

3.5.2. Деревні насадження паркових фітоценозів

В.П. Бессонова, О.Є. Іванченко

Місто Дніпро є великим промисловим центром України. У зв'язку з відносно щільною забудовою парки відіграють важливу роль у якості найбільш значущої складової в системі природного комплексу.

Зелені насадження можуть слугувати для збереження об'єктів біорізноманіття і видів, що охороняються, але найважливіша їх роль в урботехногенному середовищі полягає в оптимізації екологічних умов у місті, підтриманні чистоти атмосферного повітря. Рослини затримують пил (Бессонова, 1993; Капелюш, Бессонова, 2007, 2010; Пономарьова, Бессонова, 2010), поглинають токсичні гази (Илькун, 1971; Коршиков и др., 1995), важкі метали (Бессонова, Зайцева, 2008; Бессонова, Лыженко, 1985), збагачують повітря фітонцидами (Слепых, 2009; Володарець, 2012) та покращують мікроклімат (Якубов, Ананьев, 1998). Проте у зв'язку зі зростанням об'ємів викидів автотранспорту та промисловості, інтенсивним рекреаційним навантаженням, старінням рослин, стан зелених насаджень у міських парках, скверах та садах значно погіршується. Це спричиняє послаблення їх санітарно-гігієнічних функцій, здатності трансформувати та знешкоджувати шкідливі речовини техногенного походження, знижує їх естетичну функцію (Бухарина и др., 2012; Кулагин и др., 2014; Іванців, Іванців, 2014). Оскільки зеленим насадженням – цим невід'ємним елементам населених пунктів, які поряд з архітектурою беруть участь у формуванні зовнішнього їх вигляду, відведено суттєву роль у створенні комфортних умов існування людини, необхідно здійснювати моніторинг їх життєвості з метою подальшої оптимізації умов зростання і підвищення стійкості.

Вивченню життєвого стану деревних рослин парків та вуличних насаджень приділяється велика увага. Надано аналіз стану зелених насаджень парків Вінниччини (Клименко, 2003), Краснодар (Колесникова, 2004), Іжевська (Бухарина и др., 2007), Сиктивкара (Мингалева, 2012) та ін. Так, за даними І.П. Колесникової (Колесникова, 2004) внаслідок збільшення антропогенного навантаження на зелені насадження міських територій спостерігається широка варіація видів деревних порід за категоріями фітосанітарного стану. О.Б. Гонтарь зі співавт. (2013) вказують, що частка рослин, які не мають ознак ослаблення, на об'єктах озеленення центральної частини Мурманська складає лише 8%. Аналогічні дослідження проводилися і у парках Англії (Britt, Johnston, 2008), США (Kristen, Dexter, 2013), Вірменії (Sadeghian, Vardanyan, 2013), Білорусі (Федорук, 1980; Коровчук, 2011).

Для оцінки функціонального стану рослин застосовуються фізіолого-біохімічні показники, які відображують ростові та метаболічні процеси, що надають змогу чітко визначити рівень їх відхилення від оптимуму і провести порівняння за різних екологічних умов зростання (Беляєва и др., 1986; Биоиндикация..., 1988; Сергейчик, 1994; Бессонова, 2001; Бессонова, Іванченко, 2004, 2009; Іванченко, 2005; Бессонова, Іванченко, 2004). Такий методичний підхід був застосований для оцінки життєвого стану деревних рослин санітарних зон промислових підприємств та лісових масивів в умовах техногенного навантаження (Смит, 1985; Bessonova, 1991; Бессонова, Юсьтова, 2001). Значну увагу функціональній діагностиці рослин в урботехногенних умовах приділяє П.С. Гнатів (2014), який вважає перспективним ширше використання критеріїв,

що дозволяють застосування дійових заходів покращення їх стану. Тому для розробки теоретичних основ діагностики антропогенного впливу на паркові екосистеми необхідне розгортання системи екологічного моніторингу, для чого потрібно застосовувати методи біоіндикації та оцінки функціонального стану рослин (Радченко та ін., 2010; Луцишин та ін., 2010; Бессонова, Іванченко, 2017а, б; Іванченко, Бессонова, 2016; Bessonova, Ivanchenko, 2016; Іванченко, Бессонова, 2016; Бессонова та ін., 2016).

Висока чутливість рослин до зовнішніх впливів дозволяє використовувати параметри їх життєдіяльності в якості індикаторів їх функціонального стану. Такими можуть бути азотовмісні речовини, їм належить важлива роль в обміні речовин, у молекулярній організації клітинних структур, в адаптації рослин до стресових факторів (Образцова, Козюкіна, 1971; Сергейчик, Сергейчик, 2002; Коршиков і др., 2003; Бессонова, Іванченко, 2005; Іванченко, 2005; Косуліна і др., 2007; Оганисян, Нерсисян, 2010).

Індикатором дії несприятливих чинників довкілля на рослини є також й інтенсивність вільнорадикального окиснення, яка підвищується за дії SO_2 (Asada, 1980), HF (Гришко, Сыщиков, 2000), комплексу забруднювачів – O_3 , SO_2 та NO_2 (Klumpp et al., 1989), викидів автотранспорту (Коршиков і др., 1995), важких металів (Бессонова, 1992; Бессонова, Лыженко, 1990; Бессонова, 1992; Бессонова, 2006).

В умовах окислювального стресу, викликаного несприятливими чинниками, суттєва роль належить проліну (Sairan, Srivastava, 2000; Радюкіна і др., 2008; Сошнікова і др., 2013), що, можливо, пов'язано з його здатністю захищати білки і білково-ліпідні комплекси мембран шляхом інактивації гідроксильних радикалів та інших активних форм кисню (Saradhi et al., 1995). Проба на вільний пролін використовується у діагностичних цілях як своєрідний біохімічний мар-

кер стану рослин за дії несприятливих факторів (Палфи і др., 1973; Бирюкова, 1986; Anbazhagan et al., 1988; Іванченко, 2005; Бессонова і др., 1995; Карпец, Колупаєв, 2009; Іванов і др., 2007; Парпан, Миленька, 2009; Шевякова, 1983).

У зв'язку з вищенаведеним, метою даних досліджень є оцінити ступінь змін життєвого стану деревних рослин парків м. Дніпро, розташованих у різних зонах міста, що відрізняються рівнем забруднення, за морфо-фізіологічними та біохімічними показниками.

Дослідження проводили у парках ім. Л. Глоби, В. Дубініна, Ю. Гагаріна, Б. Хмельницького, Т. Шевченка, Пам'яті та Примирення, Молодіжному та Севастопольському. Ці парки відрізняються рекреаційним навантаженням, а також рівнем забруднення атмосферного повітря та ґрунту, яке залежить від ступеня їх віддаленості від промислових об'єктів і автошляхів. Парки Пам'яті та Примирення і Молодіжний знаходяться у сфері впливу викидів Західного промислового комплексу. До складу цього комплексу входять металургійний комбінат з повним виробничим циклом, трубопрокатний, машинобудівний, електровозобудівний, металокопювальний, металохімічний, комбайновий, приладобудівний та інші заводи (Павлов і др., 2000). Поруч з цими парками знаходяться автошляхи з інтенсивним автомобільним рухом (до 4000 авто/год). Парк ім. Л. Глоби та Б. Хмельницького також розташовані уздовж вулиці з інтенсивним рухом автотранспорту (4000 і 3000 авто/год відповідно). Слід зазначити, що парк ім. Л. Глоби знаходиться в нижній частині пр. Яворницького. Відстань парку від потужного Західного промислового комплексу становить 4,5 км. Це визначає характер забруднення атмосферного повітря і ґрунту. Необхідно враховувати, що на території м. Дніпро, як і у інших крупних промислових центрах України, різниця температури між околицею

і центром міста складає 1–2 °С. Це викликає втягування повітря з околиць до центру зі швидкістю 2–3 м/с, особливо у пониженні місця. Ця обставина, а також висотна забудова запобігають розсіюванню забруднювачів (Безуглая і др., 1991) і тому в цій пониженій частині міста спостерігається великий рівень забруднення.

На стан насаджень парку ім. Т. Шевченка впливають викиди підприємств Східної і Північно-східної промислових груп, до складу яких входить Придніпровська ТЕС та ряд будівельних підприємств (Павлов і др., 2000). Основними хімічними сполуками, що надходять із викидами в атмосферу, є диоксид сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю, різноманітний пил, що містить важкі метали, леткі органічні сполуки, вуглеводні тощо (Ємець, Сердюк, 2003). Меншу дію ці підприємства спричиняють на насадження Севастопольського парку, оскільки він відділений від потоку аерополітантів будівлями житлового масиву Перемога 1–6. Парк ім. Ю. Гагаріна віддалений від великих промислових зон майже на 10 км. Контрольні рослини зростали у відносно чистій зоні – смт Петриківка Дніпропетровської області, де кількість забруднюючих речовин в атмосферному повітрі і ґрунті значно нижче ПДК.

Розрахунок життєвого стану рослин у парках проводили за шкалою категорій стану листяних порід (Якубов, 2005). Ступінь пошкодження деревостанів характеризували середнім індексом пошкодження, розрахованим як середньозважене з класів (балів) пошкодження дерев у парках (Шавнин і др., 2010). Індекс життєвого стану деревостану розраховували як суму здобутків показника категорії стану на кількість дерев у наявній категорії, поділену на загальну кількість обстежених дерев (Алексеев, 1989; Бабий, 2000). Здоровими (I) вважалися деревостани з індексом 1,00–1,50, ослабленими (II) – 1,51–2,50, дуже ослабленими (III) – 2,50–3,50, такими, що всихають (IV) –

3,51–4,50, свіжим сухостоєм (V) – 5,50, старим сухостоєм (VI) – 5,51–6,50. Оцінку і ступінь пошкодження листків здійснювали за (Николаевский, 1979). Приріст пагонів та площу листової пластинки визначали за (Молчанов, Смирнов, 1967).

Для оцінки функціонального стану рослин у парках міста за морфо-фізіологічними та біохімічними показниками обрано такі види рослин: клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) та широколиста (*Tilia platyphyllos* Scop.), біота східна (*Biota orientalis* Endl.) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.). Перші два види є чутливими до антропогенного навантаження видами на Південному Сході України, робінія звичайна – толерантним, біота східна – відносно стійким. Дослідження проводили на п'яти модельних деревах 30–35-річного віку. Для аналізу вмісту біохімічних речовин відбирали 2–3-й листок від основи пагонів поточного року з південно-східного боку модельних дерев на висоті 2 м. Для визначення вмісту азоту проби відбирали з південно-східної частини крони в червні, у зв'язку з тим, що листки деревних рослин у цей період характеризуються найбільшим накопиченням азоту (Сергейчик, 1994).

