

## ДИНАМІКА ВМІСТУ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ *JUNIPERUS MEDIA MELLE* ‘MINT JULEP’ В МІСЬКИХ НАСАДЖЕННЯХ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Суслова О.П.

Криворізький ботанічний сад НАН України  
вул. Маршака 50, 50000, м. Кривий Ріг  
[elenasuslova2901@gmail.com](mailto:elenasuslova2901@gmail.com)

Проведено дослідження вмісту пігментів в хвої *Juniperus media* ‘Mint Julep’ в насадженнях м. Покровськ (в розсаднику, парковій зоні, сквері, вуличних насадженнях). Визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів здійснювали спектрофотометричним методом за методикою Мусієнко М.М., Паршинової Т.В., Славного П.С. (2001) впродовж вегетаційного періоду від травня до жовтня 2021 року. За результатами досліджень пігментний комплекс *Juniperus media* ‘Mint Julep’ чутливий до забруднення атмосфери поллютантами. Найбільший вміст хлорофілу *a* і *b* виявлено в хвої рослин, що ростуть в контрольному насадженні приватного розсадника – від 1,9 мг/г і 0,8 мг/г сирової маси в травні до 2,62 мг/г і 1,1 мг/г в жовтні; впродовж періоду досліджень в паркових насадженнях кількість хлорофілу *a* і *b* зменшувалася відносно показників рослин з розсадника на 5,3%, та 13,7% відповідно; в сквері біля райвиконкому на 10,5% та 25%; у вуличних насадженнях на 15,7% та 37,5%. Найменші значення вмісту каротиноїдів визначено в хвої рослин з розсадника – 0,30 мг/г сирової маси в травні та 0,42 мг/г в жовтні, в інших насадженнях показник збільшувався на 17–50%. Найбільша їх кількість відмічена в хвої рослин у вуличних насадженнях: 0,45–0,54 мг/г сирової маси, що перевищувало контрольні значення з розсадника на 46–50%, в сквері біля райвиконкому на 21–33%, в парку – на 17–33%. Впродовж вегетації підвищувалося співвідношення хлорофілів *a/b*: найменші показники відмічено в хвої рослин з розсадника (1,94–2,38), найбільші – у вуличних насадженнях (2,84–3,20). В хвої рослин з розсадника зафіксовано найбільші показники відношення суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів (8,3–9,9), в інших місцях зростання вони зменшувалися на 41–50%. Таким чином, зменшення вмісту хлорофілів *a* і *b* в пігментному комплексі *Juniperus media* ‘Mint Julep’, збільшення каротиноїдів та співвідношень хлорофілів *a/b* і суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів відповідно до зростання рівня техногенного забруднення є адаптивною реакцією на погіршення стану середовища і забезпечує успішне проходження фотосинтезу в стресових умовах урбосередовища. **Ключові слова:** *Juniperus media* ‘Mint Julep’, степова зона України, пігментний комплекс, хлорофіли *a* і *b*, каротиноїди.

### Dynamic pattern of photosynthetic pigment content of the assimilation apparatus in *Juniperus media* Melle ‘Mint Julep’ found in city green spaces of the Ukrainian steppe. Suslova O.

