



УДК 712.4:582.795

ЕЛЕКТРОМЕТРИЧНА ОЦІНКА ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ВИДІВ РОДУ *Tilia* L. В УМОВАХ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА

М.О. Совакова*, аспірант*

Н.О. Олексійченко*, доктор сільськогосподарських наук

О.І. Китаєв**, О.В. Соваков*, В.А. Кривошапка**, Д.Г. Макарова**,

кандидати сільськогосподарських наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Інститут садівництва НААН України

Оцінено функціональний стан листкового апарату видів роду *Tilia* електрометричним методом. Встановлено залежність між ступенем дехромації листка і значеннями електропровідності, за допомогою чого виділено найстійкіші види липи в умовах Києва.

Вступ. Види роду *Tilia* за рахунок декоративності, газостійкості, пилоутримуючої і шумоізолюючої здатності є досить популярними в озелененні різних країн Європи [16], а також в багатьох містах Росії та України [2], зокрема в Києві. Найбільш поширеними в міських насадженнях столиці є *Tilia cordata* Mill., *T. begoniifolia* Steven, *T. Europaea* L., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench [5].

Останніми роками в Києві спостерігається істотне погіршення стану дерев липи, які зростають у вуличних насадженнях. Вже на початкових стадіях сезонного розвитку (друга декада травня) з'являються крайові некрози і хлорози листкових пластинок, які з середини літа провокують масову дефоліацію крон, що в подальшому призводить до скорочення вегетаційного періоду липи і погіршує підготовку дерев до перезимівлі [6].

Ослаблення загального стану дерев липи, які зростають уздовж вулиць, може бути викликане багатьма причинами, головними з яких є використання солей взимку та їхня акумуляція в ґрунті, висока загазованість повітря, накопичення у фітомасі та ґрунті важких металів, нестача вологи тощо. [6, 8]. Все це призводить до негативних змін в онтогенезі дерев липи та погіршення їхнього функціонального стану. Внаслідок цього щороку вуличні насадження липи потребують видалення відмерлих дерев як після перезимівлі, так і протягом вегетаційного періоду. Зменшити негативний вплив вищеперерахованих факторів можна за рахунок добору найстійкіших видів і форм рослин *Tilia*.

Одними із сучасних експрес-методів діагностики функціонального стану деревних рослин в умовах урбанізованого середовища є електрометричні [15]. Усім цим

*Науковий керівник – професор Н.О. Олексійченко.



вимогам відповідає високочутливий та інформативний метод електропровідності (Еп). Відомо, що стійкі види рослин в складних умовах зростання характеризуються більш стабільним метаболізмом та йонною гомеостатичною рівновагою на клітинному рівні [8]. Негативний вплив урбофакторів відображається на функціональному стані та структурі цитоплазматичних мембран рослинних клітин, що супроводжується викидом електролітів у міжклітинний простір, завдяки чому відбувається підвищення Еп тканин [13, 14]. Ця залежність упродовж останніх 50-ти років вдало використовувалась для оцінки посухостійкості деревних плодових [1, 4], декоративних [9] та трав'янистих квіткових рослин [9, 10], оскільки рівень Еп з високою ймовірністю корелює з вмістом води та обумовлюється кількістю йонів калію, що стабілізують водний режим рослин [10].

Метою роботи була оцінка функціонального стану дерев різних видів роду *Tilia* та добір найбільш адаптованих з них до умов урбанізованого середовища (на прикладі Києва).

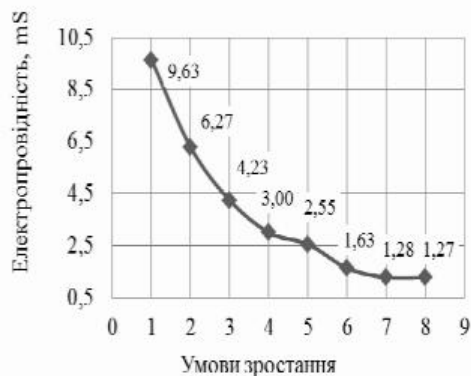
Об'єкти і методи досліджень. Відбір листових пластинок липи було здійснено в районах Києва з урахуванням поділу міста на різні градієнти міського середовища за В.П. Кучерявим [3]. Нами досліджено насадження з участю 4 видів липи (*T. begoniifolia*, *T. cordata*, *T. platyphyllos* і *T. tomentosa*) на 10 вулицях, у сквері біля Будинку-музею Марії Заньковецької, у Ботанічному саду НУБіП України, на липовій алеї Інституту садівництва НААН України (ІС) в с. Новосілки та лісовому масиві Національного музею народної архітектури та побуту України в с. Пирогово.

