

DOI: 10.32999/ksu2524-0838/2021-30-7

УДК 582.946:57.017.4:57.045(477-25)

Матяшук Р.К., Ткаченко І.В.

ЧУТЛИВІСТЬ ПИЛКУ ФОРЗИЦІЇ ДО ФАКТОРІВ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА МЕГАПОЛІСУ

Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України»

м. Київ, Україна

e-mail: raisakiev2015@gmail.com

Проведене дослідження чутливості репродуктивних структур *Forsythia suspensa* до комплексного впливу недиференційованих факторів навколишнього середовища. Моніторингові ділянки розташовані в 15 різних паркових екосистемах 6 адміністративних районів Києва. Для оцінки умов середовища вирощування рослин використані дані Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (індекс забруднення атмосферного повітря (ІЗА) та метеорологічні умови за 2018-2020 рр.). Відмічено вплив комплексу екологічно важливих факторів (за показниками відхилення від норми середньої місячної температури повітря та місячної кількості опадів у Києві) у період квітнення форзиції на якість сформованого пилку. Так, за тривалої експозиції рослин в умовах з низьким рівнем забруднення повітря (ІЗА до 5,0) в аномальних погодних умовах 2020 р. сформувалось на 40-50% менше фертильних зерен. А у форзиції, яка росте на територіях з підвищеним (ІЗА 5,0-7,0) та високим (ІЗА 7,0-14,0) рівнями забруднення частка фертильних зерен в популяції пилку зменшилась на 60-80%. У закритому бутоні пилки має вищу стійкість до комплексу екзогенних факторів середовища зростання. Рослини форзиції, які розташовані у значних за площею паркових насадженнях, менше втрачають якість пилку за несприятливих погодних умов та дії урботехногенних чинників. За відхиленням показника фертильності пилку від контрольного значення *F. suspensa* є допустимим індикатором рівня забруднення середовища. На територіях з підвищеним аерогенним навантаженням, наприклад, ділянки з автотранспортними магістралями (Автостанція «Дарниця»), а також зі значним рекреаційним навантаженням (Голосіївський парк імені М. Рильського, Парк відпочинку по вул. Олени Теліги) формується значно дрібніший пилки. Відмічено, що умови росту позначаються на кількісних показниках сформованого пилку не лише в квітці, але й в закритому бутоні, що підтверджує хронічний вплив комплексу інгредієнтів аеротехногенних викидів на рослини цього виду. Для об'єктивного співставлення даних 2019 і 2020 рр. щодо стану генеративних органів *F. suspensa* на досліджених ділянках був використаний коефіцієнт стерильності (КС) пилку. Розрахунок КС підтвердив, що в закритому бутоні пилки має вищу стійкість до впливу екзогенних чинників. Вищий КС був у *F. suspense*, з ділянок, на яких в період бутонізації і квітнення рослин (березень-травень) відмічений високий і підвищений рівень забруднення атмосфери. Значні за площею паркові насадження міста (наприклад, Голосіївський парк, Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна) забезпечують менш напружені умови росту і розвитку рослин навіть при відміченому в квітні 2020 р. «дуже високому» рівні забруднення повітря (ІЗА вище 14,0) на цих територіях. Дослідження чутливості пилку *F. suspense* до умов вирощування буде продовжене, оскільки виявлена перспективність використання цього

виду для біоіндикації екологічного стану та зонування паркових екосистем Києва за градієнтом антропогенного впливу.

Ключові слова: форзиція, фертильність, індекс стерильності, біоіндикація.

Matiashek R., Tkachenko I.

SENSITIVITY OF FORSYTHIA POLLEN TO THE FACTORS OF THE ENVIRONMENT OF THE MEGAPOLIS

The sensitivity of the reproductive structures of Forsythia suspensa to the complex influence of undifferentiated environmental factors has been studied. The monitoring sites are located in 15 different park ecosystems in 6 administrative districts of Kyiv. Data from the Borys Sreznevsky Central Geophysical Observatory (air pollution index (API) and meteorological conditions for 2018-2020) were used to assess the conditions of the growth environment. The influence of a complex of ecologically important factors during the flowering of forsythia on the quality of the formed pollen is noted. Thus, growing plants for a long time in conditions with a low level of air pollution (API up to 5.0) in abnormal weather conditions in 2020, 40-50% less fertile grains were formed. And for plants, which grow in areas with increased level (API 5.0-7.0) and high level (API 7.0-14.0) of air pollution, the share of fertile grains in the pollen population decreased by 60-80%. In the closed bud, the pollen has higher resistance to a complex of exogenous growth factors. Forsythia plants, which are located in large parklands, lose less pollen quality in adverse weather conditions and affected by urbotechnogenic factors. F. suspensa is an acceptable indicator of the level of environmental pollution by the deviation of pollen fertility from the control value. In areas with high aerogenic load, for example, areas with large highways (Bus Station «Darnytsia»), as well as with a significant recreational load (Holosiivskyi Park, Recreation Park on the Olena Teliha Street) much smaller pollen is formed. It is noted that the conditions of forsythia growth affect the quantitative indicators of the formed pollen not only in the flower but also in the closed bud, which confirms the chronic effect of the complex of ingredients of aerotechnogenic emissions on plants of this species. The coefficient of sterility of pollen (CS) was used to objectively compare the data of 2019 and 2020 on the condition of the generative organs of F. suspensa in the studied areas. The calculation of the CS confirmed that in the closed bud pollen has a higher resistance to exogenous factors. In areas with high and increased levels of air pollution, during budding and flowering of plants (March-May,) there is a much higher CS of pollen of F. suspensa. Significant parkland territories of the city (for example, Holosiivskyi Park, Botanical Garden named after O. V. Fomin) provide less stressful conditions for growth and development of plants, even with the "very high" level of air pollution (ISA above 14.0) observed in April 2020 on this territory. The study of the susceptibility of F. suspensa pollen to growing conditions will be continued, as the prospects of using this species for bioindication of ecological status and zoning of park ecosystems of Kyiv according to the gradient of anthropogenic impact have been revealed.

Key words: forsythia, fertility, coefficient of sterility of pollen, bioindication.

«У світі швидкими темпами відбувається урбанізація величезних територій і разом з цим трансформується природне довкілля, яке набуває несприятливих для життя рослин властивостей» – зазначав академік НАН України Д.М. Гродзинський. Тоді як саме рослини є важелями протидії негативним для довкілля наслідкам урбанізації і техногенного забруднення [6]. Сучасні темпи і масштаби людської діяльності стають настільки загрозливими і часто мають руйнівні наслідки для довкілля, особливо в міських

екосистемах, зокрема України, що все актуальнішими постають питання екологічної безпеки життєдіяльності людини [7]. Зміни, які відбуваються в оточуючому середовищі під впливом цієї діяльності і негативні наслідки все зростаючого суспільного виробництва, що охопили майже всю географічну оболонку Землі, уже прирівнюються до дії глобальних природних процесів. Хоча людство й досі ще не достатньо добре знає і розуміє природні процеси, зокрема, ті, в яких приймає участь і сама людина [28].

Екологічна ситуація все більше актуалізується і, як приклад, глобальні зміни клімату на планеті впродовж останніх десятиріч, які вже призвели до підвищення середньорічної температури повітря майже на два градуси [35]. Водночас, Всесвітня метеорологічна організація вважає потепління за 30 років близьким 1°C . На території України за останнє 30-річчя, за даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (далі – ЦГО), найбільше потеплішало в Чернігові та Києві – на $1,6^{\circ}\text{C}$, а найменше – в Ужгороді – на $0,9^{\circ}\text{C}$ [15]. За даними Американської служби NOAA, 2019 р. став другим після 2016 р., серед найтепліших на Землі з 1880 р., його аномалія становила $+0,95^{\circ}\text{C}$. В Україні 2019 р. зайняв першу сходинку серед найтепліших з 1891 р., його середня температура становила $+10,5^{\circ}\text{C}$, що на $2,7^{\circ}\text{C}$ перевищує кліматичну норму. А у Києві цей рік став найтеплішим з 1881 р. (середньорічна температура повітря $+10,6^{\circ}\text{C}$), перевищення кліматичної норми (1961-1990) становило $2,9^{\circ}\text{C}$. За цей рік було зафіксовано 34 температурні рекорди, найбільше – у червні та грудні (10 і 9, відповідно), які перевищили попередні максимуми, що є переконливим свідченням глобального потепління, яке триває [17]. Підтвердженням цього слугують і дані спостережень метеостанції ЦГО імені Бориса Срезневського за 2020 р., які показали, що середня температура повітря цього річного літа у Києві склала $+21,7^{\circ}\text{C}$, це на $3,0^{\circ}\text{C}$ перевищило кліматичну норму. Днів зі спекою, яка перевищила 30°C було 25, причому майже порівну в кожний місяць. За літо встановлено 6 температурних рекордів [22].

