

УДК 712.41 (581.44) : 477 (292.485)

АНАТОМІЧНА БУДОВА ПАГОНІВ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О. І. СЕРГА, аспірант кафедри ботаніки^{*},

А. І. БАБИЦЬКИЙ, кандидат біологічних наук,

старший викладач кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

Національний університет біоресурсів і природокористування України

О. І. КИТАЄВ, кандидат біологічних наук,

старший науковий співробітник лабораторії фізіології рослин і мікробіології

Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України

І. П. ГРИГОРЮК, доктор біологічних наук, професор

член-кореспондент НАН України, професор кафедри фізіології, біохімії рослин

та біоенергетики,

Б. Є. ЯКУБЕНКО, доктор біологічних наук, професор,

завідувач кафедри ботаніки

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: andriybabytskiy@gmail.com, serha.aleksandr@gmail.com

Анотація. Метою дослідження було визначення особливостей анатомічної структури однорічних пагонів інвазійних деревних видів рослин у Правобережному Лісостепу України, а саме айланта найвищого (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), карагани дерев'янистої (*Caragana arborescens* Lam.), клена ясенolistого або негідного (*Acer negundo* L.), бархата амурського (*Phellodendron amurense* Rupr.), гледичії звичайної (*Gleditsia traicanthos* L.), магонії падубolistогої (*Mahonia aquifolium* Nutt.) і робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.). Дослідження проводили в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Інституту садівництва НААН України. За допомогою методу люмінесцентної мікроскопії виявлено потужність гістологічних елементів однорічних пагонів рослин. Проаналізовано зв'язок анатомічної структури пагонів зі здатністю інвазійних деревних видів рослин переносити несприятливі умови зимового періоду. Отримані результати підтверджують їхню високу витривалість до низьких температур у Правобережному Лісостепу України.

^{*} Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор Б. Є. Якубенко.

Низьку потенційну резистентність до морозів діагностовано лише для однорічних пагонів магонії падуболистої унаслідок слабого розвитку у них деревини, що зумовлює швидке зневоднення тканин шляхом присисної дії льоду в міжклітинниках.

Ключові слова: *інвазійні види, деревні рослини, адаптація, анатомічна будова однорічних пагонів, люмінесцентна мікроскопія, низькі температури, деревина, перидерма.*

Актуальність. Нині флора України у природних екосистемах суттєво трансформована у зв'язку з господарчою діяльністю людини, яка спричиняє поширення і просування інвазійних (чужорідних) видів дендроекзотів і зменшення фіторізноманітності. Показано, що їхній несприятливий вплив на біорізноманіття найзначнішою мірою відбувається в районах України зі збідненим і фрагментованим природним рослинним покривом [9; 10].

Останнім часом у біолого-екологічних дослідженнях широко застосовують методи дендроіндикації для визначення стану навколишнього середовища, розвитку екосистем протягом тривалого періоду за спилами і пробамі деревини, зовнішніми кількісними та якісними ознаками деревних видів рослин [3].

Біо(фіто)індикаційні показники можна відслідкувати також шляхом оцінювання екологічних чинників і змін за допомогою ознак або властивостей біосистеми. Для оцінювання ступеня стійкості проти стресових чинників середовища ми запропонували використовувати анатомічні показники органів деревних видів рослин [2]. Визначальну роль у біоіндикації відводять анатомічній будові пагона, яка визначається екологічними умовами місцезростання і видовими особливостями рослин [4]. Від анатомічної структури пагонів та інших органів залежить ступінь формування жаро-, посухо-, зимо- та морозостійкості рослин [6].

Мета дослідження – з'ясування анатомічної будови пагонів інвазійних деревних видів рослин у природних екосистемах у зв'язку з їхньою зимостійкістю, антропічним навантаженням та глобальними змінами клімату в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктами дослідження обрано інвазійні деревні види рослин, які найпоширеніші у Правобережному Лісостепу України, а саме: айлант найвищий, або китайський ясен (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), карагана дерев'яниста (*Caragana arborescens* (Lam.)), клен ясенolistий (негідний) (*Acer negundo* (L.)), бархат амурський (*Phellodendron amurense* (Rupr.)), гледичія звичайна, або колюча (*Gleditsia traicanthos* (L.)), магонія падуболиста (*Mahonia aquifolium* (Nutt.)) і робінія звичайна, або біла акація (*Robinia pseudoacacia* (L.)).

