

the trees slope. The upper third slope acclivous than average. Angle 20 ° – this creates better conditions for detention rain. The calculation of the average diameter of the largest plantations indicates its value plots 1 and at least two plots (table 1).

Calculated the amount of planes cross sections, the average cross-sectional area, planting stock. The amount of plantings area cross-section also differs plots, while there is the same pattern as the index for the average diameter. In the middle third of the trees hill, this value is – 65,44 %, and in the upper third slope – 58,02 % of the figure for the planes of the lower third of the slope.

Most growing conditions of *Robinia pseudoacacia* L. affected planting stock: PP1 – 210.3 m³/ha PP2 – 94.5 m³/ha, PP3 – 49.0 m³/ha (table 2). Also small size stock on the upper third slope due significantly fewer trees compared to other research areas because of their apostasy and cutting, as in the vicinity of the village is "Viyskove". If the number of trees in the first and second plots of 465 and 478 units/ha, respectively, at the third – 222 units/ha.

УДК 581.2

ДИНАМІКА КАРОТИНОЇДІВ У ЛИСТКАХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *TILIA* L. ЗА УМОВ АНТРОПОГЕННОГО ТИСКУ

Т. І. Юсупіва, В. В. Дротік

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся
Гончара*

JusyriwaTatjana@i.ua

Изучена динамика каротиноидов в листьях *Tilia amurensis* L., *T. europaea* L., *T. cordata* Mill. и *T. platyphyllos* Scop. в условиях комплексного загрязнения среды выбросами автотранспорта и промышленного предприятия. Установлено, что воздействие токсических газов и тяжелых металлов приводит как к изменению направленности динамики концентрации пигментов в течение вегетационного периода, так и к существенным изменениям в их количественном содержании в листьях исследованных видов лип.

Промышленное загрязнение, выбросы
автотранспорта, *Tilia L.*, листья, динамика каротиноидов,
фитоиндикация

Дніпропетровськ протягом багатьох десятиріч є одним з найбільш розвинених, й відповідно, забруднених промислових центрів України. Високий ступінь концентрації підприємств металургійної, хімічної, машинобудівної та інших галузей промисловості, а також розгалужена система автошляхів з інтенсивним рухом тисяч автомобілів зумовлюють високий рівень забруднення повітря і ґрунту токсичними газами та важкими металами. Зелені насадження, які є легенями міста, поглинають великі об'єми поллютантів, що викликає порушення метаболічних процесів рослин і зниження їх життєздатності [4]. Останнім часом від хронічної дії промислових викидів і вихлопів автотранспорту зареєстровані візуальні та біохімічні пошкодження рослин роду *Tilia L.* [7, 10, 14], що скорочує термін їх вегетації та погіршує естетичний вигляд дерев.

Екологічна оцінка стану зелених масивів в умовах антропогенного тиску може успішно здійснюватися з використанням біохімічних показників деревних рослин [6]. Пігменти фотосинтезу – ключові сполуки вуглецевого живлення рослин, тому зниження інтенсивності фотосинтезу за умов техногенезу може бути однією з причин падіння продуктивності рослин і зменшення швидкості накопичення їх біомаси [1, 2].

Каротиноїди – допоміжні пігменти фотосинтезу і обов'язкові елементи світлозбирального комплексу фотосинтетичного апарату [12], а також забезпечують захист молекул хлорофілу від фотоокиснення. Як важливі компоненти антиоксидантної системи рослин, вони забезпечують захист клітин від вільних радикалів, рівень яких зростає за дії фітотоксикантів.

Зважаючи на це, мета роботи – дослідити вплив комплексного забруднення середовища токсичними газами та важкими металами на динаміку каротиноїдів у листках

представників роду *Tilia* L. в умовах степового Придніпров'я.

Умови та методи досліджень

Об'єктами дослідження були листки представників роду *Tilia*: місцевого виду – липи серцелистої, або дрібнолистої (*T. cordata* Mill.), а також трьох інтродуцентів – липи амурської (*T. amurensis* L.), липи європейської (*T. europaea* L.) та липи широколистої (*T. platyphyllos* Scop.). Ці види широко представлені в зелених насадженнях м. Дніпропетровськ.

