



УДК 574:504.064.3:477.25

© 2010

О. Г. Луцишин, академік НАН України В. Г. Радченко,
Н. В. Палапа, П. П. Яворовський

Макроморфологічні зміни реакції-відповіді рослинних організмів деревних вуличних насаджень Київського мегаполісу при стресовому рівні техногенного забруднення

*Встановлено, що кризовий рівень забруднення фітотоксичними елементами (Na, Cl, Pb, Cd) викликає ураження самої листкової пластинки (5,0–90,0% її площі) та листяного покриву крони дерев липи (*Tilia cordata* Mill.) і різних видів клену (*Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L.) крайовим і міжжилковим некрозом (92,0–100%), некрозом верхівок сегментів листків клену (7,3–82,7%), точковим і плямковим некрозом (23,3–95,3%), міжжилковим хлорозом (32,7–87,8%) з дефоліацією крони влітку, всиханням гілок і дерев у цілому.*

Високий рівень техногенного забруднення ґрунтів і фітомаси деревних угруповань зелених зон столиці України за нормативними оцінками є кризовим [1]. Рівень забруднення ґрунтів тільки важким елементом Pb у зоні кореневої системи липи і клену коливається в межах 20,9–40,2 граничнодопустимих концентрацій (ГДК) в рухомій формі. У листках клену го-стролистого і липи серцелистої кратність перевищення забруднення Na відносно природної зони становить 2,0–12,6 рази.

Біоіндикатором такого небезпечного рівня забруднення довкілля Київського мегаполісу може служити функціональний стан рослинних організмів, особливо деревних рослин вулиць, скверів і парків. В останні роки спостерігається прогресуюча деградація рослинності зелених зон, наслідком якої є некротизація листяного покриву крони, літня дефоліація та всихання дерев. Вже наприкінці червня — на початку липня листки крони у вуличних насадженнях липи і клену некротизують (буріють), а наприкінці липня та в серпні крони дерев, що ростуть вздовж автотраси з інтенсивним рухом транспорту, оголюються внаслідок дефоліації. Деградація й тотальне скорочення питомої ваги рослинності в місті спричинює послаблення очисної функції живих бар'єрів з деревних вуличних насаджень, які здатні біотрансформувати сотні тисяч тон шкідливих речовин техногенного та антропогенного забруднення: у середньому за вегетаційний період міські зелені насадження на площі 1 га

поглинають до 1 т шкідливих речовин автогазових викидів і осаджують до 40–60 т сажі та пилу [2]. Поблизу автомагістралі листки дерев акумулюють в середньому 30–40 мг Pb на 1 кг сухої маси листків [3]. При цьому токсичні речовини поглинаються рослинами, детоксикуються і включаються в метаболічні процеси. Із погіршенням екологічних умов довкілля очисна роль рослинних угруповань виходить на перше місце, оскільки рослина як живий потужний насос, втягуючи в себе шкідливі речовини автотранспортних та промислових викидів, є основним їх біоаккумулятором та детоксикатором, виконуючи функцію живих фільтрів очищення ґрунтів і повітря.

Визначений нами у 2007–2008 рр. високий рівень забруднення ґрунтів і фітомаси (листки, коріння, кора) деревних угруповань у вуличних насадженнях Києва найбільш небезпечними для рослинного організму фітотоксичними елементами Na, Cl, Pb, Cd знаходився за межею толерантності, адаптивності та виживання рослин [4, 5]. Перевищення рівня забруднення у фітомасі рослин відносно лісового масиву “Феофанія” тільки по Na досягало 10,8–12,6 раза, Pb — 27,0–102,5 ГДК, Cd — 2,2–8,5 ГДК залежно від виду дерев, інтенсивності поглинання окремими органами фітотоксичних елементів та розташування дерев вздовж автотрас і тротуарів.

Дослідження функціонального стану рослинних угруповань базувалися на макроморфологічних змінах — як реакції-відповіді організму на вплив техногенного забруднення.

