

УДК 577.115:665.322

І. О. Осінна, Н. І. Штеменко

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

ВПЛИВ НОНІЛФЕНОЛУ НА СКЛАД ЖИРНИХ КИСЛОТ І ВУГЛЕВОДНІВ ПОВЕРХНЕВИХ ЛІПІДІВ ВОДНИХ РОСЛИН

Досліджено склад поверхневих ліпідів водних рослин *Acorus calamus* L., *Typha latifolia* L., *Carex acuta* L. при вирощуванні на концентрованому розчині нонілфенолу. Показано наявність суттєвих змін компонентного складу поверхневих ліпідів експериментальних рослин порівняно з контрольними. Виявлено зміни вмісту жирних кислот, що виявляються у зменшенні кількості вуглеводнів і порушенні процесу елонгації у біосинтезі окремих компонентів.

И. А. Осинная, Н. И. Штеменко

Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара

ВЛИЯНИЕ НОНИЛФЕНОЛА НА СОСТАВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И УГЛЕВОДОРОДОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЛИПИДОВ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ

Изучен состав поверхностных липидов водных растений *Acorus calamus* L., *Typha latifolia* L., *Carex acuta* L., выращенных на концентрированном растворе нонилфенола. Показано наличие существенных изменений компонентного состава поверхностных липидов экспериментальных растений по сравнению с контрольными. Обнаружены изменения содержания жирных кислот, уменьшение количества углеводородов и нарушение процесса элонгации отдельных компонентов.

I. O. Osinna, N. I. Shtemenko

Oles' Gonchar Dnipropetrovs'k National University

INFLUENCE OF NONYLPHENOL ON THE FATTY ACIDS AND HYDROCARBON COMPOSITION OF AQUATIC PLANTS

Composition of surface lipids of aquatic plants *Acorus calamus* L., *Typha latifolia* L. and *Carex acuta* L. was investigated under the influence of nonylphenol strong solution. Experimental plants showed some significant changes in the surface lipids composition in comparison with a control. Change in the fatty acids composition, decrease of hydrocarbons content and biosynthetic disorder in the elongation processes of some certain components were revealed.

Вступ

За останні десятиріччя неіонні поверхнево-активні речовини посіли одне з провідних місць серед забруднювачів навколишнього середовища. Процеси їх деструкції в навколишньому середовищі призводять до утворення нонілфенолу ($C_6H_4(OH)C_9H_{19}$), що є стабільним кінцевим продуктом деградації неіонних поверхнево-активних речовин. Нонілфенол характеризується негативним впливом на імунейроендокринну систему [4–6]. У наших публікаціях [3; 9; 13] показано, що наявність змін у біосинтезі компонентів поверхневих ліпідів – наслідок адаптивних процесів, які мають місце під дією

забруднювачів, і можуть бути використані як маркери негативного впливу ксенобіотиків на рослинний організм при розробці методів біоіндикації [3].

Водні рослини (гелофіти) – цікавий предмет дослідження для біохімії поверхневих ліпідів, оскільки вони використовуються для очищення забрудненої води у штучних водоймах [8–10] у фіторе mediaційних заходах і мають незвичайний склад поверхневих ліпідів [9]. Враховуючи наведене, мета цієї роботи – описати зміни поверхневих ліпідів водних рослин під дією нонілфенолу протягом зростання *in vitro*, з’ясувати, чи ці зміни загальні для всіх видів, виявити можливість використання цих змін для екологічного контролю.

Матеріал і методи досліджень

Водні рослини *Typha latifolia* L., *Carex acuta* L., *Acorus calamus* L. на стадії активної вегетації збирали на території Дніпровсько-Орільського природного заповідника, переносили в лабораторію кафедри біохімії та біофізики ДНУ. Рослини вирощували на дистильованій воді протягом одного місяця. Після цього рослини поділили на контрольні, які продовжували рости на дистильованій воді, і експериментальні, які були перенесені у розчин нонілфенолу. Насичений розчин нонілфенолу готували у такий спосіб: 100 мг нонілфенолу розчиняли в 1 л дистильованої води. Експеримент тривав 30 діб. Кожні 10 діб розчин токсикантів змінювали на свіжоприготований. Поверхневі ліпіди екстрагували за методом [1] та аналізували методом газової хроматографії з мас-спектрометричною детекцією за [7; 11] у Міжнародному центрі наукових досліджень (Лейпциг, Німеччина).