Щодо опадів картина дуже строката, однак загалом їхня кількість зменшилась, а якщо враховувати збільшення випаровування через зростання температури повітря, то дефіцит зволоження України зростає. Тобто, темпи глобального потепління в нашій країні загалом швидші, ніж у світі [15]. У цих умовах істотно зростає екологічна роль зелених насаджень, адже лише вони здатні зменшити негативну дію кліматичних та антропогенних чинників і покращити умови проживання людей, особливо в містах [19, 26, 29, 30]. За проведеними дослідженнями з використанням супутникових знімків, за кількістю живої рослинності Київ посів перше місце у списку «Найзеленіших міст Європи з населенням понад 2 мільйони», його індекс – 0,389, для прикладу, індекс Берліну – 0,246, а Лондона – 0,135 [13]. Водночас, комплексне антропогенне навантаження (рекреаційний вплив, прояви довгострокової урбанізації, аерозабруднення) порушує стабільність лісопаркових і паркових екосистем Києва через зміну екологічних умов, позначається на довговічності і життєздатності, особливо, багаторічних рослин, через тривалу експозицію в антропогенно змінених умовах середовища існування [2, 3, 18, 21, 26]. Метою розпочатого вивчення стану репродуктивних структур представників роду Форзиція є дослідження чутливості цих рослин (на клітинному рівні) до впливу комплексу екзогенних факторів середовища зростання в умовах Київського мегаполісу.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Досліджували пилкок *Forsythia suspensa* Vahl. впродовж 2019 і 2020 рр. в багаторічних насадженнях м. Києва в умовах різнофункціональних локальних екотопів урбоекосистеми. Ділянки розташовані в шести адміністративних районах Києва. Далі в роботі використовується така нумерація ділянок:

Голосіївський р-н

1. ППСМ «Феофанія» вул. Академіка Лебедєва, 37
2. ЛПК «Феофанія» вул. Академіка Лебедєва, 31
3. Голосіївський парк імені М. Рильського, пр. Голосіївський, 98/2
4. Одеська площа вул. Академіка Глушкова, 13в
5. НУБіП України, вул. Героїв Оборони, 2а

Шевченківський р-н

6. Ботанічний сад ім. О. В. Фоміна вул. Симона Петлюри, 1
7. м. Нивки просп. Перемоги, 86
8. м. Шулявка, вул. Гетьмана, 5
9. Сирецький дендрологічний парк вул. Тираспільська, 43
10. Парк відпочинку по вул. Олени Теліги, 33

Печерський р-н

11. Маріїнський парк, вул. Грушевського, 1

Оболонський р-н

12. Парк культури та відпочинку «Пуца Водиця» вул. Ф. Максименка, 19

Дніпровський р-н

13. Автостанція «Дарниця», вул. Магнітогорська, 1а
14. Парк «Перемога», пр. Визволителів, 2

Деснянський р-н

15. Парк «Кіото» Алея Сакур, вул. Кіото, 9

Всього в роботі дослідний матеріал був зібраний з 15 ділянок. У разі відсутності можливості збору матеріалу на окремих ділянках в таблицях і рисунках вказаний «0».

На обраній території діють вісім стаціонарних постів Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського, дані про забруднення атмосферного повітря та про метеорологічні умови за 2018-2020 рр. якої були використані в нашій роботі [4, 5, 22-24, 33, 34]. Відомості щодо розташування цих постів: пост №1 – вул. Академіка Стражеська, Солом'янський р-н, пост №2 – вул. Довженка, 8, Шевченківський р-н, пост №3 – вул. Попудренко, 50, Деснянський р-н, пост №4 – вул. Лазо, 2 (Інженера Бородіна), пост №5 – пр. Науки, 37, Голосіївський р-н, пост №6 – пл. Перемоги, Шевченківський р-н, пост №11 – пр. Перемоги, 98\2, Шевченківський р-н, пост №13 Експоцентр пр. Перемоги, 40б Шевченківський р-н, пост №20 – пл. Московська, Голосіївський р-н. [33].

Для вивчення стану репродуктивних органів форзиції, використаної в озелененні м. Києва, зокрема, паркових та лісопаркових екосистем, відбирали пилок у фазу масової бутонізації та квітування рослин. Фертильність і стерильність визначали йодним методом виявлення крохмалю у зрілих пилкових зернах [27]. У кожному варіанті досліджено не менше 300 пилкових зерен. Визначали відсоток фертильних зерен від загальної кількості досліджених; розраховували коефіцієнт стерильності пилку за формулою [32]:

$$K_{сп} = C_{рд}/C_{к},$$

де: $K_{сп}$ – коефіцієнт стерильності пилку;

$C_{рд}$ – стерильність пилку в районі дослідження;

$C_{к}$ – стерильність пилку на контрольній території.

Препарати досліджували за допомогою мікроскопа Nikon Eclipse E100 з фотоапаратом Canon 1300D BODY. Вимірювання здійснювали в програмі AxioVision Rel. 4.8. Статистичну обробку даних здійснювали за загальноприйнятими методами дисперсного аналізу за рекомендаціями Б. О. Доспехова (1985) за допомогою програми MS Excel 97-2003.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

До роду *Forsythia* належать шість видів: ф. Джиральда (*F. giraldiana* Lingelsh.), ф. яйцеподібна (*F. ovata* Nakai), ф. звисаюча (*F. suspensa* (Thunb.) Vahl.), ф. європейська (*F. europaea* Degen. et Bald.), ф. середня (*F. intermedia* Zabel.), ф. найзеленіша (*F. viridissima* Lindl.) [9, 14, 36]. В сучасних відомостях наводиться також *F. fortune* Lindl. як синонім *F. suspensa* (Thunb.) Vahl [37]. Усі вони, за Л.І. Рубцовим, належать до групи кущів субтропічного типу (фізіономічний тип форзиції європейської) [31]. Із згаданих видів лише форзиція європейська природно зростає у Південно-Східній Європі, решта видів походять з Південно-Східної Азії [9, 14]. Усі види форзицій є дуже близькими за морфологічними ознаками та біологічними особливостями, а також за характером використання в зеленому будівництві. Для них характерні оригінальні яскраво-жовті квітки. Між собою види та культивари роду форзиція відрізняються за строками цвітіння, розміром, формою, кольором листків та квіток, а також за габітусом куща. Найпопулярнішими в насадженнях Києва та інших міст Правобережного Лісостепу України є ф. поникла та ф. європейська [8].

Відомо, що у представників роду *Forsythia* генеративні бруньки закладаються на приростах минулорічних пагонів, а перебіг фази цвітіння залежить від якості умов середовища. Специфічні мікрокліматичні умови урбогенного середовища і його екологічні та едафічні особливості призводять до певних змін у перебігу фаз вегетації [20]. Для оцінки стану генеративних органів *F. suspense* були враховані погодні та екологічні умови як поточного, так і попереднього років вирощування рослин. На якісні показники стану пилку форзиції, зокрема, значний вплив мають умови росту і розвитку рослин в літні та осінні місяці попереднього року, а безпосередньо умови березня-квітня поточного року – період бутонізації та квітування рослин також позначаються і на морфометричних характеристиках пилкових зерен.

За середньомісячною сумою опадів 2018 та 2019 роки мало відрізнялись – 294,7 та 300,9 мм, відповідно, але річна сума опадів у 2019 р. була значно вищою (761,1 мм), ніж в попередньому році (539,9 мм) (рис.1). На період вегетації форзиції (березень-жовтень) в 2018 р. припало також менше опадів, ніж в 2019 р. (відповідно, 420,7 і 535,5 мм).

Максимальна кількість опадів – 110,5 мм була відмічена у червні 2018 р. та травні 2019 р. – 126,4 мм. Водночас, впродовж цих років було відмічено зростання середньомісячної температури повітря в літній період: 2018 р. – від 20,6°C у червні до 22,5°C у серпні та до 23,6°C у червні 2019 р. Досить сприятливими були температурні умови 2018 р. на завершення вегетації рослин – у вересні 17,3°C і 10,7°C – у жовтні, у 2019 р. вересень був прохолоднішим – 15,8°C (див. рис. 1). Тобто, формування генеративних бруньок в обидва роки відбувалось за приблизно однакових умов забезпечення рослин вологою, але в 2018 році температурний режим повітря в липні-жовтні був більш сприятливим для формування квіткових бруньок форзиції.

На період бутонізації та квітування форзиції (квітень-травень) в 2019 р. склались більш сприятливі температурні умови (середньодобова температура +10,6°C і +17,1°C, відповідно), а квітування рослин в 2020 р. відбувалось за складніших температурних умов (+9,9 та +12,4°C, відповідно) (рис. 2).