Research on pigment content in the needles of *Juniperus media* ‘Mint Julep’ was carried out in the green spaces of Pokrovsk (in the plant nursery, parkland, square, roadside plantings). Chlorophyll and carotenoid contents were determined by spectrophotometric method according to methodology originated by Musienko M.M., Parshinova T.V., Slavny P.S. (2001) over the growing season from May to October 2021. According to our research results, the pigment complex of *Juniperus media* ‘Mint Julep’ is sensitive to air pollution by pollutants. The highest *a* and *b* chlorophyll contents were recorded in the needles of plants growing in the control plantation of a private nursery – from 1.9 mg/g and 0.8 mg/g of raw weight in May to 2.62 mg/g and 1.1 mg/g in October; during our research terms *a* and *b* chlorophyll amounts in the parkland were reported decreasing compared to those of plants from the nursery by 5.3% and 13.7%, respectively; in the square near the district executive committee building these indicators were 10.5% and 25% lower; in roadside plantings – 15.7% and 37.5% lower. The lowest values of carotenoid content were determined in the needles of plants from the nursery – 0.30 mg/g of raw weight in May and 0.42 mg/g in October, in other plantations these values were 17–50% higher. The largest numbers of them were observed in the needles of plants in roadside plantings: 0.45–0.54 mg/g of raw weight, which exceeded by 46–50% the control values from the nursery plants, by 21–33% those in plants growing the square near the district executive committee building, by 17–33% – those in the parkland. The ratio of *a/b* chlorophylls increased over the growing season: the lowest rates were observed in the nursery (1.94–2.38), the highest in roadside stands (2.84–3.20). We recorded the highest ratio of *a* and *b* chlorophylls to carotenoids (8.3–9.9) in the needles of plants from the nursery, in other places of growth they decreased by 41–50%. Thus, reduced *a* and *b* chlorophyll contents in the pigment complex of *Juniperus media* ‘Mint Julep’, increased carotenoids and the ratio between *a/b* chlorophylls and that between sum of *a* and *b* chlorophylls to carotenoids along with increasing levels of man-induced pollution is an adaptive response to environmental degradation and is responsible for the successful photosynthesis flow in the stressful conditions of the urban environments. **Key words:** *Juniperus media* ‘Mint Julep’, steppe of Ukraine, city green spaces, pigment complex, *a* and *b* chlorophylls, carotenoids.

**Постановка проблеми.** При інтродукції хвойних в нові природно-екологічні умови особливе місце займає визначення пластичності їх асиміляційного апарату і його здатність пристосовуватися до зовнішніх факторів, оскільки хвою вважають най-

більш чутливим органом рослин [16]. Асиміляційна поверхня рослин знаходиться в постійному контакті з довкіллям, тому вона недостатньо захищена від впливу несприятливих кліматичних умов зростання та техногенного навантаження промислових міст,

часто піддається різним пошкодженням і передчасному відмиранню. Значну роль в асиміляційному апараті рослин відіграє пігментна система, завдяки якій здійснюється процес фотосинтезу. Під впливом забруднюючих речовин міського середовища кількість фотосинтетичних пігментів (хлорофілів та каротиноїдів) може зменшуватись, структура мембран хлоропластів змінюватись, що негативно впливає на фотосинтез [14, 18]. Функціонування фотосинтетичного апарату рослинного організму залежить від кількості пігментів та їх співвідношення, зміни показників яких відображають реакцію рослинного організму на різні умови зростання [1, 6].

**Актуальність дослідження.** В степовій зоні України наразі часто використовують нові види і культивари роду *Juniperus L.*, завезені в Україну з європейських розсадників та які не пройшли комплексного інтродукційного дослідження в нових умовах з визначенням доцільності використання їх в міських насадженнях різних категорій. До таких рослин віднесено *Juniperus media Melle 'Mint Julep'*, який використовують в озелененні міських територій, не враховуючи його стійкість до умов зростання, тому при всебічному дослідженні культивару актуальним є визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів у хвої, оскільки фізіолого-біохімічні показники чутливі до несприятливих природних факторів і техногенного забруднення та можуть характеризувати стан рослин залежно від їх місцезростання.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими і практичними завданнями.** Представлені результати є висновками в межах комплексної науково-дослідної роботи, що виконувалась у відділі інтродукції та акліматизації рослин Криворізького ботанічного саду НАН України за темою «Інтродукція та використання деревних і чагарникових рослин в еколого-ландшафтній оптимізації міських зелених насаджень у промисловому регіоні степової зони України», державний номер реєстрації 0117U00082883.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У науковій літературі представлено значну кількість даних з досліджень видів роду *Juniperus* в умовах Степу України. Фахівцями висвітлено асортимент видів та їх культиварів, встановлено життєвий стан деяких з них в техногенно забрудненому середовищі міста [4, 7, 15], досліджено особливості вегетативного і генеративного розвитку ялівців [12, 15]. Також визначено вміст фотосинтетичних пігментів у хвої деяких представників роду *Juniperus*, що зростають в умовах промислового міста південного сходу України [13], проте дані щодо особливостей асиміляційного апарату *Juniperus media 'Mint Julep'* в умовах Степу України відсутні.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** При інтродукційному випробовуванні ялівців визначення особливостей функціонування аси-