Для експериментів відбирали однорічні здерев'янілі пагони середньої частини крони рослин придорожньої зони лісових масивів НПП «Голосіївський» м. Києва наприкінці липня. Географічні координати модельних рослин становлять: N 50.38260°, E 030.50410° (айлант найвищий), N 50.38289°, E 030.50033° (карагана дерев'яниста), N 50.38266°, E 030.50409° (клен ясенolistий), N 50.38285°, E 030.50390° (бархат амурський), N 50.38211°, E 030.50330° (гледичія звичайна), N 50.38326°, E 030.50321° (магонія падуболиста) і N 50.38344°, E 030.50424° (робінія звичайна).

Анатомічні показники структури пагонів інвазійних деревних видів рослин вивчали в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Інституту садівництва НААН України. Для аналізів відбирали повністю сформовані пагони у сонячну й суху погоду за температури 27-29 °C та відносної вологості повітря 50-55 %. Зрізи робили у верхній частині пагонів, яка найбільш схильна до пошкоджень низькими температурами повітря в зимовий період. Препарати розглядали і вивчали за допомогою люмінесцентного мікроскопа «ЛЮАМ – И4» за збільшення 5×10. Фотографування зразків здійснювали фотокамерою «Nikon D90» безпосередньо з окуляра мікроскопа. Тканини пагонів клітин, яких містили хлоропласти, відсвічувалися червоним забарвленням, а здерев'янілі та відмерлі – зеленим. Водночас пігментовані стінки клітин люмінесціювали жовто-зеленим забарвленням, а з високим умістом антрахінонів і флавоноїдів – яскраво-жовтим.

Результати дослідження та їх обговорення. Провівши мікроскопічні дослідження, ми виявили тканини, які типові для однорічних пагонів, зокрема робінії звичайної (рис. 1). Їхня поверхня на час досліду ще зберігала епідерміс, який був відмерлим, відсвічувався зеленим забарвленням і не злущився внаслідок діяльності вторинних меристем – камбію та фелогену. Під епідермісом чітко прослідковувався шар фелеми (корку), який у пагонів рослин мав практично однакову товщину й складався з кількох рядів клітин (рис. 1.2). Найтовстішим він формувався в пагонів гледичії звичайної (рис. 2.3), а найтоншим – магонії падуболистої (рис. 2.6). За шаром фелеми розташовувався одношаровий фелоген (рис. 1.3), який сформував фелему. У середині фелоген утворював фелодерму – живу паренхімну тканину, товщина якої в пагонів рослин була різною (рис. 1.4). Так, найтовстішою фелодерма була у пагонів рослин робінії звичайної (рис. 1.4) і клена ясенolistого (рис. 2.5), дещо тонша – айланта найвищого (рис. 2.1) та бархата амурського (рис. 2.2). Найтоншу фелодерму мали пагони рослин магонії падуболистої (рис. 2.6), яка люмінесціювала червоним світлом. В айланта найвищого ми визначили два шари фелогену і його похідних – корку та фелодерми (рис. 2.1). За первинною корою розташовувався переривчастий шар арматурної тканини – склеренхіми (рис. 1.5), який представлений луб'яними волокнами.

Серед численної групи інвазійних деревних видів рослин найінтенсивніше була розвинена склеренхіма в пагонах айланта найвищого (рис. 2.1). За склеренхімою яскравим зеленим світлом відсвічувалась луб'яна паренхіма (рис. 1.6), яка межувала поруч з одношаровим камбієм (рис. 1.7). У таких умовах найтовстішою вона була сформована в однорічних пагонах рослин магонії падуболистої (рис. 2.6) та гледичії звичайної (рис. 2.3). До середини пагонів камбій відкладав деревину (рис. 1.8) з серцевинними променями (рис. 1.9), яка люмінесціювала зеленим забарвленням із різною потужністю. Так, широкий шар деревини ми виявили у пагонах рослин робінії звичайної (рис. 1.8), айланта найвищого (рис. 2.1), карагани дерев'янистої (рис. 2.4) та клена ясенolistого (негідного) (рис. 2.5). Дещо менш вузький шар

деревини був характерний для однорічних пагонів бархата амурського (рис. 2.2) та гледичії звичайної (рис. 2.3). Водночас у пагонів рослин магонії падуболистої простежувався надзвичайно вузький шар деревини (рис. 2.6).