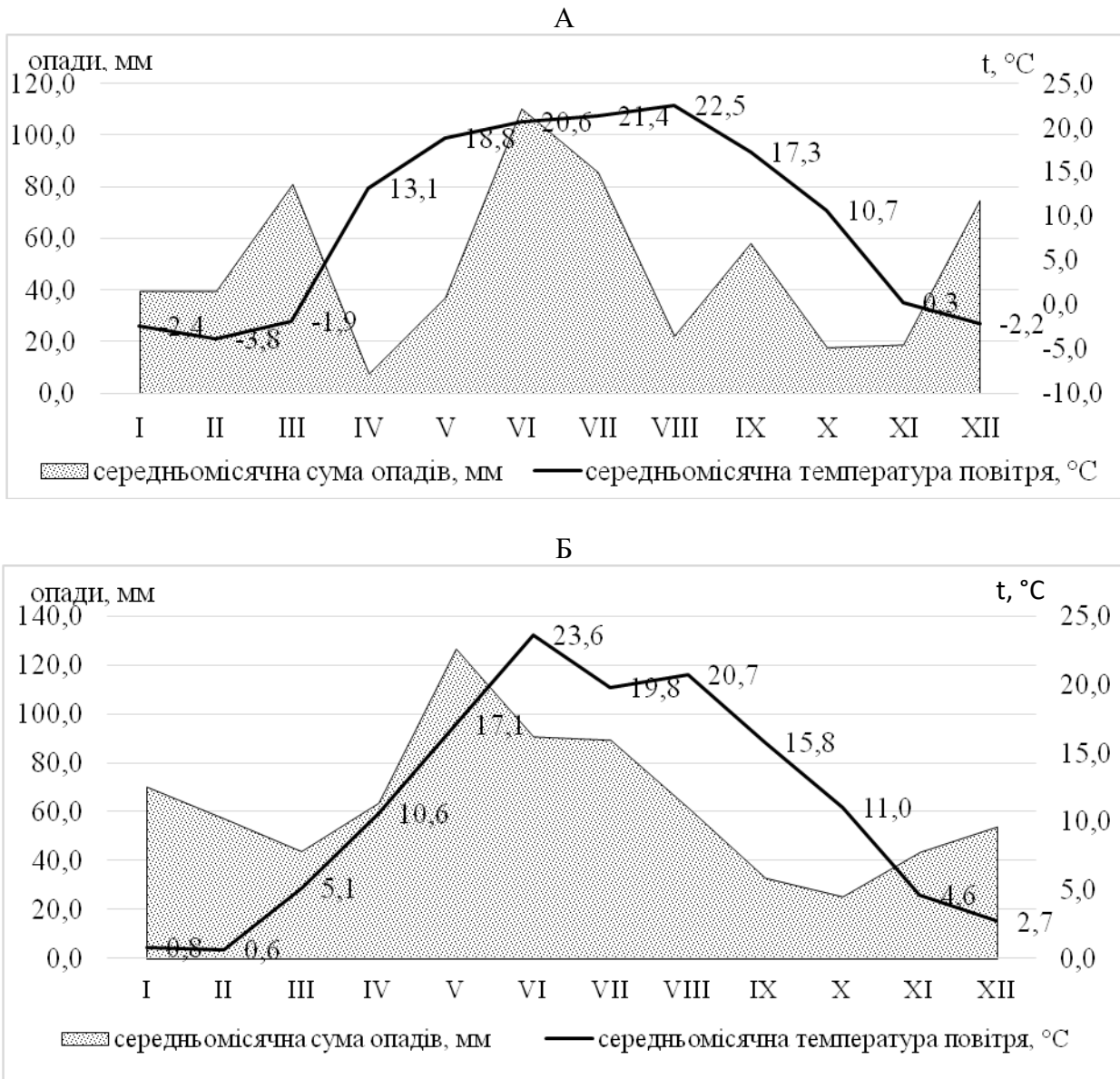


Рис.1. Середньомісячна сума опадів та температура повітря в м. Києві в 2018 р. (А) та 2019 р. (Б) (за даними ЦГО)

За відомостями ЦГО відхилення від норми середньої місячної температури в 2019 р. становило 2,9°C (табл. 1), а в період від початку бутонізації до завершення квітнування форзиції (березень-травень) цей показник становив 4,4 – 1,8°C [17].

При цьому в березні-квітні відмічалось незначне (1-7 мм) зменшення кількості опадів від середньорічної норми, а в травні місячна кількість опадів на 28 мм перевищила норму. В 2020 р. початок бутонізації рослин форзиції проходив у досить сприятливих температурних умовах (на 5,8 °C вище норми), після також аномально теплого зимового періоду (на 6,4-6,7°C вище норми) (табл. 2) [12].

Зниження середньомісячної температури в квітні (9,9°C), яке продовжилось аномальним похолоданням у травні (до -2,8°C, що на 2,8°C менше норми) негативно позначилось на квітванні рослин. Місячна кількість опадів в цей період також продовжувала зменшуватись. У березні-квітні дощу випало на 24 і 10 мм менше від норми (в 2019 р. цей показник був більш наближеним до норми). А в травні випала рекордна

кількість дощу – більш ніж дві місячні норми, що втричі перевищило показники травня 2019 р. Особливості погодних умов, безперечно, позначались на на проходженні фази квітвання форзиції та якісних і кількісних показниках сформованого пилку.

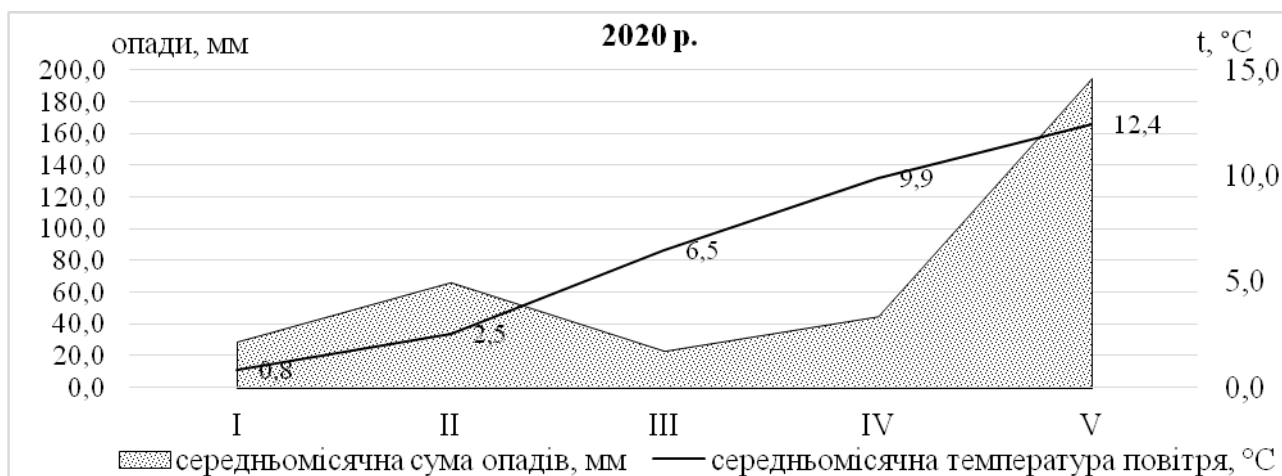


Рис. 2. Середньомісячна сума опадів та температура повітря в м. Києві в січні-травні 2020 р. (за даними ЦГО)

Таблиця 1

Відхилення від норми середньої місячної температури повітря та місячної кількості опадів у Києві в 2019 р. (за даними ЦГО)

Характеристика		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня місячна температура повітря (°C)	норма	-5.6	-4.2	0.7	8.7	15.2	18.2	19.3	18.6	13.9	8.1	2.1	-2.3	7.7
	2019	-4.5	0.6	5.1	10.6	17.0	23.6	19.8	20.7	15.9	11.1	4.6	2.7	10.6
	відхилення	1.1	4.8	4.4	1.9	1.8	5.4	0.5	2.1	2.0	3.0	2.5	5.0	2.9
Місячна кількість опадів (мм)	норма	48	46	39	49	53	73	88	69	47	35	51	52	650
	2019	45	34	32	48	81	67	73	45	22	13	28	33	521
	відхилення	-3	-12	-7	-1	28	-6	-15	-24	-25	-22	-26	-19	-132

Таблиця 2

Відхилення від норми середньої місячної температури повітря та місячної кількості опадів у Києві в 2020 р. (за даними ЦГО)

Характеристика		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня місячна температура повітря (°C)	норма	-5.6	-4.2	0.7	8.7	15.2	18.2	19.3	18.6	13.9	8.1	2.1	-2.3	7.7
	2020	0.8	2.5	6.5	9.9	12.4	21.7	21.9	21.4	18.4	12.5	3.8	-0.5	10.9
	відхилення	6.4	6.7	5.8	1.2	-2.8	3.5	2.6	2.8	4.5	4.4	1.7	1.8	3.2
Місячна кількість опадів (мм)	норма	48	46	39	49	53	73	88	69	47	35	51	52	650
	2020	21	46	15	39	122	49	47	31	31	101	30	48	580
	відхилення	-27	0	-24	-10	69	-24	-41	-38	-16	66	-21	-4	-70

Враховано екологічний стан обраних територій за даними спостережень на стаціонарних постах Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського. Рівень аерогенного забруднення визначається за вмістом 22-х забруднювальних речовин, включаючи вісім важких металів. За індексом забруднення атмосфери (ІЗА), який враховує ступінь забруднення атмосферного повітря по п'яти пріоритетних забруднювальних

домішках, Київ входить у список міст з найбільшим рівнем забруднення повітря в Україні (в 2018 р. ІЗА=10,6; в 2019 р. ІЗА=9,6). Хоча в 2019 р. рівень забруднення атмосферного повітря міста за ІЗА дещо знизився (більш помітно – формальдегіду), порівняно з попередніми роками, але залишився на рівні «високого», почасти через значне підвищення середньорічних концентрацій діоксиду сірки, дещо менше – сірководню і фенолу [33, 34].

