних ділянках: моніторинговій площі, розміщеній у лісовому культурфітоценозі м. Дніпропетровськ, що прилягає до ВАТ Дніпрококс (за даними центральної заводської лабораторії, середні концентрації забруднювачів становили: SO_2 – 1,145 мг/м³, NO_x – 0,108 мг/м³, H_2S – 0,131 мг/м³, NH_3 – 0,32 мг/м³, феноли – 0,0106 мг/м³, завислі частки – 0,86 мг/м³) та у контрольній умовно чистій зоні (за даними міської санепідстанції, концентрації токсичних газів не перевищують ГДК).

На кожній із пробних ділянок із гілок середнього ярусу південно-східного боку крони п'яти модельних дерев на однаковій відстані від верхівки пагона було взято по п'ять пагонів і зафіксовано у 96 % спирті. Поперечні зрізи стебел готували з середньої частини міжвузля за допомогою ручного мікротома, забарвлювали їх флороглюцином [8]. Препарати розглядали під мікроскопом: тканини – при збільшенні у 100 разів, клітини – у 250 разів. Повторність дослідів була такою: 30–50 зрізів стебла одного виду з кожної пробної ділянки, 50–100 виміряних клітин на одному зрізі. Результати дослідів оброблені статистично [9].

Результати та їх обговорення

Дослідження впливу промислового забруднення на будову стебла представників роду *Fraxinus* виявило, що під дією фітотоксикантів відбуваються зміни росту та диференціації гістологічних елементів центрального стебла в усіх вивчених деревних порід (табл. 1, 2, рис. 1). Залежно від виду рослин змінюється будова різних частин осевого циліндра: вторинної кори, деревини або серцевини.

Серед перелічених гістологічних елементів стебла в умовах техногенезу менше змінюється товщина вторинної кори (табл. 1). Цей показник у *F. excelsior* і *F. pennsylvanica* на модельній площі практично не відрізняється від контрольної величини (різниця між дослідними та контрольними варіантами статистично не достовірна при 5 % рівні значимості), а у *F. lanceolata* знижується відносно контролю на 15,9 % (рис. 1). Комплексне забруднення природного середовища викидами оксиду сірки (IV), оксидів вуглецю, сірководню, аміаку та фенолів практично не впливає на товщину твердого лубу у пагонах усіх досліджених об'єктів. Але формування цієї частини вторинної кори відрізняється в умовах чистої зони та промайданчика. Під дією фітотоксикантів ширина луб'яних волокон у *F. lanceolata* та *F. pennsylvanica* значно зменшується (складає 61,8 та 79,3 % від контрольної величини для першого та другого видів відповідно) (табл. 2), а число шарів клітин при цьому достовірно зростає (на 63,0 та 8,2 %). Незважаючи на суттєве зниження ширини клітин, товщина твердого лубу у цих деревних порід не змінюється відносно

контрольного значення. Таким чином, адаптація рослин до стресового фактора – промислового забруднення – відбувається у напрямку зростання ксероморфності в анатомічній будові механічної тканини вторинної кори [6].

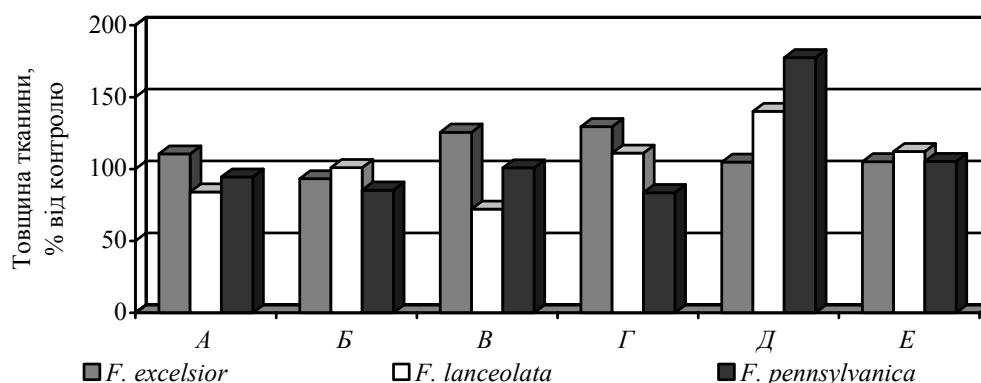


Рис. 1. Вплив промислового забруднення на гістологічні характеристики центрального циліндра стебла однорічного пагона представників роду *Fraxinus* (% від контролю):
А – вторинна кора; Б – твердий луб; В – м'який луб; Г – деревина;
Д – діаметр найбільшої судини; Е – серцевина.