Ступінь ураження листяного покриву крони та окремих листків оцінювали за макрометричними показниками некрозного пошкодження листків: крайовим і міжжилковим некрозом, некрозом верхівок сегментів, точковим і плямовим некрозом, міжжилковим хлорозом, дефоліацією крони дерева, які є фітоіндикаторами реакції рослин на дію стресових факторів [6]. Крім того, враховували ступінь пошкодження окремих листків і листяного покриву крони природними шкідниками (великими та дрібними, мінуючою міллю, галами) та фітопатогенами (грибковими інфекціями) як чинників, що впливають на реакцію-відповідь рослин в умовах високого техногенного навантаження.

Об’єктом дослідження вибрані деревні угруповання родини липові (Tiliaceae) виду липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) і родини кленові (Aceraceae) видів клену гостролистого (*Acer platanoides* L.), несправжньо-платанового (*A. pseudoplatanus* L.) та цукристого (*A. saccharinum* L.), які найбільш поширені у вуличних насадженнях і природних фітоценозах Києва.

Дослідження проводили на території лісового масиву “Феофанія”, як природної зеленої зони, що зазнає мінімального впливу техногенного забруднення (контроль), міського парку ім. О. Пушкіна (Шевченківський район) та у вуличних насадженнях вздовж автотранспортних магістралей по просп. 40-річчя Жовтня (Голосіївський район), вул. Івана Кудрія Кіквідзе (Печерський район), вул. Будівельників і просп. Воз’єднання (Дніпровський район). В умовах зростання й розвитку вздовж автомагістралей рослини зазнають найбільшого впливу токсичних викидів з боку автотранспорту та негативного впливу високих концентрацій солі NaCl, якою посипають вулиці та тротуари взимку. Статистичну обробку результатів проводили згідно з методикою [7] з довірчою вірогідністю 95%.

Дані кількісної та якісної оцінки ступеня ураження листків різними формами некрозу та хлорозу наведені в табл. 1.

Залежно від рівня забруднення фітомаси дерев, зокрема листків, фітотоксичними елементами ступінь некрозного та хлорозного ураження різко варіює. Високий рівень забруднення листків клену гостролистого у вуличних насадженнях (кратність перевищення відносно природної зони для Na — 2,0–12,6 раза, Cl — 1,4–2,3 раза, Pb — 15,6–27,0 ГДК, Cd — 2,7–3,6 ГДК), клену несправжньо-платанового (відповідно, Na — 10,7 раза, Cl — 1,8 раза,

Таблиця 1. Кількісна та якісна характеристика некрозів і хлорозів листків деревних угруповань в умовах техногенного забруднення Київського мегаполісу

| Вид | Зона екомоніторингу | Кількість некрозних листків, % від їх загального числа | Характер і ступінь некрозного ураження, % від числа уражених листків | | | Хлороз листків, % | |
|-----------------------------|--|--|--|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| | | | Крайовий і міжжилковий некроз | Некроз верхівок сегментів листків | Точкові та плямкові некрози | Повний хлороз пластинки листка | Хлороз сегментів листка |
| Липа серцелиста | Лісовий масив "Феофанія" | 13,70 ± 2,50 | 0 | 0 | 13,70 ± 2,50 | 0 | 0 |
| | Парк ім. О. Пушкіна | 12,23 ± 2,23 | 12,23 ± 2,23 | 0 | 0 | 7,77 ± 2,98 | 0 |
| | автомагістраль промислові підприємства | 100 | 85,25 ± 7,25 | 0 | 0 | 12,50 ± 4,16 | 0 |
| Клен гостролистий | Просп. 40-річчя Жовтня (автомагістраль, рух транспорту під схил) | 100 | 97,80 ± 2,07 | 0 | 2,20 ± 0,10 | 87,77 ± 12,24 | 0 |
| | Лісовий масив "Феофанія" | 2,17 ± 0,10 | 0 | 11,10 ± 4,11 | 16,67 ± 2,35 | 0 | 20,34 ± 4,24 |
| | Просп. Воз'єднання | 100 | 92,67 ± 14,73 | 7,33 ± 2,28 | 95,33 ± 4,40 | 69,33 ± 13,03 | 26,00 ± 4,43 |
| Клен несправжньо-платановий | Вул. Івана Кудрі | 100 | 92,00 ± 12,26 | 8,00 ± 0,10 | 58,67 ± 10,78 | 32,67 ± 7,33 | 56,00 ± 7,39 |
| | Вул. Кіквідзе | 100 | 100 | 0 | 23,33 ± 0,46 | 38,67 ± 11,66 | 54,20 ± 4,89 |
| Клен цукристий | Вул. Будівельників | 82,67 | 0 | 82,67 ± 3,15 | 0 | 0 | 27,50 ± 6,48 |