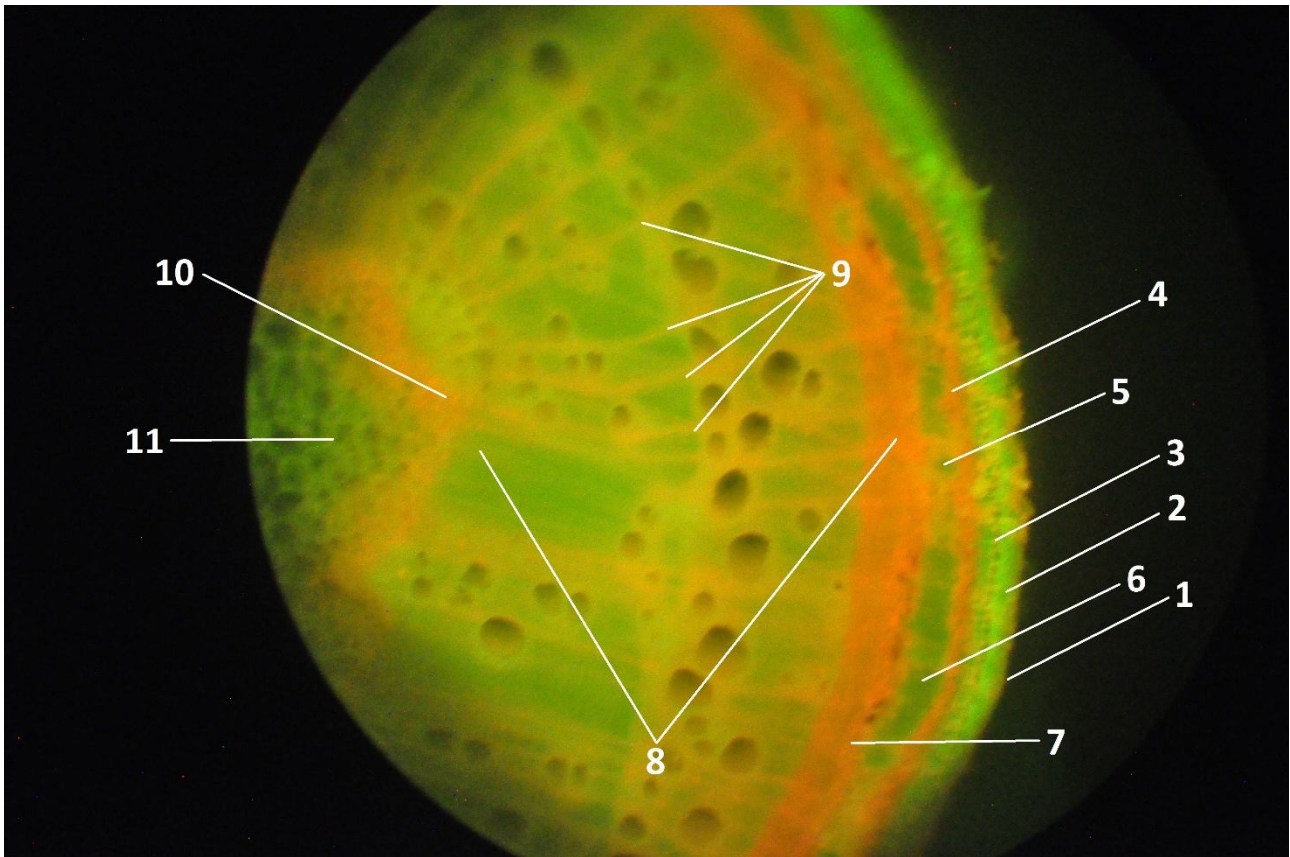


Рис. 1. Анатомічна будова однорічного пагона робінії звичайної у світлі люмінесцентного мікроскопа (збільшення 5×10)

1 – епідерміс; 2 – фелема (корок); 3 – фелоген; 4 – фелодерма; 5 – склеренхіма; 6 – луб’яна паренхіма; 7 – камбій; 8 – вторинна ксилема (деревина); 9 – серцевинні промені; 10 – перимедулярна зона; 11 – серцевина