міляційного апарату залишається найменш дослідженим. Мало інформації щодо динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів в хвої видів *Juniperus* в урбоекосистемах степової зони України. Особливої уваги набуває встановлення кореляційних зв'язків між змінами у кількості пігментів та функціональним станом рослин в міських насадженнях різних категорій.

**Наукова новизна.** Вперше визначено особливості динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів у хвої *Juniperus media 'Mint Julep'* в міських умовах степової зони України, встановлено, що зменшення вмісту хлорофілів *a* і *b*, збільшення каротиноїдів та співвідношень хлорофілів *a/b* і суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів відповідно до зростання рівня техногенного забруднення є адаптивною реакцією на погіршення стану середовища.

**Матеріали та методи досліджень.** Для оцінки впливу техногенного забруднення міського середовища на пігментний комплекс хвойних в умовах північно-степової зони України за об'єкт досліджень було обрано культивар *Juniperus media 'Mint Julep'*, що зростає в різних категоріях декоративних насаджень м. Покровськ Донецької області (парку, сквері, вуличних насадженнях). За контроль було обрано рослини, що зростають в приватному розсаднику на околиці міста. Визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів здійснювали спектрофотометричним методом [10]. Проби відбирали один раз на місяць з травня по жовтень 2021 року. Екстракцію пігментів проводили 100% ацетоном. Наважку (0,5 г) свіжого матеріалу ретельно подрібнювали у фарфоровій ступці зі скляним порошком та 5 мл ацетону. Спектрофотометрування проводили у кюветі з товщиною шару 1 см при довжині хвилі 644, 662 та 440 нм у трьох повторностях. Результати оброблені методами математичної статистики [8].

**Результати досліджень.** Аналіз даних щодо сезонної динаміки вмісту зелених пігментів у хвої *Juniperus media 'Mint Julep'* в різних насадженнях впродовж вегетаційного періоду показав, що кількість хлорофілу *a* і *b* збільшувалася в першій половині вегетації та поступово зменшувалася в другій (рис. 1). Така динаміка є закономірною для рослин, які зростають у сприятливих умовах без, або з мінімальним впливом аерополітантів [2, 5]. Проте, в різних місцях зростання вміст хлорофілу *a* і *b* був неоднаковим. Найбільший вміст цих пігментів упродовж шести місяців виявлено в хвої рослин, що ростуть у приватному розсаднику на околиці міста – від 1,9 мг/г і 0,8 мг/г сирової маси в травні до 2,62 мг/г та 1,1 мг/г в жовтні (рис. 1, 2). В інших міських насадженнях кількість хлорофілу *a* зменшувалася відносно показників у розсаднику в травні на 5,3% в паркових насадженнях, на 10,5% в сквері біля райвиконкому, на 15,7% в насадженнях вздовж автодороги на вул. Захисників Вітчизни. Вміст хлорофілу *b* в травні зменшувався на 13,7% в парку, на