Таблиця 1

Вплив промислового забруднення на товщину тканин центрального циліндра стебла представників роду *Fraxinus*, мкм

Моніторин- гова точка	Флоема	<i>t</i>	Твердий луб	<i>t</i>	М'який луб	<i>t</i>	Деревина	<i>t</i>	Діаметр найбільшої судини, мкм	<i>t</i>	Серцевина	<i>t</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>												
Контроль	223,17 ± 4,26		100,01 ± 0,91		120,03 ± 0,44		350,16 ± 15,02		26,25 ± 1,88		1015,02 ± 57,51	
Пром- майданчик	246,64 ± 12,07	1,76	93,33 ± 12,09	0,63	150,83 ± 17,54	2,12	453,33 ± 33,88	2,78	27,51 ± 2,50	0,39	1066,66 ± 78,64	0,53
<i>Fraxinus lanceolata</i>												
Контроль	249,67 ± 12,08		104,16 ± 6,59		143,47 ± 15,15		316,67 ± 8,89		20,02 ± 0,20		1000,02 ± 25,11	
Пром- майданчик	210,03 ± 9,52	2,59	105,22 ± 15,42	0,06	103,48 ± 12,93	2,02	351,82 ± 13,31	2,20	28,04 ± 2,38	3,35	1121,74 ± 51,81	2,12
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>												
Контроль	318,26 ± 11,04		119,13 ± 6,32		196,52 ± 22,75		460,04 ± 22,61		28,04 ± 2,65		903,47 ± 82,80	
Пром- майданчик	300,73 ± 22,17	0,71	101,74 ± 4,76	2,20	198,26 ± 12,70	0,06	384,35 ± 30,61	2,00	49,78 ± 2,50	5,98	951,30 ± 34,84	0,53

Примітка: $t_{0,05} = 1,96$.

Розвиток провідних елементів флоєми більшою мірою, ніж твердого лубу, залежить від дії пошкоджувальних чинників навколишнього середовища. Аерогенні полутанти викликають збільшення ширини клітин м'якого лубу у стеблах *F. excelsior*, що може бути пов'язаним із посиленням транспорту продуктів асиміляції з фотосинтезувальних до інших вегетативних органів рослин (табл. 2). Анало-

гічні результати отримані нами для самосіву *Robinia pseudoacacia* L. та *Gleditsia triacanthos* L., що підпадали під хронічну дію токсичних газів SO_2 та NO_2 [12].

Товщина м'якого лубу у стеблах *F. pennsylvanica* на забрудненій ділянці не змінюється порівняно з чистою зоною. У чутливого виду *F. lanceolata* ширина цієї тканини відносно контролю зменшується на 27,9 % (табл. 1), що зумовлено зниженням ширини клітин (табл. 2). Отже, товщина вторинної кори в однорічних пагонів представників роду *Fraxinus* в умовах промислових емісій коксохімічного виробництва не змінюється для *F. excelsior* та *F. pennsylvanica* і зменшується для *F. lanceolata*.