Результати та їх обговорення

Домінантними компонентами у поверхневих ліпідах контрольних і експериментальних рослин виявились жирні кислоти у *T. latifolia* та *A. calamus*. У *T. latifolia* та *A. calamus* можна відмітити зменшення вмісту жирних кислот під впливом нонілфенолу на 4,4 та 17,3 % відповідно. Але в експериментальних рослин *C. acuta* вміст жирних кислот під дією токсиканта, навпаки, в 2,4 раза збільшився порівняно з контрольними рослинами (рис., табл. 1).

Таблиця 1

Вміст класів хімічних сполук у складі поверхневих ліпідів досліджуваних контрольних рослин і рослин, які піддавалися впливу нонілфенолу (% до загальної кількості ПЛ)

Хімічні класи	<i>Typha latifolia</i> L.		<i>Carex acuta</i> L.		<i>Acorus calamus</i> L.	
	контроль	дослід	контроль	дослід	контроль	дослід
Вуглеводні	11,48 ± 1,33	1,22 ± 1,21	13,41 ± 1,27	4,04 ± 1,17	0,83 ± 0,12	0,52 ± 0,11
Жирні кислоти	75,61 ± 2,41	72,31 ± 2,20*	36,32 ± 2,13	85,98 ± 2,51	92,44 ± 2,34	76,41 ± 2,37
Спирти	8,44 ± 1,13	25,02 ± 1,11	45,75 ± 1,07	7,26 ± 1,23	3,74 ± 1,16	14,11 ± 1,02*
Незвичайні компоненти	4,47 ± 0,18	1,45 ± 0,26	4,52 ± 0,23	2,72 ± 0,30*	2,99 ± 0,21	8,96 ± 0,16

Примітка: * – $p < 0,05$.

Якщо умовно розділити спектр кожного зразка на дві частини до $C_{18:0}$ і після, то жирні кислоти з довжиною вуглецевого ланцюга нижче C_{18} можна вважати низькомолекулярними жирними кислотами, а жирні кислоти з довжиною вуглецевого ланцюга вище C_{18} – високомолекулярними. Розрахувавши суму високо- та низькомолекулярних жирних кислот, можна побудувати залежність, наведену на рисунку. У *A. calamus* та *T. latifolia* вміст високомолекулярних жирних кислот зменшується під впливом нонілфенолу на 10,4 та 29,1 % відповідно, тоді як у *C. acuta*, навпаки, вміст низькомолекулярних жирних кислот зменшується на 2,7 %. Вміст стеаринової кислоти залишається

практично незмінним. Тобто вплив нонілфенолу спричиняє гальмування нарощування ланцюга у жирних кислот двох досліджуваних рослин (*C. acuta* та *T. latifolia*), при цьому елонгація гальмується на етапі, який слідує після синтезу стеаринової кислоти.

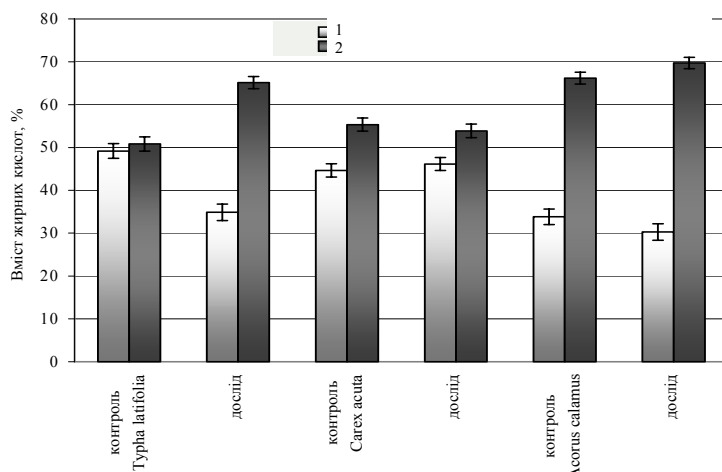


Рис. Вплив нонілфенолу на вміст високомолекулярних (1) та низькомолекулярних (2) жирних кислот у поверхневих ліпідах досліджуваних рослин