Вміст пігментів визначали у витяжці 96% етанолу на СФ-2000. Розрахунки здійснювали за формулами Вінтерманса, Мотса (Бессонова, 2006). Форми азоту визначали з однієї наважки за Х.Н. Починком (1976). Інтенсивність вільнорадикального окиснення у листках визначали за вмістом малонового діальдегіду (Мусієнко та ін., 2001), кількість проліну – за модифікованою методикою (Шихалива і др., 2014).

Результати експерименту оброблені статистично. Розраховували середнє арифметичне значення ознак та стандартну помилку (SE). Перевірку на нормальність розподілу проведено методом розрахунку асиметрії та ексцесу. Для оцінки достовірності відмін-

ності між вибірками застосовано критерій Ст'юдента.

Індикація стану деревних рослин парків м. Дніпро за морфо-фізіологічними показниками. Оцінка стану рослин показала, що дерева в парках міста мали подібні ознаки зовнішніх симптомів порушень – часткове всихання пагонів, укорочення приросту, наявність ушкоджених і хлоротичних листків, зустрічаються фаутні рослини. Проте ступінь прояву та кількість ушкоджених рослин відрізняється залежно від функціональної зони розташування парків. Найкращий вигляд мають дерева парку ім. Ю. Гагаріна та Севастопольського, за винятком старих перестійних рослин. Листки цих дерев мало ушкоджені, всихаючи гілки майже відсутні, стовбури мають дефекти у поодиноких дерев (оцінка 1,5 бала).

Життєвий стан рослин у парках ім. Т. Шевченка та Б. Хмельницького оцінено у 2 бали, ім. Л. Глоби – 2,5 бала. Найгіршим цей показник виявився у рослин парку Пам'яті та Примирення і Молодіжному. Листки як клена гостролистого, так і липи широколистої значною мірою уражені хворобами та шкідниками, вкриті шаром пилу, дрібніші, до 5% від загальної кількості на модельних гілках деформовані й викривлені порівняно з рослинами контролю. Виявлено багато молодих пагонів і бічних гілок, що всихають, трапляються рослини з частково сухими гілками першого порядку. Крони дерев зріжені і малогіллясті, є фаутні рослини. Із середини липня з'являються крайові, точкові, міжжилкові некрози листків, хлороз. Стан насаджень цих видів у даних парках оцінено трьома балами (середнє пошкодження).

Розрахунок індексу стану деревостану парків свідчить, що оцінку «здоровий» отримали тільки рослини парків ім. Ю. Гагаріна, Т. Шевченка та Севастопольського (85, 86 і 84, відповідно). Деревостани всіх інших парків отримали оцінку «ослаблений», при цьому найнижчий індекс має парк Пам'яті і Примирення та Молодіжний – 58 і 62, в пар-

ках ім. Л. Глоби та Б. Хмельницького цей показник становив 68 та 75–76.

Облік морфометричних змін, що виникають у рослинних організмів за дії чинників різної етіології покладено в основу методу морфометричної індикації життєвості рослин та екологічного стану території (Мэнинг, 1985; Биоиндикация..., 1988). Даний метод є одним з найпоширеніших, що зумовлено його простотою, швидкістю проведення (Grame et al., 1996). Чутливим показником є ріст, який як інтегральний показник стану рослин є інформативним маркером не тільки життєвості рослин, але й екологічної напруженості середовища (Бессонова, 1999; Лукина, 2011; Зиятдинова и др., 2012). Визначення довжини річного приросту у досліджуваних рослинних об'єктів різних парків міста показало, що найбільша вона у парку ім. Ю. Гагаріна і майже не відрізняється від контролю. Найменші величини показника спостерігаються у дерев парків Пам'яті і Примирення, Молодіжному та Л. Глоби. Порівняння довжини річних пагонів клена гостролистого і липи широколистої свідчить, що різниця з показниками контролю більша у першого виду. Так, у парках Пам'яті і Примирення, Молодіжному та Л. Глоби у клена гостролистого їх довжина становить 51,2; 64,5 та 59,5% від контрольних значень, у липи широколистої – 62,5; 73,4 та 70,4% відповідно. За величиною річного приросту клена гостролистого парки можна розташувати у такий ряд: парк смт Петриківка = ім. Ю. Гагаріна > ім. Б. Хмельницького > Севастопольський > ім. Т. Шевченка > Молодіжний > ім. Л. Глоби > Пам'яті і Примирення, а липи широколистої – смт Петриківка = Ю. Гагаріна > Б. Хмельницького > Севастопольський > Молодіжний > ім. Л. Глоби > Т. Шевченка > Пам'яті і Примирення.

Найменші відмінності за величиною річного приросту пагонів у рослин різних парків виявлені у робінії звичайної. У цього виду даний показник статистично не від-

різняється від контрольних значень у парках ім. Ю. Гагаріна, Б. Хмельницького та Севастопольському. Найсуттєвіше пригнічення росту пагонів спостерігається у робітній звичайної у парках ім. Л. Глоби, Пам'яті і Примирення та Молодіжному. Їх довжина

становить 80,3; 72,9 і 82,2% відносно контролю, що більше, ніж для двох інших досліджуваних видів.

Товщина однорічних пагонів у рослин парків м. Дніпро різниться у меншому ступені, порівняно з їх довжиною (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Довжина та товщина річних пагонів деревних порід окремих парків м. Дніпро

Вид	Назва парку	Довжина пагона, см	% до контролю	Товщина пагона, см	% до контролю
<i>Acer platanoides</i> L.	с/мт Петриківка	15,93 ± 0,14	100,0	3,71 ± 0,08	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	15,88 ± 0,12	99,7	3,66 ± 0,09	98,7
	ім. Т. Шевченка	10,53 ± 0,20*	66,1	2,75 ± 0,06*	74,1
	ім. Л. Глоби	9,48 ± 0,42*	59,5	2,97 ± 0,06*	80,0
	Пам'яті і Примирення	8,15 ± 0,33*	51,2	2,49 ± 0,05*	67,1
	ім. Б. Хмельницького	11,73 ± 0,44*	73,6	2,96 ± 0,06*	79,8
	Севастопольський	11,37 ± 0,36*	71,4	2,97 ± 0,11*	80,0
	Молодіжний	10,27 ± 0,33*	64,5	2,44 ± 0,05*	65,8
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	с/мт Петриківка	19,20 ± 0,48	100,0	4,24 ± 0,16	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	17,14 ± 0,85	89,3	3,87 ± 0,13	91,3
	ім. Т. Шевченка	15,25 ± 0,41*	79,4	3,39 ± 0,12*	79,9
	ім. Л. Глоби	13,52 ± 0,51*	70,4	3,08 ± 0,11*	72,6
	Пам'яті і Примирення	12,00 ± 0,32*	62,5	3,24 ± 0,12*	76,4
	ім. Б. Хмельницького	16,35 ± 0,40*	85,2	3,66 ± 0,15*	86,3
	Севастопольський	15,15 ± 0,63*	78,9	3,54 ± 0,13*	83,5
	Молодіжний	14,10 ± 0,65*	73,4	3,41 ± 0,12*	80,4
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	с/мт Петриківка	17,91 ± 0,82	100,0	3,25 ± 0,12	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	19,69 ± 0,83	115,5	3,64 ± 0,14	112,0
	ім. Т. Шевченка	15,54 ± 0,44*	86,8	2,93 ± 0,12	90,2
	ім. Л. Глоби	14,39 ± 0,64*	80,3	2,77 ± 0,11*	85,2
	Пам'яті і Примирення	13,06 ± 0,50*	72,9	2,62 ± 0,12*	80,6
	ім. Б. Хмельницького	16,94 ± 0,67	94,6	3,03 ± 0,13	93,2
	Севастопольський	16,55 ± 0,51	92,4	3,11 ± 0,11	95,7
	Молодіжний	14,73 ± 0,36*	82,2	2,67 ± 0,11*	82,2

Примітка. * – різниця між контрольним і дослідним варіантами статистично достовірна на 95%-ному рівні ймовірності.

Найінформативнішими серед морфологічних показників можна вважати ті, що тісно корелюють із величиною первинної продукції та характеризують відношення у системі «рослина – середовище». До таких, зокрема, належать характеристики асиміляційної поверхні. Слід зазначити, що найбільша кількість листків на річному пагоні у клена гостролистого у таких парках міста як ім. Ю. Гагаріна, Т. Шевченка і

Севастопольському. У цих парках різниця між контрольними і дослідними показниками статистично недостовірна на 95%-ному рівні ймовірності. На 16,9% менша кількість листків порівняно з контролем у рослин парку ім. Б. Хмельницького. В інших досліджуваних парках цей показник близький за значеннями і варіює від 61,9 до 67,6% щодо кількості листків на річному пагоні у рослин заміського парку (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Характеристика асиміляційного апарату деревних рослин у парках м. Дніпро

Вид	Парк	Кількість листків на пагоні, шт.	% до контр.	Площа листка, см ²	% до контр.	Площа асиміляційної поверхні пагона, см ²	% до контр.
<i>Acer platanoides</i> L.	сmt Петриківка	6,51±0,30	100,0	80,0±3,8	100,0	520,0±20,0	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	6,02±0,23	92,5	77,9±3,8	97,4	461,8±20,1	88,8
	ім. Т. Шевченка	5,92±0,28	90,9	62,3±3,0*	77,9	268,0±10,4*	51,5
	ім. Л. Глоби	4,40±0,19*	67,6	55,3±2,6*	69,1	226,8±9,3*	43,6
	Пам'яті і Примирення	4,03±0,17*	61,9	52,3±2,3*	65,4	209,0±9,1*	40,2
	ім. Б. Хмельницького	5,42±0,28*	83,3	72,5±2,0	90,6	391,2±12,3*	75,2
	Севастопольський	6,03±0,30	92,6	69,0±3,4*	86,3	414,4±13,1*	79,7
Молодіжний	4,20±0,20*	64,5	52,8±2,2*	66,0	221,9±11,0*	42,7	
<i>Tilia plathyphyllos</i> Scop.	сmt Петриківка	7,80±0,29	100,0	75,2±3,4	100,0	586,8±20,3	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	7,52±0,33	96,4	80,5±4,0	107,0	605,4±29,5	103,2
	ім. Т. Шевченка	6,66±0,29*	85,4	60,6±2,0*	80,6	403,3±10,3*	68,7
	ім. Л. Глоби	6,65±0,31*	85,3	55,9±2,6*	74,3	371,7±15,2*	63,3
	Пам'яті і Примирення	5,58±0,28*	71,5	48,1±2,3*	63,9	290,7±10,1*	49,5
	ім. Б. Хмельницького	7,17±0,33	91,9	64,3±2,7*	85,5	460,8±16,1*	78,5
	Севастопольський	7,20±0,34	92,3	63,7±2,5*	84,7	458,8±18,0*	78,2
Молодіжний	6,05±0,29*	77,6	51,3±2,4*	68,2	321,7±14,5*	54,8	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	сmt Петриківка	8,11±0,40	100,0	135,1±5,4	100,0	1094,3±49,3	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	7,70±0,36	94,9	136,5±5,9	101,0	1051,1±30,1	96,1
	ім. Т. Шевченка	7,43±0,27	91,6	119,2±5,0*	88,2	882,1±27,2*	80,6
	ім. Л. Глоби	6,90±0,30*	85,1	110,5±5,0*	81,8	762,5±26,5*	69,7
	Пам'яті і Примирення	6,32±0,29*	77,9	79,9±3,2*	59,1	503,4±19,1*	46,0
	ім. Б. Хмельницького	7,20±0,33	88,8	113,0±4,8*	83,6	813,6±26,2*	74,3
	Севастопольський	7,50±0,37	92,5	118,3±5,0*	87,6	887,3±29,1*	81,1
Молодіжний	6,55±0,30*	80,8	87,1±3,3*	64,5	698,9±27,2*	63,9	

Примітка. Див. табл. 3.17.