Pb — 23,2 ГДК, Cd — 3,0 ГДК) та липи серцелистої (Na — 27,9 раза, Cl — 3,2 раза, Pb — 7,0 ГДК, Cd — 3,9 ГДК) спричинив некроз у 100% листків крони.

Для клену гостролистого (просп. Возз'єднання, вул. Івана Кудрі) зафіксовано ураження глибоким некрозом (некрози “риб'ячий скелет” — сполучення міжжилкових і крайових некрозів) у 46,0–52,7% листків крони, крайовим некрозом з шириною некрозного пошкодження 10,4 мм у 40,0–46,0% листків, некрозом верхівок сегментів у 7,3–8,0% листків, точковим і плямовим некрозом (26,8–32,4 точок на листок) у 58,7–95,3% листків. Ураження хлорозом усїєї листкової пластинки та окремих сегментів листків клену виявлено у 88,7–95,3% листяного покриву крони.

Не менш постраждали молоді дерева клену несправжньо-платанового: 44,7% листяного покриву крони уражені некрозом “риб'ячий скелет”, 55,3% — крайовим некрозом з шириною кайми 9,8 мм; 23,3% — точковим і плямовим некрозом (16,7 точок на листок). Повний хлороз листкової пластинки і хлороз сегментів листків спостерігався у 92,9% листків крони.

Некротизація крайовим і міжжилковим некрозом листків крони липи серцелистої по просп. 40-річчя Жовтня становила 97,8% з ураженням площі листкової пластинки в межах 5,0–90,0% і незначним точковим некрозом. Ураження хлорозом усїєї пластинки листка виявлено у 87,8% листяного покриву дерева, при цьому відбувалася літня дефоліація крони.

Для листків клену цукристого з найнижчим рівнем забруднення (Na — в 1,6 раза, Cl — в 1,2 раза, Pb — 21,9 ГДК, Cd — 2,7 ГДК) відмічено лише верхівковий некроз сегментів з шириною ураження 3,3 мм у 82,7% листків крони та слабкий хлороз сегментів у зоні некротизації.

Дещо краща екологічна ситуація спостерігалася на модельних ділянках, які межують з автотрасою або розташовані в центрі міського парку. У насадженнях липи серцелистої поблизу автотраси, де концентрація фітотоксичних елементів у листках дерев становила Na — 0,375%, Cl — 0,821%, Pb — 0,96 ГДК, Cd — 2,9 ГДК, крайовий некроз виявлено тільки у 12,2% листяного покриву крони з незначним ураженням листків міжжилковим хлорозом.

Зовсім інша закономірність спостерігалася на модельних ділянках парку, що знаходяться під впливом викидів промислових підприємств (заводи “Фотон” і “Більшовик”). При порівняно невисоких рівнях забруднення фітотоксичними елементами (кратність перевищення Na і Cl — 1,5 раза, Pb — 3,8 ГДК, Cd — 3,0 ГДК) некротизація листків липових угруповань досягала 85,3% листяного покриву крайовим і міжжилковим некрозом з пошкодженням самої листкової пластинки від 5,0 до 100% її площі; у 12,5% листків розвинувся повний хлороз. Дефоліація дерев влітку на ділянці, яка безпосередньо межувала із заводом “Фотон”, може бути наслідком дії невідомого для нас фітотоксиканта в промислових викидах, на що вказують характерні темно-сині точкові скупчення по всій листковій пластинці (у 52,5% листків крони) з фіолетовим відтінком забарвлення верхньої частини листкової поверхні.

