

УДК 577.115+665.322

І. О. Алексєєвська, Є. В. Головей, В. М. Шепеленко, Н. І. Штеменко

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

**ОСОБЛИВОСТІ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ
ПОВЕРХНЕВИХ ЛІПІДІВ ДЕЯКИХ ВОДНИХ РОСЛИН
ПІД ВПЛИВОМ ЗАБРУДНЮВАЧІВ**

Показано, що деякі водні рослини можуть бути використані для очищення стічних вод і мають специфічний склад поверхневих ліпідів. Під дією токсикантів спостерігаються зміни складу поверхневих ліпідів, які стосуються процесів елонгації та десатурації окремих компонентів поверхневих ліпідів. Ці зміни специфічні для різних видів рослин.

I. O. Alexeevs'ka, E. V. Golovei, V. M. Shepelenko, N. I. Shtemenko

Oles' Gonchar Dnipropetrovsk National University

**TRAITS OF FATTY ACIDS COMPOSITION
OF SURFACE LIPIDS OF SOME AQUATIC PLANTS UNDER
THE INFLUENCE OF POLLUTANTS**

It was shown that some emergent aquatic plants may be used for treatment of waste waters. The plants have specific composition of surface lipids (SL). The SL composition was found to be changed under the influence of water pollutants. These changes concerned the processes of elongation and desaturation of the SL components. The response to contamination was specific for each species.

Вступ

Поверхневі ліпіди (ПЛ) листя рослин – позаклітинний біохімічний бар'єр, який забезпечує пасивну стійкість рослинного організму. Найважливішими функціями ПЛ є захист фотосинтетичного апарату рослини від УФ-випромінення, проникнення гідрофільних токсикантів, патогенів та комах [6; 7; 12].

ПЛ – гетерогенна суміш різних хімічних компонентів, що мають гідрофобність за рахунок значної величини вуглецевого радикала ($C_{13}-C_{36}$). Дослідження структури компонентів ПЛ рослин та їх змін під впливом факторів зовнішнього середовища – актуальний напрямок біохімічних досліджень, оскільки робить суттєвий внесок у розуміння взаємозв'язку «структура біомолекул – функція» [3; 6; 8; 10].

Для макрофітів роль ПЛ як шару захисних ліпідних молекул добре відома [5]. Висока гідрофобність цього шару молекул (головна особливість більшості компонентів поверхневих ліпідів) забезпечується присутністю довголанцюгових естерів, жирних кислот (ЖК), вуглеводнів, етилових спиртів, альдегідів і кетонів. Шляхи синтезу та функції багатьох інших компонентів (наприклад терпеноїдів, флавоноїдів і циклічних кислот) практично невідомі [5].

Жирнокислотний склад ПЛ рослин розглянуто всебічно в огляді Біанчі [5]. Він має відмінності від жирнокислотного складу інших органів рослин. У ПЛ листя ЖК перебуває як у вільному стані, так і у вигляді естерів. Фракція вільних ЖК є мінорною,

вона складає максимум 5 % маси ПЛ [7; 10]. Слід відзначити той факт, що фракція вільних ЖК досліджена мало. Як і для біомембран, для ПЛ характерна наявність ЖК із парною кількістю вуглецевих атомів, які забезпечують суттєвий внесок у загальну кількість ПЛ рослин [2].

Деякі водні рослини (гелофіти) – досить цікавий об’єкт дослідження для біохімії поверхневих ліпідів, оскільки використовуються для очищення забрудненої води у штучних водоймах [11]. У наших роботах показана особливість складу ПЛ водних рослин і висловлено припущення про те, що ПЛ могли б функціонувати як пул для деяких рослинних метаболітів та кінцевих продуктів [2].

Мета цього дослідження – проаналізувати зміни жирнокислотного складу поверхневих ліпідів під впливом забруднювальних речовин і визначити можливі біосинтетичні напрямки, що призводять до таких змін.

Матеріал і методи дослідження

Поверхневі ліпіди були одержані з листя *Phragmites australis* Trin. і *Typha latifolia* L., що росли по берегах закритої водойми (контрольні) й у каналізаційних водоймах Дніпропетровського лакового заводу (експериментальні), забруднених складними органічними поллютантами та важкими металами. Екстракцію поверхневих ліпідів проводили за відповідною схемою [2].