У липи широколистої кількість листків у модельних рослин найменша в парках Пам'яті і Примирення та Молодіжному, в яких вона практично однакова. Близькі значення цього показника у дерев парку ім. Б. Хмельницького, Севастопольському та Ю. Гагаріна. Вони мало відрізняються від контрольних значень. Облиствленість річних пагонів у дерев цього виду в парках, що знаходяться близько до промислових зон, відрізняється від контрольних значень меншою мірою, ніж у клена гостролистого.

Така сама закономірність у співвідношенні кількості листків у різних парках спостерігається у робінії звичайної. У рослин цього виду, що зростають у парках ім.

Ю. Гагаріна, Б. Хмельницького, Т. Шевченка і Севастопольському, число листків на пагонах статистично не відрізняється від контрольного варіанта. У рослин інших парків виявлено меншу кількість листків порівняно з контролем. Так, у парках ім. Л. Глоби, Пам'яті та Примирення і Молодіжному ці показники дорівнюють 85,1; 77,9 і 80,8% відповідно рослин, які зростали у парку сmt Петриківка.

Площа листової пластинки клена гостролистого у міських парках менша порівняно з контролем, окрім парку ім. Ю. Гагаріна і Б. Хмельницького (див. табл. 3.16), для рослин яких різниця між показниками міського та заміського парків ста-

тистично недостовірною на 95%-ному рівні ймовірності. Слід зазначити, що у липи широколистої площа листків також найбільша у заміському парку і у парку ім. Ю. Гагаріна, найменша – у парках Пам'яті і Примирення та Молодіжному. Вона мало відрізняється у дерев Севастопольського парку, ім. Б. Хмельницького і Т. Шевченка, проте менша, ніж у контролі.

У робіні звичайної площа листка визначається як кількістю листочків на рахісі, так і їх площею. Так, згідно з даними табл. 3.16, у рослин цього виду спостерігається зменшення площі листка у модельних рослин у всіх парках, за винятком парку ім. Ю. Гагаріна. Найсуттєвіша різниця між контрольним і дослідним варіантами спостерігається у парках Пам'яті та Примирення і Молодіжному – 40,9 і 35,5% щодо контролю. У парках ім. Л. Глоби, Б. Хмельницького, Т. Шевченка та Севастопольському ці показники майже не відрізняються між собою і дорівнюють 81,8; 83,6; 88,2 і 87,6% відносно контролю відповідно.

Асиміляційна площа однорічного пагона у рослин клена гостролистого парку ім. Ю. Гагаріна майже не відрізняється від показників контролю, в той час як у інших парках асиміляційна поверхня менша, особливо у дерев парків Пам'яті і Примирення, Молодіжному, ім. Л. Глоби та Т. Шевченка (40,2; 42,7; 43,6 та 51,5% щодо контролю відповідно). Аналогічна закономірність характерна і для липи широколистої. Площа асиміляційної поверхні річного пагона рослин цього виду у вищевказаних парках становить 49,5; 54,8; 63,3 та 68,7% стосовно рослин заміського парку. У робіні звичайної цей показник у дерев міських парків менший, ніж у заміського, за винятком рослин, які зростають у парку ім. Ю. Гагаріна. Найменший він у парках Пам'яті та Примирення і Молодіжному – 46,0 і 63,9% щодо контролю відповідно.

Вміст фотосинтетичних пігментів значною мірою визначається сукупним впливом

екологічних факторів, у тому числі антропогенних. Тому показники зміни кількості хлорофілу можна розглядати в якості неспецифічних маркерів як життєвого стану рослин, так і довкілля (Бессонова, 1992; Кулагин, Юсупов, 2008; Василевская, Лукина, 2010; Бухарина і др., 2013).

Сума хлорофілів ($a+b$) у листках клена гостролистого різних парків міста менша, ніж у контролі (табл. 3.19). Найменший вміст пігментів у листках рослин парку Пам'яті і Примирення, найбільший – у парку ім. Ю. Гагаріна (56,7 і 88,0% до контролю відповідно). У листках рослин парків Севастопольського, ім. Т. Шевченка, Б. Хмельницького цей показник відповідно дорівнює 81,6; 77,0 та 71,0% щодо контролю. Близькі значення вмісту хлорофілу в листках дерев парків ім. Л. Глоби та Молодіжному – 65,2 і 64,4%.

У липи широколистої спостерігається аналогічна тенденція щодо кількості хлорофілу у листках дерев різних парків порівняно з контролем. Лише у дерев парку ім. Ю. Гагаріна різниця між контрольним і дослідним варіантами статистично недостовірною.

За вмістом хлорофілу у листках дерев цього виду парки можна ранжувати у такий ряд: смт Петриківка = ім. Ю. Гагаріна > Севастопольський ≥ ім. Т. Шевченка > ім. Б. Хмельницького > ім. Л. Глоби = Пам'яті і Примирення > Молодіжний.

У листках робіні звичайної не встановлено суттєвої відмінності між вмістом суми хлорофілів $a+b$ у листках рослин, що зростають у міських парках ім. Ю. Гагаріна, Б. Хмельницького та Севастопольському і фоновими значеннями цього показника (парк у смт Петриківка). У парках Пам'яті і Примирення, Молодіжному, Т. Шевченка і Л. Глоби вміст суми хлорофілів складає 82,0, 83,7, 88,2 і 79,0% щодо норми відповідно (див. табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Вміст хлорофілів у листках модельних об'єктів у парках м. Дніпро,

Вміст хлорофілу	Назва парку	<i>Acer platanoides</i> L.	% до контр.	<i>Tilia plathyphyllos</i> Scop.	% до контр.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	% до контр.
Хлорофіл <i>a</i>	сmt Петриківка	3,41±0,102	100,0	3,68±0,110	100,0	2,65±0,080	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	3,03±0,081	88,9	3,32±0,083	90,2	2,59±0,102	97,7
	ім. Т. Шевченка	2,70±0,103*	79,2	2,98±0,062*	81,0	2,34±0,074	88,3
	ім. Л. Глоби	2,22±0,114*	65,1	2,43±0,052*	66,0	2,02±0,113*	76,2
	Пам'яті і Примирення	1,87±0,054*	54,8	2,22±0,155*	66,3	2,07±0,073*	78,1
	ім. Б. Хмельницького	2,53±0,130*	74,2	2,96±0,084*	80,4	2,44±0,060	92,1
	Севастопольський	2,82±0,080*	82,7	3,02±0,082*	82,1	2,56±0,144	96,6
Молодіжний	2,05±0,060*	60,1	2,15±0,063*	58,4	2,13±0,085*	80,4	
Хлорофіл <i>b</i>	сmt Петриківка	1,42±0,031	100,0	1,45±0,040	100,0	0,87±0,050	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	1,22±0,042*	85,9	1,40±0,032	96,6	0,85±0,062	97,7
	ім. Т. Шевченка	1,12±0,074*	78,9	1,23±0,045*	84,8	0,79±0,024	90,8
	ім. Л. Глоби	0,93±0,032*	65,5	1,02±0,044*	70,3	0,68±0,054	78,2
	Пам'яті і Примирення	0,87±0,042*	61,3	1,13±0,053*	77,9	0,84±0,013	96,6
	ім. Б. Хмельницького	1,10±0,065*	77,5	1,15±0,083*	79,3	0,81±0,070	93,1
	Севастопольський	1,12±0,044*	78,9	1,25±0,066	86,2	0,89±0,045	102,3
Молодіжний	1,06±0,040*	74,6	1,08±0,050*	74,5	0,84±0,060	96,6	
Хлорофіл <i>a+b</i>	сmt Петриківка	4,83±0,112	100	5,13 ± 0,120	100	3,55±0,090	100
	ім. Ю. Гагаріна	4,25±0,101*	88,0	4,72 ± 0,103	92,0	3,41±0,110	96,0
	ім. Т. Шевченка	3,72±0,143*	77,0	4,21±0,105*	82,0	3,13±0,082*	88,2
	ім. Л. Глоби	3,15±0,121*	65,2	3,45±0,116*	67,3	2,70±0,106*	79,0
	Пам'яті і Примирення	2,74±0,152*	56,7	3,57±0,092*	69,6	2,91±0,093*	82,0
	ім. Б. Хмельницького	3,43±0,076*	71,0	4,11±0,132*	80,1	3,25±0,152	91,5
	Севастопольський	3,94±0,093*	81,6	4,27±0,121*	83,2	3,45±0,123	97,2
Молодіжний	3,11±0,162*	64,4	3,23±0,070*	63,0	2,97±0,080*	83,7	
Хлорофіл <i>a/b</i>	сmt Петриківка	2,40± 0,150	100,0	2,53±0,052	100,0	3,04±0,093	100,0
	ім. Ю. Гагаріна	2,48± 0,142	103,3	2,37 ± 0,080	93,7	3,05 ± 0,042	100,3
	ім. Т. Шевченка	2,41± 0,112	100,4	2,42 ± 0,062	96,7	2,96 ± 0,185	97,4
	ім. Л. Глоби	2,38± 0,124	99,2	2,38 ± 0,066	94,0	2,97 ± 0,102	97,7
	Пам'яті і Примирення	2,15± 0,145	89,6	1,96± 0,074*	77,5	2,46 ± 0,123*	80,9
	ім. Б. Хмельницького	2,30± 0,113	98,8	2,57 ± 0,043	101,6	3,01 ± 0,120	99,0
	Севастопольський	2,51± 0,125	104,6	2,41 ± 0,090	95,3	2,87 ± 0,065	94,4
Молодіжний	1,93± 0,086	80,4	1,99± 0,062*	78,7	2,53 ± 0,093*	83,2	

Примітки. див. табл. 3.17.