Дослідження залежності між ступенем дехромації листової пластинки різних видів липи і значеннями Еп було проведено на науковій базі Інституту садівництва за методикою лабораторії фізіології рос-

лин і мікробіології [13]. Вимірювання Еп листків здійснювали електрометром (кондуктометром) "Е 7-13", оснащеного двома голчастими молібденовими електродами, за допомогою яких фіксували зміни Еп [1]. Заміри здійснювали у трьох візуально різних частинах листової пластинки: зеленій – умовно здоровій, жовтій – хлорозній та коричневій – некротичній. Дослідні зразки листків було відібрано після закінчення росту листових пластинок за умов бездошової погоди. Ступінь дехромації листової пластинки встановлювали візуально. Абсолютні значення Еп визначали на розсіяному світлі за умов повітряно-сухої експозиції відразу після відбору. Дослідження проводили в контрольованих умовах лабораторії – за температури повітря 22–24 °С і вологості 60–65 %. Вибірка для кожного виду включала 10 листків, кількість замірів – 5-кратна. Статистичну обробку даних проводили у Microsoft Office Excel 2010 та програмі AGROSTAT.

Результати досліджень та їх обговорення. Проведено аналіз зміни абсолютних значень Еп у зеленій частині листка на прикладі найпоширенішого в міському озелененні виду *T. cordata*. Дослідні рослини цього виду в насадженнях зі скверу та парку були без видимих ознак дехромації. За результатами попередніх досліджень виявлено, що ці дослідні рослини значущо не відрізняються ($HIP_{05} = 0,43$) [11]. Істотно вищими (у 1,3–7,6 разів) значеннями Еп, порівняно з контрольними, характеризувалися дерева липи серцелистої, що зростають у найскладніших умовах вулиці (вул. Ковпака, Хрещатик, Саксаганського, Велика Васильківська та Костянтина Заслонова (рис. 1). Найвищий рівень Еп було зафіксовано в листках липи на вул. Ковпака, що зростають біля будівлі "Укрсоцбанк".

Таким чином, в умовах гомеостатичної рівноваги рівень Еп для *T. cordata* складає



- 1 - вул. Ковпака;
- 2 - вул. Хрещатик;
- 3 - вул. Саксаганського;
- 4 - вул. Велика Васильківська;
- 5 - вул. Заслонова Константина;
- 6 - сквер біля Будинку-музею М. Заньковецької;
- 7 - липова алея біля ІС,
- с. Новосілки (контроль);
- 8 - лісовий масив в с. Пирогово (контроль).

Рис. 1. Рівень електропровідності *T. cordata* в різних умовах зростання

1,27–1,63 mS. Для *T. begoniifolia* цей показник становить 1,47–1,92; *T. platyphyllos* – 1,44–1,72; *T. tomentosa* – 1,25–1,47 mS (табл. 1). У цілому, для видів роду *Tilia* оптимальний показник Еп тканин листків знаходиться в межах 1,27–1,92 mS (табл. 1). Збільшення Еп вище 2 mS свідчить про початок функціональних порушень у роботі листкового апарату липи в зв'язку зі змінами у проникності клітинних мембран та інтенсивним виходом електролітів у міжклітинний простір.