Ураження листків клену і липи лісового масиву “Феофанія” крайовим і міжжилковим некрозом не зафіксовані. Для клену гостролистого виявлено невеликий відсоток (2,17%) ураження некрозом кінчиків верхівок сегментів, що, можливо, викликано високим рівнем забруднення Cd (3,6 ГДК), та слабким хлорозом верхівок сегментів. Точковий некроз листків клену (16,7%) та липи (13,7%) зафіксований у вигляді поодиноких точок світло-бурого забарвлення і може бути наслідком некротизації скелетованих точкових уражень дрібними шкідниками.

Залежно від рівня забруднення спостерігався різний ступінь некротизації площі листкової пластинки: площа некротизації листка зростала при підвищенні концентрації фітоток-

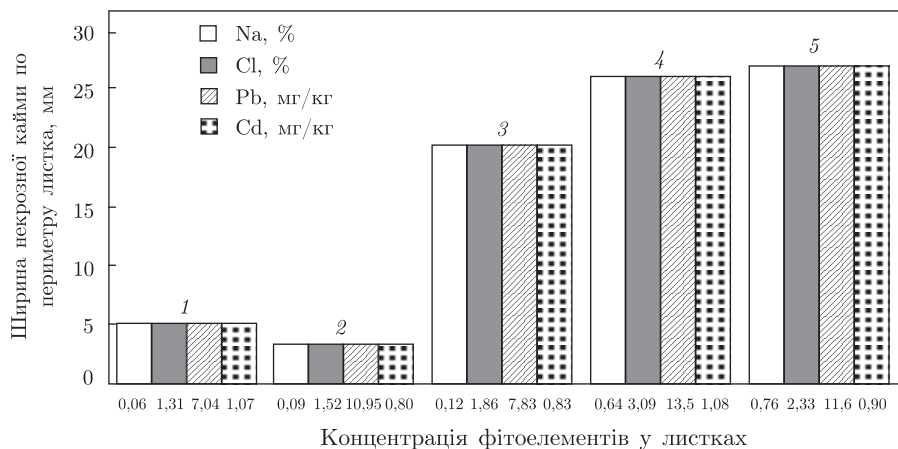


Рис. 1. Ступінь некрозного ураження листків залежно від рівня забруднення фітотоксичними елементами в різних видах клену. 1 — некроз кінчиків листків клену гостролистого (лісовий масив “Феофанія”), 2 — крайовий некроз верхівок сегментів листків клену цукристого (вул. Будівельників), 3, 4, 5 — крайовий і міжжилковий некроз листків відповідно клену гостролистого по просп. Возз’єднання та вул. Івана Кудрія і клену несправжньо-платанового по вул. Кіквідзе

сичних елементів (рис. 1). Найбільш чітку залежність встановлено при зростанні вмісту іонів Na^+ в листках. Такої чіткої залежності для інших фітотоксикантів (Cl, Pb і Cd) не виявлено, що є підставою вважати іони Na^+ найбільш токсичними для рослин й основним чинником некрозного ураження листків, оскільки незважаючи на високу здатність клену накопичувати іони Cl^- , Pb^{2+} , Cd^{2+} у фітоценозах лісового масиву за умов низьких концентрацій Na^+ (0,06%) відсутній крайовий і міжжилковий некроз.

Від рівня техногенного та антропогенного навантаження залежить ступінь пошкодження листків липи й клену природними шкідниками та фітопатогенами: із зростанням концентрації фітотоксичних елементів у листках ступінь їх пошкодження різко знижується (табл. 2).

Якщо листки липи серцелистої лісового масиву в 2007 р. незалежно від їх розташування зазнавали значного пошкодження природними шкідниками, у середньому: великими — 60,7% листків (порізана, виїдена і обгризена пластинка), дрібними — 73,4% (скупчення скелетованих точкових уражень по всій поверхні листової пластинки), мінуючою міллю [*Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963)] — 27,9% та грибковими хворобами — 31,7% від загальної кількості проаналізованих листків, то у парковій зоні рівень пошкодження листків був удвічі-втричі нижчим. При цьому листки липи в центрі парку мали високий рівень пошкодження галами великих і дрібних шкідників (58,3%). Це, можливо, пов’язано із забрудненням території сміттям, що також властиво лісовому масиву, де біля сміттєзвалищ спостерігалось масове ураження листків галами.