У листках клена гостролистого і липи широколистої у більшості міських парків вміст як хлорофілу *a*, так і хлорофілу *b* менший, ніж у замиському. У робінії звичайної кількість хлорофілу *b* майже така сама, як і у контрольному варіанті, а хлорофілу *a* менша тільки у рослин трьох парків – Пам'яті і Примирення, ім. Л. Глоби і Молодіжному. Це свідчить про більшу стійкість пігментного апарату цього виду, ніж у клена гостролистого і липи широколистої. Висновок про те, кількість якої форми хлорофілу відрізняється від контролю більше, зробити неможливо.

Деякі дослідники вказують, що інформативнішим біоіндикаційним показником стану доквілля є співвідношення хлорофілів *a/b* (Бессонова, 1992; Коцюбинська, 2000; Гливлас, Николайчук, 2001; Миленка, 2008; Парпан, Миленка, 2009). Вміст як хлорофілу *a*, так і *b* у листках клена гостролистого та липи широколистої у міських парках менший, ніж у замиському. Проте співвідношення хлорофілів *a/b* в листках рослин майже не відрізняється від контрольних значень переважно в усіх парках, за винятком рослин липи широколистої і робінії звичайної у парках Пам'яті та Примирення і Молодіжному. Зниження сумарного вмісту хлорофілу за дії несприятливих чинників, яке не супроводжується значними змінами співвідношення хлорофілів *a/b*, може мати фізіологічне значення. Так, деякі вчені розглядають такий ефект як захисний механізм на подолання стресу. У листках обох видів рослин в інших парках величини відношення *a/b* нижчі, ніж у контролі.

Ряд авторів у роботах по вуглекислотному газообміну звернули увагу на те, що фотосинтетична продуктивність з розрахунку на пагін у більшому ступені, ніж питома інтенсивність фотосинтезу, придатна для оцінки фізіологічного стану дерев

(Забуга, Забуга, 1983а, 1983б; Щербатюк и др., 1991; Щербатюк и др., 1994). Пізніше, за результатами розрахунків фотосинтетичних пігментів у хвої сосни різного ступеня пригнічення, Т.А. Михайлова зі співавторами (Михайлова, Бережная, 2000) встановила, що найбільш прийнятним для адекватного відображення фізіологічного стану хвойних дерев є розрахунок пластидних пігментів на масу хвої пагона. Результати свідчать, що регуляція процесів на рівні пагона і крони в цілому тотожна. Виходячи з цих передумов, нами проаналізовано кількість фотосинтетичних пігментів у перерахунку на масу листків пагона (табл. 3.20, рис. 3.19).

Встановлено, що кількість хлорофілу *a+b* у масі листків липи широколистої та робінії звичайної на річному пагоні знижується у міських парках порівняно з рослинами замиської зони, за винятком парку ім. Ю. Гагаріна (табл. 3.20). У клена гостролистого, на відміну від інших видів, різниця між значеннями істотна навіть в парку ім. Ю. Гагаріна і дорівнює 20,9%. Значно нижчі ці показники у рослин парків ім. Л. Глоби, Пам'яті та Примирення і Молодіжному, у більшому ступені у клена гостролистого. У цього виду у вищевказаних парках вміст зеленого пігменту в масі листків на річному пагоні відносно контролю становить 30,5; 22,8 і 27,5% відповідно, у липи широколистої і робінії звичайної – 44,7; 33,3 і 48,8% та 52,9, 32,3 і 43,6%. У парках ім. Т. Шевченка, Б. Хмельницького та Севастопольському кількість хлорофілу у перерахунку на масу листків річного пагона також менша, ніж у контрольних рослин, і знаходиться на майже однаковому рівні.

Таким чином, найвищим індексом життєвого стану (за комплексом показників) характеризуються рослини парку ім. Ю. Гагаріна, а найгіршим – парку Пам'яті і Примирення.

Таблиця 3.20

**Маса асиміляційного апарату деревних рослин парків м. Дніпро і кількість хлорофілу *a+b*
у листках пагона, мг/масу листків річного пагона**

Вид	Парк	Маса листка, г	% до контр.	Маса листків на річному пагоні, г	% до контр.	Кількість хлорофілу <i>a+b</i> у масі листків на річному пагоні, мг
<i>Acer platanoides</i> L.	смт Петриківка	172,3±5,3	100,0	1119,9±45,9	100,0	5409±251
	ім. Ю. Гагаріна	167,6±4,2	97,3	1005,8±40,3	89,8	4275±211*
	ім. Т. Шевченка	134,0±3,2*	77,8	790,9±29,5*	70,6	2942±120*
	ім. Л. Глоби	119,1±3,1*	69,1	524,0±23,2*	46,8	1651±65*
	Пам'яті і Примирення	112,5±4,1*	65,3	450,0±20,5*	40,2	1233±45*
	ім. Б. Хмельницького	156,6±4,6	90,9	842,4±30,2*	75,2	2889±130*
	Севастопольський	148,7±3,6*	86,3	892,3±34,60*	79,7	3516±151*
Молодіжний	113,8±4,3*	66,0	477,8± 20,9*	42,7	1485±64*	
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	смт Петриківка	128,0±4,5	100,0	998,4±40,9	100,0	5122±240
	ім. Ю. Гагаріна	137,0±3,9	107,0	1030,7±41,5*	103,2	4865±204
	ім. Т. Шевченка	103,0±4,1*	80,5	852,5±32,2*	85,4	3589±179*
	ім. Л. Глоби	95,1±3,9*	74,3	632,4±25,1*	63,3	2289±95*
	Пам'яті і Примирення	81,8±3,1*	63,9	456,2±20,1*	45,7	1705±74*
	ім. Б. Хмельницького	109,3±3,0*	85,4	917,8±30,5*	91,9	3276±121*
	Севастопольський	108,4±3,4*	84,7	921,6±36,2*	92,3	3935±141*
Молодіжний	87,3± 3,3*	68,2	528,0±19,6*	52,9	2501±103*	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	смт Петриківка	149,6±5,60	100,0	1213,3±50,3	100,0	4306±198
	ім. Ю. Гагаріна	151,5±6,2	101,3	1151,9±42,1	94,9	3928±174
	ім. Т. Шевченка	132,0±4,6*	88,2	980,7±32,6*	80,8	3069±131*
	ім. Л. Глоби	122,4±3,6*	81,8	844,2±32,5*	69,6	2279±109*
	Пам'яті і Примирення	88,5±3,0*	59,2	478,4±20,5*	39,4	1392±52*
	ім. Б. Хмельницького	125,1±5,3*	83,6	900,9±30,8*	74,3	2928±120*
	Севастопольський	130,9±4,8*	87,5	982,4±39,1*	81,0	3389±156*
Молодіжний	96,5±3,8*	64,5	631,8±20,8*	52,1	1876±72*	

Примітка. Див. табл. 3.17.

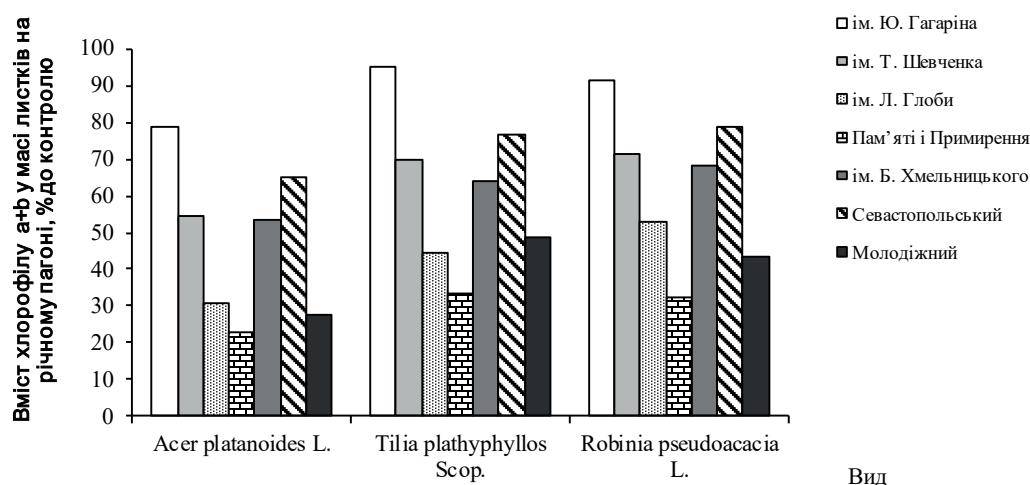


Рис. 3.17. Вміст хлорофілів *a+b* у загальній масі листків річного пагона деревних рослин міських парків Дніпра

За більшістю показників після парку ім. Ю. Гагаріна можна розташувати Севастопольський парк, потім парк ім. Б. Хмельницького і Л. Глоби. Для парку ім. Т. Шевченка спостерігається зміна положення у ранжованому ряді за різними показниками. Це може бути пов'язане не лише з дією на рослини забруднення довкілля, а й з низкою інших чинників – режимом зволоження, рекреаційним навантаженням тощо.

Морфолого-фізіологічні показники клена гостролистого у різних парках відрізняються суттєвіше, у робіні звичайної – найменше. Показники приросту пагонів, площі листків та вмісту хлорофілу, які слугують індикаторами функціонального стану деревних рослин, вказують на різний рівень життєвого стану насаджень парків. У парках, що знаходяться в зоні більшого техногенного забруднення, спостерігається нижчий рівень життєвості (парк Пам'яті і Примирення та Молодіжний). Виявлені закономірності можуть бути використані як основа для проведення регулярного моніторингу насаджень парків м. Дніпро для своєчасного виявлення негативних трансформацій, а також для розробки заходів з відновлення стійкості екосистем. Отримані дані свідчать про необхідність проведення запобіжних заходів для покращення функціонального стану деревних рослин більшості парків.