Установлено, що ступінь морозостійкості тісно пов’язаний зі змінами стану води в тканинах деревних видів рослин [1]. Інтенсивно розвинена деревина, через наявність значної кількості мікрокапілярів, здатна утримувати вологу в зимовий період завдяки високій гігроскопічності [7]. Якщо судин ксилеми утворюється недостатньо, то це може стати однією із причин інтенсивних утрат вологи в зимовий період, ослаблення і пошкодження пагонів за типом «зимового підсихання». Ризик такого пошкодження підсилюється ще і тим, що основною функцією тонкої деревини стає арматурна, причому значна частина судин розвиває товсті лігніфіковані стінки, в результаті чого

зменшується внутрішній об'єм судин, а отже й кількість води, яку може запасати деревина.

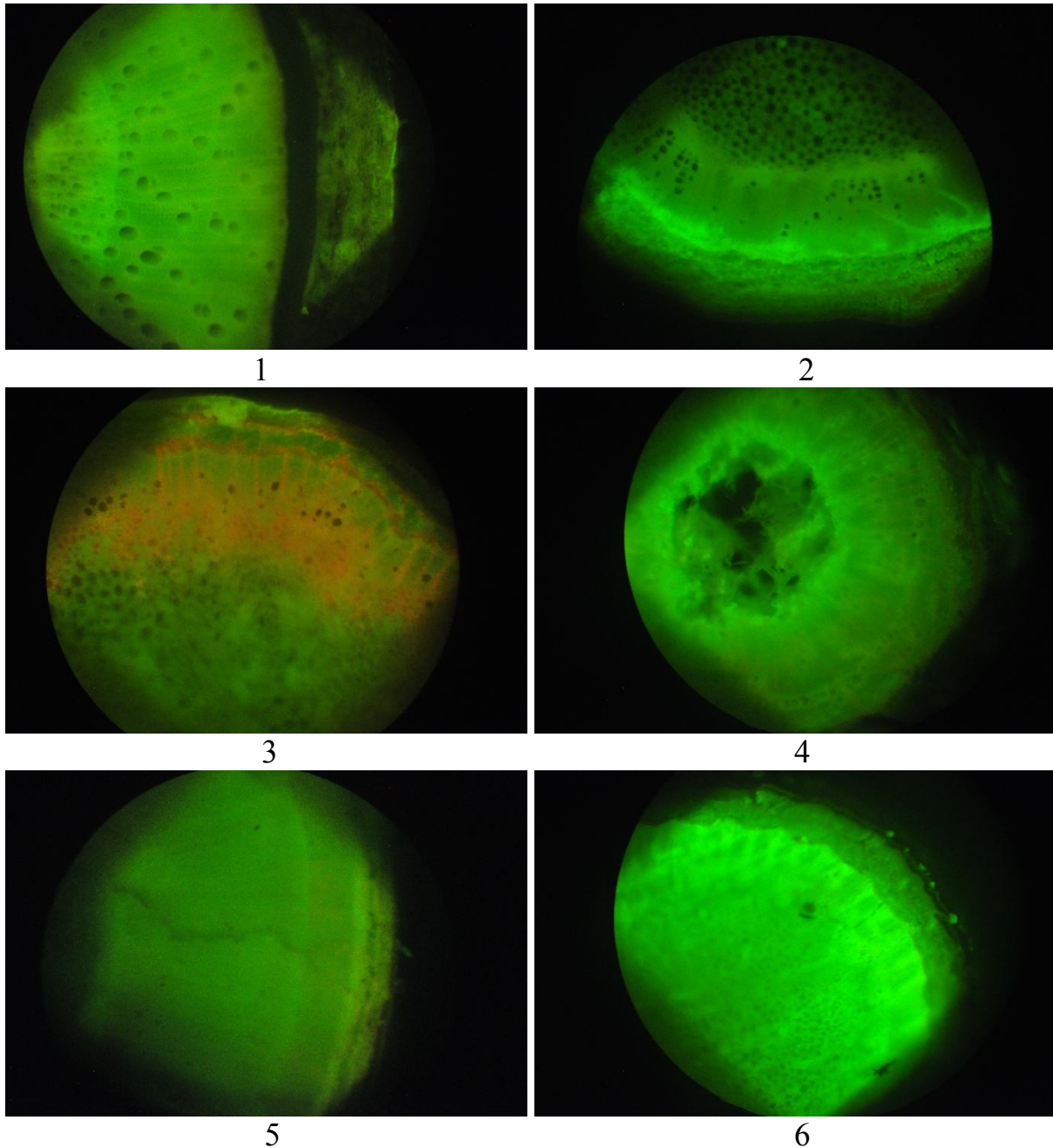


Рис. 2. Анатомічна будова однорічних пагонів інвазійних деревних видів рослин у світлі люмінесцентного мікроскопа (збільшення 5×10)

