

УДК: 581.1

Вплив аерогенного забруднення на вміст білка, активність та ізоферментний спектр пероксидази у насінні видів роду *Acer L.* у процесі формування

Т.С. Коростильова, Л.В. Богуславська, Т.В. Легостаєва

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара (Дніпропетровськ, Україна)
milbo@rambler.ru; tanyalegostaeva@mail.ru*

Досліджено фізіолого-біохімічні зміни в дозріваючому насінні кленів псевдоплатанового та ясенелистого за дії аеротехногенних поллютантів. Встановлено, що у межах забрудненого міста суттєво змінюється рівень вмісту запасного білка насіння видів роду *Acer L.*, що згодом може відбиватися на розвитку репродуктивних органів рослин. Показано, що активність пероксидази в дозріваючому насінні кленів збільшується за умов викидів автотранспорту. Результати досліджень можуть бути використані в селекційній роботі для відбору життєздатного насіння, а також в галузі фізіології, біохімії та молекулярної біології рослин.

Ключові слова: *Acer L.*, аерогенні забруднення, запасні білки, пероксидаза.

Влияние аэрогенного загрязнения на содержание белка, активность и изоферментный спектр пероксидазы в семенах видов рода *Acer L.* в процессе формирования

Т.С. Коростылева, Л.В. Богуславская, Т.В. Легостаева

Исследованы физиолого-биохимические изменения в дозревающих семенах кленов псевдоплатанового и ясенелистного. Установлено, что в пределах загрязненного города существенно изменяется уровень содержания запасного белка видов рода *Acer L.*, что со временем может отражаться на развитии репродуктивных органов растений. Показано, что активность пероксидазы в дозревающих семенах кленов увеличивается в условиях выбросов автотранспорта. Результаты работы могут быть использованы в селекционной работе для отбора жизнеспособных семян, а также в области физиологии, биохимии и молекулярной биологии.

Ключевые слова: *Acer L.*, аэрогенные загрязнители, запасные белки, пероксидаза.

The impact of aerogenic pollution on protein content, activity and isozyme spectrum of peroxidase in seeds of species of the genus *Acer L.* in process of forming

T.S. Korostylova, L.V. Boguslavska, T.V. Lyegostayeva

Physiological and biochemical changes were investigated in maturing seeds of *Acer pseudoplatanus* and *Acer negundo* for the actions of aerotechnogenic pollutants. It is established that within the limits of the polluted city the level of content of storage proteins in seeds of species of the genus *Acer L.* is significantly changing that could then reflect on the reproductive organs of plants. It is shown that peroxidase activity in maturing seeds of maples is growing in conditions of vehicles emission. The research results can be used in selection work for selecting viable seeds, as well as in physiology, biochemistry and molecular biology of plants.

Key words: *Acer L.*, aerogenic pollution, storage proteins, peroxidase.

Вступ

Важливе місце в системі заходів у нашій країні, займають питання піднесення продуктивності лісів та інтенсифікація зеленого будівництва в містах і селищах. Серед деревних порід, яким належить зайняти чільне місце в цих заходах, одними з перших слід назвати клени. Велика кількість видів і садових форм, відмінні декоративні якості дерев, досить швидкий ріст, ґрунтополіпшуюча роль, високі фізико-механічні показники деревини і гарна її текстура – все це ставить клени в один ряд з найціннішими деревними породами, що використовуються у народному господарстві. Особливо широко використовують клени в зеленому будівництві для створення алей, груп і зелених масивів, а в лісовому господарстві – для створення високопродуктивних насаджень (Кохно, 1968; Кохно, 1982).

З початку XIX ст. із заснуванням на Україні перших ботанічних садів розпочалася інтродукція іноземних видів клена. Зараз на Україні культивують близько 50 видів клена, причому багато з них стали досить відомими, а клен ясенелистий (*A. negundo* L.) і клен цукристий (*A. saccharum* M.) настільки поширилися, що стали майже обов'язковими компонентами культурних насаджень.