Не менш важливим класом хімічних сполук у складі поверхневих ліпідів є вуглеводні. В усіх досліджених рослин під дією нонілфенолу вміст вуглеводнів зменшується в декілька разів, а у *T. latifolia* взагалі – удесятеро (див. табл. 1). Вуглеводні поверхневих ліпідів у досліджених водних рослин представлені алканами з довжиною вуглецевого ланцюга більше ніж C_{16} (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст вуглеводнів (%) у складі поверхневих ліпідів досліджуваних контрольних рослин і рослин, які піддавалися впливу нонілфенолу

Вуглеводні	<i>Carex acuta</i> L.		<i>Typha latifolia</i> L.		<i>Acorus calamus</i> L.	
	контроль	дослід	контроль	дослід	контроль	дослід
$C_{16:0}$	15,94 ± 1,13	0	4,11 ± 0,20	0	10,41 ± 0,76	0
$C_{18:0}$	26,58 ± 1,24	0	8,64 ± 0,51	0	30,42 ± 1,38	0
$C_{20:0}$	20,71 ± 1,21	0	7,75 ± 0,43	0	27,61 ± 1,23	0
$C_{22:0}$	11,52 ± 1,10	3,52 ± 0,19*	4,42 ± 0,26	6,52 ± 0,35	14,87 ± 1,12	11,36 ± 1,08
$C_{23:0}$	2,57 ± 0,16	12,11 ± 1,12	0	0	0	0
$C_{24:0}$	5,01 ± 0,31	0	2,17 ± 0,11	0	6,14 ± 0,29	0
$C_{26:0}$	2,08 ± 0,09	0	0	0	0	0
$C_{27:0}$	4,65 ± 0,27	16,47 ± 1,18	11,18 ± 1,08	39,31 ± 1,35*	0	50,13 ± 1,58*
$C_{29:0}$	4,37 ± 0,25	63,52 ± 1,87*	57,75 ± 1,66	43,72 ± 1,49*	7,84 ± 0,45	28,81 ± 1,25
$C_{31:0}$	1,71 ± 0,07	3,27 ± 0,17	1,61 ± 0,06	13,45 ± 1,13	1,61 ± 0,07	7,04 ± 0,39

Примітка: * – $p < 0,05$.

У контрольних рослин *C. acuta* та *A. calamus* основну масу вуглеводнів склали C_{16} , C_{18} , C_{20} та C_{22} -акани, які взагалі зникають під дією нонілфенолу, окрім C_{22} -компонента, вміст якого зменшується на 69,6 % у *C. acuta* та на 23,8 % – у *A. calamus*. Домінантними вуглеводнями в експериментальних рослин *C. acuta* та *A. calamus* стали C_{27} – C_{29} -алкани. Дещо інші зміни спостерігаються у *T. latifolia*. І в контрольних, і в експериментальних зразках домінантними компонентами є C_{27} – C_{29} -алкани, хоча і у *T. latifolia* можна відмітити зникнення C_{16} – C_{26} -алканів під дією нонілфенолу, окрім C_{22} -компонента, кількість якого зменшилася на 32,2 %. Також під впливом нонілфенолу різко збільшується вміст C_{27} та C_{31} -алканів на 71,6 та 88,0 % відповідно та на 24,3 %

зменшується вміст C_{29} -алкану. Можна зробити висновок, що нонілфенол хоча і зменшує загальну кількість вуглеводнів, проте, на відміну від жирних кислот, активує процеси елонгації окремих вуглеводневих компонентів.