Збирання матеріалу проводилось з травня по вересень 2015 р. на двох пробних ділянках: дослідній, яка прилягає до автотраси і ВАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» м. Дніпропетровськ, джерела токсичних газів (SO₂ і NO₂) і важких металів (залізо, манган, цинк, ртуть, хром) [5], та контрольній зоні – території Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеса Гончара, де концентрації забруднювачів не перевищують ГДК.

Проби листя відбирали з модельних дерев одного віку з гілок середнього ярусу південно-східної частини крони п'ятого порядку галуження. Концентрацію каротиноїдів визначали в ацетоновій витяжці листків на спектрофотометрі СФ-46 при довжині хвилі 440,5 нм. Розрахунки проводили за формулою Веттштейна [3]. Повторність дослідів була трикратною. Результати експерименту оброблені статистично [8].

Результати та їх обговорення

Дослідження динаміки вмісту каротиноїдів у асиміляційних органах представників роду *Tilia* за дії антропогенних факторів виявили неоднозначну реакцію різних видів лип на полікомпонентне забруднення середовища токсичними газами та важкими металами (рис. 1–2).

Як видно з рис. 1, в умовах чистої зони динаміка концентрації жовтих пігментів фотосинтезу у листках двох

інтродукованих видів лип (*T. europaea* та *T. amurensis*) протягом вегетаційного періоду практично однакова. Так, кількість каротиноїдів у асиміляційних органах *T. europaea* зростає на зразок експоненціальної кривої, а вміст пігментів у *T. amurensis* з весни й до середини літа підвищується незначно, зростає у серпні і залишається практично на цьому ж рівні у вересні. Для *T. platyphyllos* характерна дещо інша крива динаміки концентрації каротиноїдів у листках (рис. 2Б). У цієї деревної породи кількість жовтих пігментів у листках зменшується протягом червня – липня, коли спостерігалися сильні посухи, а максимальне значення вмісту каротиноїдів припадає на вересень.

У аборигенного виду *T. cordata* вміст цих сполук протягом фази активного росту пагонів (травень – червень) дещо знижується порівняно з початком вегетаційного періоду, потім повільно зростає, у серпні досягає травневого значення показника, а у вересні – свого максимуму (рис. 2А).

Аналіз динаміки вмісту каротиноїдів у листках рослин, що зростають в умовах антропогенного тиску, свідчить про те, що забруднення середовища токсичними газами та важкими металами істотно впливає на спрямованість змін концентрації пігментів протягом вегетаційного періоду. Лише в одного з досліджених видів, *T. europaea*, крива динаміки кількості каротиноїдів у листках рослин моніторингової точки має практично такий же характер, як і у рослин чистої зони (рис. 1Б).

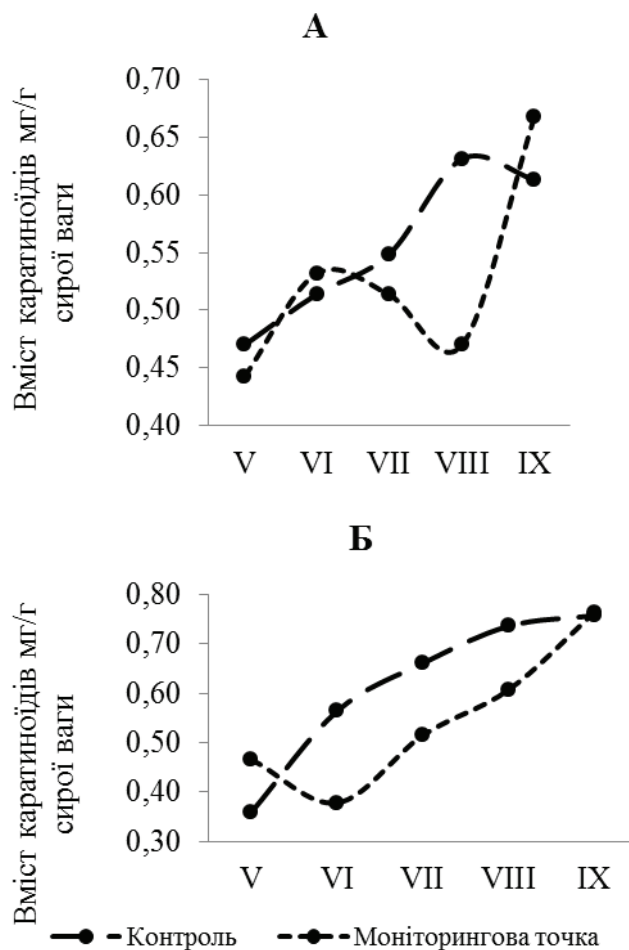


Рисунок 1 – Вплив антропогенного тиску на динаміку вмісту каротиноїдів у листках *Tilia amurensis* (А) та *T. europaea* (Б), % абсолютно сирої ваги