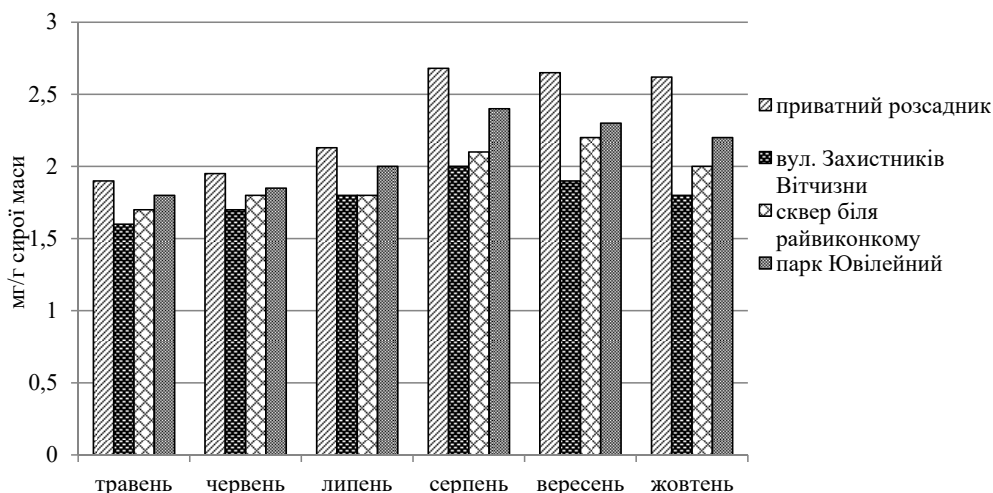


Рис. 1. Сезонна динаміка вмісту хлорофілу *a* в хвої *Juniperus media* Melle 'Mint Julep' в м. Покровськ

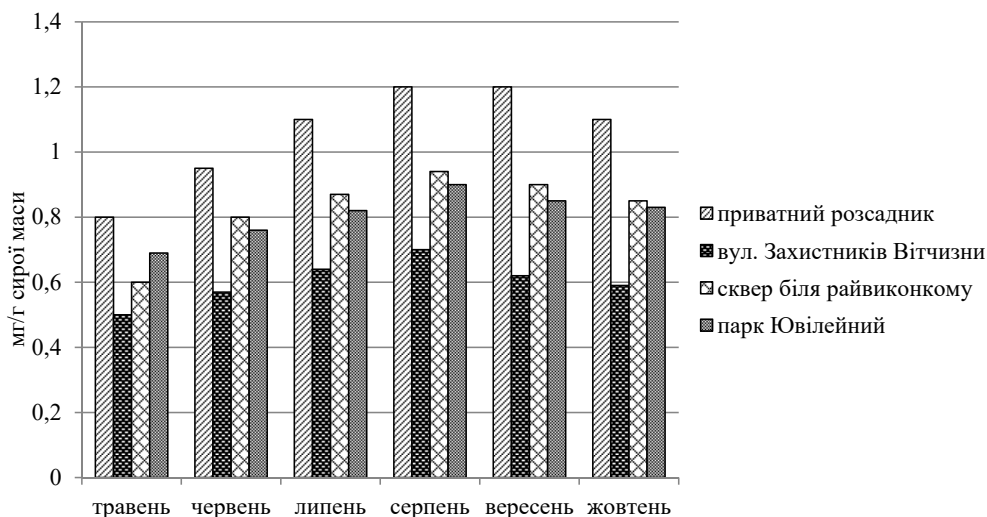


Рис. 2. Сезонна динаміка вмісту хлорофілу *b* в хвої *Juniperus media* Melle 'Mint Julep' в м. Покровськ

25% в досліджуваному сквері, на 37,5% у вуличних насадженнях. Отримані результати доводять, що техногенне забруднення значно впливає на вміст зелених пігментів у хвої, і зі збільшенням аеротехногенного забруднення кількість хлорофілів в клітинах рослин зменшується.

Не менш важливим показником є вміст каротиноїдів, які виконують фотопротекторну функцію, запобігаючи руйнуванню хлорофілів при інтенсивному сонячному випромінюванні [1]. Так, у хвої *Juniperus media* 'Mint Julep' в умовах міста вміст жовтих пігментів у період з травня по жовтень поступово збільшувався в усіх насадженнях на 10–66% (рис. 3). Така сезонна динаміка вмісту каротиноїдів є закономірною і підтверджена в багатьох дослідженнях з різними видами рослин [2].