У світовій літературі наведено дослідження із впливу чинників урбанізованого середовища на деревну рослинність великих міст (Berrang et al., 1985; Stravinskienė et al., 2015 та ін.). Роботи присвячені, головним чином, вивченню впливу антропогенного навантаження на зміни в асиміляційному апараті (Hyungsuk, Ryu, 2015), ріст пагонів (Ворошилова, 2006), деякі фізіологічні показники (Rahmana et al, 2014) окремих деревних порід. А. Станкевичене (Stankevičienė, 2015) були проведені дослідження з моніторингу стану деревної рослинності лісопарків м. Каунаса. Автор спостерігала дефоліацію, хлороз, велику кількість сухих гілок у

кроні, грибкові захворювання. О. Суисловою зі співавт. (Suslova et al., 2013) проведено моніторинг віталітетності деревних насаджень у парках промислових міст на Південному Сході України, виявлено найбільш толерантні види дерев в умовах техногенного навантаження довкілля. Оцінку життєвості паркових насаджень проводять також і за допомогою геоінформаційних систем. Так, Д.Л. Калхеві зі співавт. (Kalhavy et al., 2014) було проаналізовано стан паркових насаджень із застосуванням просторово-географічної інформаційної системи з порівнянням у якості контролю з зеленими насадженнями державного університету м. Накогдочес (Техас, США). Проте провести співставлення життєвості різних видів у насадженнях м. Дніпро і в містах інших країн не зовсім коректно, оскільки положення видів деревних рослин у шкалі стійкості залежить не тільки від рівня антропогенного навантаження, але і значною мірою від екологічних умов зростання, особливо температурного режиму, вологості ґрунту та повітря тощо, які можуть дуже різнитися у різних регіонах.

Вміст форм азоту в листках деревних рослин як складова моніторингу стану дендрофлори парків м. Дніпро. За накопиченням загального азоту в листках рослин *T. plathyphyllos* і *A. platanoides* великих відмінностей залежно від їх зростання в тому чи іншому парку, за незначними винятками, не спостерігалось. Лише у першого виду в парку ім. Б. Хмельницького величина цього показника достовірно нижче на 9,0%, в парку ім. Т. Шевченка, навпаки, вище на 25,7% в порівнянні з контролем. У хвої *B. orientalis* кількість загального азоту перевищувала контрольні показники тільки в парку Пам'яті і Примирення (на 53,8%), в інших же парках різниця між вмістом азоту в листках дерев міських парків і смт Петриківка несуттєва (табл. 3.21).

Спрямованість змін вмісту загального азоту в умовах забруднення середовища, згідно з літературними даними, неоднозначна.

Так, у хвої пошкоджених і непошкоджених 90-річних дерев *Picea abies* (L.) Karst., що знаходяться під впливом високих концентрацій SO₂ і підвищених NO₂ і O₃, вміст загального азоту істотно не відрізнявся (*Schmeik, Wild, 1990*). В.П. Бессоновою (1990) також не виявлено значних відмінностей у вмісті загального азоту в листках берези повислої (*Betula pendula* Roth.), гіркокаштана кінського звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.),

тополі канадської (*Populus deltoides* Marsh.), які зростають у зоні забруднення важкими металами – Fe, Mn, Zn, Cr та ін., у порівнянні з контролем. Лише у берези повислої спостерігалося деяке зниження кількості загального азоту в окремі місяці. Ці дані, як і отримані нами для рослин різних парків, свідчать про відносну стійкість даного показника за дії антропогенних стресів (див. табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Вміст загального азоту в листках дерев парків, % на суху масу

Парк	<i>Tilia plathyphyllos</i>	% до контр.	<i>Acer platanoides</i>	% до контр.	<i>Biota orientalis</i>	% до контр.
с/мт Петриківка	3,11±0,12	100,0	3,18±0,11	100,00	1,80±0,07	100,00
ім. Л. Глоби	3,05±0,09	98,07	3,01±0,12	94,65	1,65±0,07	91,66
ім. Ю. Гагаріна	3,18±0,13	102,25	2,97±0,21	93,39	1,85±0,14	102,77
ім. Б. Хмельницького	2,83±0,14*	90,99	2,71±0,20	85,22	1,61±0,12	89,44
Молодіжний	2,87±0,13	92,28	2,90±0,15	91,19	1,65±0,04	91,66
Севастопольський	2,97±0,22	95,49	3,08±0,19	96,85	1,57±0,10	87,22
ім. Т. Шевченка	3,91±0,16*	125,72	2,79±0,14	87,73	1,68±0,11	93,33
Пам'яті та Примирення	2,92±0,09	93,89	3,08±0,12	96,85	2,77±0,13*	153,88

Примітка. Див. табл. 3.17.

Разом з тим у деяких джерелах зазначається зниження рівня загального азоту в листках в умовах забруднення навколишнього середовища. Так, в асиміляційних органах *Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth., *Picea abies* (L.) Karst., *Pinus sylvestris* L. у двох промислових районах Швеції, в одному з яких забруднювачем був діоксид сірки, в іншому – важкі метали (Cu, Zn), виявлено зменшення кількості цієї форми азоту (*Balsberg-Paohlsson, 1989*). А.О. Неверовою (2008) отримано протилежні результати: вміст загального азоту у хвої ялини сибірської і сосни звичайної скверів і примагістральних насаджень перевищує контроль на 83–87 і 51–59% відповідно. Згідно з Л.А. Захаровою (2005), підвищення індексу забруднення атмосфери веде до підвищен-

ня вмісту N_{заг.} в листках *Salix alba* L. і його зниження у *Salix ledebouriana* Trautv. Таким чином, дані про зміну рівня загального азоту в листках деревних рослин не можуть бути об'єктивними показниками зміни їх функціонального стану.

У листках модельних об'єктів у парках, що зазнають відносно невисокого рівня техногенного навантаження (парк ім. Ю. Гагаріна, Севастопольський), достовірних відмінностей у вмісті білкового азоту порівняно з контролем не виявлено (табл. 3.23). Однак кількість цієї форми азоту більш низька в порівнянні з контролем у листках рослин більшості парків (ім. Л. Глоби, ім. Б. Хмельницького, ім. Т. Шевченка, Молодіжний, Пам'яті та Примирення) (табл. 3.22, рис. 3.18).

Таблиця 3.22

Вміст білкового азоту в листках дерев парків, % на суху масу

Парк	<i>Tilia platyphyllos</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Biota orientalis</i>
смт Петриківка	2,93±0,07	2,82±0,09	1,61±0,05
ім. Л. Глоби	2,50±0,10*	2,43±0,08*	1,30±0,05*
ім. Ю. Гагаріна	2,80±0,07	2,61±0,09	1,65±0,07
ім. Б. Хмельницького	2,32±0,08*	2,26±0,07*	1,30±0,05*
Молодіжний	2,22±0,12*	2,30±0,10*	1,23±0,03*
Севастопольський	2,55±0,11	2,67±0,13	1,35±0,08
ім. Т. Шевченка	2,45±0,09*	2,35±0,10*	1,33±0,04*
Пам'яті та Примирення	2,22±0,04*	2,40±0,06*	1,25±0,08*

Примітка. Див. табл. 3.17.

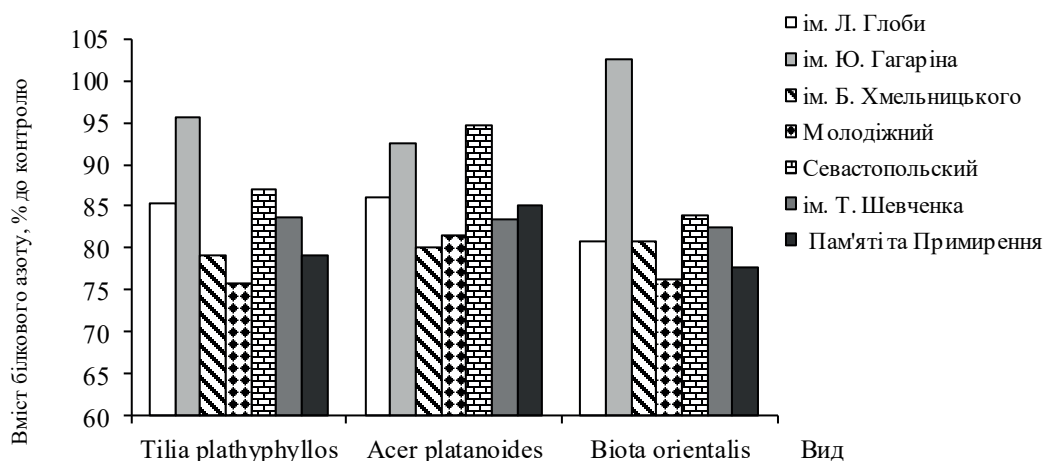


Рис. 3.18. Вміст білкового азоту в листках дерев парків, % до контролю

Відомості про спрямованість зміни кількості білкового азоту, як і загального, за дії на рослини несприятливих чинників є суперечливими. У ряді робіт зазначається, що погіршення стану рослин пов'язане зі зменшенням вмісту білків. Так, зниження білка у хвої зовні здорових соснових культур середньовікових і стиглих деревостанів виявлено на відстані 1,5–5,5 км від заводу азотних добрив. Аналіз вмісту білкового азоту у хвої сосни в умовах промислового забруднення свідчить про тенденцію до його зниження з погіршенням стану дерев (Сазонова і др., 2001). Виявлено синергізм у дії посухи і SO₂. Під впливом посухи вміст білка у хвої *Picea abies* (L.) Karst. знижується

на 15%, в той час як при спільному впливі SO₂ і посухи – на 20% (Sicffert, Queiroz, 1984), що корелює з погіршенням функціонального стану рослин. Особливо істотно це виражено в органах асиміляції сильно ослаблених, усихаючих від токсичних газів дерев (Регалис, Армолайтис, 1984; Сергейчик, 1994; Михайлова, Бережная, 2000). Однак характер впливу аерогенного забруднення на вміст білкового азоту в листках деревних рослин у досліджах В.П. Тарабріна зі співавт. (1986) визначається видовою специфікою реакції рослин, він може як знижуватися, так і зростати, при цьому чітко виражений зв'язок із ступенем стійкості не простежується. Н.В. Гетко (1989) також вказує, що взаємодія

рослин із ксенобіотиками у більш стійких видів не призводить до зниження загального вмісту білка, як це виявлено для чутливих видів.

Згідно з нашими даними, як вже зазначалося, в листках рослин парків, розташованих у зонах з підвищеним рівнем забруднюючих речовин (Пам'яті та Примирення, Т. Шевченка, Б. Хмельницького, Л. Глоби,

Молодіжний), кількість білкового азоту нижче, ніж у контролі, а в парках з відносно невисоким забрудненням (парк ім. Ю. Гагаріна, Севастопольський) його вміст не відрізняється від контролю.

Кількість небілкового азоту достовірно вища в листках досліджуваних об'єктів більшості парків (табл. 3.23).