Figure 1 – Anthropogenic pressure effect on carotenoid content dynamics in the leaves of *Tilia amurensis* (A) and *T. europaea* (Б), % total green wight

В асиміляційних органах *T. amurensis* в умовах промайданчика вміст допоміжних пігментів фотосинтезу зростає лише під час фази активного росту пагонів (травень – червень), знижується протягом стадії прихованого росту (липень – серпень) і знов зростає вже наприкінці літа, коли рослини вступають у фазу попереднього спокою пагонів (рис. 1А).

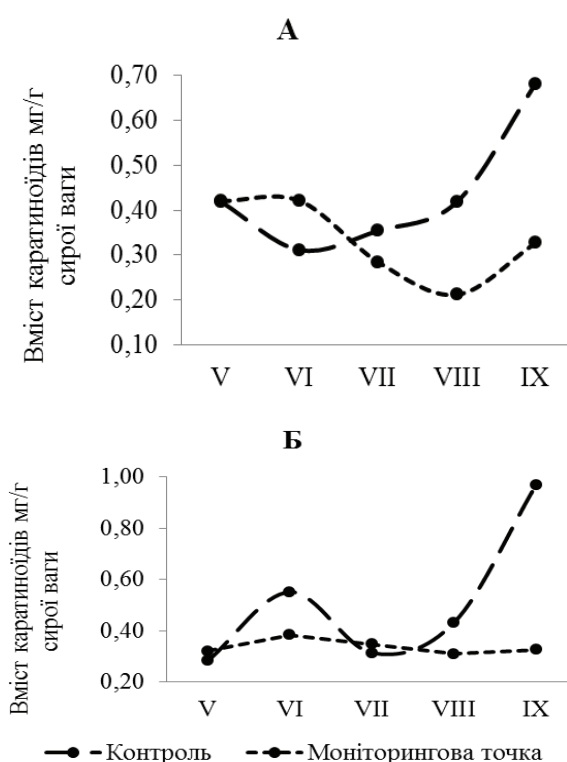


Рисунок 2 – Вплив антропогенного тиску на динаміку вмісту каротиноїдів у листках *Tilia cordata* (А) та *T. platyphyllos* (Б), % абсолютно сирої ваги

Figure 2 – Anthropogenic pressure effect on carotenoid content dynamics in the leaves of *Tilia cordata* (А) and *T. platyphyllos* (Б), % total green wight

У листках *T. cordata* за дії забруднювачів крива динаміки вмісту каротиноїдів повторює відповідну криву контрольних рослин із запізненням на один місяць: кількість пігментів із травня по червень зростає, потім до серпня знижується, а наприкінці експерименту підвищується, сягаючи максимальної величини у вересні (рис. 2А). Концентрація жовтих пігментів у асиміляційних органах *T. platyphyllos* за хронічної дії промислових викидів і вихлопів автотранспорту протягом періоду вегетації не змінюється взагалі (рис. 2Б).

Нами виявлено, що серед вивчених представників родового комплексу *Tilia* найвища кількість допоміжних пігментів фотосинтезу та найширший діапазон коливань їх вмісту (0,28–0,97 мг/г сирової ваги) протягом вегетаційного періоду властиві липі широколистяній. У інших видів в умовах чистої зони ці показники варіюють у межах 0,31–0,68 мг/г сирової ваги (*T. cordata*), 0,36–0,76 (*T. europaea*), 0,47–0,63 (*T. amurensis*).

Токсичні гази та важкі метали суттєво впливають на вміст каротиноїдів у листках усіх досліджених деревних порід, хоча характер цих змін дещо відрізняється для кожного виду. Так, цей показник у *T. europaea* під час фази активного росту пагонів перевищує відповідну величину в рослин Ботанічного саду ДНУ на 29,8 %, потім істотно знижується протягом стадії прихованого росту пагонів (на 32,9–17,5 % порівняно з контролем), а у фазі попереднього спокою пагонів сягає значення цього параметра у рослин умовно чистої зони.