В різних насадженнях м. Покровськ в хвої досліджуваного культивуру кількість каротиноїдів упро-

довж вегетаційного періоду становила від 0,30 мг/г до 0,54 мг/г сирої маси. Найменші значення відмічені у рослин, що ростуть в приватному розсаднику – 0,30 мг/г сирої маси в травні та 0,42 мг/г в жовтні. В інших місцях зростання ці показники збільшувалися на 17–50% упродовж всього вегетаційного періоду. Найбільша кількість жовтих пігментів відмічена в хвої рослин, що зростають в насадженнях на вул. Захисників Вітчизни: 0,45–0,54 мг/г сирої маси. Вміст каротиноїдів в клітинах рослин на вул. Захисників Вітчизни перевищував контрольні значення з розсадника на 46–50%, в сквері біля райвиконкому на 21–33%, в парку – на 17–33%. Підвищення вмісту каротиноїдів у хвої рослин зі збільшенням техногенного впливу, ймовірно, є адаптивною реакцією на погіршення стану середовища. В цих умовах зростає захисна функція каротиноїдів щодо запобігання фотоокиснення хлорофілів.

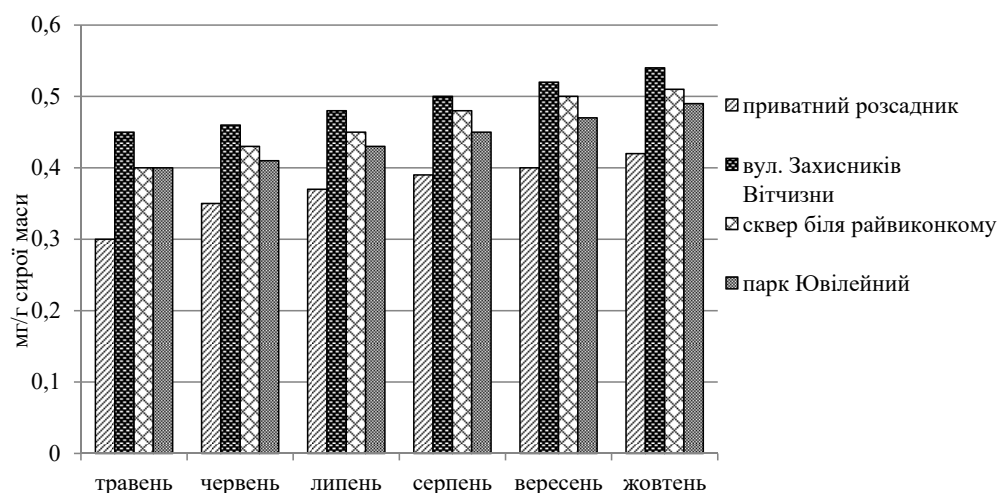


Рис. 3. Сезонна динаміка вмісту каротиноїдів в хвої *Juniperus media* Melle 'Mint Julep' в м. Покровськ

Загальна сума зелених пігментів у хвої *J. media* 'Mint Julep' в травні становила 2,30–2,70 мг/г сирової маси та поступово підвищувалася у рослин в різних категоріях насаджень, максимальні значення яких відмічено в серпні – 2,70–3,88 мг/г сирової маси залежно від місця зростання (табл. 1). В цей період в фотосинтезичному апараті ялівця відмічено оптимальну кількість пігментів, необхідних для активного здійснення процесу фотосинтезу [9].

У вересні загальний вміст хлорофілів *a* і *b* у хвої рослин зменшився відносно даних, отриманих в серпні на 0,8–4,5% в різних насадженнях і в подальшому знижувався. Упродовж шести календарних місяців найвищі показники вмісту хлорофілів *a* і *b* спостерігалися в хвої рослин приватного розсадника, а найменші – у рослин, що ростуть в насадженнях на вул. Захисників Вітчизни.