Індекс забруднення атмосфери у досліджених районах міста (за даними постів спостереження найближчих до моніторингових ділянок) дає можливість оцінити напруження ендегенних факторів, які впливають на загальний стан форзиції впродовж вегетації та, зокрема, на пилок в період квітування рослин. За територіальним розташуванням поста №2 дані були використані для ділянок – 8, 9 і 10; поста №3 – для 13,14 та 15 ділянок; поста №5 – для 1, 2 та 3 ділянок; поста №6 – для 6 ділянки; поста №7 – для 11; поста №11 – для 7; поста №20 – для 4 і 5; поста №21 – для 12 ділянки (рис. 3).

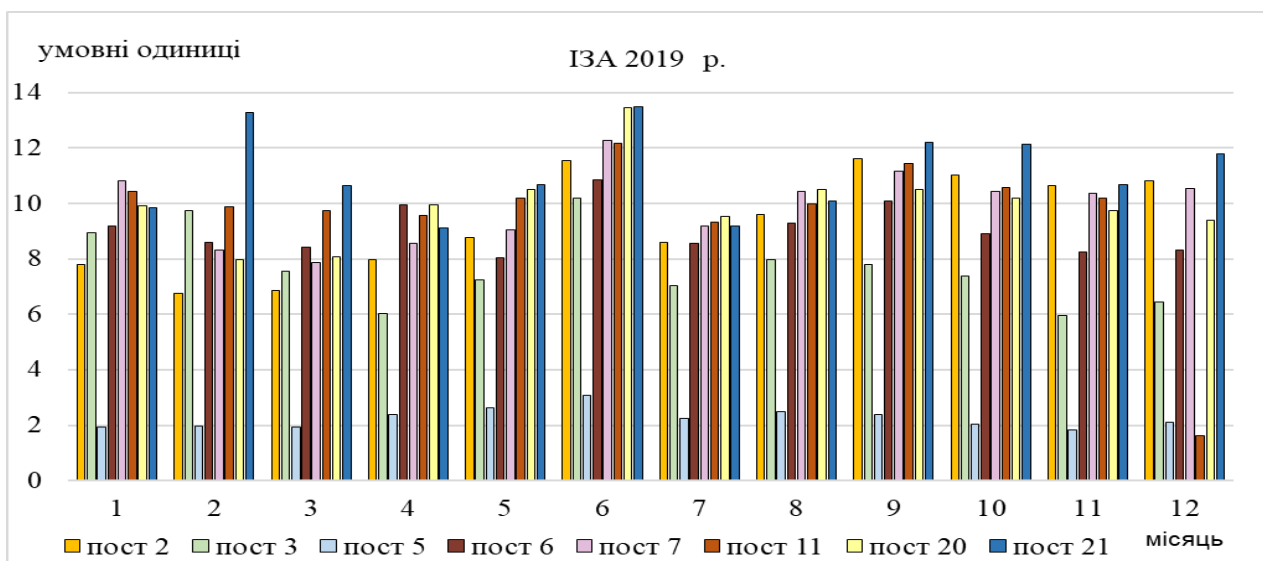
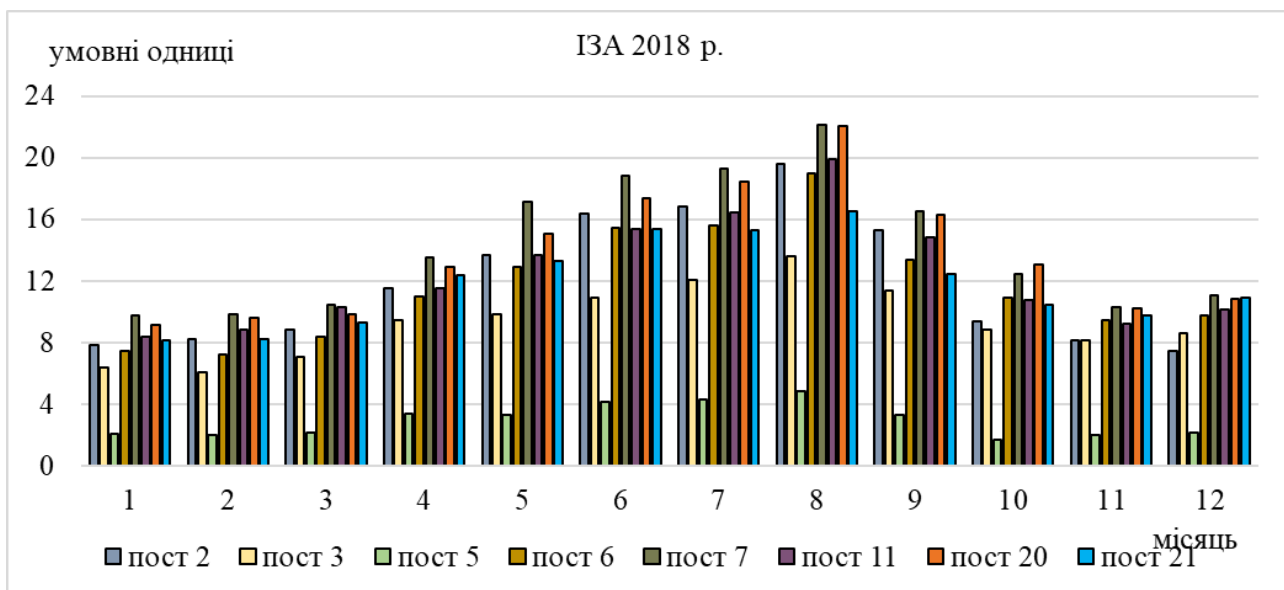


Рис. 3. Індекс забруднення атмосфери (ІЗА) у досліджених районах Києва за 2018 і 2019 рр.

За аналізом наведених даних можна відмітити, що стан забруднення атмосферного повітря на територіях, де розташовані ділянки 8,9,10 (пост №2), ділянки 13 і 14 (пост №3) значно нижчий впродовж більшої частини року, ніж на територіях, де розташовані ділянки 7 та 11 (пости №11 та 7, відповідно). Вищий рівень забруднення атмосферного повітря щорічно відмічається на посту №20 (ділянки 4, 5) та посту №21 (ділянка 12). На цих територіях найбільше забруднювальних домішок повітря – 8 і 10, відповідно. У 2019 р. найменший показник ІЗА на посту №20 становив 7,98 (у лютому), найвищий в червні – 13,47. На посту №21 максимальні значення ІЗА в цей рік були відмічені у лютому – 13,28, а найнижчі у квітні – 9,12. За багаторічними даними найнижчі показники ІЗА впродовж всього року відмічаються на посту №5 – ділянки 1, 2, 5. Домінуючих компонентів забруднення атмосфери на цій території найменше (пил, SO₂, CO, NO₂, CH₂O). Так, ІЗА на територіях, які відносяться до цього поста, становила в 2019 р. – від 1,81 (в листопаді) до 3,08 (в червні), для порівняння – в 2018 р. від 1,75 (в жовтні) до 4,39 (в липні) [33, 34].

Розпочаті моніторингові дослідження стану пилку *F. suspense* з тривалою експозицією рослин в умовах середовища існування можна використовувати для визначення хронічного впливу інгредієнтів аеротехногенних викидів, оцінки загальної токсичності навколишнього середовища, що опосередковано відображує інтенсивність мутагенної напруги на живі організми за дії комплексу екзогенних факторів. Результати оцінки фертильності пилку за 2019-2020 рр. показали значну відмінність у якості сформованого пилку, що, насамперед, свідчить про істотний вплив погодних умов 2020 р. на квітування рослин, а також чутливість пилку до комплексу екзогенних чинників навколишнього середовища. Враховуючи відомості щодо найнижчого рівня забруднення атмосферного повітря на території (пост №5), а також віддаленість від промислових об'єктів і головних автомобільних магістралей, контролем в дослідженні обрана ділянка 1 – ППСМ «Феофанія» з розташованим на цій же території ЛПК «Феофанія» (ділянка 2) (рис. 4). У форзиції звисаючої на цій території (за отриманими в 2019 р. результатами) середня фертильність пилку в бутоні становила 78,9 та 81,5% (ділянка 1 і 2, відповідно), а в квітці – 80,9 та 69,3%, відповідно. Дещо нижча якість в той рік була пилку в рослин, які ростуть на території Голосіївського парку ім. Максима Рильського (ділянка 3) – 74,05 та 63,6% (в бутоні і квітці, відповідно). Досить високоякісний пилок формується у рослин, які ростуть в експозиціях Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна (ділянка 6), територія якого (пост №6) відмічається порівняно невисоким рівнем забруднення повітря (у березні – травні ІЗА становила 8,04-9,96).