Вміст каротиноїдів у листках *T. amurensis* за дії антропогенних факторів докільця на початку вегетаційного періоду має незначні флуктуації навколо контрольних величин цього показника, але вже з липня суттєво змінюється: спочатку падає, сягаючи у серпні 74,5 % від контрольного значення, а потім зростає, перевищуючи концентрацію пігментів у асиміляційних органах рослин умовно чистої зони на 8,8 % (вересень). Це може бути пов'язано з адаптивними реакціями рослин, оскільки каротиноїди є важливими антиоксидантами, а за дії

металевого стресу підсилюються процеси перекисного окиснення ліпідів [2].

За хронічної дії промислового забруднення та викидів автотранспорту кількість жовтих пігментів фотосинтезу у асиміляційних органах інших видів лип змінюється більш значно. Так, у *T. platyphyllos* досліджений параметр у травні й липні перевищує контрольні величини (на 13,2 і 10,8 % відповідно), однак у червні, серпні й вересні істотно падає порівняно зі значеннями цієї характеристики у рослин умовно чистої зони (рис. 2Б), причому найсуттєвіше – наприкінці вегетаційного періоду (на 66,3 %). Вміст каротиноїдів у листках *T. cordata* у фазі активного росту пагонів не відрізняється від контролю, на стадії прихованого росту зростає, перевищуючи величину цього показника у рослин Ботанічного саду ДНУ на 35,2 %, а потім зменшується, сягаючи мінімального значення у фазі попереднього спокою пагонів (на 49,3 % порівняно з контролем). Ймовірно, це пов'язано з критичним рівнем зволоження в зазначений період, а як відомо, липа серцелиста має низьку посухостійкість, що суттєво впливає на ряд її життєвих характеристик [10].

Слід зазначити, що в літературі зустрічаються досить суперечливі дані щодо впливу умов техногенного середовища на вміст каротиноїдів у асиміляційних органах рослин. Так, І. В. Приступа зі співавт. відзначають значне зменшення концентрації допоміжних пігментів фотосинтезу у видів роду *Juniperus*, які зростають в умовах промислового міста [9]. Нами виявлено зниження вмісту цих сполук у листках *Betula pendula* Roth., *Robinia pseudoacacia* L. і *Salix alba* L. протягом вегетаційного періоду за сумісної дії SO₂, NO₂, заліза, мангану, цинку, ртуті та хрому [13]. Д.Д. Тищенко спостерігала збільшення кількості каротиноїдів у інтродуцентів роду *Cotoneaster* Medic. під впливом викидів автотранспорту, особливо наприкінці періоду вегетації [11].

Таким чином, вивчення динаміки жовтих пігментів фотосинтезу у асиміляційних органах різних видів лип протягом вегетаційного періоду свідчить про високу

чутливість цього показника до комплексного забруднення навколишнього середовища токсичними газами та важкими металами.

ВИСНОВКИ

1. Техногенне забруднення навколишнього середовища токсичними газами та важкими металами призводить до змін у спрямованості динаміки концентрації каротиноїдів у листках рослин родового комплексу *Tilia* L.

2. За вмістом допоміжних пігментів фотосинтезу у листках і характером змін цього показника протягом вегетаційного періоду в умовах антропогенного тиску досліджені види в порядку убудування їх стійкості можна ранжувати так: *T. amurensis* > *T. europaea* > *T. cordata* > *T. platyphyllos*.

3. У подальших дослідженнях буде вивчено динаміку залежності концентрації каротиноїдів від вмісту хлорофілів у листках представників роду *Tilia* за сумісної дії промислових викидів та автотранспорту.

Література:

1. Бессонова В.П. Влияние поликомпонентных выбросов автомобильного транспорта на содержание хлорофилла в листьях древесных растений / В.П. Бессонова, Н.В. Капельюш, С.В. Овчаренко, В.Д. Письменчук // Бюл. Никитского бот. сада. – Ялта, 2004. – Вып. 89. – С. 73–75.

Bessonova V.P. Vlijanie polikomponentnyh vybrosov avtomobil'nogo transporta na sodержanie hlorofilla v list'jah drevesnyh rastenij / V.P. Bessonova, N.V. Kapeljush, S.V. Ovcharenko, V.D. Pis'menchuk // Bjul. Nikitskogo bot. sada. – Jalta, 2004. – Vyp. 89. – S. 73–75.

2. Бессонова В.П. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез растений. – Д.: ДДАУ, 2006. – 208 с.