Культура кленів на Україні, як свідчить майже 150-річний досвід їх інтродукції, має великі можливості і перспективу. Клен повинні зайняти належне місце серед найважливіших листяних порід у зеленому будівництві та в захисних насадженнях. Значне місце вони можуть зайняти і в лісовому господарстві, особливо в спеціалізованих господарствах, через цінну деревину. Кліматичні і ґрунтові умови ряду районів країни дозволяють культивувати майже $\frac{3}{4}$ всіх видів клена світової флори. Це означає, що при належній постановці інтродукційної роботи можна відібрати для збагачення дендрофлори України велику кількість дуже цінних видів клена (Кохно, 1982).

Останнім часом стрімко підвищується рівень забруднення атмосфери, води і ґрунту. Забруднення навколишнього середовища впливає не лише на здоров'я людини, але і на життєдіяльність інших живих організмів, в тому числі і рослин, знижуючи їх біологічну продуктивність. Ця особливість дозволяє використовувати як біоіндикатори стану навколишнього середовища вищі рослини (Лабутіна, 2009; Богуславська, 2010). Автотранспорт є одним із найбільш помітних та поширених складових життя людини, що здатний докорінно впливати на екосистеми (Бессонова, 2001). У Дніпропетровській області довжина автомобільних доріг із твердим покриттям становить більше 8300 км, а викиди автотранспорту в атмосферу перевищують 58500 т шкідливих речовин (Ловинська, 2011). В умовах урбоекосистем відбувається накопичення окремих хімічних елементів, що порушує взаємозв'язки та природний біогеохімічний кругообіг речовин. Внаслідок цих процесів урбоекосистеми характеризуються зниженим біорізноманіттям, порушеннями зв'язками між компонентами, а також погіршенням функціонального стану біоти. Деревні рослини беруть участь у накопиченні, міграції хімічних елементів, а також виступають у якості біологічного бар'єру при їх розподілі у біосфері. Забруднення навколишнього середовища негативно впливає на життєдіяльність та біологічну продуктивність усіх живих організмів, зокрема, деревних рослин, що дозволяє їх використовувати у якості біоіндикаторів довкілля. Багатьма дослідниками накопичено значний експериментальний матеріал про вплив викидів автотранспорту, а також окремих інгредієнтів забруднення середовища на вегетативні органи різних видів рослин (Гетко, 1989; Коршиков, 1995; Ловинська, 2011). Однак практично відсутні дослідження впливу комплексного антропогенного забруднення на репродуктивні органи рослин, зокрема, насіння. Успішне поновлення зелених насаджень можливе лише при використанні високоякісного насіння з високими господарсько-цінними спадковими властивостями, у зв'язку з чим вивчення змін фізіолого-біохімічних показників генеративних органів є одним із актуальних питань сьогодення. Тому метою роботи було вивчення процесів метаболізму в насінні двох видів роду *Acer* L. рослин в процесі формування за дії аерогенного забруднення.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктами дослідження було обрано насіння двох інтродукованих видів роду *Acer* L. – клен псевдоплатановий та клен ясенелистий.

Дослідними ділянками слугували зелені насадження кленів у межах одного міста, яке у наших дослідженнях було моделлю умовно чистої зони – Ботанічний сад ДНУ імені Олеса Гончара та умовно забрудненої зони – із комплексним антропогенним забрудненням середовища вздовж автомагістралі м. Дніпропетровськ (пр. імені Газети «Правда»). На кожній ділянці формувалась усереднена проба із насіння від 3–4 дерев одного вікового стану в серпні та жовтні для визначення динаміки досліджуваних процесів. Масу 1000 насінин проводили за загальноприйнятою методикою (Дегтярева, 1987). Насіння звільняли від зовнішньої оболонки, розтирали у фарфоровій ступці до порошкоподібної суміші.