У вуличних насадженнях липи при високих дозах фітотоксичного забруднення пошкодження листків природними шкідниками та грибковими інфекціями відсутні або незначні, проте 100% листків крони липи по просп. 40-річчя Жовтня були пошкоджені великими колоніями липової попелиці [*Eucallipterus tiliae* (Linnaeus, 1758)]. Ступінь ураження самої листової пластинки також різко знижувався, що добре видно при розподілі листків за кількістю уражень мінуючою міллю на один листок (рис. 2).

У 2008 р. дана закономірність спостерігалась при дослідженні пошкодження листків різних видів клену грибковою інфекцією ритизми кленової [*Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.,

Таблиця. 2. Пошкодження деревних рослинних угруповань природними шкідниками та фітопатогенами при різних рівнях техногенного забруднення Київського мегаполісу

| Вид | Зона екомоніторингу | Грибкова інфекція (ритизма кленова) | Пошкодження листків природними шкідниками, % | | | |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|---|--|----------------|------------------------------------|
| | | | великими (порізи, обгризені, виїдені ділянки) | дрібними (ураження скелетовані, точкові скупчення) | мінуючою міллю | галами великих і дрібних шкідників |
| Липа серцелиста | Лісовий масив “Феофанія” | 32,00 ± 11,68 | 60,73 ± 8,70 | 73,42 ± 7,50 | 27,88 ± 7,00 | 5,00 ± 0,10 |
| | Парк ім. О. Пушкіна | | | | | |
| | автомагістраль | 17,77 ± 8,08 | 28,90 ± 9,10 | 34,43 ± 12,80 | 36,70 ± 5,07 | 0 |
| | промислові підприємства | 7,47 ± 3,43 | 10,00 ± 5,94 | 39,15 ± 10,09 | 26,70 ± 9,55 | 0 |
| Клен гостролистий | центр парку | 5,57 ± 1,18 | 24,47 ± 2,23 | 14,47 ± 3,99 | 35,60 ± 4,43 | 58,35 ± 1,65 |
| | Просп. 40-річчя Жовтня (автомагістраль, рух транспорту під схил) | 0 | 0 | 100 (липова попелиця) | 0 | 0 |
| | Лісовий масив “Феофанія” | 87,33 ± 3,56 | 94,00 ± 1,78 | 86,67 ± 3,18 | 16,33 ± 4,83 | 0 |
| Клен | Просп. Возз’єднання | 3,33 ± 0,30 | 62,00 ± 3,87 | 4,00 ± 2,45 | 0 | 0 |
| | Вул. Івана Кудрі | 6,67 ± 1,63 | 27,33 ± 5,91 | 36,00 ± 6,62 | 0 | 0 |
| Клен несправжньо-платановий | Вул. Кіквідзе | 3,33 ± 0,10 | 32,70 ± 7,63 | 0 | 0 | 0 |
| Клен цукристий | Вул. Будівельників | 0 | 22,66 ± 4,16 | 3,33 ± 0,10 | 0 | 0 |