Таблиця 2

**Вплив промислового забруднення на гістологічні показники
центрального циліндра стебла представників роду *Fraxinus***

Моніторин- гова точка	Твердий луб	<i>t</i>	% від конт- ролю	М'який луб	<i>t</i>	% від конт- ролю	Деревина	<i>t</i>	% від конт- ролю	Серцевина	<i>t</i>	% від конт- ролю
Число шарів клітин, штук												
<i>Fraxinus excelsior</i>												
Контроль	6,17 ± 0,03			10,93 ± 0,39			27,44 ± 0,18			29,03 ± 1,84		
Пром- майданчик	5,59 ± 0,68	0,86	90,6	11,31 ± 0,22	0,02	103,5	34,52 ± 0,19	2,29	125,8	26,69 ± 3,66	0,57	91,9
<i>Fraxinus lanceolata</i>												
Контроль	6,03 ± 0,19			12,10 ± 0,23			26,55 ± 0,26			30,69 ± 1,16		
Пром- майданчик	9,83 ± 0,26	11,9	163,0	10,80 ± 1,42	0,90	89,3	31,83 ± 1,11	3,14	119,9	26,77 ± 0,57	3,04	87,2
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>												
Контроль	6,38 ± 0,09			18,66 ± 0,46			32,21 ± 2,13			32,52 ± 2,85		
Пром- майданчик	6,90 ± 0,12	3,47	108,2	19,00 ± 1,77	0,20	101,8	29,0 ± 2,36	1,02	90,0	31,27 ± 0,37	0,43	96,2
Ширина клітин, мкм												
<i>Fraxinus excelsior</i>												
Контроль	16,40 ± 1,38			10,91 ± 0,84			12,73 ± 1,07			34,97 ± 1,17		
Пром- майданчик	15,55 ± 1,03	0,49	94,8	13,71 ± 0,65	2,65	125,7	13,13 ± 0,44	0,35	103,1	39,95 ± 2,03	2,14	114,2
<i>Fraxinus lanceolata</i>												
Контроль	17,33 ± 1,03			11,92 ± 1,11			11,91 ± 1,00			32,57 ± 1,66		
Пром- майданчик	10,71 ± 0,67	5,39	61,8	9,46 ± 0,33	2,12	79,4	11,06 ± 0,58	0,73	92,9	41,85 ± 2,84	2,82	128,5
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>												
Контроль	18,59 ± 0,88			10,51 ± 0,65			14,38 ± 1,15			27,8 ± 1,12		
Пром- майданчик	14,74 ± 1,17	2,65	79,3	10,44 ± 0,38	0,10	99,3	13,26 ± 1,12	0,71	92,2	30,38 ± 1,56	1,29	109,3

Примітка: $t_{0,05}=1,96$.

За літературними даними, ця частина стебла чутлива до різного типу стрес-факторів навколишнього середовища [4; 5]. Для одних видів рослин зареєстроване значне розростання флоєми під дією екстремальних чинників, для інших – пригнічення їх розвитку. З. В. Грицай [4] виявила збільшення товщини вторинної кори в однорічних пагонах представників роду *Acer* L. під впливом викидів коксохімічного заводу: у *A. pseudoplatanus* L. та *A. platanoides* L. за рахунок провідних елементів флоєми, у *A. negundo* L. і *A. tataricum* L. – внаслідок збільшення товщини м'якого та твердого лубу. Проте В. М. Гришком, В. М. Кучмою, Д. В. Радзіоном [5] виявлені порушення закладання та формування вторинної кори стебла (особливо твер-

дого лубу) у *Populus deltoides* і *P. italica* у зонах середнього та сильного забруднення середовища промисловими викидами.

Товщина деревини в умовах коксохімічного виробництва зростає порівняно контролем у стеблах *F. excelsior* на 29,5 %, а *F. lanceolata* – на 11,1 % (див. табл. 1, 2, рис. 1). Це пояснюється активною діяльністю камбіальних клітин, оскільки число рядів клітин деревини в обох видів збільшується (на 25,8 % у *F. excelsior* та на 19,9 % у *F. lanceolata*). Ширина ксилеми в стеблах *F. lanceolata* під дією фітотоксикантів зменшується відносно контрольних значень на 16,4 % (в основному внаслідок закладання меншої кількості шарів клітин).

Провідна функція судин при зниженні їх кількості забезпечується за рахунок формування трахей великого діаметра. При дослідженні цього показника у стеблах *F. pennsylvanica*, який зростає в умовах забруднення, встановлено, що діаметр найбільшої судини на 75,5 % вищий, ніж на контрольних ділянках (рис. 1 Д). Значення цього параметра зростає і у *F. lanceolata* (на 40,1 % порівняно з контролем). Відмінностей у діаметрі найбільшої судини в стеблах *F. excelsior* не спостерігалось.