Таблиця 3.23

Вміст небілкового азоту в листках дерев парків, % на суху масу

Парк	<i>Tilia platyphyllos</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Biota orientalis</i>
сmt Петриківка	0,40±0,03	0,36±0,02	0,19±0,02
ім. Л. Глоби	0,55±0,02*	0,58±0,03*	0,35±0,03*
ім. Ю. Гагаріна	0,38±0,05	0,36±0,02	0,20± 0,02
ім. Б. Хмельницького	0,59±0,02*	0,49±0,03*	0,31±0,02*
Молодіжний	0,65±0,04*	0,60±0,03*	0,42±0,06*
Севастопольський	0,42±0,05	0,41±0,06	0,26±0,03
ім. Т. Шевченка	0,50±0,01*	0,46±0,02*	0,30±0,02*
Пам'яті та Примирення	0,70±0,02*	0,68±0,05*	0,45±0,04*

Примітка. Див. табл. 3.17.

Лише у дерев парків ім. Ю. Гагаріна та Севастопольському вміст цієї форми азоту майже такий, як у контролі. Слід зазначити, що вміст небілкового азоту відрізняється від показників контролю істотніше, ніж білкового. Найбільш значне перевищення кількості небілкового азоту над фоновим рівнем спо-

стерігається в листках рослин парків Пам'яті і Примирення, а також Молодіжному. Його вміст у першому парку відносно до контролю в листках липи широколистої становить 175,0%, клена гостролистого – 188,8%, біоти східної – 236,8%, у другому – 162,5; 166,6 і 221,0% відповідно (рис. 3.19).

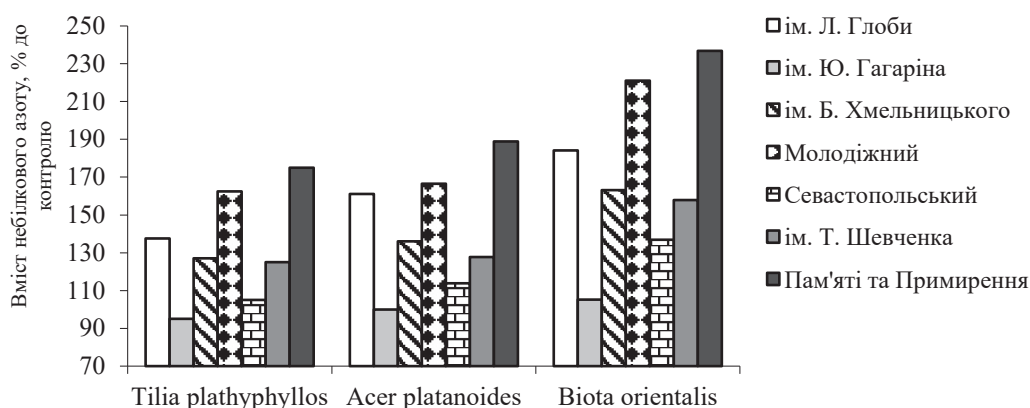


Рис. 3.19. Вміст небілкового азоту в листках деревних рослин парків, % до контролю

У хвої біоти зростання даного показника вище, ніж у інших видів досліджуваних рослин, можливо тому, що хвойні більш чутливі до забруднення атмосферного повітря (Сергейчик, 1994; Михайлова, Бережная, 2000), хоча за класифікацією Г.М. Ілька (1978) газостійкість цієї рослини оцінена у 2 бали (стійкі). Однак в умовах посушливого клімату Південного Сходу України місце розташування цього виду в ряду толерантності деревних рослин до антропогенного забруднення може змінюватися. Решта парків за рівнем вмісту небілкового азоту в листках модельних рослин розташовуються так: Л. Глоби \leq Б. Хмельницького $<$ Т. Шевченка.

Співвідношення фондів небілкової і білкової фракцій є важливим показником спрямованості обмінних процесів у рослині. Зниження цієї величини свідчить про більш низьку інтенсивність біосинтезу білка, що негативно позначається на процесах росту і розвитку, а також про інтенсифікацію процесів гідролізу.

Оскільки вміст білкового азоту в листках дерев більшості парків нижчий, а небілкового – вищий, ніж у замському парку, співвідношення цих двох фракцій виражається меншою величиною в умовах міських парків, за винятком модельних дерев парків ім. Ю. Гагаріна (табл. 3.24).

Таблиця 3.24

Співвідношення білкового/небілкового азоту в листках дерев парків

Парк	<i>Tilia plathyphyllos</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Biota orientalis</i>
смт Петриківка	7,32	7,83	8,47
ім. Л. Глоби	4,54	4,18	3,71
ім. Ю. Гагаріна	7,36	7,25	8,25
ім. Б. Хмельницького	4,54	4,61	4,19
Молодіжний	3,41	3,83	2,92
Севастопольський	6,07	6,51	5,19
ім. Т. Шевченка	4,90	5,10	4,43
Пам'яті та Примирення	3,17	3,53	2,77

Найменшим числом виражається співвідношення білковий / небілковий азот у листках рослин, які зростають у парках Пам'яті і Примирення та Молодіжному. Близькі величини встановлено в парках ім. Л. Глоби і Б. Хмельницького. Ранжування парків за цим показником практично збігається з такими показниками ступеня зміни вмісту небілкового азоту. За величиною співвідношення білковий / небілковий азот у листках досліджуваних рослин парки розташовуються в такому порядку: парк смт Петриківка = ім. Ю. Гагаріна $>$ Севастопольський $>$ ім. Б. Хмельницького $>$ ім. Т. Шевченка $>$ ім. Л. Глоби $>$ Молодіжний $>$ Пам'яті і Примирення.

Як уже зазначалося, зниження цього співвідношення відображує пригнічення інтенсивності ростових процесів, а нако-

пичення небілкового азоту корелює зі зростанням рівня дії несприятливих чинників (Михайлова, Бережная, 2000). Істотне падіння величини відношення білкового азоту до небілкового при погіршенні життєвого стану рослин спостерігали В.О. Казарян (1969) і Г.І. Гірс (1982). Встановлено, що порушення співвідношення білковий / небілковий азот викликає порушення водного режиму клітин, нормального циклу біохімічних процесів (Сергейчик, 1994). Отже, зменшення даного співвідношення в порівнянні з нормою свідчить не тільки про зниження життєвого стану, але і, у свою чергу, впливає на функціональний стан рослин.

Таким чином, відмінності у вмісті загального азоту не встановлені, а білкового – не є показовими. Критерієм погіршення функціонального стану рослин може слу-

гувати співвідношення білковий / небілковий азот. За ступенем відмінностей у величині цього відношення в листках певного виду індикаторних рослин можна зробити висновок, що в найгіршому функціональному стані знаходяться рослини в парку Пам'яті і Примирення та Молодіжному, в найкращому – в парках ім. Ю. Гагаріна та Севастопольському.

Оцінка функціонального стану деревних насаджень парків м. Дніпро за показниками інтенсивності вільнорадикального окислення та вмісту проліну. В основі набуття рослинами стійкості лежать структурні та фізіолого-біохімічні зміни, обумовлені як специфічними, так і неспецифічними реакціями на екстремальні умови зовнішнього середовища. Серед цих реакцій слід виділити посилене утворення у клітинах і позаклітинному просторі активних форм кисню за дії стресорів абіотичного та антропогенного походження (Бессонова, Лыженко, 1990; Колупаев, Карпец, 2009; Бессонова, 1992а, 1992б, 2006).

Вміст малонового діальдегіду в листках усіх досліджуваних видів рослин різниться залежно від місцезростання рослин. Найменший він у рослин замиського парку (табл. 3.25). Його кількість коливається від 4,34 мкмоль/г сирової маси у робінії звичайної в червні до 7,06 мкмоль/г у клена остролистого у липні. Слід вказати, що на початку експерименту (червень) вміст малонового альдегіду менший, порівняно з липнем. Не спостерігається суттєвої різниці між вмістом цієї речовини в листках рослин робінії звичайної, які зростали у парку ім. Ю. Гагаріна і на контрольній ділянці (сmt Петриківка) у липні. В усіх інших випадках різниця між дослідними і контрольними варіантами статистично достовірна на 95%-ному рівні ймовірності.

Найбільші показники концентрації діальдегіду стосовно контрольних значень зареєстровано у парку Пам'яті та Примирення і Молодіжному.

Таблиця 3.25

Вміст малонового діальдегіду в листках деревних рослин парків м. Дніпро, мкмоль/г сирової маси

Парк	Червень	Липень	Червень	Липень
	<i>Tilia cordata</i> Mill.		<i>Acer platanoides</i> L.	
сmt Петриківка	5,82±0,24	6,23±0,27	6,62±0,30	7,06±0,30
Ю. Гагаріна	8,25±0,32	8,42±0,32	9,25±0,41	9,72±0,38
Л. Глоби	12,48±0,50	16,90±0,77	15,41±0,67	17,14±0,79
В. Дубініна	8,70±0,36	11,65±0,52	10,40±0,46	11,59±0,50
Пам'яті та Примирення	14,56±0,60	22,63±1,08	19,88±0,87	25,89±1,15
Молодіжний	16,13±0,70	21,77±1,01	18,11±0,80	23,12±1,11
Севастопольський	9,15±0,20	12,49±0,30	11,65±0,26	12,68±0,28
Б. Хмельницького	10,43±0,25	13,45±0,26	12,29±0,30	13,45±0,50
Т. Шевченка	11,65±0,21	15,12±0,22	13,38±0,32	15,36±0,30
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.		<i>Biota orientalis</i> Endl.	
сmt Петриківка	4,34±0,17	5,40±0,25	4,29±0,20	6,12±0,27
Ю. Гагаріна	6,47±0,25	6,03±0,28*	5,55±0,19	7,39±0,28
Л. Глоби	8,53±0,32	9,89±0,42	9,56±0,40	12,29±0,51
В. Дубініна	7,49±0,30	7,11±0,30	6,75±0,30	8,58±0,40
Пам'яті та Примирення	9,43±0,40	11,69±0,47	11,24±0,46	19,29±0,32
Молодіжний	8,74±0,38	12,93±0,55	12,20±0,37	18,17±0,34
Севастопольський	6,09±0,14	7,46±0,16	7,47±0,15	9,10±0,21
Б. Хмельницького	6,65±0,30	8,83±0,40	8,10±0,16	9,13±0,21
Т. Шевченка	7,70±0,12	9,12±0,19	8,83±0,15	10,75±0,13

Примітка. Див. табл. 3.17.