Фертильність пилку форзиції на цій ділянці в 2019 р. становила 82,5% в бутоні, а з розвитком квітки відмічене підвищення якості (до 91,15%). Цього року висока фертильність пилку (до 92% в бутоні та 84% в квітці) була відмічена у рослин, які ростуть і в інших значних за площею паркових насадженнях Києва – Сирецький дендропарк, Парк відпочинку по вул. Олени Теліги, Маріїнський парк, Парк «Перемога» (ділянки 9, 10, 11 та 14, відповідно). Зберігалась тенденція до зменшення фертильності пилку з розкриттям квітки, але втрата життєвого потенціалу була незначною. В період масового квітування рослин паркових екосистем, які розташовані в зоні інтенсивного впливу інгредієнтів аеротехногенного забруднення (ділянки 8, 12, наприклад) щонайменше 50-58% пилкових зерен були фертильними.

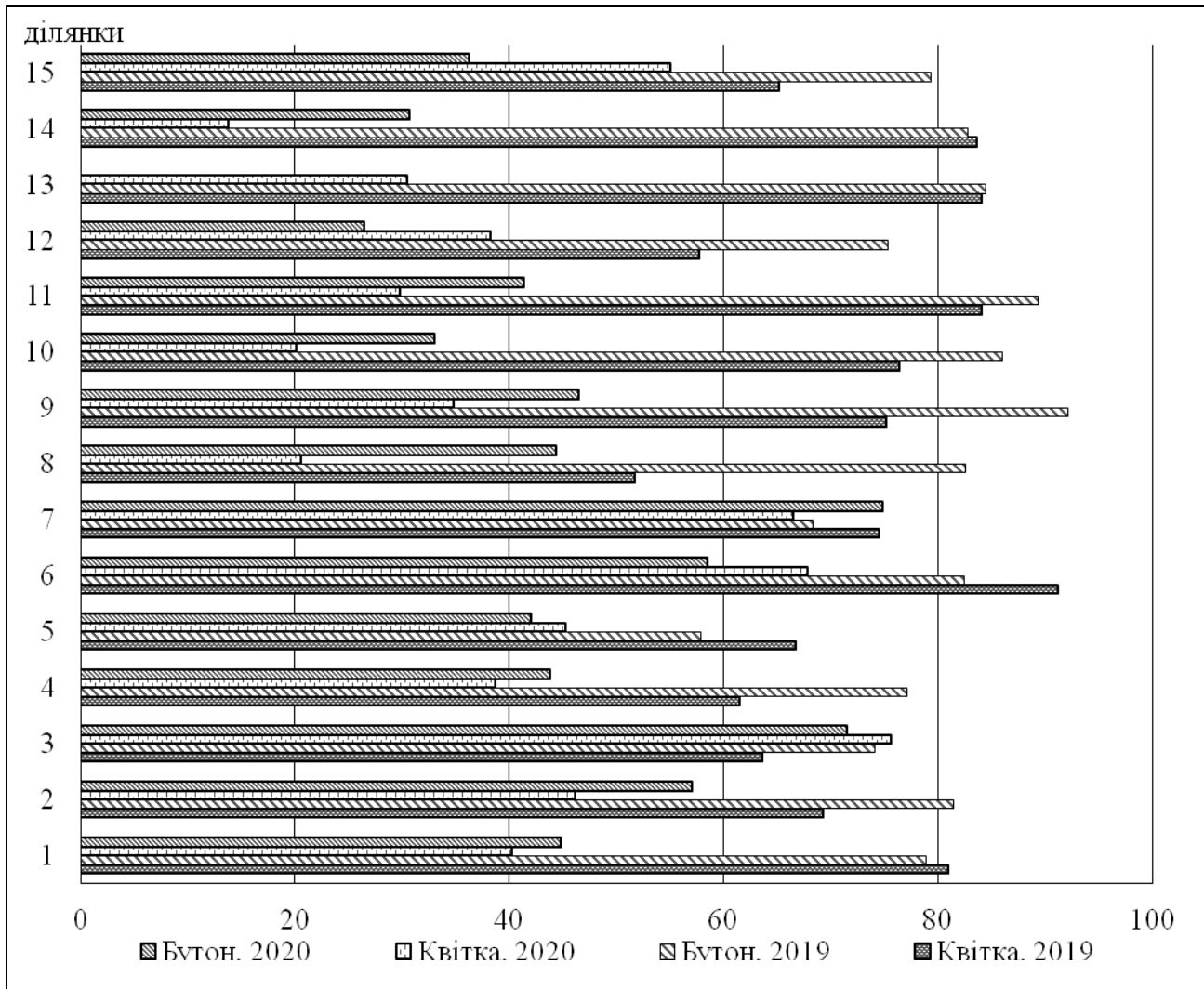


Рис. 4. Фертильність пилку *Forsythia suspensa* у 2019 та 2020 рр. на моніторингових ділянках (опис ділянок 1-15 наведений в тексті)

Метеорологічні умови 2020 р. в період розвитку генеративної сфери форзиції негативно позначились навіть на рослинах контрольної ділянки – якісні показники пилку знизились на 43-50%, і в популяції пилку в бутоні залишилось лише 44,8% фертильних зерен, а в квітці – 40,3%.

Так само на 34-40% знизилась частка якісного пилку в бутоні і квітці рослин, які ростуть на ділянці 2, розташованій в межах цієї ж території. Тимчасом як умови значно більшої за площею паркової екосистеми – Голосіївського парку (ділянка 3), виявились кращими для розвитку генеративних органів цих рослин і значне погіршення в цей рік, особливо, температурного режиму не призвело до зниження фертильності пилку. Так само високий відсоток фертильного пилку (58,5% та 67,8%, відповідно, в бутоні і квітці) був у рослин з Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна (ділянка 6), хоча і в цих рослин відмічався вплив менш сприятливих погодних умов та помітно інтенсивнішого напруження ендегенних факторів, оскільки у січні-травні 2020 р. загальний рівень забруднення атмосферного повітря по місту характеризувався, як високий (зокрема на постах №2, 6, 7, 20, 21). Так, у квітні, порівняно з березнем 2020 р. та квітнем 2019 р., рівень забруднення

повітря в Києві значно підвищився, переважно через зростання вмісту діоксиду нітрогену, фенолу, формальдегіду, оксиду нітрогену, завислих речовин. Підвищенню забруднення повітря сприяли метеорологічні умови квітня, а також збільшення чисельності автомобільного транспорту, який створював додаткові «корки» на дорогах і мостах через Дніпро [11]. На постах № 3 і 4 рівень забруднення характеризувався, як підвищений у січні-березні, а в квітні – як високий. Низький рівень забруднення атмосферного повітря впродовж всього цього періоду зберігався лише на території міста, яка відноситься до посту №5.

Комплекс екзогенних факторів негативно позначився на стані пилку форзиції в насадженнях, які розташовані в Шевченківському і Печерському районах (ділянки 8-11), Деснянському (ділянка 15) та, особливо, в Оболонському і Дніпровському районах міста. Чоловічий гаметофіт рослин, які ростуть на території з досить високим рівнем забруднення атмосфери: Маріїнський парк (ділянка 11 пост №7), а також в зоні підвищеного рекреаційного використання, як, наприклад, Сирецький дендрологічний парк і Парк відпочинку по вул. Олени Теліги (ділянки 9, 10) і/чи активного транспортного навантаження (ділянка 8) у 2020 р. мав нижчі якісні показники – фертильність пилку в бутоні була на 46-63% нижчою, ніж в попередньому році, а в квітці – на 53,7-73,7%, відповідно. Рослини в парку «Перемога» (ділянка 14) втратили понад 80% життєвого потенціалу пилку (в бутоні фертильного пилку було дещо більше 30%, а з розкриттям квітки залишилось 13,8%). Найменша втрата якості пилку відмічена у рослин з ділянки 4 (Одеська площа), при тому, що в 2019 р. в бутоні цих рослин формувалось до 77% фертильного пилку, а в розкритій квітці дещо менше – 61,5%, тому зниження якості пилку на третину і більше в 2020 р. (43,8% в бутоні та 38,7% в квітці) є свідченням високої чутливості рослин на таких територіях до зростання інтенсивності негативних чинників навколишнього середовища. Як підтвердження, фертильність пилку в розкритій квітці на ділянці 12 (парк культури та відпочинку «Пуща Водиця») в 2020 р. була більш ніж на третину нижчою, ніж в 2019 р., а в бутоні якісного пилку в цей рік сформувалось на 64,8% менше (фертильного лише 26,5% при 75,3% у 2019 р.). Згідно запропонованої В. І. Парпаном, М. М. Миленською (2010) шкали оцінки біоіндикаційної перспективності та життєвості рослин в умовах урбопромислових екосистем, *F. suspensa* можна віднести до категорії видів з середньою стійкістю до дії урботехногенних чинників, що важливо враховувати при створенні екологоефективних культурфітоценозів у містах, а за відхиленням показника фертильності пилку від контрольного (фонового) значення цей вид є допустимим індикатором рівня забруднення середовища.

Слід відмітити, що мікрокліматичні умови території також є важливою складовою формування генеративних органів. Рослини форзиції звисаючої з таких великих масивів озеленення як ботанічний сад НУБіП України (ділянка 5), Сирецький дендропарк (ділянка 9), парк «Кіото» (ділянка 15) в період масового квітування мали щонайменше до 35% (ділянка 9) та 45-55% (ділянки 5, 15) фертильного пилку. Тоді як на територіях, які в 2020 р. зазнавали вищого антропогенного навантаження (ділянки 10, 11) рослини мали лише 20-30% фертильного пилку. Отже, навіть за менш сприятливих погодних умов у форзиції, яка росте на територіях з меншим впливом інгредієнтів аеротехногенних викидів формується більше якісного пилку.