Отримання метилових естерів жирних кислот проводили за Крісті [4]. Гідроліз сумарних ПЛ, реекстракція та отримання двох ліпідних фракцій (неомилювальних речовин і жирних кислот) проводили за Кейтсом [1]. Фракцію жирних кислот аналізували методом ГХ-МС у відділі аналітичної хімії Центру вивчення навколишнього середовища (Лейпциг, Німеччина) [11]. Ідентифікацію та обрахунки здійснювали за допомогою програми *Enhanced Chem. Stations G 1701 AA Var 03.00*.

Результати та їх обговорення

Водні рослини (гелофіти) – екологічна група вищих рослин, які повернулися до водного середовища та розвинули унікальну систему існування майже безкисневої ризосфери. Ми припустили, що ПЛ повинні мати незвичайний склад, оскільки вони мають додатково захищати фотосинтетичний апарат та інші життєво важливі клітинні компоненти не тільки від сонячного опромінення, а й від опромінення, яке відбивається від поверхні води.

Гідроліз сумарної фракції з наступною обробкою хромато-масспектрометричним аналізом дали можливість отримати дані стосовно вмісту ЖК (табл.).

Таблиця

Вміст жирних кислот у поверхневих ліпідах *Phragmites australis* Trin. і *Typha latifolia* L. контрольних рослин і рослин, які піддавалися комплексному впливу забруднювачів (%)

Жирні кислоти	<i>Phragmites australis</i> Trin.		<i>Typha latifolia</i> L.	
	контроль	дослід	контроль	дослід
1	2	3	4	5
$C_{10:0}$	2,84±0,21	–	–	–
$C_{12:0}$	11,58±0,51	3,49*±0,06	3,46±0,31	1,75±0,13
дикарбокси $C_{9:0}$	–	2,44*±0,08	–	–
$C_{14:0}$	13,53±1,12	11,49±0,9	17,03±1,13	6,65*±0,33
$C_{15:0}$	1,28±0,11	2,88±0,21	2,07±0,65	2,92±0,31
$C_{16:1}$	1,32±0,11	5,74±0,46	5,00±0,72	7,38±0,64
$C_{16:0}$	22,45±1,81	19,45±1,11	26,43±1,91	19,50*±1,65

1	2	3	4	5
$C_{17:0}$	2,06±0,13	–	–	–
$C_{18:2}$	–	3,55*±0,91	3,25±0,35	4,18±0,65
$C_{18:1}$	–	13,03*±1,13	10,65±1,12	9,23±0,86
$C_{18:0}$	9,76±0,92	10,90±1,10	9,26±0,95	8,83±0,84
$C_{19:0}$	1,07±0,1	–	–	–
$C_{20:0}$	10,98±0,12	15,94±1,31	12,04±1,11	10,20±0,99
$C_{21:0}$	1,33±0,09	0,80±0,05	–	–
$C_{22:0}$	7,95±0,80	5,57±0,6	3,45±0,54	4,28±0,37
$C_{23:0}$	0,81±0,05	0,64±0,05	–	–
$C_{24:0}$	8,87±0,85	4,08±0,32	3,33±0,21	9,94*±0,82
$C_{25:0}$	0,56±0,04	–	–	–
$C_{26:0}$	2,43±0,86	–	2,67±0,16	10,52*±0,98
$C_{28:0}$	1,11±0,52	–	1,36±0,11	4,62*±0,38
$C_{30:0}$	0,07±0,001	–	–	–
Співвідношення коротколанцюгових / довголанцюгових жирних кислот	30,55/69,45	45,49/54,51	53,99/46,01	38,20/61,80
Співвідношення насичених / ненасичених жирних кислот	98,68/1,32	77,68/28,32	81,10/18,90	79,21/20,79
Співвідношення парних / непарних жирних кислот	92,89/7,11	95,68/4,32	97,93/2,07	97,08/2,92

Примітка: * $p < 0,05$.