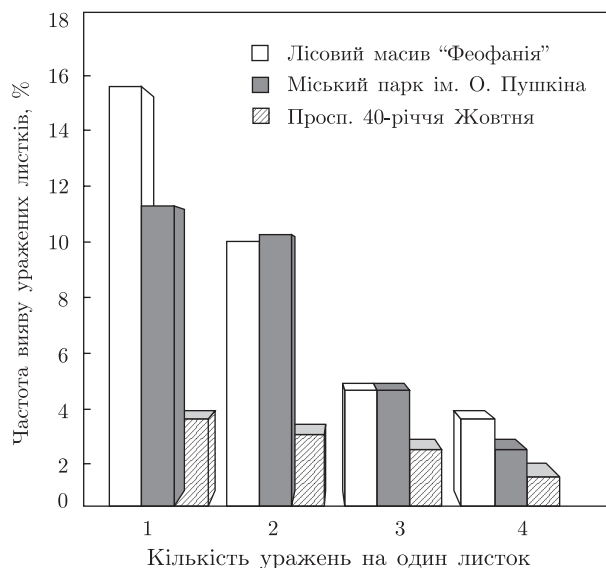


Рис. 2. Розподіл листків липи серцелистої за рівнем ураження мінуючою міллю

1823] та природними шкідниками. У природних умовах лісового масиву пошкодження листяного покриву крони клену гостролистого великими шкідниками досягало 94,0% із значним пошкодженням самої листкової пластинки (у середньому 7,5 уражень на листок), дрібними шкідниками — 86,6% (скупчення точкових уражень по всій пластинці), мінуючою міллю — 16,3% (3,5 уражень на листок). Ураження грибовою інфекцією ритизми кленової (3–20 уражень на листок, діаметр 8–11 мм) становило 87,3% від загальної кількості проаналізованих листків дерев.

У вуличних насадженнях при високих рівнях техногенного забруднення і некротичного ураження листків різних видів клену ступінь їх пошкодження також різко знижувався. Відповідно, зовсім незначне грибкове ураження максимально досягало 6,7% (1–2 ураження на листок, діаметр 3–5 мм), пошкодження великими шкідниками для різних видів коливалося в межах 27,3–62,0% (незначні поодинокі ураження), дрібними шкідниками — 4,0–36,0% (поодинокі точкові ураження) та відзначалася повна відсутність ураження листків мінуючою міллю й галами. Високий рівень токсичного забруднення деревних рослинних організмів, на нашу думку, згубно впливає на шкідників та патогенів, які не можуть повноцінно розвиватися за таких умов.

Отже, кризовий рівень техногенного і антропогенного забруднення довкілля Київського мегаполісу спричиняє катастрофічний стан вуличних зелених насаджень (некроз і хлороз листків, дефоліація крони влітку, всихання гілок і дерев у цілому), що потребує проведення невідкладних заходів з оздоровлення деревостанів шляхом зменшення техногенного й антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.

1. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. – Київ: Логос, 2006. – 208 с.
2. Столяренко Г. С., Фоміна Н. М. Шляхи вирішення екологічних проблем промислового міста // Екол. вісн. – 2006. – № 2 (36). – С. 20–22.
3. Ількун Г. М., Маховська М. О. Очищення повітря рослинами від сполук свинцю // Укр. ботан. журн. – 1978. – 35, № 3. – С. 246–251.
4. Гладков Е. А. Влияние комплексного взаимодействия тяжелых металлов на растения мегаполисов // Экология. – 2007. – № 2. – С. 71–74.

5. Кабанов В. В., Мясоєдов Н. А. Токсичность щелочных катионов для растений томатов // Физиология растений. – 1974. – **21**, вып. 2. – С. 391–397.
6. Патика В. П., Бурда Р. І. Методи фітоіндикації в системі агроєкологічного моніторингу // Агроєкологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. – Київ: Фітосоціоцентр, 2002. – С. 169–177.
7. Лакін Г. Ф. Биометрия. – Москва: Высш. шк., 1990. – 352 с.

Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття
мегаполісу НАН України, Київ
Інститут агроєкології УААН, Київ

Надійшло до редакції 18.09.2009

O. G. Lutsyshyn, Academician of the NAS of Ukraine **V. G. Radchenko**,
N. V. Palapa, **P. P. Yavorovskiy**

Macromorphological changes of reaction-answer of vegetable organisms in the street arboreal plantations of the Kyiv megapolis at stressful levels of technogenic pollution

*Crisis levels of phytotoxic elements pollution (Na, Cl, Pb, Cd) causes the lesion of a sheet plate (5.0–90.0% of its area) and a crown foliage of linden trees (*Tilia cordata* Mill.) and different types of maple (*Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L.) edge necrosis and interfiber necrosis (92.0–100%), necrosis of upper segment of maple leaves (7.3–82.7%), dotted and spotted necrosis (23.3–95.3%), interfiber chlorosis (32.7–87.8%) with crown defoliation in summer and the drying of branches and trees as a whole.*