Співвідношення хлорофілів *a/b* та суми хлорофілів до каротиноїдів є чутливими маркерами техногенного впливу на пігментну систему хвої рослин [17].

Варіювання кількості хлорофілів та каротиноїдів у хвої ялівців в умовах міського забруднення істотно впливає на їхнє співвідношення. Нами встановлено, що зі збільшенням техногенного впливу в різних категоріях насаджень упродовж вегетаційного періоду в хвої досліджуваного культивуру підвищувалося співвідношення хлорофілів *a/b* і коливалося від 1,94–2,38 (у приватному розсаднику) до 2,84–3,20 (у вуличних насадженнях). Проміжні показники цього параметра виявлені у рослин скверу біля райвиконкому та парку (див. табл. 1). За даними В. С. Ніколаєвського, збільшення співвідношення хлорофілів *a/b* є ознакою високої потенційної інтенсивності фотосинтезу [11].

Співвідношення суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів відображає оперативну реакцію пігментного комплексу хвої рослин на несприятливі зміни факторів середовища, тому часто використовується в якості показника рівня пристосованості рослин до екстремальних умов [3]. В хвої *Juniperus media* 'Mint

Таблиця 1

Сезонна динаміка суми хлорофілів *a* і *b*, їхнього співвідношення та каротиноїдів в хвої *Juniperus media* 'Mint Julep' в різних категоріях насаджень м. Покровськ

Категорія насаджень	Сума хл. ( <i>a</i> + <i>b</i> ), мг/г сирової маси						Співвідношення											
							хл. <i>a</i> / хл. <i>b</i>						(хл. <i>a</i> + хл. <i>b</i> ) / каротиноїди					
							травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
приватний розсадник	2,70	2,9	3,23	3,88	3,85	3,72	2,38	2,05	1,94	2,23	2,21	2,38	9,0	8,29	8,73	9,95	9,63	8,86
вул. Захисників Вітчизни	2,40	2,27	2,44	2,70	2,52	2,39	3,20	2,98	2,81	2,86	3,06	3,05	5,33	4,93	5,08	5,40	4,85	4,43
сквер біля райвиконкому	2,30	2,60	2,67	3,04	3,10	2,85	2,83	2,25	2,07	2,23	2,44	2,35	5,75	6,05	5,93	6,33	6,20	5,59
парк «Ювілейний»	2,49	2,61	2,82	3,30	3,15	3,03	2,61	2,43	2,44	2,67	2,71	2,65	6,23	6,37	6,56	7,33	6,70	6,18



Juler' в умовах промислового міста відношення суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів підвищувалося з травня до початку жовтня на 7–9% та знижувалося наприкінці вегетації. Найбільші показники співвідношення суми зелених пігментів до жовтих спостерігалися у фотосинтетичному апараті рослин в приватному розсаднику, які варіювали впродовж вегетаційного сезону в межах – 8,3–9,9, а у інших місцях зростання зменшувалися максимально на 41–50% (у вуличних насадженнях). Отже, отримані дані вказують, що зменшення співвідношення суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів у хвої *J. media* 'Mint Juler' відповідно до зростання рівня техногенного забруднення, ймовірно, є адаптивною реакцією, що забезпечує успішне проходження фотосинтезу в стресових умовах урбосередовища.

**Висновки.** За результатами досліджень пігментний комплекс *Juniperus media* 'Mint Juler' чутливий до забруднення атмосфери поллютантами. Найбільший вміст хлорофілу *a* і *b* виявлено в хвої рослин, що ростуть в контрольному насадженні приватного розсадника – від 1,9 мг/г і 0,8 мг/г сирової