ЖК живих організмів синтезуються різними системами біосинтезу. Так, коротколанцюгові ЖК (до $C_{16:0}$ включно) – продукт синтазної системи, а довголанцюгові ЖК – продукт елонгазної системи жирних кислот (вище $C_{16:0}$) [9; 13]. Ми вважаємо за доцільне розглянути, як екзогенні речовини впливають на інтенсивність роботи обох систем. Процес десатурації ЖК у складі ПЛ не зовсім звичайний, оскільки подвійний зв'язок є достатньо хімічно активним. Тому ненасичені ЖК зазвичай містяться у слідових кількостях. Дія комплексного забруднення по-різному впливає на вміст ЖК із коротким і довгим вуглецевим ланцюгом. У ПЛ *Phragmites australis* Trin. показано зменшення вмісту довголанцюгових жирних кислот на 15 %, натомість у *Typha latifolia* L. їх кількість зросла на 15 %.

Якщо проаналізувати зміни жирнокислотного складу ПЛ за показником насиченості, то вміст ненасичених ЖК за умов впливу забруднювачів зріс у обох представників водних рослин. У ПЛ *Phragmites australis* Trin. кількісні показники ЖК зросли у 24 рази (в основному за рахунок олеїнової та лінолевої кислот), у той час як у ПЛ *Typha latifolia* L. зростання не мало такого вираженого характеру і склало лише 2 %. Відмічається також незначне зменшення під впливом комплексного забруднення вмісту непарних ЖК у ПЛ *Phragmites australis* Trin. Натомість у ПЛ *Typha latifolia* L. достовірної зміни кількості непарних ЖК не зафіксовано. Цікавою є поява під впливом комплексного забруднення C_9 дикарбонової кислоти, що свідчить про активацію шляхів ω -окиснення ЖК. На основі отриманих даних вважаємо за доцільне обговорити деякі аспекти біосинтезу ЖК водних рослин під дією забруднювачів (рис.).

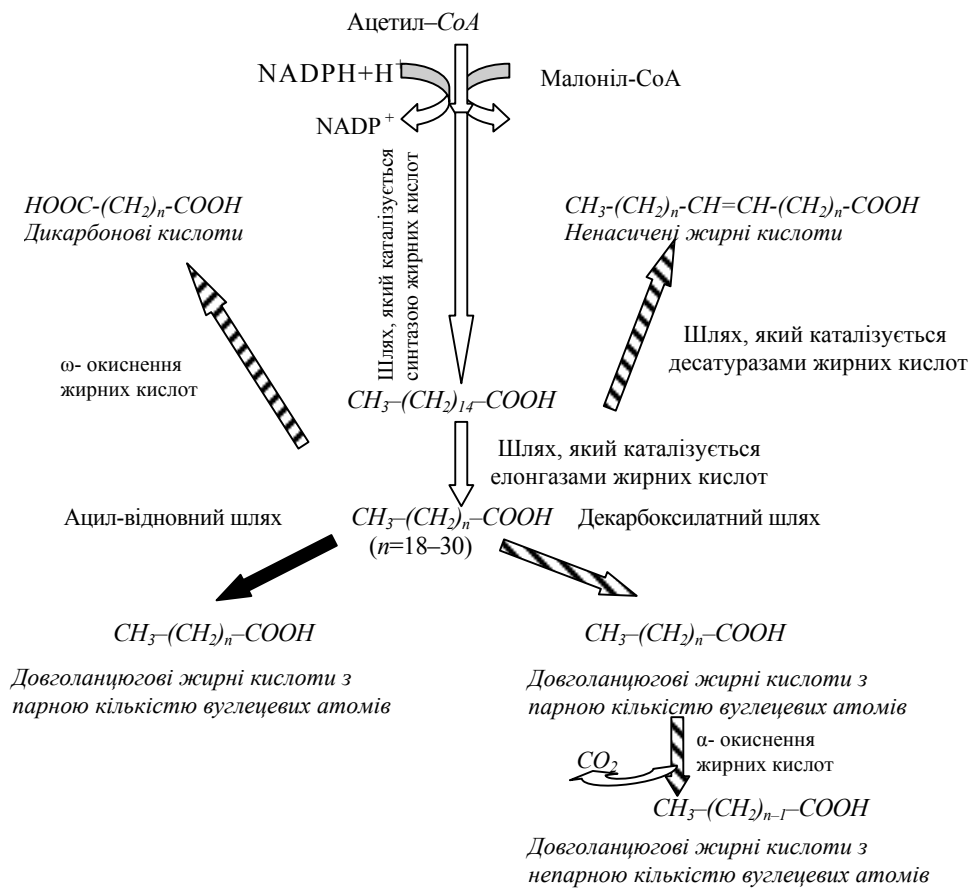


Рис. Напрямки використання ацетил-*CoA* при біосинтезі жирних кислот поверхневих ліпідів за дії комплексного забруднення:

↔ – напрямки біосинтезу жирних кислот, характерні для *Phragmites australis* Trin,
 → – напрямки біосинтезу жирних кислот, характерні для *Typha latifolia* L.