Екстракцію легкорозчинних білків проводили 0,1 М трис-НСІ буфером, рН 7,7. Визначення вмісту білка в насінні проводили за методом Бредфорд (Bradford, 1976). Активність пероксидази визначали за методом Бояркіна (Бояркін, 1951). Ізоферментний склад пероксидазної системи аналізували, використовуючи метод ізоелектричного фокусування у поліакриламідному гелі з гістохімічним забарвленням на пероксидазу у діапазоні рН 3,5–6,0 (Остерман, 1983). Достовірність відмінності одержаних експериментальних даних із контрольними оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента (Лакін, 1990). Розбіжності між вибірками вважали значущими при $p \leq 0,05$. Всі розрахунки проводили за допомогою редактора MS Excel 2003 та програмного пакета Statistica 6,0. Денситометрування проводили за допомогою комп'ютерної програми «Електрофор-менеджер 1.0», 2006.

Результати та обговорення

Оцінка маси 1000 насінин використовується для фітоіндикації ступеню негативної дії забруднення середовища і є доцільним тест-параметром в моніторингових дослідженнях. В літературі зустрічаються дані щодо зміни маси 1000 насінин під впливом промислових емісій. Проте значний інтерес становить, зміни маси насіння під впливом викидів автотранспорту. Тому вивчено зміну маси зрілого насіння кленів в чистій зоні та забрудненій. В умовах забрудненої зони маса 1000 насінин клена псевдоплатанового знижується на 13%, в умовах чистої зони маса становить 65,6 г, а в зоні викидів автотранспорту – 57,3 г (рис. 1). Для клена ясенелистого характерне зниження маси 1000 насінин на 10 % для дослідної зони у порівнянні з контролем. Маса 1000 насінин, зібраного в Ботанічному саду, становить 40,6 г, а насіння зібраного вздовж автомагістралі – 36,7 г (рис. 1). Отже, зниження величини маси 1000 насінин свідчить про підвищення відсотка пустих насінин, або про зменшення розмірів насінневого матеріалу за умов викидів автотранспорту.

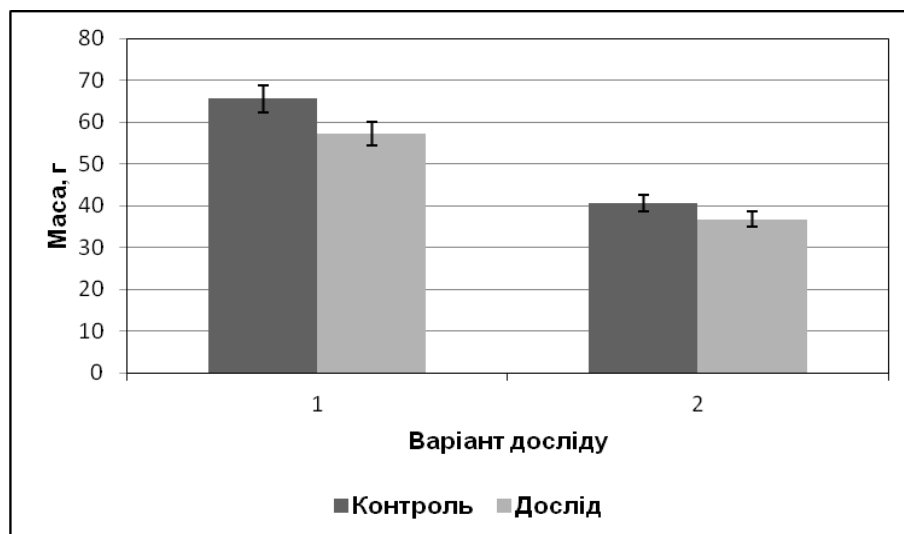


Рис. 1. Маса 1000 насінин клена псевдоплатанового та клена ясенелистого із різних точок дослідження

Примітка: контроль – Ботанічний сад ДНУ імені Олесья Гончара; дослід – пр. імені Газети «Правда»; 1 – клен псевдоплатановий; 2 – клен ясенелистий.