1 – айлант найвищий; 2 – бархат амурський; 3 – гледичія звичайна;
4 – карагана дерев'яниста; 5 – клен ясенolistий; 6 – магонія падуболиста

Адаптація інвазійних деревних видів рослин до низьких температур, тобто процес загартування або аклімація, супроводжується втратою пулів води клітинами вторинної флоєми (лубу) та вторинної ксилеми (деревини). Зокрема, великі судини ксилеми мають вищу вірогідність утворення льоду в

міжклітинниках, що спричиняє додатковий вихід води з клітини за градієнтом осмотичного потенціалу. Тому одним із можливих механізмів адаптації деревних видів рослин до низьких температур є рання ініціація льодоутворення і достатньо висока швидкість відтоку води в центральну зону, яка розташована в міжклітинниках [1].

Ми показали, що за деревиною в пагонів інвазійних деревних видів рослин розташована перимедулярна зона (рис. 1.10), яка утворена зовнішніми шарами дрібних клітин серцевини стебла та елементами первинної ксилеми. Такі клітини здатні тривалий час залишатися живими і виконувати запасну функцію. Наявна зона люмінесціювала жовто-червоним забарвленням, товщина якої була неоднаковою і найслабкіше виражена в пагонів рослин гледичії звичайної (рис. 2.3).

Найпотужніша перимедулярна зона була характерна для пагонів рослин карагани дерев'янистої (рис. 2.4) та магонії падуболистої (рис. 2.6). Середню частину пагонів займала серцевина (рис. 1.11), яка відрізнялась за шириною і щільністю в інвазійних деревних видів рослин. Щільнішою і вужчою вона формувалась у пагонах рослин робінії звичайної (рис. 1.11), айланта найвищого (рис. 2.1) та клена ясенелистого (рис. 2.5). У пагонах рослин карагани дерев'янистої переважала надзвичайно пухка і заповнена фрагментованою паренхімою серцевина, яка займала незначну частину пагона порівняно з іншими тканинами. Водночас потужною і пухкою відзначалась серцевина в пагонів рослин бархата амурського (рис. 2.2), гледичії звичайної (рис. 2.4) та магонії падуболистої (рис. 2.6).

Зимостійкість чагарникових рослин прямо пропорційно залежить від кількості сформованих шарів перидерми [5]. Це вторинна покривна тканина, яка утворюється внаслідок діяльності вторинної латеральної меристеми – фелогену або коркового камбію [8]. Слабко розвинена перидерма разом зі значною кількістю сочевичок на одиницю площі поверхні пагона зумовлює зимове підсихання рослин. Для однорічних пагонів був характерний потужний

шар перидерми, що підтверджує високу потенційну стійкість інвазійних деревних видів рослин проти зимового підсихання.

Висновки і перспективи. Найчутливішими до пошкодження в зимовий період в умовах Правобережного Лісостепу України є однорічні пагони рослин магонії падуболистої внаслідок слабкого розвитку в них деревини, що спричиняє зневоднення тканин шляхом присисної дії льоду в міжклітинниках. Пагони інших інвазійних видів рослин, зокрема айланта найвищого, карагани дерев'янистої, клена ясенелистого, бархата амурського, гледичії звичайної і робінії звичайної виявилися потенційно стійкими проти низьких температур, які мають розвинутішу деревину й перидерму, що запобігає виникненню водного дефіциту в тканинах. У перспективі актуально визначити біохімічний склад вторинних метаболітів, зокрема фенольних сполук у пагонах інвазійних видів дендроекзотів, які виконують захисну функцію і підсилюють процеси відновлення клітин за дії низьких температур.