Враховуючи, що в 2020 році аномальні погодні умови в період бутонізації та квітування рослин (див. табл.1, 2) істотно позначились на якісних показниках пилку форзиції, в подальшому будуть продовжені дослідження стану репродуктивних структур цих рослин для об'єктивного аналізу особливостей формування життєздатного пилку в різних умовах довкілля. Водночас важливо відмітити, що результати дослідження

середнього діаметру пилок зерен (фарбований розчином Люголю) не виявили істотного впливу настільки відмінних погодних умов 2019 та 2020 років (рис. 5). Середній діаметр пилок зерен на контрольній території (ППСПМ «Феофанія» та ЛПК «Феофанія») істотно не змінився в 2020 р., хоча на якісних показниках погодні умови дуже позначились. Так само не змінились, порівняно з 2019 р., кількісні показники пилку у рослин з ділянок: 5 і 10 (в бутоні), ділянок 3 і 4 (в квітці). Відмічене навіть збільшення середнього діаметру пилку в рослин на ділянка 3, 9, 13, 15 та 5, 9, 10, 12, 13, 15 (відповідно в бутоні та квітці). Проте, в 2020 р. зберіглась особливість формування дрібнішого за середнім діаметром пилку на територіях з підвищеним аерогенним навантаженням. Зокрема, відмічена тенденція до зменшення розмірів пилку у рослин, які ростуть в зоні, наприклад, активного транспортного навантаження – м. Нивки (ділянка 7), Автостанція «Дарниця» (ділянка 13), а також на територіях зі значним рекреаційним навантаженням – Голосіївський парк імені М. Рильського (ділянка 3), Парк відпочинку по вул. Олени Теліги, 33 (ділянка 10). Слід зазначити, що на ділянках 8 та 11 дослідження розпочаті лише в 2020 р. Тобто, умови росту форзиції позначаються на кількісних показниках сформованого пилку не лише в квітці, але й в закритому бутоні, що підтверджує хронічний вплив комплексу інгредієнтів аеротехногенних викидів на рослини.

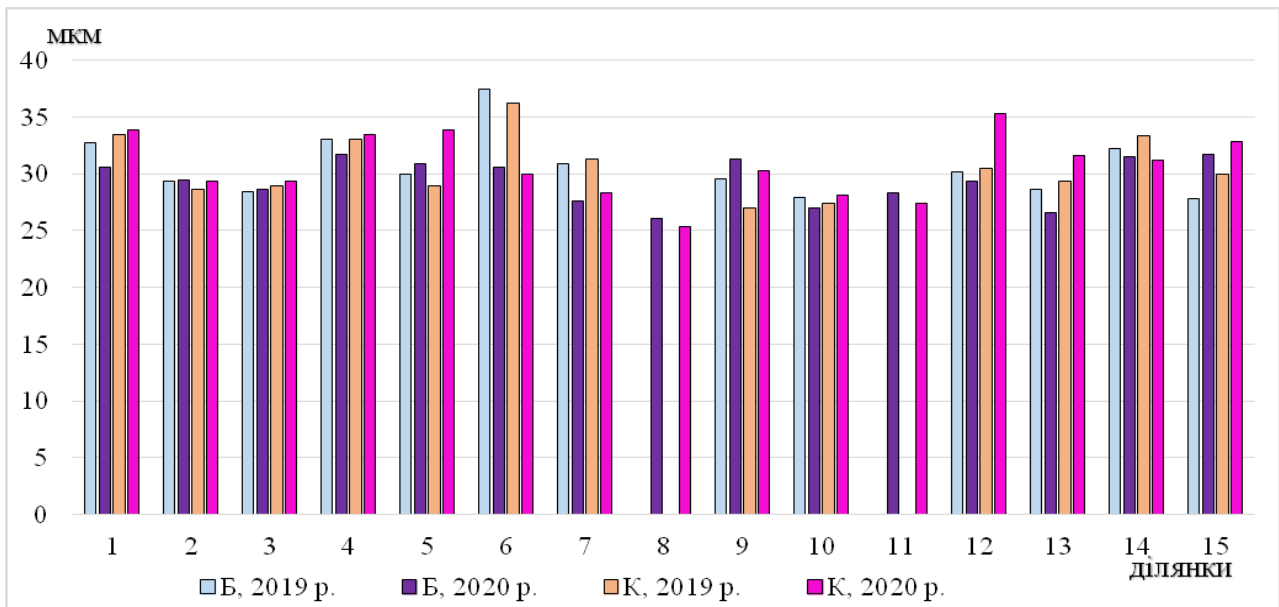


Рис. 5. Середній діаметр пилку рослин *Forsythia suspensa*, в 2019 р. та 2020 р. (Б – фаза бутонізації, К – фаза квіткування рослин)

Для об'єктивного співставлення даних 2019 і 2020 рр. щодо стану генеративних органів форзиції на досліджених ділянках ми використовували коефіцієнт стерильності (КС) пилку. За існуючими даними, збільшення коефіцієнта стерильності пилок зерен є додатковим свідченням більш напружених умов росту і розвитку рослин на дослідженій території [1, 32]. За нашими дослідженнями в 2019 р. коефіцієнт стерильності пилку у квітці форзиції був в межах 1,1-2,5 та 1,1-1,8 – в бутоні (табл. 3). Найменший КС у квітці був у рослин, які ростуть в експозиціях Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна (ділянка 6), Маріїнського парку (ділянка 11), парку «Перемога» (ділянка 14) та в озелененні автостанції «Дарниця» (ділянка 13). Ці ділянки розташовані переважно на територіях з низьким (ділянка 6), або підвищеним (ділянки 13, 14) рівнем забруднення атмосфери (ІЗА до 5 та

5,0-7,0, відповідно). Так само невисокий КС (до 1,2-1,3) був у рослин парку «Кіото» (ділянка 15), Голосіївського парку ім. М. Рильського (ділянка 3), а також Сирецького дендропарку (ділянка 9). Максимальний КС (до 2,0-2,5) в період масового квітування був у рослин на ділянках 4, 7, 8, 12, які розташовані в зонах з високим (пости №11, 20, 21 – ІЗА становив від 8,09 до 10,67) і підвищеним (пост №2; ІЗА – 6,77-7,96) рівнем забруднення атмосфери впродовж березня-травня 2019 р. Розрахунок КС підтвердив, що в закритому бутоні пилок має вищу стійкість до впливу екзогенних чинників. Так, у рослин з більшості ділянок (2, 6, 8, 9, 10, 11, 14) КС становив 1,0, а максимально високий був у рослин на ділянці озеленення метро Нивки (КС=1,5) і в парку «Кіото» (КС=1,8) (ділянки 7 і 15, відповідно).

Таблиця 3

Коефіцієнт стерильності пилку *Forsythia suspensa* на дослідних ділянках м. Києва

Ділянки/ показники	2019 р.				2020 р.			
	бутон		квітка		бутон		квітка	
	Ф, %	КС	Ф, %	КС	Ф, %	КС	Ф, %	КС
1	78,9	-	80,9	-	44,8	-	40,3	-
2	81,5	0,87	69,3	1,6	48,7	1,01	46,1	0,77
3	74,05	1,2	63,6	1,9	71,5	0,56	75,6	0,42
4	77,08	1,1	61,5	2,0	43,8	1,1	38,7	1,04
5	0	0	62,6	2,0	42,0	1,14	45,3	0,93
6	82,5	0,83	91,15	0,46	58,5	0,90	67,8	0,55
7	68,3	1,5	74,5	1,3	74,85	0,50	66,5	0,57
8	82,6	0,82	51,7	2,5	44,4	1,1	20,6	1,4
9	92,14	0,40	75,2	1,3	46,5	1,05	34,8	1,1
10	86,05	0,66	76,4	1,2	33,02	1,3	20,1	1,4
11	89,3	0,51	84,09	0,82	41,4	1,2	29,8	1,2
12	75,3	1,2	57,7	2,2	26,5	1,4	38,2	1,05
13	84,5	0,73	84,04	0,84	0	0	0	0
14	82,8	0,81	83,6	0,86	30,7	1,4	13,8	1,5
15	79,3	1,8	65,2	1,1	36,2	1,3	55,0	0,77

Враховуючи, як вказано вище, що в умовах 2020 року частка фертильних зерен в популяції пилку як в закритому бутоні, так і в період квітування рослин значно зменшилась, розрахований коефіцієнт стерильності – в квітці максимальні дані досягали 1,4-1,5 (ділянки, 8, 10 14), а в бутоні рослин з більшості досліджених ділянок – 1,0-1,3 або менше 1,0 (ділянки 3, 6, 7), додатково підтвердив високий вплив більш напружених умов росту і розвитку рослин в урбоекосистемах мегаполісу на генеративну сферу форзиції. Так, високі показники КС були відмічені у рослин з ділянок, які розташовані на територіях з підвищеним (пост №3 – ділянка 14) та високим (пости № 2, 7, 20, 21) рівнем забруднення атмосфери (відповідно, ділянки 10, 9, 11, 4, 12).