Зміна маси насіння може бути наслідком відхилення функціонування метаболічних процесів від оптимального рівня. А отже, важливим є вивчення фізіолого-біохімічних характеристик, зокрема, білкової системи, які завдяки різноманіттю і важливості своїх функцій, насамперед, каталітичної, відіграють виключну роль у рослин, де вони, поряд з ферментативною, виконують також і структурну функцію. У зв'язку з цим актуальності набувають дослідження вмісту білка та активності ферменту, зокрема пероксидази, насіння кленів псевдоплатанового та ясенелистого за дії аерогенних поллютантів як потенційного матеріалу в селекційному процесі для визначення його якості та життєздатності.

Фізіолого-біохімічні методи аналізу розкривають механізми адаптації на молекулярному рівні, які є первинними відносно морфологічних змін. Внаслідок впливу внутрішніх та зовнішніх факторів у різні періоди життя материнської рослини, насіння, як продукт її життєдіяльності, також набуває різних змін, у тому числі і відхилення від норми метаболічних систем. Білки є одним із головних чинників формування системи стійкості рослин до різних факторів середовища, в тому числі і за дії аерогенних поллютантів (Богуславська, 2010; Ловинська, 2010, 2011; Россихіна-Галича, 2012; Хромих, 2014). Є дані про білковий обмін вегетативних органів роду *Acer L.* у річному циклі розвитку (Boguslavskaya, 2011). Проте в літературі вкрай обмежені відомості щодо вивчення накопичення запасного білку в процесі дозрівання насіння різних видів роду *Acer L.* Тому доцільно було дослідити зміну накопичення білків сім'ядолей насіння клена псевдоплатанового та клена ясенелистого за умов викидів автотранспорту.

Результати оцінки вмісту запасного білка в дозріваючому насінні різних видів роду *Acer L.*, зростаючих в різних місцях (умовно чиста зона, умовно забруднена зона), представлені в таблиці 1. В насінні клена псевдоплатанового, зібраному в чистій зоні, спостерігається більший вміст запасного білка, ніж у рослин з забрудненої зони. У порівнянні з контролем в насінинах із забрудненої зони

виявлено зниження рівня білка: у серпні на 16%, у жовтні на 19%. В насінні клена ясенелистого, зібраного з дослідної зони визначено зниження вмісту білка на 21% серпні та на 18% у жовтні. Порівнюючи отримані результати визначено, що у серпні більш вразливим виявилось насіння клена псевдоплатанового, ніж клена ясенелистого. В жовтні в насінні з забрудненої зони в обох досліджуваних видів вміст білка був майже на одному рівні.

Таблиця 1.

Зміни вмісту запасного білка в дозріваючому насінні видів роду *Acer L.* за дії викидів автотранспорту

Місяць відбору	Вміст білку, мг/мл		Відсоток до контролю
	Контроль	Дослід	
<i>Acer pseudoplatanus L.</i>			
Серпень	2,5±0,02	2,1±0,02*	16
Жовтень	3,2±0,05	2,6±0,03*	19
<i>Acer negundo L.</i>			
Серпень	2,8±0,03	2,2±0,01	21
Жовтень	3,3±0,04	2,7±0,03	18

Примітка: * – відмінності з контролем достовірні при $p \leq 0,05$.

Таким чином, в забрудненій зоні спостерігається зниження вмісту білка, що свідчить про значний вплив забруднювачів на фізіологічні та метаболічні процеси, як всієї рослини, так і на насіння в процесі формування. Зменшення загального вмісту запасного білка у насінні рослин за дії стресу, можливо, зумовлене посиленням розщеплення їх протеазами (Косаківська, 2007; Ловинська, 2011).