маси в травні до 2,62 мг/г і 1,1 мг/г в жовтні; впродовж періоду досліджень в паркових насадженнях кількість хлорофілу *a* і *b* зменшувалася відносно показників рослин з розсадника на 5,3%, та 13,7% відповідно; в сквері біля райвиконкому на 10,5% та 25%; у вуличних насадженнях на 15,7% та 37,5%. Найменші значення вмісту каротиноїдів відмічені в хвої рослин з розсадника – 0,30 мг/г сирової маси в травні та 0,42 мг/г в жовтні, в інших насадженнях показник збільшувався на 17–50%. У рослин з розсадника зафіксовано найбільші показники відношення суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів (8,3–9,9), в інших місцях зростання – зменшувалися на 41–50%. Таким чином, зменшення вмісту хлорофілів *a* і *b* в пігментному комплексі *Juniperus media* 'Mint Juler', збільшення каротиноїдів та співвідношень хлорофілів *a/b* і суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів відповідно до зростання рівня техногенного забруднення є адаптивною реакцією на погіршення стану середовища і забезпечує успішне проходження фотосинтезу в стресових умовах урбосередовища.

#### Література

1. Бухарина И.Л. Характеристика элементов антиоксидантной системы адаптации древесных растений в условиях городской среды. Вестник Рос. ун-та дружбы народов. Серия : Экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 2. С. 5–13.
2. Володарець С.О. Сануюча функція деревних рослин культурфітоценозів урбанізованого середовища : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Вінниця, 2016. 213 с.
3. Воскресенская О.Л., Сарбаева Е.В. Эколого-физиологические адаптации туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в городских условиях. Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. 130 с.
4. Глухов А.З., Остапко И.Н., Сусллова Е.П. Изучение *Juniperus communis* L. в условиях промышленного города. Проблемы озеленения крупного города. Москва : Прима. 2004. С. 98–100.
5. Иванова Н.А., Костюченко Р.Н. Эколого-физиологические механизмы адаптации некоторых видов ив в различных условиях обитания на территории Среднего Приобья. Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гуманитар. ун-та, 2011. 163 с.
6. Илькун Г.М. Загрязнение атмосферы и растения. К. : Наукова думка, 1978. 247 с.
7. Коршиков И.И., Сусллова О.П., Петрушкевич Ю.М. Деревні рослини в умовах промислових міст Степу : монографія /за заг. ред. д.б.н., проф. І.І. Коршикова. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2020. 456 с.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 352 с.
9. Лишинская С.Н. Эколого-физиологические особенности березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как компонентов антропогенных лесонасаждений г. Самары : автореф. дис. на соискание научн. степени канд. биол. наук : 03.00.16. Самара, 2003. 18 с.
10. Мусієнко М.М., Паршинова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. К. : Фітософіоцентр, 2001. 200 с.
11. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск : Наука, 1979. 276 с.
12. Поляков А.К., Сусллова Е.П. Хвойные на юго-востоке Украины. Донецк : Норд-Пресс, 2004. 195 с.
13. Приступа І. В., Шалімов І. В., Романчук Т. В. Динаміка вмісту фотосинтезуючих пігментів як фітоіндикаційний показник у представників р. *Juniperus*, що зростають в умовах промислового міста південного сходу України. Питання біоіндикації та екології. 2009. 1(14). С. 74–80.
14. Старикова Е.А., Воскресенская О.Л., Сарбаева Е.В. Изменение пигментного комплекса ели колочей в условиях городской среды. Международный научно-исследовательский журнал. 2016. 10(52). Ч. 4. С. 46–48.
15. Сусллова Е.П. Генеративное развитие видов рода *JUNIPERUS* L., интродуцированных в Донецком ботаническом саду НАН Украины. Промышленная ботаника. 2004. Вып. 4. С. 241–245.
16. Тарчевский И.А., Андрианова И.А. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы. Физиология растений. 1980. Т. 27. № 2. С. 390–395.
17. Топчий Н. Н. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез. Физиология и биохимия культурных растений. 2010. Т. 42, № 2. С. 95–106.
18. Richardson A. D., Duigan S. P., Berlyn G. P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. New Phytologist. 2002. Vol. 153, Iss. 1. P. 185–194.