У рослин з ділянок, які розташовані в значних за площею паркових насадженнях міста (наприклад, Голосіївський парк (ділянка 3) і Ботанічний сад імені акад. О.В. Фоміна (ділянка 6) КС значно менший (від 0,42 до 0,9). Навіть виявлене в квітні 2020 р. значне зростання рівня забруднення атмосферного повітря (ІЗА вище 14,0, рівень «дуже високий») на окремих територіях міста (пости №11 та №20) [9] не призвело до значної втрати якості

пилку форзиції в таких великих паркових насадженнях – КС становив 0,5-0,57 (ділянка 7) і 0,93-1,14 (ділянки 4, 5).

З огляду на зростаюче використання рослин роду Форзиція в озелененні міських територій Києва вважаємо доцільним подальше дослідження чутливості їх репродуктивних структур до комплексного впливу усіх недиференційованих факторів навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень встановлена висока чутливість репродуктивних органів форзиції звисаючої до комплексу факторів середовища вирощування. Відмічено значно вищий вплив несприятливих кліматичних чинників на якісні показники пилку рослин, які ростуть в паркових екосистемах Києва за наявного хронічного впливу інгредієнтів аеротехногенних викидів. Так, при значних відхиленнях від норми середньої місячної температури повітря та місячної кількості опадів у 2020 році, втрати фертильності пилку були більшими у рослин, які ростуть на територіях, що зазнаються інтенсивнішого впливу аерогенних чинників (за індексом забруднення повітря, кількістю та напруженням мутагенних чинників урбосередовища). Для об'єктивного співставлення даних щодо стану генеративних органів форзиції на досліджених ділянках виявилось ефективним використання коефіцієнту стерильності пилку. Встановлена біоіндикаційна перспективність *Forsythia suspensa* для оцінки віддалених наслідків впливу комплексу екзогенних чинників довкілля, оскільки за відхиленням показника фертильності пилку від контрольного значення цей вид є допустимим індикатором рівня забруднення середовища. Підтверджена перспективність використання чоловічого гаметофіту *F. suspensa* для біоіндикації екологічного стану та зонування паркових екосистем Києва за градієнтом антропогенного впливу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бессонова ВП, Бессонов ЄП, Зверковський ВМ. Оцінка стан пилку деревних рослин в урботехногенній екосистемі. Питання біоіндикації та екології. 2013;18:1:70-83.
2. Бессонова ВП, Іванченко ОЄ. Аналіз видового складу та стану деревної рослинності парку ім. Б. Хмельницького у м. Дніпропетровську. Науковий вісник НУБіП України. Сер.: Лісів. та декор. садів. 2013;187(1):11-15.
3. Бессонова ВП, Іванченко ОЄ. Видове багатство дендрофлори та естетичне оцінювання фітоценозів парку смт. Магдалинівка. Науковий вісник НЛТУ України. 2020;30(1):25-32.
4. Гірій ВА, Колісник ІА, Косоєць ОО, Кузнєцова ТО. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2018 р. Праці Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського. Косоєць ОО. Ред. Київ: СПД ФОП Кравченко; 2019.15(29):11-25.
5. Гірій ВА, Колісник ІА, Косоєць ОО, Кузнєцова ТО. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2019 р. Праці Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського. Косоєць ОО. Ред. Київ: СПД ФОП Кравченко; 2020.16(30):28-44.
6. Гнатів ПС. Функціональна діагностика в дендроекології. Львів: в-во Камула; 2014. 336 с.
7. Голубець МА. Екосистемологія. Львів: Поллі; 2000. 316 с.

8. Гончаренко БВ. Перспективи використання видів та культиварів роду Форзиція (*Forsythia* Vahl.) у зеленому будівництві в Правобережному Лісостепу України. Інтродукція рослин. 2009;1:68-72.
9. Деревья и кустарники, культивируемые в Украинской ССР: покрытосеменные: справ. пособ. АН УССР, Центр. республиканский ботанический сад; общ. ред. НА. Кохно. Киев: Наукова думка; 1986. 720 с.
10. Доспехов БА. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат; 1985. 351 с.
11. Інформація про стан забруднення навколишнього природного середовища у м. Києві і Київській області у 2020 році за даними спостережень ЦГО ім. Бориса Срезневського. [Електронний ресурс]. 2020. Доступно на: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv
12. Кліматичні дані по м. Києву (за даними ЦГО ім. Бориса Срезневського). [Електронний ресурс]. 2020. Доступно на: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv
13. Київ очолив список найзеленіших мегаполісів Європи. Хмарочос [Електронний ресурс]. 2017 [Лист. 24]. Доступно на: <https://hmarochos.kiev.ua/2017/11/24/kyiv-ocholiv-spisok-nayzelenishih-megapolisiv-yevropi/>
14. Колесников АИ. Декоративная дендрология. Москва: Лесная промышленность; 1974. 704 с.
15. Косовець ОО. Глобальне потепління триває, але темпи його різні в окремих частинах України. Урядовий кур'єр [Електронний ресурс]. 2020 [Лип. 8]. Доступно на: <http://www.ukurier.gov.ua>.
16. Косовець ОО, Доніч ОА. Кліматичні особливості 2018 р. Праці Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського. Косовець ОО. Ред. Київ: СПД ФОП Кравченко; 2019.15(29):4-10.
17. Косовець ОО, Доніч ОА. Кліматичні особливості 2019 р. Праці Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського. Косовець ОО. Ред. Київ: СПД ФОП Кравченко; 2020.16(30):19-25.
18. Марно-Куца ОЮ. Зелені насадження населених місць Черкащини: сучасний стан та перспективи розвитку [дисертація]. Львів: Нац. лісотех. ун-т України; 2016. 24 с.
19. Мельничук НЯ, Генік ЯВ, Мельничук СП, Паславський ММ. Природні процеси розвитку та взаємовідносини компонентів садово-паркових екосистем в урбанізованому середовищі. Науковий вісник НЛТУ України [Електронний ресурс]. 2020;30(1):60-5. Доступно на: <https://doi.org/10.36930/40300110>
20. Мирончук КВ. Фенологічні аспекти розвитку живоплотів у еколого-фітоценотичних поясах Буковини. Науковий вісник НЛТУ України. 2013;23(3):140-145.
21. Мірошник НВ, Тесленко ІК. Флористичні особливості та оцінка стану парку ім. Пушкіна, м. Київ. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні : Рослинний світ та гриби / Сер.: «Conservation Biology in Ukraine». 2020;16(1):137-146.
22. Новини ЦГО [Електронний ресурс]. 2020 [Верес.9]. Доступно на: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=news&f=news-cgo&ko=0>
23. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2018 р. [Електронний ресурс]. Доступно на: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine

24. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2019 р. [Електронний ресурс]. Доступно на: http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine
25. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за і півріччя 2020 р. (за даними мережі спостережень національної гідрометслужби україни) [Електронний ресурс]. Доступно на: http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine
26. Парпан ВІ, Миленька ММ. Методологічні аспекти оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно змінених територій. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2010;18(2):61-68.
27. Паушева ЗП. Практикум по цитології рослин. 4-е изд. Москва: Агропромиздат; 1988. 271 с.
28. Решетова СА, Сумарокова ИЕ. Пыльца растений урбанизированных территорий как биоиндикатор условий техногенного загрязнения (Забайкалье). Геосферные исследования [Електронний ресурс]. 2019;4:15-23. Доступно на: http://journals.tsu.ru/geo/&journal_page=archive&id=1930&article_id=43357 DOI: 10.17223/25421379/13/2
29. Роговський СВ. Сучасні проблеми створення та утримання зелених насаджень у населених пунктах України. Науковий вісник НЛТУ України [Електронний ресурс]. 2019;29(1):9-15. Доступно на: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1671> DOI: <https://doi.org/10.15421/40280713>
30. Роговський СВ, Крупа НМ. Сучасний стан деревних насаджень на контрактівній площі Києва та перспективи їх реконструкції. Науковий вісник НЛТУ України [Електронний ресурс]. 2018;28(7):60-5. Доступно на: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/issue/view/198> DOI: <https://doi.org/10.15421/40280713>
31. Рубцов ЛИ. Деревья и кустарники в ландшафтной архитектуре. Киев: Наукова Думка; 1977. 272 с.
32. Швець ЛС. Біоіндикація інтенсивності забруднення довкілля за показниками фертильності пилкових зерен різних рослин. Досягнення біології та медицини. 2011;1(17):41-44.
33. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій за 2018 р. ЦГО ім. Б. Срезневського. Київ, 2019. 263 с.
34. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій за 2019 р. ЦГО ім. Б. Срезневського. Київ, 2020. 271 с.
35. The European Square Conference Report. Retrieved from: Conference. 2002. Available from: <http://www.livablecities.org/articles/european-squareconference-report>
36. Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. [Електронний ресурс]. <https://www.plantarium.ru/page/taxonomy/taxon/45825.html>
37. The Plant List. Available from: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-369409>