Одним із основних внутрішньоклітинних інгібіторів вільнорадикальних процесів є фермент пероксидаза, якому відводиться значна роль у підтриманні рослинного організму у необхідному для життєдіяльності стані. Даний фермент реагує на дію найрізноманітніших чинників, змінюючи набір ізоферментів або підвищуючи активність вже існуючих молекулярних форм (Базарян, 2006). Тому одним з наших завдань було визначення активності пероксидази в насінні досліджуваних рослин.

Зміни активності пероксидази в насінні клену псевдоплатанового в процесі дозрівання представлені в таблиці 2. Визначено підвищення активності пероксидази в насінні в серпні та жовтні на 60%.

Результати дослідження зміни активності пероксидази в насінні клена ясенелистого показало її підвищення на 65% порівняно з контролем (табл. 2). У жовтні в порівнянні з серпнем активність пероксидази знижується, проте у порівнянні з контролем спостерігається підвищення активності на 59%.

Таблиця 2.

Зміни активності пероксидази в процесі дозрівання насіння видів роду *Acer L.* за дії викидів автотранспорту

Місяць відбору	A, ΔE/сек · г <small>наважки</small>		Відсоток до контролю
	контроль	дослід	
<i>Acer pseudoplatanus L.</i>			
Серпень	50,4±1,36	81,2 ±2,8	61
Жовтень	63,3±2,20	101,2±1,12	60
<i>Acer negundo L.</i>			
Серпень	60,0±2,82	99,2±3,51	65
Жовтень	66,3±2,31	105,5±4,48	59

Примітка: * – відмінності з контролем достовірні при $p \leq 0,05$.

Отже, спостерігається значне підвищення активності пероксидази в дозріваючому насінні досліджуваних рослин за дії аерогенного забруднення, що є свідченням перебування ферменту в активному стані та його спроможності руйнувати токсичні речовини, які надходять до рослинного організму, тим самим підтримуючи їх нормальне та стабільне функціонування (Ловинська, 2011).

Таблиця 3.
Зміна ізоферментного складу пероксидази у процесі дозрівання насіння клена псевдоплатанового

Значення рІ	Серпень		Жовтень	
	контроль	дослід	контроль	дослід
3,55	-	1,11	-	-
3,60	-	-	-	3,34
3,62	-	-	28,95	-
3,65	0,93	7,19	1,11	1,98
3,70	1,10	39,15	-	1,77
3,71	-	-	0,24	11,00
4,65	22,62	4,65	-	-
5,20	8,01	5,70	-	-
5,35	0,36	-	-	-
6,55	34,92	40,08	10,53	20,57
6,70	31,28	-	-	-
6,80	-	-	-	15,87
6,90	0,78	2,11	-	-
7,00	-	-	58,11	41,91
7,20	-	-	1,05	3,56

Зміни активності пероксидази супроводжуються перебудовами в її ізоферментному складі. Відміни між контрольними і дослідними зразками полягали в зміні активності окремих ізоформ пероксидази.

Так, у насіння клена псевдоплатанового як контрольних, так і дослідних зразків (табл. 3) присутні ізоформи з рІ від 3,55 до 7,20. Так, у контрольному варіанті присутні 8 ізоформ ферменту з рІ в діапазоні рН 3,65–6,90, у досліді спостерігається ізоформа з рІ 3,55, та ще 6 ізоформ з рІ в діапазоні рН 3,65–6,90 (серпень). Ізоформи з рІ 5,35 і 6,70 відсутні. У зрілому насінні клена псевдоплатанового (дослід) виявлено 8 компонентів ферменту з рІ від 3,60 до 7,20. У контролі відсутні ізоформи з рІ 3,60; 3,70; 6,80.