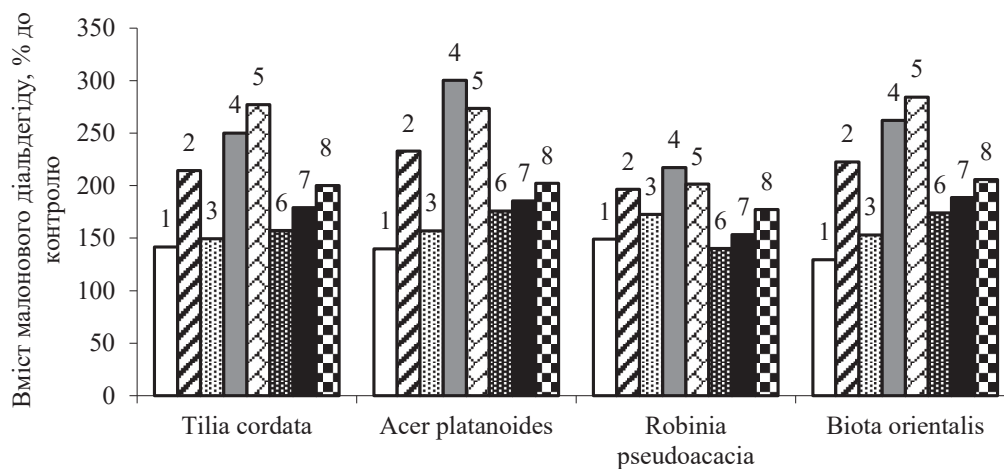
Ці парки знаходяться у сфері дії емісії Західного промислового комплексу, який характеризується розвинутою промисловістю. Істотніший рівень накопичення продуктів перекисного окислення ліпідів порівняно з фоновими значеннями встановлено в цих парках у рослин липи серцелистої і клена гостролистого (363,2 і 349,4% та 366,7 і 327,4% у липні відповідно). Дещо менший він, але все ж достатньо високий порівняно з іншими моніторинговими ділянками у робінії звичайної та біоти східної. Високі значення відносно інших паркових об'єктів також виявлено у рослин парку ім. Л. Глоби – 271,2; 242,7; 183,1 та 200,8% – відносно контролю у липи серцелистої, клена гостролистого, робінії звичайної та біоти східної відповідно у липні, у червні дещо менші – 214,4; 232,7; 196,5 і 199,5%. Наступними за ступенем накопичення малонового діальдегіду в листках рослин слід вказати парки ім. Т. Шевченка, Б. Хмельницького і Севастопольський. В останніх двох парках ступінь зростання інтенсивності вільнорадикальних процесів у листках близька за своїми значеннями (рис. 3.20). Найменша кількість цієї речовини накопичується у листках деревних рослин парку ім. Ю. Гагаріна у всі строки експерименту, перевищення контрольних значень коливається від 11,6% у біоти східної в липні до 35,1% у липи серцелистої у цей самий період.

Отже, у міських парках інтенсивність вільнорадикального окислення у листках усіх індикаторних видів рослин більша, ніж у замиському. Найгірший функціональний стан за цим показником виявлено у парках Молодіжному і Пам'яті та Примирення, в яких листки досліджених об'єктів мають найвищий рівень малонового діальдегіду. Далі в ряду зменшення цього показника розташовується парк ім. Л. Глоби. Нижчі показники інтенсивності вільнорадикального окиснення виявлені у листках дерев парків ім. Т. Шевченка, Б. Хмельницького і

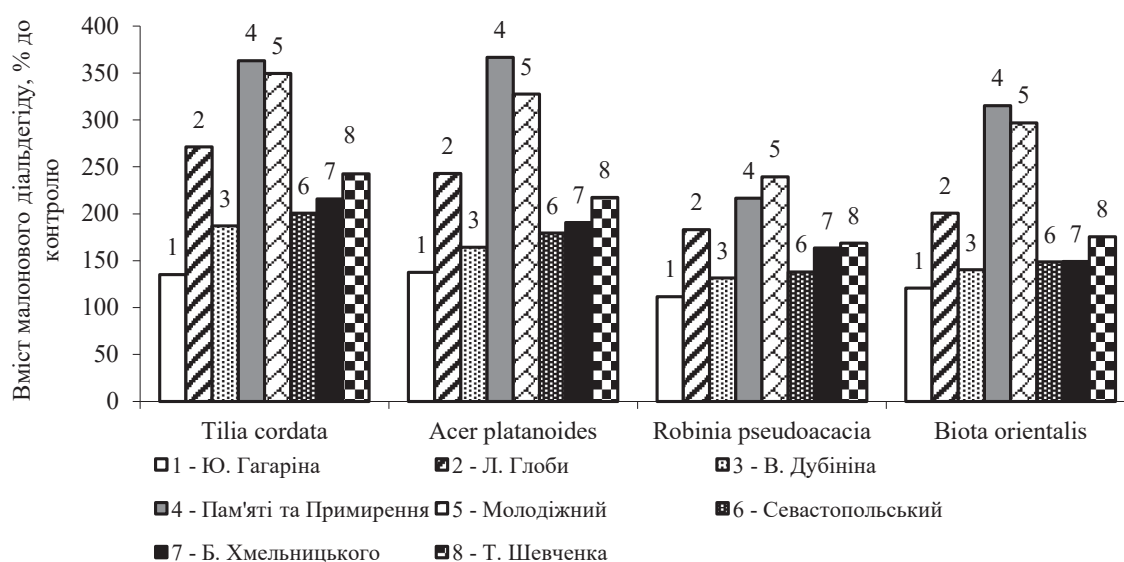
Севастопольському, хоча різниця в показниках у досліджуваних видів у цих парках невелика, особливо у робінії звичайної.

Вміст проліну в листках деревних рослин модельних дерев досліджуваних міських парків вищий, ніж у листках контрольних об'єктів, за винятком кількості цієї сполуки у листках клена гостролистого у парку ім. В. Дубініна у червні та біоти східної у паку ім. Ю. Гагаріна протягом усього експерименту. У середньому перевищення кількості цієї сполуки стосовно контрольних показників коливається від 118,8 до 585,7% щодо фонових значень (табл. 3.26). Вміст цієї амінокислоти в листках залежить від ступеня забруднення атмосферного повітря. Найбільша вона у дерев парків Пам'яті та Примирення і Молодіжного (рис. 3.21), які розташовані у сфері дії емісії Західного промислового вузла міста. Тут спостерігаються періодичні перевищення ГДК ряду сполук (SO_2 , NO_2 , пил, важкі метали, формальдегід тощо), особливо у парку Пам'яті та Примирення.

Найменшу різницю порівняно з фоновими значеннями виявлено у листках дерев парків ім. Ю. Гагаріна та В. Дубініна залежно від виду рослини. Високі значення кількості проліну стосовно контролю виявлено у листках дослідних рослин у парку ім. Л. Глоби, менші – у парку ім. Т. Шевченка (від 181,6 до 382,1% в червні та від 173,9 до 374,2% в липні у різних тест-об'єктів). У парках ім. Б. Хмельницького і Севастопольському ці цифри дорівнюють від 133,01 до 241,55% та від 138,4 до 258,3% відповідно. Отже, за погіршенням функціонального стану рослин, який оцінювали за збільшенням вмісту проліну в листках рослинних об'єктів відносно контрольних показників, парки можна ранжувати таким чином: Ю. Гагаріна < В. Дубініна ≤ Б. Хмельницького ≤ Севастопольський < Т. Шевченка < Л. Глоби < Молодіжний ≤ Пам'яті та Примирення.



A



Б

Рис. 3.20. Вміст малонового діальдегіду в асиміляційних органах деревних рослин парків м. Дніпро: А – червень, Б – липень

Таблиця 3.26

Вміст проліну в листках рослин парків, мг%

Парк	Червень	Липень	Червень	Липень
	<i>Tilia cordata</i> Mill.		<i>Acer platanoides</i> L.	
смт Петриківка	11,61±0,34	13,10±0,45	9,37±0,26	10,11±0,40
Ю. Гагаріна	14,51±0,51	15,72±0,32	13,39±0,45	15,17±0,35
Л. Глоби	32,11±1,01	38,22±1,50	22,40±0,81	26,48±1,01
В. Дубініна	13,80±0,39	18,96±0,54	10,04±0,33*	14,11±0,50
Пам'яті та Примирення	42,86±1,86	45,86±1,88	35,57±1,11	39,42±1,60
Молодіжний	39,81±1,41	42,73±2,04	30,12±1,37	34,16±1,49
Севастопольський	16,95±0,70	19,25±0,46	14,48±0,52	16,18±0,60
Б. Хмельницького	15,67±0,58	18,14±0,66	17,27±0,51	17,96±0,54
Т. Шевченка	22,34±0,81	25,16±1,03	19,41±0,67	23,15±1,01
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.		<i>Biota orientalis</i> Endl.	
смт Петриківка	10,42±0,33	11,32±0,46	8,27±0,31	8,90±0,26
Ю. Гагаріна	19,31±0,80	20,14±1,00	9,83±0,34*	9,86±0,39*
Л. Глоби	39,82±1,83	42,37±2,04	15,78±0,61	18,79±0,83
В. Дубініна	17,44±0,66	24,25±1,12	10,14±0,40	11,12±0,40
Пам'яті та Примирення	53,16±2,40	66,31±3,15	22,15±0,94	25,33±1,11
Молодіжний	49,28±2,33	56,25±2,71	20,99±1,04	24,15±1,09
Севастопольський	25,17±0,97	29,24±1,33	11,00±0,30	12,68±0,50
Б. Хмельницького	21,32±0,88	24,30±1,11	13,10±0,45	13,61±0,52
Т. Шевченка	28,50±1,14	31,60±1,39	15,02±0,60	15,48±0,61

Примітка. Див. табл. 3.15.

Порівняння реакції досліджуваних видів на стан довкілля за зміною вмісту проліну у листках свідчить про найсуттєвіші відмінності у вмісті проліну стосовно контролю у робінії звичайної (див. рис. 3.21). Кількість амінокислоти у цього виду щодо контрольних значень складає у липні 585,77%, у червні 510,1% у парку Пам'яті та Примирення, 177,9 й 185,3% у парку ім. Ю. Гагаріна. У клена гостролистого ці цифри становлять 389,9 і 379,6% та 150,0 і 142,9%, у біоти східної – 284,6 і 267,8% та 110,7 і 118,8%

відповідно. У липи серцелистої і клена гостролистого визначені показники зростання вмісту проліну стосовно контролю близькі у ряді парків. За показниками росту, стану асиміляційного апарату робінії звичайна – це найбільш стійкий вид серед вивчаємих (Бессонова, Іванченко, 2013). Отже, за рівнем перевищення вмісту проліну у листках відносно контролю досліджені види можна ранжувати таким чином: робінія звичайна > липа серцелиста ≥ клен гостролистий > біота східна.