Bessonova V.P. Vlijanie tzhzhelyh metallov na fotosintez rastenij. – D.: DDAU, 2006. – 208 s.

3. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. – Д.: Свідлер, 2006. – 318 с.

Bessonova, V.P. *Praktikum z fiziologii roslin.* – D.: Svidler, 2006. – 318 s.

4. Бессонова В.П. Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO₂ и NO₂) / В.П. Бессонова, Т.И. Юсыпова. – Запорожье: ЗДУ, 2001. – 193 с.

Bessonova, V.P. *Semennoie vozobnovlenie drevesnykh rasteniy i promyshlennyye pollutanty (SO₂ i NO₂).* V.P. Bessonova, T.I. Iusypiva. – Zaporozhie: Zaporizhya University Press, 2001. – 193 s.

5. Екологічний паспорт Дніпропетровської області (2014 р.) / В.М. Резніченко та ін. <http://www.menr.gov.ua>.

Ekologichnij pasport Dnipropetrovs'koj oblasti (2014) / Reznichenko V.M. et al., 2014. // <http://www.menr.gov.ua>

6. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць / В.А. Кучерявий. – Львів: Світ, 2008. – 455 с.

Kucherjavij V.P. Ozelenennja naselenih misc' / V.A. Kucherjavuj. – L'viv: Svit, 2008. – 455с.

7. Пономарьова О.А. Вплив росту лип у лунках у асфальті придорожньої зони на показники асиміляційного апарату / О.А. Пономарьова, В.П. Бессонова // Питання біоіндикації та екології. – 2009. – Вип. 14, № 2. – С. 55–62.

Ponomar'ova O.A. Vpliv rostu lip u lunkah u asfal'ti pridorozhn'oi zoni na pokazniki asimiljacijnogo aparatu / O.A. Ponomar'ova, V.P. Bessonova // *Pitannja bioindikacii ta ekologii.* – 2009. Vip. 14, № 2. S. 55–62.

8. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: ДНУ, 1999. – 210 с.

Priseds'kij Ju.G. Statistichna obrobka rezul'tativ biologichnih eksperimentiv / Ju.G. Priseds'kij. – Donec'k: DNU, 1999. – 210 s.

9. Приступа І.В. Динаміка вмісту фотосинтезуючих пігментів як фітоіндикаційний показник у представників р. *Lupiregus*, що зростають в умовах промислового міста південного сходу України / І.В. Приступа, І.В. Шалімов, Т.В. Романчук // Питання біоіндикації та екології. – 2009. – Вип. 14, № 1. – С. 74–80.

Pristupa I.V. Dinamika vmistu fotosintezujuchih pigmentiv jak fitoindikacijnij pokaznik u predstavnikiv r. Juniperus, shho zrostajut' v umovah promislovogo mista pivdenного shodu Ukraini / I.V. Pristupa, I.V. Shalimov, T.V. Romanchuk // Pitannja bioindikacii ta ekologii. 2009. Vip. 14, № 1.S. 74–80.

10. *Совакова М.О. Гомеостатична рівновага представників роду Tilia L. в умовах нестійкого зволоження / М.О. Совакова, О.В. Соваков, О.І. Китаєв, Д.М. Макарова, А.В. Кривошанка, О.С. Горб // Питання біоіндикації та екології. – 2012. – Вип. 17, № 2. – С. 60–67.*

Sovakova M.O. Gomeostaticzna rinvovaga predstavnikiv rodu Tilia L. v umovah nestijkogo zvolozhennja / M.O. Sovakova, O.V. Sovakov, O.I. Kitaev, D.M. Makarova, A.V. Krivoshapka, O.S. Gorb // Pitannja bioindikacii ta ekologii. – 2012. – Vip. 17, № 2. – S. 60–67.

11. *Тищенко Д.Д. Вплив автотранспортного забруднення на деякі компоненти системи антиоксидантного захисту у інтродуцентів роду Cotoneaster Medic. // Вісник Львівського ун-ту. – 2009. – Вип. 50. – С. 151–156.*

Tishhenko D.D. Vpliv avtotransportnogo zabrudnennja na dejaki komponenti sistemi antioksidantnogo zahistu u introducentiv rodu Cotoneaster Medic. // Visnik L'vivs'kogo un-tu. – 2009. – Vip. 50. – S. 151–156.