Таблиця 4.
Зміна ізоферментного складу пероксидази у процесі дозрівання насіння клена ясенелистого

Значення рІ	Серпень		Жовтень	
	контроль	дослід	контроль	дослід
3,60	1,92	3,91	-	-
3,65	2,78	2,25	0,72	2,49
3,68	-	-	-	16,37
3,70	7,84	6,40	4,96	2,69
4,20	11,61	-	-	-
4,22	1,23	-	-	-
4,30	-	-	9,80	6,45
4,35	-	-	13,99	1,09
4,70	72,65	10,44	-	-
4,80	-	7,80	-	-
4,85	1,07	-	-	-
5,00	-	-	1,22	-
5,10	-	-	67,00	4,86
5,25	-	-	2,30	59,81
6,10	-	-	-	6,24
6,45	0,90	63,69	-	-
6,80	-	5,51	-	-

У процесі формування насіння клена ясенелистого змінюється компонентний склад пероксидази (табл. 4). У насінні, зібраному в серпні, у контрольному зразку виявлено 8 ізоформ ферменту з рІ в діапазоні рН 3,60–6,45. У досліді 7 ізоформ з рІ 3,60–6,80, відсутні ізоформи з рІ 4,20; 4,22. Виявлено ізоформи з рІ 4,80; 6,80. У зрілому насінні (контроль) виявлено 7 ізоформ з рІ в діапазоні рН 3,65 – 5,25. У дослідному варіанті присутні ізоформи з рІ 3,68; 6,10. Відсутня ізоформа ферменту з рІ 5,00.

Таким чином, в насінні досліджуваних рослин за дії аерогенних забруднювачів виявлено нові ізоформи, що обумовлює підвищення активності пероксидази в забрудненій зоні. Отже, пероксидази можуть нести достатню кількість інформації про фізіологічний стан рослин і слугувати критерієм стійкості до стресових факторів.

Порівнюючи вміст білка та активність ферменту контрольних рослин, нами визначено, що між видами та в залежності від стадії формування насіння ці показники у серпні нижчі у клена псевдоплатанового, а в жовтні їх значення у обох видів вирівнюються. Результати наших досліджень вказують на видоспецифічні особливості реагування досліджених рослин на забруднення та можуть слугувати основою для подальшого вивчення розвитку адаптаційних механізмів рослин з роду *Acer* L. на вплив інших стресових чинників. Крім того, виявлені показники можуть використовуватися для біотестування та оцінки стану деревних рослин в умовах урбоценозів.