Варто відзначити, що нами було встановлено залежність між рівнем дехромації листової пластинки липи та показниками Еп ($r = 0,90$) – зі збільшенням площі некрозу та хлорозу листка в усіх чотирьох видів зафіксовано істотне збільшення Еп. У найгіршому стані знаходяться рослини *T. cordata*. На листках цього виду нами було зафіксовано високий рівень пошкодження некрозом (до 90% площі) (рис. 2). Дехромація листової пластинки на рівні 60 % спостерігалась у *T. tomentosa*. Варто зазначити, що кращий функціональний стан характерний для дерева видів *T. platyphyllos* і *T. begoniifolia*.

У зв'язку з відбором зразків липи на різних вулицях нами було встановлено, що дерева, які зростають у кращих екологічних умовах (район Теремки і тери-

торія НУБіП України), порівняно з центральними вулицями міста, характеризуються відсутністю дехромації листка та низькими значеннями Еп – інколи навіть нижчими ніж у контролі (*T. begoniifolia* на вул. Героїв Оборони).

Упродовж 2010–2011 рр. у насадженнях липи в сквері не спостерігалось пошкодження листків некрозом і хлорозом. Рівень Еп в цих умовах знаходився на одному рівні з контрольними насадженнями в парку, в зв'язку з чим можна припустити, що рослини в сквері зростають у наближених до контрольних умовах і мають високі показники життєдіяльності. Ймовірно, що значення Еп у цьому випадку корелюють із вмістом води в тканинах листків [4, 13].

Окрім того, для вищезгаданих видів липи, які зростають у вуличних насадженнях у різних частинах Києва, нами було проведено електрометричну оцінку депігментованої ділянки листових пластинок (жовтої) та пошкодженої (коричневої) (табл. 2). Відзначено прямо пропорційне зростання Еп ($r = 0,77$) – чим більшу площу займала хлорозна ділянка (жовта), тим вищий рівень Еп було зафіксовано і в зеленій зоні цього ж дослідного зразка. Очевидно таке істотне зростання Еп у зеленій зоні (без види-



Таблиця 1. Середні значення електропровідності та рівень дехромації листкової пластинки різних видів липи

Умови зростання	Рівень дехромації листвої пластинки, %	Еп, mS
<i>T. begoniifolia</i>		
пр. Голосіївський	20-40	3,80
вул. Константина Заслонова	10-30	2,93
вул. Саксаганського	10-20	2,89
вул. Академіка Заболотного	-	1,61
вул. Героїв Оборони	-	1,31
липова алея с. Новосілки (контроль)	-	1,92
сквер біля Будинку-музею М. Заньковецької	-	1,61
Ботанічний сад НУБіП України (контроль)	-	1,47
НІР ₀₅		0,25
<i>T. cordata</i>		
вул. Ковпака	70-90	9,63
вул. Хрещатик*	20-50	6,27
вул. Саксаганського	20-40	4,93
вул. Велика Васильківська	10-30	3,00
вул. Константина Заслонова	10-20	2,55
сквер біля Будинку-музею М. Заньковецької	-	1,63
липова алея в с. Новосілки (контроль)	-	1,28
лісовий масив в с. Пирогово (контроль)	-	1,27
НІР ₀₅		0,43
<i>T. platyphyllos</i>		
вул. Велика Васильківська	30-40	3,63
пр. Голосіївський	30-40	3,60
вул. Саксаганського	20-30	3,51
вул. Константина Заслонова	10-20	2,31
вул. Генерала Родимцева	-	1,55
сквер біля Будинку-музею М. Заньковецької	-	1,72
липова алея в с. Новосілки (контроль)	-	1,60
лісовий масив в с. Пирогово (контроль)	-	1,44
НІР ₀₅		0,27
<i>T. tomentosa</i>		
вул. Архітектора Вербицького	40-60	5,03
вул. Саксаганського	10-50	3,89
вул. Константина Заслонова	10-20	2,94
пр. Голосіївський	10-40	2,25
вул. Героїв Оборони	-	1,61
Ботанічний сад НУБіП України (контроль)	-	1,47
сквер біля Будинку-музею М. Заньковецької	-	1,42
липова алея в с. Новосілки (контроль)	-	1,25
НІР ₀₅		0,47

* *T. cordata* f. 'Lorberg'

мих пошкоджень) пов'язане з негативними структурно-функціональними зміна-

ми в листку на клітинному рівні, що є характерним для всіх видів липи.