12. *Фотосинтез: В 2-х томах / Под редакцией Говинджи. – М.: Мир, 1987. – Т. 1. – 728 с.*

Fotosintez: V 2-h tomah / Pod redakciej Govindzhi. M.: Mir, 1987. T. 1. 728 s.

13. *Юсыпова Т.И. Динамика концентрации каротиноидов в листьях древесных растений в условиях техногенной среды / Т.И. Юсыпова, В.В. Вегерич // Proceedings of the IX International Scientific Conference for students and young scholars “Science and education – 2014”. – 11 May 2014. – Kazakhstan, Astana. – С. 3481–3485.*

Iusypiva T.I. Dinamika koncentracii karotinoidov v list'jah drevesnyh rastenij v uslovijah tehnogennoj sredy / T.I. Iusypiva, V.V. Vegerich // Proceedings of the IX International Scientific Conference for students and young scholars “Science and

education – 2014”. – 11 May 2014. – Kazakhstan, Astana. – S. 3481–3485.

14. Krupenko L.S. Conditions of assimilation system *Tilia cordata* under aerogenic pollution in Zaporozhie city / L.S. Krupenko, N.V. Kapelush // Питання біоіндикації та екології. – 2014. – Вип. 19, № 2. – С. 84–90.

Krupenko L.S. Conditions of assimilation system *Tilia cordata* under aerogenic pollution in Zaporozhie city / L.S. Krupenko, N.V. Kapelush // Pitannja bioindikacii ta ekologii. – 2014. – Vip. 19, № 2. – S. 84–90.

CAROTENOID CONTENT DYNAMICS IN THE LEAVES OF *TILIA* L. GENUS REPRESENTATIVES UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC PRESSURE

T. Iusypiva, V. Drotik

Oles’Honchar Dnipropetrovsk National University

JusypivaTatjana@i.ua

The paper aims to study the extent to which the environment complex pollution with toxic gases and heavy metals affects on carotenoid content dynamics in the leaves of *Tilia* L. genus representatives in the conditions of the steppe Prydniprovs’ya. Then research objects were four *Tilia* genus representatives, among them one local flora representatives (*T. cordata* Mill.) and three introduced species (*T. amurensis* L., *T. europaea* L., *T. platyphyllos* Scop.). The research material was collected in the period between May and September 2015 in the two sample areas: the test area, which is contaminated with SO₂, NO₂, iron, mangan, zink, mercury, chromium, and the reference area.

The results of the analysis of carotenoid content dynamics in the leaves of those plants which grow under the anthropogenic pressure demonstrate, that in case the environment is polluted with toxic gases and heavy metals, it results in dramatic changes in pigment concentration during the vegetation period. An exception among the examined species is the curve of carotenoid content dynamics in *T. europaea* leaves, which demonstrates

approximately the same level of carotenoid content in both the test and reference areas.

The research findings clearly show that toxic gases and heavy metals have a significantly influence on carotenoid content of all the examined species, though the pattern of change varies from species to species. The most statistically significant changes are recorded in the aboriginal *Tilia* species during the whole research period.

The study thus indicates that the dynamics of yellow, orange and red photosynthesizing pigments of *Tilia* assimilatory organs during the vegetation period is a parameter which is highly sensitive to the complex pollution of the environment with toxic gases and heavy metals.

УДК 616:634.54:581.5

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ПИЛКОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
CORYLUS AVELLANA L. ВІД ГЕОГРАФІЧНОГО
ЛОКАЛІТЕТУ**

Ніколаєва Н.В.¹, Гаркава К.Г.¹, Бріндза Я.², Шубертова З.²

¹*Національний авіаційний університет, Київ*

²*Словацький аграрний університет, Нітра*

n.nikolaeva703@gmail.com

Исследовано влияние географического локалитета на пыльцевую продуктивность *Corylus avellana* L. Определен вес пыльцы с одного соцветия в условиях Германии, Словакии, Украины. Сведения о количестве продуцирования пыльцы растениями поможет в прогнозировании поллинозов, мониторинга изменений состояния окружающей среды.

Corylus avellana L., *пыльца, сережки, локалитет.*

Анемофільні рослини утворюють значну кількість пилку, щоб компенсувати низьку ефективність запилення і забезпечити запліднення. Процес продукування пилку чутливий до змін навколишнього середовища [21, 27, 38, 45, 47, 51]. Враховуючи таку особливість, пилковий моніторинг можна використовувати для відслідковування та оцінки локальних і глобальних екологічних змін навколишнього