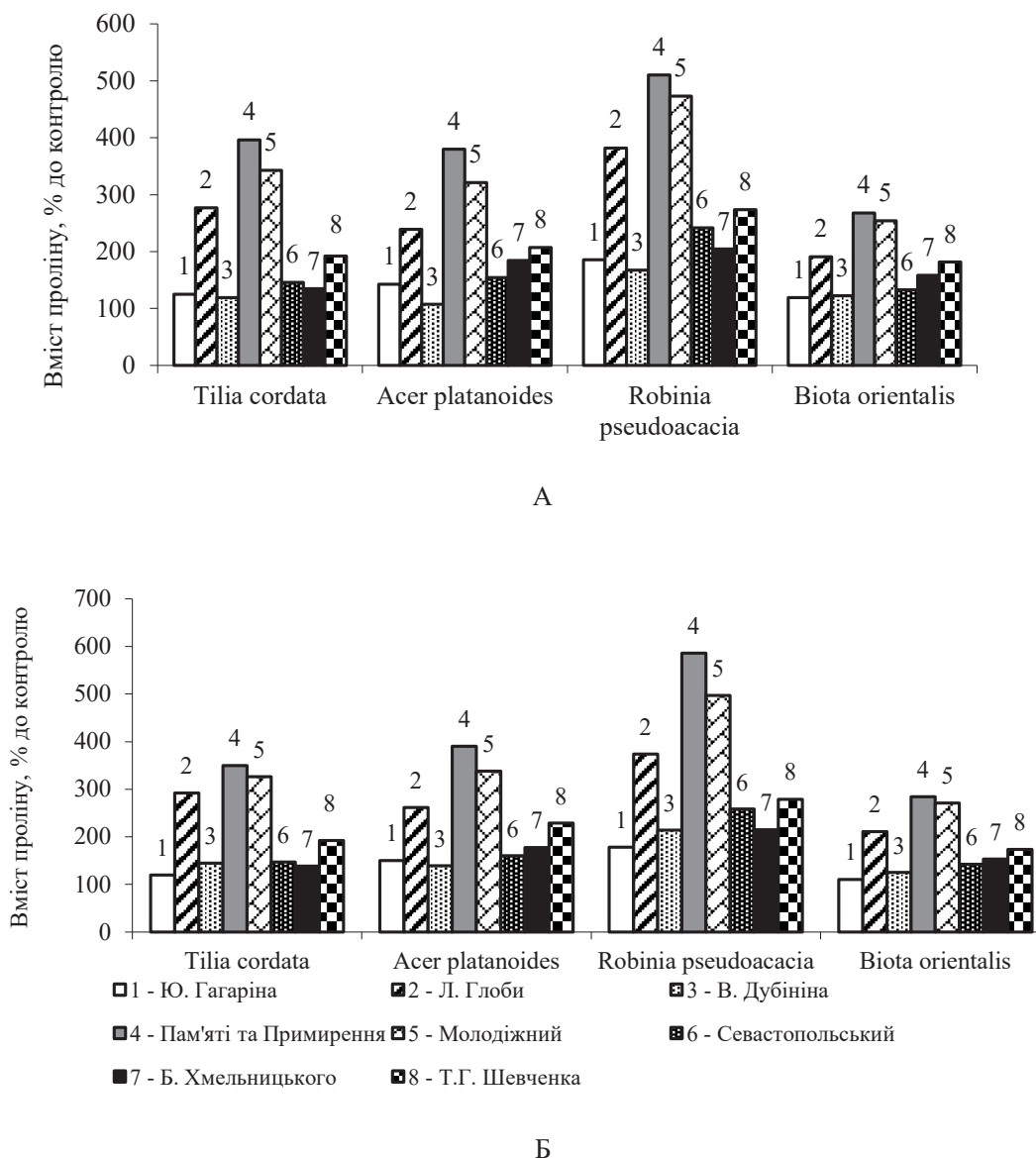


Рис. 3.21. Кількість проліну у листках деревних рослин парків м. Дніпро, % до контролю: А – червень, Б – липень

Як видно з табл. 3.24, в кінці липня кількість амінокислоти в листках вивчаємих рослин, як і малонового діальдегіду, переважно більша, ніж у червні. Можливо, це пов'язано з тим, що фізіологічний стан листків погіршується у зв'язку із синергізмом у дії техногенних чинників, високих температур повітря і нестачею вологи у ґрунті у липні порівняно з червнем.

Слід зазначити, що, згідно з літературними даними, у стресових умовах вміст проліну може зростати в десятки разів (*Liang et al., 2013*). Стрес-індуковане накопичення проліну в рослинних об'єктах мультифункціонально діє на клітинний метаболізм, сприяє адаптації до несприятливих умов, захищаючи від інактивації білки, ДНК, деякі ферменти, виступаючи як стабілізатор макромолекул і мембран, додатковим джерелом енергії і

азоту, антиоксидантом (Кузнецов, Шевякова, 1999; Колупаев, Карпец, 2010). За цих умов пролін, крім протекторного ефекту, робить внесок у підтримку внутрішньоклітинного осмотичного потенціалу (Csonka, Hanson, 1991), а також бере участь у підтримці фізичного стану ДНК і в регуляції експресії різних груп генів (Iyer, Caplan, 1998; Rajendrakumar et al., 1997).

У міру формування довготривалих спеціалізованих механізмів адаптації і переходу стресорного метаболізму в новий адаптивний стан концентрація вільного проліну досягає свого максимального значення (Кузнецов, Шевякова, 1999). В роботі В.Б. Любімова та Е.А. Логачова (2014) за постійного впливу викидів автотранспорту на декоративні чагарники кількість амінокислоти в листках зростала в 9,2 раза порівняно із замиськими насадженнями. Зазначають, що рівень проліну дуже добре корелює з опором продихів (Klein, Itai, 1989), при цьому він пригнічує їх відкриття тільки частково, але в широкому діапазоні концентрацій (Rajagopal, 1981). Можна припустити, що один з механізмів стійкості рослин до антропогенного забруднення пов'язаний із здатністю рослин переключати метаболізм на синтез проліну, оскільки відомо, що стійкість видів залежить від здатності регулювати ступінь відкриття продихів (Илькун, 1971; Николаевский, 1979).

Таким чином, накопичення проліну в листках може бути одним із факторів підвищення стійкості в умовах впливу на рослини антропогенних факторів, інтенсивність дії яких відрізняється у різних парках і по-різному проявляється у рослинних об'єктах, залежно від ступеня їх толерантності до забруднення довкілля.

Деякі автори вважають, що зміни у вмісті вільного проліну – біохімічний показник ступеня забрудненості природного середовища (Бессонова и др., 1995; Иванов и др., 2007). Це саме стосується і активності вільнорадикального окислення (Бессонова,

Лиженко, 1990; Коршиков и др., 1995). На підставі отриманих даних змін вмісту проліну й малонового діальдегіду у листках рослин парків, розташованих в умовах різного техногенного навантаження, можна робити висновки не тільки про рівень адаптаційних реакцій, функціональний стан, але й про комфортність екологічних умов у зелених зонах відпочинку з точки зору атмосферного повітря.

Отже, найгіршим життєвим станом за морфо-фізіологічними показниками характеризуються деревні рослини парків Пам'яті та Примирення, ім. Л. Глоби і Молодіжного, найкращим – ім. Ю. Гагаріна, ім. Л. Глоби і Севастопольського. Інформативними тест-показниками для оцінки стану антропогенно зміненого середовища є довжина річного пагона, площа листка та асиміляційної поверхні, а також вміст хлорофілів $a+b$ у перерахунку на масу листків річного пагона. У якості чутливих тест-об'єктів рекомендується використовувати липу широколисту і клен гостролистий.

У листках досліджуваних видів дерев парків м. Дніпро не спостерігається статистично достовірних відмінностей у вмісті загального азоту в порівнянні в рослинами контрольованого варіанта (сmt. Петриківка), за деякими винятками у липи широколистої і біоти східної, що свідчить про відносну стійкість даного показника до антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Кількість білкового азоту в листках рослинних об'єктів, які зростають в умовах помірного техногенного навантаження (парк ім. Ю. Гагаріна, Севастопольський), щодо контрольованих показників не змінюється. В інших парках ця величина істотно нижче в порівнянні зі значеннями замиської території. Вміст небілкового азоту в асиміляційних органах деревних рослин парків, які знаходяться у сфері дії промислових емісій і викидів автотранспорту (парк ім. Л. Глоби, ім. Т. Шевченка, ім. Б. Хмельницького, Пам'яті та Примирення, Молодіжний), пе-

ревищує аналогічні показники контрольних тест-об'єктів.

Спостерігається зниження співвідношення $N_{\text{білк.}}$ і $N_{\text{небілк.}}$ в листках досліджуваних деревних рослин, які зростають у міських парках, у порівнянні з контрольними параметрами, за винятком парку ім. Ю. Гагаріна, який знаходиться на значній відстані від усіх джерел антропогенних викидів. За зниженням даного показника в листках дерев парки можна ранжувати таким чином: парк смт Петриківка = ім. Ю. Гагаріна > Севастопольський > ім. Б. Хмельницького > ім. Т. Шевченка > ім. Л. Глоби > Молодіжний > Пам'яті та Примирення. Дане співвідношення можна використовувати як маркер стану деревних рослин паркових територій.

Як за інтенсивністю вільнорадикального окиснення, так і за ступенем збільшення вмісту проліну у листках модельних дерев, стосовно контролю, найкращим функціональним станом характеризуються росли-

ни у парках ім. Ю. Гагаріна та В. Дубініна. Гірша оцінка надана рослинам парків ім. Б. Хмельницького, Севастопольського та Т. Шевченка. Рівень перевищення кількості малонового діальдегіду в листках обраних нами тест-об'єктів стосовно контрольних значень у двох перших парках близький за значеннями, хоча надати однозначної відповіді на те, у якому з цих парків більший вміст проліну в листках стосовно контролю, неможливо. Наступним у ряду погіршення функціонального стану рослин за досліджуваними індикаторними показниками є парк ім. Л. Глоби. Особливо значні зміни кількості малонового діальдегіду та проліну відбуваються в листках рослин у парках Пам'яті та Примирення, а також Молодіжному, що свідчить про найсуттєвіші негативні хронічні впливи чинників довкілля на рослини саме в цих насадженнях і про необхідність розробки системи заходів щодо оптимізації стану рослин.