Висновок

Отримані дані свідчать про різну чутливість систем біосинтезу ЖК ПЛ водних рослин до впливу комплексного забруднення води. Під впливом забруднювачів у ПЛ *Phragmites australis* Trin. відбувається активація десатуразної біосинтетичної системи та шляхів α- та ω-окиснення, натомість відбувається зменшення продуктів елонгації, вірогідно, внаслідок порушення транспорту цих жирних кислот або безпосереднього гальмування ферментативної системи елонгаз. Зміна інтенсивності роботи біосинтетичних систем жирних кислот ПЛ *Typha latifolia* L. полягає у збільшенні вмісту продуктів елонгазної системи.

Бібліографічні посилання

1. Кейтс М. Техника липидологии. – М.: Мир, 1975. – 322 с.
2. Шепеленко В. М. Мінорні компоненти та жирнокислотний склад поверхневих ліпідів деяких видів рослин: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – К., 2005. – 18 с.
3. Штеменко Н. І. Особливості складу поверхневих ліпідів листя хвойних / Н. І. Штеменко, О. В. Дукачова, Л. Ф. Заморуєва // Укр. біохім. журн. – 1997. – Т. 69, № 4. – С. 61–65.

4. **Christie W. W.** Gas chromatography-mass spectrometry methods for structural analysis of fatty acids // *Lipids*. – 1998. – Vol. 33. – P. 343–353.
5. **Epicuticular** wax of olive leaves / G. Bianchi, G. Vlahov, C. Anglani, C. Murelly // *Phytochemistry*. – 1993. – Vol. 32. – P. 49–52.
6. **Forster W. A.** Mechanisms of cuticular uptake of xenobiotics into living plants: Evaluation of a logistic-kinetic penetration model / W. A. Forster, J. A. Zabkiewicz, M. Riederer // *J. Agric. Food Chem.* – 2006. – Vol. 54. – P. 3025–3032.
7. **Huttunen S.** Effect of air borne pollutants on the surface wax structure of *Pinus silvestris* needles // *Ann. Bot. Fenn.* – 1983. – Vol. 20. – P. 79–86.
8. **Kerstiens G.** Signaling across the divide: a wider perspective of cuticular structure-function relationships // *Trends in Plant Science*. – 1996. – Vol. 1. – P. 125–129.
9. **Kunst L.** Biosynthesis and secretion of plants cuticular wax / L. Kunst, A. L. Samuels // *Progress in Lipid Research*. – 2003. – Vol. 42. – P. 51–88.
10. **Riederer M.** Waxes: the transport barriers of plant cuticles / M. Riederer, L. Schreiber / *Waxes: chemistry, molecular biology and functions*. – Dundee: Oily Press, 1995. – P. 131–156.
11. **Stottmeister U.** Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment / U. Stottmeister, A. Wiessner, P. Kusch // *Biotechnology Advances*. – 2003. – Vol. 22. – P. 3–117.
12. **Surface** lipids composition of emergent plants used in constructed wetlands / N. I. Shtemenko, V. N. Shepelenko, H. Richnow, P. Kusch // *NATO Science Series: Earth and Environmental Sciences*. – 2005. – Part 4. – Vol. 48. – P. 325–330.
13. **Tomato** fruit cuticular waxes and their effects on transpiration barrier properties: functional characterization of a mutant deficient in a very-long-chain fatty acid β -ketoacyl-CoA synthase / G. Vogg, S. Fischer, J. Leide et al. // *Journal of Experimental Botany*. – 2004. – Vol. 55, N 401. – P. 1401–1410.

Надійшла до редколегії 13.12.2007