

ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ РОСЛИН

УДК 577.115.3:581.43:582.545.12:581.526.52

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ПЛАЗМАТИЧНОЇ МЕМБРАНИ КОРЕНІВ ПРОРОСТКІВ КУКУРУДЗИ ЗА УМОВ ЗАСОЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

© 2010 р. **О. О. Контурська, Т. О. Палладіна**

*Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного Національної академії наук України
(Київ, Україна)*

Досліджено вплив засолення та обробки насіння адаптогенними препаратами метіур та івін на жирнокислотний склад плазматичної мембрани коренів проростків кукурудзи. Показано, що сольова експозиція (0,1 М NaCl) викликала збільшення насиченості жирнокислотних ланцюгів ліпідного бішару, тоді як обробка насіння препаратами приводила до збільшення їх ненасиченості. Обговорюються можливі механізми впливу синтетичних препаратів на жирнокислотний склад плазматичної мембрани.

Ключові слова: *Zea mays L.*, плазматична мембрана, жирні кислоти, сольовий стрес, метіур, івін

Засолення ґрунтів є сильним стресовим фактором для рослин, який зменшує продуктивність агропромисловості, або навіть повністю перешкоджає існуванню більшості рослинних видів (Hasegawa et al., 2000). На клітинному рівні сольовий стрес виникає через порушення осмотичного та іонного гомеостазу, до якого додається порушення метаболізму, спричинене токсичним для рослин ефектом Na^+ , який є найпоширенішим катіоном солей, що створюють засолення. Сольовий та інші види стресу супроводжуються виникненням вторинного окиснювального стресу (Zhu, 2001).

Плазматична мембрана клітин коренів відіграє роль першого бар'єра на шляху Na^+ . Її проникність і функціонування транспортних механізмів залежить від стану ліпідного бішару, що визначається співвідношенням стеринів та фосфоліпідів, а також насиченістю жирнокислотних залишків.

Відомості щодо змін жирнокислотного складу плазматичної мембрани не дають можливості створення цілісної картини участі жир-

них кислот в адаптації рослинних клітин до стресових умов, зокрема засолення, проте на їх підставі можна зробити певні висновки. Так, у досліджах на проростках пшениці було продемонстровано, що засолення середовища спричинювало підвищення насиченості жирних кислот (Mansour et al., 2002). Також було показано більшу насиченість жирних кислот плазматичної мембрани клітин солестійкого сорту томатів порівняно з солечутливим (Rodriguez-Rosales et al., 1999). На підставі цього, авторами було зроблено припущення, що висока насиченість жирних кислот відіграє роль в адаптації рослин до умов засолення, зменшуючи текучість плазматичної мембрани і, отже, її проникність для іонів, зокрема Na^+ . Проте, високий вміст ненасичених жирних кислот, а також жирних кислот з довгим карбоновим ланцюгом впливає на функціонування мембранозв'язаних ферментів, зокрема тих, що є компонентами системи активного транспорту іонів (Allakhverdiev et al., 1999, Azachi et al., 2002).

Застосування синтетичних препаратів є дієвим способом посилення стійкості рослин до стресових умов, зокрема засолення. Нами було показано, що синтезовані в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України регулятори росту рослин метіур (натрієва сіль 6-метил-

Адреса для кореспонденції: Контурська Ольга Олексіївна, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна;
e-mail: konturska@ukr.net

2-меркапто-4-гідроксипіримідину) та івін (N-оксид-2,6-диметилпіридин) у низьких концентраціях виявляють адаптогенні властивості, причому метіур забезпечував виживання рослин кукурудзи протягом вегетації при критичному для неї засоленні, а при слабкому значно підвищував урожай зерна (Патент 26531, 2007). У лабораторних дослідках на проростках кукурудзи показано, що обробка насіння цими препаратами спричиняє активацію ферментів антиоксидантного захисту (Куриленко, Палладіна, 2005а) та нормалізує ліпідний склад плазматичної мембрани клітин коренів проростків (Контурська Палладіна, 2007).

Метою даної роботи було дослідити вплив експозиції проростків кукурудзи у присутності 0,1 М NaCl у поживному середовищі, яка є критичною для рослин кукурудзи, на жирнокислотний склад плазматичної мембрани коренів. Одночасно вивчали антидепресантну дію синтетичних препаратів метіур та івін.

МЕТОДИКА

Об'єктом дослідження були корені 8- та 17-добових проростків кукурудзи (*Zea mays* L.) сортолінійного гібрида Колективний 225 МВ, які вирощували на поживному середовищі Хогланда. Обробку синтетичними препаратами проводили шляхом намочування насіння протягом доби у водних розчинах з кінцевою концентрацією 10^{-7} М. Для створення сольового стресу 7-добові проростки культивували протягом 1 або 10 діб за наявності у поживному середовищі 0,1 М NaCl.

Препарати плазматичної мембрани одержували за модифікованим методом Леонарда і Ван дер Вуда (Leonard, Van der Woude, 1976). Чистота фракції плазматичної мембрани складала 85%, що визначали за допомогою біохімічних маркерів. Екстракцію ліпідів проводили сумішшю хлороформ-метанол (1:2).

Жирні кислоти аналізували у вигляді метилових ефірів за допомогою методу газорідинної хроматографії. Розділення метилових ефірів проводили за допомогою газорідинного хроматографа «Кристаллюкс» (Росія).