REFERENCES

1. Bessonova VP, Bessonov YeP, Zverkovskiy VM. Otsinka stan pylku derevnykh roslyn v urbatekhnohennii ekosystemi. Pytannia bioindykatsii ta ekolohii. 2013;18(1):70-83. [in Ukrainian].
2. Bessonova VP, Ivanchenko OYe. Analiz vydovoho skladu ta stanu derevnoi roslynnosti parku im. B. Khmelnytskoho u m. Dnipropetrovska. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Ser.: Lisiv. ta dekor. sadiv. 2013;187(1):11-15. [in Ukrainian].
3. Bessonova VP, Ivanchenko OYe. Vydove bahatstvo dendroflory ta estetychne otsiniuvannia fitotsenoziv parku smt Mahdalynivka. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. 2020;30(1):25-32. [in Ukrainian].
4. Hirii VA., Kolisnyk IA, redaktor Kosovets OO, Kuznietsova TO. Stan zabrudennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha na terytorii Ukrainy u 2018 r. Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii im. B. Sreznevskoho. Kyiv: SPD FOP Kravchenko; 2019.15(29):11-25. [in Ukrainian].
5. Hirii VA., Kolisnyk IA, redaktor Kosovets OO, Kuznietsova TO. Stan zabrudennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha na terytorii Ukrainy u 2019 r. Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii im. B. Sreznevskoho. Kyiv: SPD FOP Kravchenko; 2020.16(30):28-44. [in Ukrainian].
6. Hnativ PS. Funktsionalna diahnostyka v dendroekolohii. Lviv: v-vo Kamula; 2014. 336 p. [in Ukrainian].
7. Holubets MA. Ekosystemolohiia. Lviv: Polli; 2000. 316 p. [in Ukrainian].
8. Honcharenko BV. Perspektyvy vykorystannia vydiv ta kultyvariv rodu Forzytsiia (Forsythia Vahl.) u zelenomu budivnytstvi v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. Introduktsiia roslyn. 2009;1:68-72. [in Ukrainian].
9. Derevia y kustarnyky, kultyvyruemye v Ukraynskoï SSSR: pokrytosemennye: sprav. posob. AN USSR, Tsentr. respublykanskiy botanycheskyi sad; obshch. Red. N.A. Kokhno. Kyev: Naukova dumka; 1986. 720 p. [in Ukrainian].
10. Dospheov BA. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat; 1985. 351 p. [in Russian].
11. Informatsiia pro stan zabrudnennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u m. Kyievi i Kyivskii oblasti u 2020 rotsi za danymy sposterezhen TsHO im. Borysa Sreznevskoho. Kyiv: TsHO im. Borysa Sreznevskoho. 2020 Hrud. Available from: http://cgo-sreznevskyyi.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv [in Ukrainian].
12. Klimatychni dani po m. Kyievu (za danymy TsHO im. Borysa Sreznevskoho). [Elektronnyi resurs]. 2020. Dostupno na: http://cgo-sreznevskyyi.kyiv.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv [in Ukrainian].
13. Kyiv ocholyv spysok naizelenishykh mehapolisiv Yevropy. Khmarochos. 2017 [Lyst. 24]. Available from: <https://hmarochos.kiev.ua/2017/11/24/kiyiv-ocholiv-spisok-nayzelenishih-megapolisiv-yevropi/>. [in Ukrainian].
14. Kolesnykov AY. Dekorativnaia dendrolohiya. M.: Lesn. prom-st.; 1974. 704 p. [in Russian].
15. Kosovets OO. Hlobalne poteplinnia tryvaie, ale tempy yoho rizni v okremykh chastynakh Ukrainy. Uriadovy kurier [Elektronnyi resurs]. 2020 [Lyp. 8]. Dostupno na: <http://www.ukurier.gov.ua> [in Ukrainian].
16. Kosovets OO. redaktor, Donich OA. Klimatychni osoblyvosti 2018 r. Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii im. B. Sreznevskoho. Kyiv: SPD FOP Kravchenko; 2019.15(29):4-

10. [in Ukrainian].
17. Kosovets OO. redaktor, Donich OA. Klimatychni osoblyvosti 2019 r. Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii im. B. Sreznenskoho. Kyiv: SPD FOP Kravchenko; 2020.16(30):19-25. [in Ukrainian].
18. Marno-Kutsa OYu. Zeleni nasadzhennia naselenykh mist Cherkashchyny: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku [dissertation]. Lviv: Natsional. lisotekhnichniyi universytet Ukrainy; 2016. 24 p. [in Ukrainian].
19. Melnychuk NYa, Henyk YaV, Melnychuk SP, Paslavskiy MM. Pryrodni protsesy rozvytku ta vzaiemovidnosyny komponentiv sadovo-parkovykh ekosystem v urbanizovanomu seredovyschi. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. 2020;30(1):60-5. Available from: <https://doi.org/10.36930/40300110>. [in Ukrainian].
20. Myronchuk KV. Fenolohichni aspekty rozvytku zhyvoplotiv u ekoloho-fitotsenotychnykh poiasakh Bukovyny. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. 2013;23(3):140-145. [in Ukrainian].
21. Mirosnyk NV, Teslenko IK. Florystychni osoblyvosti ta otsinka stanu parku im. Pushkina, m. Kyiv. Monitorynh ta okhorona bioriznomanittia v Ukraini : Roslynnyi svit ta hryby. Ser.: «Conservation Biology in Ukraine». 2020;16(1):137-146. [in Ukrainian].
22. Novyny TsHO. 2020. [Veres.9]. Available from: <http://cgo-sreznivskiy.kyiv.ua/index.php?fn=news&f=news-cgo&ko=0> [in Ukrainian].
23. Ohliad stanu zabrudnennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha na terytorii Ukrainy za danymy sposterezhen hidrometeorolohichnykh orhanizatsii u 2019. Available from: http://cgo-sreznivskiy.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine [in Ukrainian].
24. Ohliad stanu zabrudnennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha na terytorii Ukrainy za danymy sposterezhen hidrometeorolohichnykh orhanizatsii u 2018. Available from: http://cgo-sreznivskiy.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine [in Ukrainian].
25. Ohliad stanu zabrudnennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha na terytorii Ukrainy za i pivrichchia 2020 (za danymy merezhi sposterezhen natsionalnoi hidrometsluzhby ukrainy). Available from: http://cgo-sreznivskiy.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine [in Ukrainian].
26. Parpan VI, Mylenka MM. Metodolohichni aspekty otsinky ekolohichnoho stanu urbanizovanykh i tekhnohenno zminenykh terytorii. Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia. Ekolohiia. 2010;18(2):61-8. [in Ukrainian].
27. Pausheva ZP. Praktikum po tsytolohyy rastenyi. 4-e yzd. M.: Ahropromyzzdat; 1988. 271 p. [in Russian].
28. Reshetova SA, Sumarokova IYe. Rytsa rastenyi urbanyzyrovannykh terrytorii kak byoindykator uslovyi tekhnohenno zahriaznennia (Zabaikale). Neosfernye yssledovanyia. 2019;4:15-23. Available from: http://journals.tsu.ru/geo/&journal_page=archive&id=1930&article_id=43357 DOI: 10.17223/25421379/13/2. [in Russian].
29. Rohovskyi SV. Suchasni problemy stvorennia ta utrymannia zelenykh nasadzhen u naselenykh punktakh Ukrainy. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. 2019;29(1):9-15. Available from: <https://doi.org/10.15421/40280713> [in Ukrainian].
30. Rohovskyi SV, Krupa NM. Suchasnyi stan derevnykh nasadzhen na kontraktovii ploshchi Kyieva ta perspektyvy yikh rekonstruksii. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. 2018;28(7):60-65. Available from: <https://doi.org/10.15421/40280713> [in Ukrainian].

31. Rubtsov L.Y. Derevia y kustarnyky v landshaftnoi arkhytekture. K.: Nauk. Dumka; 1977. 272 p. [in Ukrainian].
32. Shvets LS. Bioindykatsiia intensyvnosti zabrudnennia dovkillia za pokaznykamy fertylnosti pylkovykh zeren riznykh roslyn. Dosiahnennia biolohii ta medytsyny. 2011;1 (17):41-44. [in Ukrainian].
33. Shchorichnyk stanu zabrudnennia atmosferneho povitria na terytorii Ukrainy za danymy sposterezhen hidrometeorolohichnykh orhanizatsii za 2018 r. TsHO im. B. Sreznevskoho. Kyiv, 2019. 263 p. [in Ukrainian].
34. Shchorichnyk stanu zabrudnennia atmosferneho povitria na terytorii Ukrainy za danymy sposterezhen hidrometeorolohichnykh orhanizatsii za 2019 r. TsHO im. B. Sreznevskoho. Kyiv, 2020. 271 p. [in Ukrainian].
35. The European Square Conference Report. Retrieved from: Conference. 2002. Available from: <http://www.livablecities.org/articles/european-squareconference-report>
36. Plantarium: otkrytyj onlajn atlas-opredelitel' rastenij i lishajnikov Rossii i sopredel'nyh stran. Available from: <https://www.plantarium.ru/page/taxonomy/taxon/45825.html>
37. The Plant List. Available from: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-369409>

Стаття надійшла до редакції 24.02.2021.

The article was received 24 February 2021.