Відома дія промислових викидів на будову деревини у різних видів рослин [10; 13]. Зменшення діаметра судин на 45 % від контролю, скорочення довжини їх членків на 25–30 % та збільшення числа судин на 1 мм² на 25–35 % від контролю спостерігали К. Ф. Хмельєв і В. Н. Хватова [10] у однорічних стебел роду *Populus* L. під дією викидів металургійного комбінату. В. Т. Ярмішко та М. А. Ярмішко [13] отримали значиму негативну кореляцію між приростом *Pinus sylvestris* L. за діаметром і об'ємом токсичних речовин у викидах комбінату з виплавлення кольорових металів, виявили випадки часткового та повного випадіння річних шарів деревини у рослин різного віку цього виду.

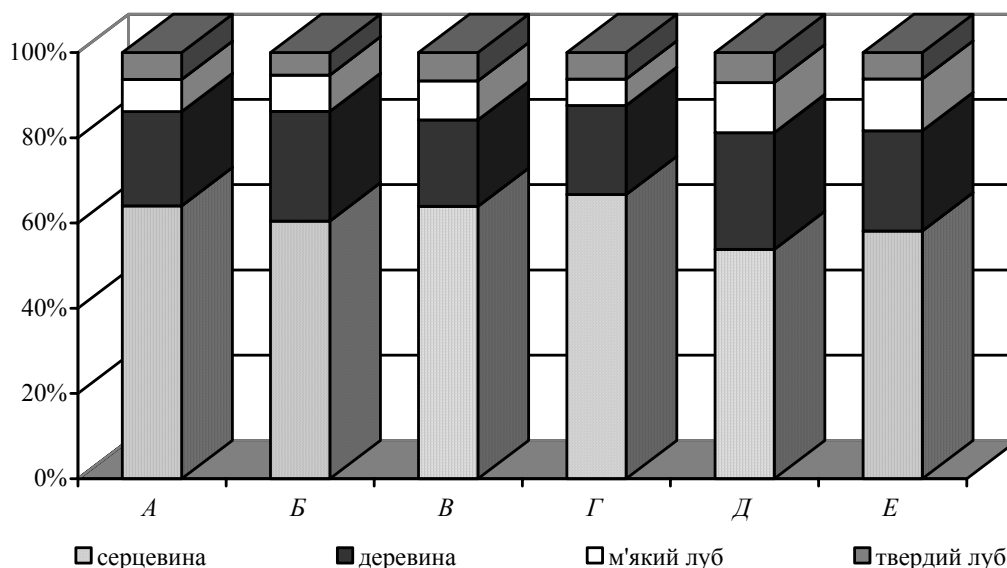


Рис. 2. Вплив промислового забруднення на співвідношення гістологічних елементів центрального циліндра однорічного пагона представників роду *Fraxinus* (%):

**A – *F. excelsior* (контроль); Б – *F. excelsior* (проммайданчик);
В – *F. lanceolata* (контроль); Г – *F. lanceolata* (проммайданчик);
Д – *F. pennsylvanica* (контроль); Е – *F. pennsylvanica* (проммайданчик).**

Серед складових частин центрального циліндра серцевина має найбільший об'єм за діаметром стебла (рис. 1. Е) як у нормальних, так і в стресових умовах. На умовно чистій ділянці її діаметр складає 1015 мкм у *F. excelsior*, 1000 мкм – у *F. lanceolata* і 903,47 мкм – у *F. pennsylvanica*. Нами не встановлено достовірної залежності розвитку серцевини від забруднення середовища для пагонів *F. excelsior* і *F. pennsylvanica* (табл. 1). У стеблах *F. lanceolata* цей параметр збільшується у зоні промислових емісій на 12,2 % порівняно з контролем за рахунок більших розмірів паренхімних клітин (табл. 2).