Список літератури

- Базарян І.Г., Хушпұльян Д.М., Тишков В.И. Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений / Успехи биологической химии. – Т. 46. – 2006. – С. 303–322. / Bazaryan I.G., Hushpulyan D.M., Tishkov V.I. Osobennosti strukturi i mehanizma deistviya peroksidaz rastenii / Uspehi biologicheskoi himii. – Т. 46. – 2006. – С. 303–322.
- Бессонова В.П., Юсыпова Т.И. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO₂ и NO₂) – Запорожье: ЗГУ, 2001. – 193 с. / Bessonova V.P., Yusipova T.I. Semennoe vozobnovlenie drevesnih rastenii i promishlennye pollyutanti SO₂ i NO₂, – Zaporozhe ZGU 2001. – 193 s.
- Богуславська Л.В., Шупранова Л.В. Варіабельність біохімічних ознак насіння деревних рослин в умовах урбанізованого середовища // Veda a technologie: krok do budoucnosti – 2010: Materialy VI mezinarodni vedecko-prakticka konference. – Praha. – P. 57-59. / Boguslavs'ka L.V., Shupranova L.V. Variabel'nist' bioximichny'x oznak nasinnya derevny'x rosly'n v umovax urbanizovanogo seregovy'shha // Veda a technologie: krok do budoucnosti – 2010: Materialy VI mezinarodni vedecko-prakticka konference. – Praha. – P. 57-59.
- Богуславська Л.В., Шупранова Л.В. Вплив антропогенного навантаження на ріст і розвиток сіянів *Aesculus hippocastanum* L. // Найновітє постиження на Європейската наука. – 2010: Матер. YI Mezhdunar. nauch-prakt. konf. – Sof'ya, 2010. – Т. 17. – С. 11–13. / Boguslavs'ka L.V., Shupranova L.V. Vply'v antropogennogo navantazheniya na rist i rozvy'tok siyanciv *Aesculus hippocastanum* L. // Najnovy'te posty'zheny'ya na Evropejskata nauka. – 2010: Mater. YI Mezhdunar. nauch-prakt. konf. – Sof'ya, 2010. – Т. 17. – С. 11–13.
- Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы / А.Н. Бояркин // Биохимия, 1951. – Т.16, вып. 4. – 352 с. / Boyarkin A.N. Bistrii metod opredeleniya aktivnosti peroksidazy // Biohimiya, 1951. – Т.16, vip. 4. – 352 s.
- Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. – М.: Наука и техника, 1989. – 208 с. / Getko N.V. Rasteniya v tehnogennoi srede. – М.: Nauka i tehnika, 1989. – 208 s.
- Дегтярева Н.И. Лабораторный и полевой практикум по генетике. – К.: Вища школа, 1987. – 288 с. / Degtyareva N.I. Laboratornii i polevoi praktikum po genetike. – К.: Vischa shkola, 1987. – 288 s.
- Коршиков И.И. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой – К.: Наукова думка, 1995. – 192 с. / Korshikov I.I. Vzaimodeistvie rastenii s tehnogenno zagryaznennoi sredoi – К.: Naukova dumka, 1995. – 192 s.
- Косаківська І.В., Голов'янюк І.В. Вплив температурних стресів на вміст та електрофоретичний спектр білків різних органів *Phaseolus vulgaris* L. і *Zea mays* L. на ранніх етапах вегетативного розвитку / Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2007, вип. 2 (11). – С. 58–63. / Kosakivska I.V., Golov'yanko I.V. Vplyv temperaturnih stresiv na vmist ta elektroforetichnyi spektr bilkiv riznih organiv *Phaseolus vulgaris* L. i *Zea mays* L. na rannih etapah vegetativnogo rozvitku / Visnik Harkivskogo natsionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya Biologiya. – 2007, vip. 2 (11). – С. 58–63.
- Кохно М.А. Интродукция кленов на Украине / М.А. Кохно. – К.: Наукова думка, 1968. – 168 с. / Kohno M.A. Introdukcija kleniv na Ukrayini. – К.: Naukova dumka, 1968. – 168 s.
- Кохно Н.А. Клены Украины / М.А. Кохно. – К.: Наукова думка, 1982. – 184 с. / Kohno N.A. Kleny Ukray'ny. – К.: Naukova dumka, 1982. – 184 s.
- Лабутина М.В., Зинина Е.В. Некоторые особенности репродуктивной биологии клена ясенелистого (*Acer negundo* L.) в условиях г. Саранска // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития; материалы IV международной научно-практической конференции. – Тюменский издательский дом, 2009. – Вып. 4. – 405 с. / Labutina M.V., Zinina E.V. Nekotorie osobennosti reproduktivnoi biologii klена yasenelistogo *Acer negundo* L., v usloviyah g. Saranska // Urboekosistemi – problemi i perspektivi razvitiya; materialy IV mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii. – Tyumenskii izdatelskii dom. – 2009. Vip. 4. – 405 s.

- Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. школа, 1990. – 350с. / Lakin G.F. Biometriya. – M.: Vyssh. shkola, 1990. – 350s.
- Ловинська В.М., Торохтій В.О., Богуславська Л.В. Оцінка вмісту білку в дозрівачому насінні *A. platanoides* та *R. pseudoacacia* в умовах нестабільного середовища // Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин та мікроорганізмів: Матер. XI конф. молодих вчених. – Київ, 2010. – С. 101–103. / Lovy`ns`ka V.M., Torokhtij V.O., Boguslavs`ka L.V. Ocinka vmistu bilku v dozrivayuchomu nasinni A. platanoides ta R. pseudoacacia v umovax nestabil`nogo seredovy`shha // Naukovi, pry`kladni ta osvitni aspekty` fiziologiyi, genety`ky`, bioteknologiyi rosly`n ta mikroorganizmiv: Mater. XI konf. molody`x vcheny`x. – Ky`yiv, 2010. – S. 101–103.
- Ловинська В.М., Зайцева І.А., Богуславська Л.В., Торохтій В.О. Зміни фізіолого-біохімічних показників насіння деревних рослин за умов промислового міста // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2011. – Вип. 16, № 1. – С. 78–87. / Lovinska V.M., Zaytseva I.A., Boguslavskaya L.V., Torohtiy V.O. Zmini fiziologo-biohimichnih pokaznikov nasinnya derevnyh roslin za umov promislovogo mista // Pitannya bioindikatsiyi ta ekologiyi. – Zaporizhzhya: ZNU, 2011. – Vip. 16, № 1. – S. 78–87.
- Остерман Л.А. Исследование биологических макромолекул электрофокусированием, иммуноэлектрофорезом и радиационными методами / Л.А. Остерман. – М: Наука, 1983. – 304 с. / Osterman L.A. Issledovanie biologicheskikh makromolekul elektrofokusirovaniem immunoelektroforezom i radiacionnimi metodami. – M.: Nauka, 1983. – 304 s.
- Россихіна-Галича Г.С., Богуславська Л.В., Лашко В.В. Вплив аерополітантів на фотосинтетичну функцію рослин *Aesculus hippocastanum* L. з різних районів міста Дніпропетровська // Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького: Матер. міжнар. конф. "Фіторізноманіття природних і антропогенних ландшафтів". – м. Мелітополь. – 2012. – №2. – С. 76–80. / Rossy`xina-Galy`cha G.S., Boguslavs`ka L.V., Lashko V.V. Vplyv aeropolyutantiv na fotosyntety`chnu funkciyu rosly`n Aesculus hippocastanum L. z rizny`x rajoniv mista Dnipropetrovs`k // Biologichny`j visny`k Melitopol`s`kogo derzhavnogo pedagogichnogo universy`tetu imeni Bogdana Xmel`ny`cz`kogo: Mater. mizhnar. konf. "Fitoriznomanittya pry`rodny`x i antropogenny`x landshaftiv". – m. Melitopol`. – 2012. – N2. – S. 76–80.
- Хроміх Н.О., Більчук В.С., Россихіна-Галича Г.С., Вінниченко О.М. Сезонна динаміка антиоксидантних процесів у листках *Acer negundo* за дії політантів // Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія, екологія. – 2014. – Том 22 (1). – С. 71–76. / Xromy`x N.O., Bil`chuk V.S., Rossy`xina-Galy`cha G.S., Vinny`chenko O.M. Sezonna dy`namika anty`oksy`dantny`x procesiv u ly`stках Acer negundo za diyi polyutantiv // Visny`k Dnipropetrovs`kogo universy`tetu. Seriya Biologiya, ekologiya. – 2014. – T. 22 (1). – S. 71–76.
- Boguslavskaya L.V., Shupranova L.V., Ljashenko I.V., Denisenko I.V. Variability of Proteins in Seeds of Wood Plants in Connection with Industrially-transport Emissions // NATO ARW: Multiple Stressors: A Challenge for the Future. – Dnipropetrovsk, 2011. – P. 42.
- Bradford M.M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein ultizing the principle of protein due binding / M.M. Bradford // Anal. Biochem. – 1976. P. 248–254.

Представлено: В.М. Ловинська / Presented by: V.M. Lovynska

Рецензент: В.В. Жмурко / Reviewer: V.V. Zhmurko

Подано до редакції / Received: 20.11.2014