Список використаних джерел

1. Васюта О. С. Дослідження особливостей льодоутворення у тканинах коренів підщеп кісточкових культур залежно від їх морозостійкості / О. С. Васюта, О. І. Китаєв // Садівництво. – 2001. – Вип. 53. – С. 312–319.
2. Григорюк І. П. Біологічні основи оптимізації продукційного процесу деревних рослин у стресових умовах / І. П. Григорюк, П. П. Яворовський. – К. : ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013. – 278 с.
3. Дідух Я. П. Основи біоіндикації / Я. П. Дідух. – К. : НВП «Видавництво “Наукова думка”» НАН України, 2012. – 343 с.
4. Нечитайло В. А. Ботаніка. Вищі рослини : навч. посіб. для ВНЗ / В. А. Нечитайло, Л. Ф. Кучерява. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 432 с.
5. Палагеча Р. М. Морозостійкість магнолій та льодоутворення у тканинах пагонів / Р. М. Палагеча, О. І. Китаєв, Н. Ю. Таран // Укр. ботан. журн. – 2007. – 64, № 6. – С. 891–900.

6. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М. : Колос, 1980. – 304 с.
7. Пирумян К. А. Рост однолетних побегов, закладка и развитие цветочных почек сортов груши / К. А. Пирумян // Изв. с.-х. наук МСХ Арм. ССР. – 1967. – № 3. – С. 39–44.
8. Проценко Д. П. Анатомія рослин : підруч. для ун-тів / Д. П. Проценко, О. В. Брайон. – К. : Вища школа, 1981. – 280 с.
9. Серга О. І. Екологічний стан і фізіологічні ознаки листків інвазійних деревних видів рослин в лісопаркових зонах Київського мегаполіса / О. І. Серга, Б. Є. Якубенко, А. І. Бабицький, І. П. Григорюк // Проблеми сучасної екологічної освіти: матер. II Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 22 – 23 жовтня, 2015 р., Київ. – К. : Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2015. – С. 52–53.
10. Серга О. І. Моніторинг і адаптивні властивості інвазійних видів дендроекзотів Лісостепу України / О. І. Серга, Б. Є. Якубенко // Виклики ХХІ століття та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі: матер. Міжнар. наук. конф., присвяченої 175-річчю Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства НУБіП України та 90-річчю ВП НУБіП України Боярська лісова дослідна станція, 7–9 жовтня 2015 р., Київ. – К. : ТОВ «ЦП КОМПРИНТ», 2016. – С. 194–195.

References

1. Vasiuta, O. S., Kytaev, O. I. (2001). Doslidzhennia osoblyvostei lodoutvorennia u tkanynakh koreniv pidshchep kistochkovykh kultur zalezno vid yikh morozostiikosti [Peculiarities investigations of ice-forming in the root tissues of rootstocks of drupaceous crops in dependence of their frost resistance]. Sadivnytstvo, 53, 312–319.
2. Grygoryuk, I. P., Yavorovskiy, P. P. (2013). Biologichni osnovy optymizatsii produktsiinoho protsesu derevnykh roslyn u stresovykh umovakh

[Biological base of production process optimization of woody plants under the stress condition]. Kyiv, 278.

3. Didukh, Ya. P. (2012). Osnovy bioindykatsii [Introduction to bioindication]. Kyiv, 343.

4. Nechutailo, V. A., Kucheryava, L. F. (2001). Botanika. Vyshchi roslyny : navch. posib. dlia VNZ [Botany. High plants: educational manual for high school]. Kyiv, 432.

5. Palahecha, R. M., Kytaiv, O. I., Taran, N. Yu. (2007). Morozostiikist mahnolii ta lodoutvorennia u tkanynakh pahoniv [The frost resistance of magnolia and ice-forming in shoots tissues]. Ukr. Botan. Journ., 64 (6), 891–900.

6. Pausheva, Z. P. (1980). Praktikum po tsitologii rasteniy [Practicum in plant cytology]. Moscow, 304.

7. Pirumyan, K. A. (1967). Rost odnoletnih pobegov, zakladka i razvitie cvetochnykh pochek sortov grushi [The growth of annual shoots, initiating and development of flowering buds of peach sorts]. Izv. s.-h. nauk MSH Arm. SSR, 3, 39–44.

8. Protsenko, D. P., Braion, O. V. (1981). Anatomiiia roslyn : pidruch. dlia un-tiv [Plant anatomy: manual for high school]. Kyiv, 280.