Для аналізу дії промислових емісій на процес формування центрального циліндра стебла потрібно знати гістологічні показники як у абсолютних, так і у відносних величинах (частка кожної тканини у відсотках відносно загальної ширини стели). Як видно з рис. 2, викиди коксохімічного заводу викликають зміни співвідношення її складових частин. У *F. excelsior* під впливом фітотоксикантів частка серцевини зменшується, ксилеми – зростає порівняно з умовно чистою зоною. Частка флоєми достовірно не відрізняється, хоча спостерігаються зміни відносно контролю для твердо- та м'якого лубу у вторинній корі: частка механічних волокон від усіх тканин стели зменшується, а провідних елементів – зростає. У *F. lanceolata* частка деревини перебуває майже на одному рівні і в контролі, і в досліді, а серцевини – зростає. Аерогенне забруднення більше впливає на формування у цього виду вторинної кори, що виявляється у зниженні частини м'якого лубу серед тканин флоєми. У стеблах *F. pennsylvanica* в умовах техногенного забруднення майже не змінюється частка вторинної кори серед усіх тканин центрального циліндра; підвищується частка серцевини та зменшується – вторинної ксилеми відносно контрольного варіанта.

Висновки

Негативний вплив промислового забруднення середовища викидами коксохімічного виробництва викликає значні зміни співвідношення гістологічних елементів осевого циліндра стебла у представників роду *Fraxinus*. Хронічна дія на рослини інгредієнтів промислових викидів призводить до зниження товщини вторинної кори у стеблах *F. lanceolata* внаслідок зменшення ширини м'якого лубу порівняно з контролем. У *F. excelsior* та *F. pennsylvanica* товщина флоєми істотно не змінюється. Дослідження будови деревини у ясенів показало, що її ширина в умовах техногенезу збільшується у *F. excelsior* і *F. lanceolata* та зменшується у *F. pennsylvanica*. Виявлені чутливі для моніторингу стану деревних порід в умовах аерогенного забруднення середовища гістологічні тест-параметри: ширина вторинної кори та м'якого лубу (тест-об'єкт *F. lanceolata*).

Бібліографічні посилання

1. **Алексеев А. С.** Колебания радиального прироста в древостоях при атмосферном загрязнении // Лесоведение. – 1990. – № 9. – С. 82–86.
2. **Бессонова В. П.** Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO_2 и NO_2) / В. П. Бессонова, Т. И. Юсупова. – Запорожье: ЗДУ, 2001. – 193 с.
3. **Вашека О. В.** Особливості анатомічної будови черешків вічнозелених представників родини *Dryopteridaceae* Ching / О. В. Вашека, О. В. Брайон // Інтродукція рослин. – К.: Наукова думка, 2000. – Вип. 1. – С. 68–70.
4. **Грицай З. В.** Вплив промислового забруднення середовища на анатомічні показники однорічного пагона представників роду *Acer* // Проблеми сучасної екології. Матер. Міжнар. конф. – Запоріжжя, 2002. – С. 20.

5. **Гришко В. Н.** Анатомическое строение побегов некоторых древесных растений при загрязнении окружающей среды / В. Н. Гришко, В. Н. Кучма, Д. В. Радзион // Вопросы биомониторинга и экологии. – Запорожье: ЗДУ, 1997. – Вып. 2. – С. 49–54.
6. **Илькун Л. А.** Загрязнение атмосферы и растения. – К.: Наукова думка, 1978. – 274 с.
7. **Кулагин Ю. З.** Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. – М.: Наука, 1980. – 115 с.
8. **Пермяков А. И.** Микротехника. – М.: МГУ, 1988. – 48 с.
9. **Приседський Ю. Г.** Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: ДДУ, 1999. – 210 с.
10. **Хмелев К. Ф.** Воздействие выбросов Новолипецкого металлургического комбината на структуру однолетних стеблей рода *Populus* (*Salicaceae*) / К. Ф. Хмелев, В. Н. Хватова // Бот. журн. – 2003. – Т. 88, № 5. – С. 119–124.
11. **Юсипіва Т. І.** Вплив промислового забруднення на гістологічні показники первинної кори стебла представників роду *Fraxinus* L. // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – Т. 13, № 1. – С. 295–301.
12. **Юсипива Т. И.** Изменения анатомического строения стебля самосева древесных растений в условиях промышленного загрязнения // Проблемы дендрологии, плодоводства и цветоводства. – Ялта, 1997. – С. 181–185.
13. **Ярмишко В. Т.** Радиальный прирост на северном пределе распространения / В. Т. Ярмишко, М. А. Ярмишко // Бот. журн. – 2004. – Т. 89, № 7. – С. 1092–1111.

Надійшла до редколегії 11.01.06.