Висновки

Склад поверхневих ліпідів водних рослин під дією високих концентрацій нонілфенолу зазнає суттєвих змін: збільшується вміст жирних кислот і зменшується – вуглеводнів. Це свідчить про глибокі порушення елонгації у біосинтезі окремих компонентів. Токсикант гальмує нарощування ланцюга у жирних кислот двох досліджуваних рослин *C. acuta* та *T. latifolia*, при цьому елонгація гальмується на етапі, який іде після синтезу стеаринової кислоти. Високі концентрації нонілфенолу впливають також і на синтез вуглеводнів, активуючи процеси елонгації вуглеводнів.

Бібліографічні посилання

1. **Берзеніна О. В.** Методи дослідження поверхневих ліпідів рослин / О. В. Берзеніна, Н. І. Штеменко, В. М. Шепеленко // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2002. – Вип. 10, т. 2. – С. 104–109.
2. **Бураковський А. А.** Методи імунобіосенсорного аналізу: принципові основи та можливості практичного використання // Імунопатологія, алергологія, інсектологія. – 2008. – № 1. – С. 11–15.
3. **Вплив забруднювачів на формування кристалічної фази поверхневих ліпідів хвойних** / Н. І. Штеменко, О. О. Сорочан, І. С. Леонтьєва та ін. // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2003. – Вип. 11, т. 2. – С. 205–209.
4. **Імуноферментний аналіз неіонних поверхнево-активних речовин у воді** / М. Ф. Стародуб, Н. В. Півень, А. В. Демченко та ін. // Укр. біохім. журн. – 2005. – Т. 77, № 6. – С. 116–121.
5. **Analytical methods to characterize the composition of surface lipids of helophytes exposed to VOC contaminant water** / M. Moeder, A. Macherius, C. Haertig et al. // Counteraction to Chemical and Biological Terrorism at National and Local Level in the East Europe Countries. NATO Science for Peace and Security Series – A: Chemistry and Biology. – 2009. – P. 95–100.
6. **Degradation of 2,4,6-trinitrotoluene by selected helophytes** / A. Nepovim, A. Hebner, P. Soudec et al. // Chemosphere. – 2005. – Vol. 60. – P. 1454–1461.
7. **Demchenko A. V.** Thermal biosensor for detecting nonilphenol in the environment / A. V. Demchenko, V. G. Melnik, M. F. Starodub // Укр. біохім. журн. – 2007. – Т. 79, № 5. – С. 212–215.
8. **Haertig C.** Rapid identification of fatty acid methyl esters using a multidimensional gas chromatography – mass spectrometry database // J. Chromatogr. – 2008. – Vol. 1177. – P. 159–169.
9. **Investigation of surface lipids of water plants grown on contaminated water. Analytical methods to characterize the composition of surface lipids of helophytes exposed to VOC contaminant water** / N. Shtemenko, M. Moeder, P. Kuschik et al. // Counteraction to Chemical and Biological Terrorism at National and Local Level in the East Europe Countries. NATO Science for Peace and Security Series – A: Chemistry and Biology. – 2009. – P. 101–108.
10. **Laguna L.** Flavonoid biosynthesis in tomato fruit cuticles after *in vivo* incorporation of [3 H]-phenylalanine precursor / L. Laguna, C. G. Casado, A. Heredia // Physiologia Plantarum. – 1999. – Vol. 105, N 3. – P. 491–498.
11. **Mueller J.** Fate of endocrine disruptors in Planted Fixed Bed Reactors (PFR) / J. Mueller, U. Kappelmeier, P. Kuschik // Achievements and Prospects of Phytoremediation in Europe. Abstracts of Final Workshop and Management Committee Meeting COST Action 837. – Vienna, Austria, 2003. – P. 71.
12. **Richnow H. H.** *In situ* biodegradation of aromatic hydrocarbons in an anaerobic landfill leachate plum / H. H. Richnow, R. U. Mackentock, L. A. Reitzel // Journal of Contaminant Hydrology. – 2003. – Vol. 64. – P. 59–72.
13. **Surface lipids composition of emergent plants used in constructed wetlands** / N. I. Shtemenko, V. N. Shepelenko, H. Richnow, P. Kuschik // NATO Science Series: Earth and Environmental Sciences. – 2005. – Vol. 48. – P. 325–330.

Надійшла до редколегії 22.11.2009