9. Serha, O. I., Yakubenko, B. E., Babytskiy, A. I., Grygoryuk, I. P. (2015). Ekolohichniy stan i fiziolohichni oznaky lystkiv invaziinykh derevnykh vydiv roslyn v lisoparkovykh zonakh Kyivskoho mehapolisa [Ecological condition and physiological features of invasive woody plants species leaves in forest-park areas of Kyiv metropolis]. Problemy suchasnoi ekolohichnoi osvity: mater. II Vseukr. nauk.-prakt. konf. studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh, 22–23 zhovtnia, 2015 r., Kyiv [Problems of modern ecological education: Proceeding of conference]. – Kyiv, 52–53.

10. Serha, O. I., Yakubenko, B. E. (2016). Моніторинг і адаптивні властивості інвазійних видів дендроекзотів Лісостепу України [Monitoring and adaptative abilities of invasive dendro exotic species of Forest-Steppe of Ukraine]. Vykylyky KhKhI stolittia ta yikhnje vyrishennia u lisovomu kompleksi y dovkilli:

mater. Mizhnar. nauk. konf., prysviachenoï 175-richchiu Navchalno-naukovoho instytutu lisovoho i sadovo-parkovoho hospodarstva NUBiP Ukrainy ta 90-richchiu VP NUBiP Ukrainy Boiarska lisova doslidna stantsiia, 7–9 zhovtnia 2015 r., Kyiv [Challenges of XXI century and their solving in wood complex and environment: Proceeding of conference]. – Kyiv, 194–195.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОБЕГОВ ИНВАЗИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

А. И. Серга, А. И. Бабицкий, О. И. Китаев, И. А. Григорюк, Б. Е. Якубенко

Аннотация. Целью исследования было определение особенностей анатомической структуры однолетних побегов инвазивных древесных видов растений в Правобережной Лесостепи Украины, а именно айланта высочайшего (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), караганы древовидной (*Caragana arborescens* (Lam.)), клёна ясенелистого (*Acer negundo* (L.)), бархата амурского (*Phellodendron amurense* (Rupr.)), гледичии трёхколючковой (*Gleditsia traicanthos* (L.)), магонии падуболистной (*Mahonia aquifolium* (Nutt.)), и робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia* (L.)). Исследования проводили в лаборатории физиологии растений и микробиологии Института садоводства НААН Украины. При помощи метода люминесцентной микроскопии выявлено мощност гистологических элементов однолетних побегов растений. Проанализировано связь анатомической структуры побегов со способностью инвазивных древесных видов растений переносить неблагоприятные условия зимнего периода. Полученные результаты подтверждают их высокую выносливость к низким температурам в Правобережной Лесостепи Украины. Низкую потенциальную резистентность к морозам диагностировано лишь для побегов магонии падуболистной вследствие слабого развития у них древесины, что обуславливает быстрое обезвоживание тканей путем присысного действия льда в межклетниках.

Ключевые слова: инвазивные виды, древесные растения, адаптация, анатомическое строение однолетних побегов, люминесцентная микроскопия, низкие температуры, древесина, перидерма.

ANATOMIC STRUCTURE OF ANNUAL SHOOTS OF INVASIVE WOODY PLANTS SPECIES IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

A. Serha, A. Babytskiy, O. Kytaev, I. Grygoryuk, B. Yakubenko

Abstract. The purpose of the investigation is to determine of the anatomic structure peculiarities of annual shoots of invasive woody plants species under

condition of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, in particular Ailanthus altissima (Mill.) Swingle, Caragana arborescens (Lam.), Acer negundo (L.), Phellodendron amurense (Rupr.), Gleditsia traicanthos (L.), Mahonia aquifolium (Nutt.) and Robinia pseudoacacia (L.). The investigation was conducted in the laboratory of plants physiology and microbiology of Institute of Horticulture of NAAS of Ukraine. The width of histological elements of investigated plants annual shoots was set by the method of luminescent microscopy. The connection between annual shoots anatomic structure of invasive woody plants species and their ability to resist the winter hard conditions is analyzed. The gained results confirm the high resistance of invasive woody plants to low temperatures in the ecological conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The low potential resistance to frost was diagnosed only for the annual shoots of Mahonia aquifolium in result of their weak wood development that causes fast dehydration of the tissues by means of sucking influence of ice in the intercellular spaces.

Keywords: *invasive plants, woody plants species, adaptation, anatomic structure of the annual shoots, luminescent microscopy, low temperature, wood, periderm.*