А



Б



В



Г

Рис. 2. Стан листового апарату *T. begoniifolia* (А – пр. Голосіївський, 25.09.11.); *T. cordata* (А – вул. Ковпака, 18.07.11.); *T. platyphyllos* (В – вул. Велика Васильківська, 18.07.11.); *T. tomentosa* (Г – Конtrakтова площа, 01.09.11.)

На основі проведених досліджень можна зазначити, що показник Еп у коричневої зоні листка (некроз) різних видів липи варіював у діапазоні від найвищих (на рівні значень Еп у жовтій ділянці листка) до мінімальних (на рівні фону приладу (0,23–0,24 mS)); останнє свідчить про повну загибель клітин. Дана нестабільність значень Еп тканин листків вказує на повний структурно-функціональний розлад у роботі пігментного комплексу рослин липи у некротичних ділянках.

Висновки

За допомогою біофізичного методу проведено оцінку функціонального стану листків липи і визначено, що рівень електропровідності тканин листової пластинки з високою ймовірністю змінюється прямо пропорційно ступеню пошкодження листка некрозом і хлорозом ($r = 0,90$).

Для рослин аборигенного виду (*T. cordata*) в міських умовах характерним є низький адаптивний потенціал, що під-



Таблиця 2. Рівень електропровідності в різних ділянках листкової пластинки видів роду *Tilia* у вуличних умовах

Умови місцезростання	Значення Еп в різних ділянках листкової пластинки, mS		НІР ₀₅
	зелена	жовта	
T. begonifolia			
пр. Голосіївський	3,80	7,73	2,61
вул. Саксаганського	2,89	5,13	0,91
вул. Константина Заслонова	2,93	4,55	0,81
T. cordata			
вул. Хрещатик *	6,27	10,28	1,05
вул. Саксаганського	4,93	5,98	F _д < F ₀₅
вул. Велика Васильківська	3,00	6,95	2,37
T. platyphyllos			
вул. Велика Васильківська	3,63	7,49	1,32
вул. Саксаганського	2,83	5,17	0,51
вул. Константина Заслонова	2,09	6,00	1,97
T. tomentosa			
вул. Архітектора Вербицького	5,03	9,28	0,69
вул. Саксаганського	3,89	8,44	1,59
вул. Константина Заслонова	2,94	4,73	1,18

* *T. cordata* f. 'Lorberg'

тверджується наявністю на листках дехромованих ділянок (до 90% від загальної площі листка) та збільшенням електропровідності листків до 9,63 mS (перевищення у 7 разів).

Нижчі показники електропровідності та менша площа дехромації листкової пластинки є характерними для *T. platyphyllos* і *T. begonifolia*, що вказує на їх висо-

кий ступінь адаптації до умов урбанізованого середовища.

T. tomentosa займає проміжне положення серед досліджених видів липи за рівнем електропровідності тканин листкової пластинки (дехромація листка знаходиться на рівні 60 %, показник електропровідності тканин листків — 5,03 mS).

Література

1. Бублик М.О., Скрыга В.А., Китаєв О.І. Особливості визначення адаптивного потенціалу сортів вишні до жару і посухи // Бюлетень інституту зернового господарства. — Дніпропетровськ, 2010. — № 39. — С. 173–176.
2. Деревья и кустарники декоративных городских насаждений Полесья и Лесостепи УССР / Под. общ. ред. Н. А. Кохно. — К.: Наук. думка, 1980. — 236 с.
3. Кучерявий В.П. Урбоекологія. — Львів: Світ, 1999. — 360 с.
4. Кушніренко М.Д., Курчатова Г.П. Способы определения сроков полива и засухоустойчивости плодовых растений. — Кишинев: Штиинца, 1979. — 40 с.
5. Левон Ф.М. Вуличні насадження Києва: сучасний стан, шляхи оптимізації // Науковий вісник НАУ. — К., 1999. — Вип. 20. — С. 109–118.
6. Моніторинг забруднення систем ґрунт-рослина фітотоксичними елементами в зелених зонах м. Києва / Луцишин О.Г., Радченко В.Г., Палапа Н.В., Яворовський П.П. // Доповіді Національної академії наук України. — 2010. — № 2. — С. 194–199.



7. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: підручник. - К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 329 с.
8. Олексійченко Н.О., Сагайдак С.І., Лесюк А.М., Адаптація липи серцелистої в урбоєкосистемі м. Києва // Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник НАУ. — К.: НАУ, 2010. — С. 118–123.
9. До питання прискореної оцінки посухостійкості квітниково-декоративних культур на прикладі ірису гібридного (*Iris hybrida* Hort.) / Скрипка Г.І., Буйдін Ю.В., Макарова Д.Г., Китаєв О.І. // Мат. Міжнар. конф. молодих учених (9–13 серпня 2011 р., м. Березне, Рівненська обл.) "Актуальні проблеми ботаніки та екології". — К.: ТОВ "Лазурит-Поліграф", 2011. — С. 289–290.
10. Скрыга В.А., Китаев О.І., Шевель Л.О. Оцінка адаптивності сортів і гібридів айстри китайської (*Callistephus chinensis* Nees.) до посухи // див. п. 9. — С. 131–132.
11. Совакова М.О., Китаєв О.І., Кривошапка В.А., Макарова Д.Г. Особливості змін електропровідності в зв'язку з функціональним порушенням тканин асиміляційного апарату // Мат. Міжнар. наук. конф. "Дендрологія, квітникарство та садово-паркове будівництво", присвяченої 200-річчю Нікітського ботанічного саду (5–8 червня 2012 р., м. Ялта). — Ялта, 2012. — Т. 2. — С. 158.
12. Визначення посухостійкості видів роду *Tilia* L. електрометричним методом / Совакова М.О., Китаєв О.І., Кривошапка В.А. та ін. // Вісник Біосферного заповідника Асканія-Нова. — 2012. — Спец. випуск, 14. — С. 592–596.
13. Тороп В. В. Застосування електрометричних методів у садівництві // Проблеми моніторингу в садівництві / За ред. А. М. Силаєвої. — К.: Аграрна наука, 2003. — С. 145–154.
14. Ходаківська Ю., Копань В. Визначення посухостійкості сортів груші методом електропровідності листків // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія. — 2008. — № 12 (2). — С. 77–80.
15. Якубов Х.Г. Мониторинг состояния зеленых насаждений в Москве в 1997–2006 гг. // Проблемы озеленения крупных городов: Альманах / Под. общ. ред. Х.Г. Якубова. — М.: "Прима-М", 2007. — Вып. 12. — С. 14–18.
16. Cekstere G., Osvalde A., Nikodemus O. Nutrient accumulation in street greenery of Riga (Latvia) in increased salinity conditions, 2005 and 2007 // Anadolu Tarım Bilim. Derg. — 2010. — 25 (S-3). — P. 192–198.

АННОТАЦІЯ

Совакова М.А., Алексейченко Н.А., Китаев О.И., Соваков А.В., Кривошапка В.А., Макарова Д.Г. Электрометрическая оценка состояния листового аппарата видов рода *Tilia* L. в условиях урбанизированной среды // Биоресурсы и природопользование. — 2012. — 4, № 3–4. — С. 104–110.

Оценено функціональне состояние листового аппарата видов рода *Tilia* электрометрическим методом. Установлена зависимость между степенью дехлорации листа и значениями электропроводимости, в зависимости от чего выделены наиболее устойчивые виды липы в условиях Киева.

SUMMARY

M. Sovakova, N. Oleksiychenko, O. Kytayev, O. Sovakov, V. Kryvoshapka, D. Makarova. Electrical conductivity estimation of Genus *Tilia* L. species leaves in urban environment condition // Biological Resources and Nature Management. — 2012. — 4, № 3–4. — P. 104–110.

Genus *Tilia* species leaf tissues functional state by means of electrical conductivity method is estimated. Connection between level of leaf discoloration and electrical conductivity changes is given. According to this data the most tolerant species in Kyiv condition are selected.