Індекс ненасиченості (ІН) жирних кислот визначали за формулою:

$$ІН = \sum P_j / 100,$$

де P_j – вміст ненасичених жирних кислот (%), помножений на кількість подвійних

зв'язків у кожній кислоті (Макаренко и др., 2008).

Досліди здійснювали в триразовому біологічному та аналітичному повторенні. Статистичну обробку результатів проводили за допомогою програм "Excel 2002", "Origin 6.0". Відмінності результатів, що обговорюються в роботі, достовірні за рівня значимості $p \leq 0,05$ за критерієм Ст'юдента.

РЕЗУЛЬТАТИ

Аналіз жирнокислотного складу плазматичної мембрани коренів проростків кукурудзи показав, що основними компонентами були насичена пальмітинова та ненасичена лінолева кислоти, крім яких також ідентифіковано стеаринову, олеїнову та ліноленову та інші кислоти (таблиця). Подібний склад жирних кислот показано раніше і для плазматичної мембрани клітин інших видів рослин (Norberg et al., 1991; Mansour et al., 2002).

Однодобова експозиція проростків у присутності 0,1 М NaCl у поживному середовищі спричиняла зменшення вмісту лінолевої кислоти в 1,2 раза відносно контролю. Подовження сольової експозиції до 10 діб зберігало тенденцію до зниження вмісту цієї жирної кислоти. Також засолення середовища спричиняло зменшення в 2 рази вмісту ліноленової кислоти (таблиця).

Однодобова експозиція проростків у присутності 0,1 М NaCl у поживному середовищі суттєво не змінювала вміст у плазматичній мембрані олеїнової кислоти, однак подовження впливу солі до десяти діб спричиняло збільшення вмісту цієї жирної кислоти у 3 рази відносно контрольованого варіанта (таблиця).

Сольова експозиція збільшувала вміст насичених жирних кислот. Так, за однодобового впливу солі вміст стеаринової кислоти в плазматичній мембрані збільшувався в 2 рази відносно сольового контролю. Така ж тенденція зберігалась при подовженні експозиції до десяти діб (таблиця).

Також однодобова сольова експозиція спричиняла підвищення вмісту насиченої міристинової кислоти. Слід відзначити, що у контрольованому варіанті в плазматичній мембрані коренів 17-добових проростків міристинової кислоти не виявлено. Однак сольова експозиція спричиняла появу цієї жирної кислоти у плазматичній мембрані цих проростків (таблиця).

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКАЛАД

Засолення поживного середовища спричиняло і зміни вмісту жирних кислот з довгим карбоновим ланцюгом, а саме бегенової та ерукової. Так, експозиція проростків протягом 10 діб у присутності 0,1 М NaCl призводила до зниження вмісту бегенової кислоти в 2,5 раза порівняно з контрольним варіантом (таблиця).

У складі плазматичної мембрани коренів 8-добових проростків контрольного варіанта знайдено невелику кількість ерукової кислоти, на відміну від проростків, експонованих у присутності солі. У складі плазматичної мембрани коренів 17-добових проростків у контрольному варіанті також ідентифіковано цю жирну кислоту, причому вміст її збільшувався в 3 рази у порівнянні з 8-добовими проростками. Сольова експозиція проростків протягом 10 діб призводила до значного зменшення її вмісту (таблиця).

Експонування проростків з обробленого метіуром насіння в присутності 0,1 М NaCl збільшувало значення індексу ненасиченості через підвищення загального вмісту в плазматичній мембрані ненасичених та зменшення насичених жирних кислот (таблиця). Так, добова сольова експозиція таких проростків не впливала на кількість лінолевої кислоти в плазматичній мембрані, однак подовження експозиції до 10 діб спричиняло збільшення у 1,2 раза її вмісту порівняно із сольовим контролем. Збільшення вмісту ліноленової кислоти в плазматичній мембрані виявлено при однодобовій сольовій експозиції, проте при подовженні експозиції до 10 діб змін кількості цієї кислоти не спостерігалось. Вміст олеїнової кислоти в плазматичній мембрані збільшувався в 2 рази за добової сольової експозиції порівняно з сольовим контролем, однак при десятидобовій експозиції таких змін не відбувалося (таблиця).

Присутність 0,1 М NaCl у поживному середовищі спричиняла зміни вмісту і насичених жирних кислот у плазматичній мембрані коренів проростків з обробленого метіуром насіння. Так, вміст пальмітинової кислоти в плазматичній мембрані коренів проростків зменшувався за добової експозиції проростків у 1,3 раза та в 1,2 раза при десятидобовій експозиції порівняно з сольовим контролем (таблиця). Кількість стеаринової кислоти в плазматичній мембрані коренів при експозиції проростків протягом доби зменшувалася у 4,5 раза щодо сольового контролю, тоді як при подовженні експозиції до 10 діб достовірних змін вмісту цієї кислоти не виявлено (таблиця).

Обробка насіння метіуром за умов засолення також викликала появу в плазматичній мембрані жирних кислот з довгим карбоновим ланцюгом. Так, у разі добової сольової експозиції проростків виявлено наявність бегенової та ерукової кислот у плазматичній мембрані коренів, тоді як плазматична мембрана коренів проростків сольового контролю цих кислот не містила (таблиця).

Коротка та тривала дія 0,1 М NaCl спричиняла зміни жирнокислотного складу і в плазматичній мембрані коренів проростків з обробленого івіном насіння. Достовірних змін вмісту лінолевої кислоти в плазматичній мембрані при однодобовій сольовій експозиції таких проростків не виявлено (таблиця), однак при подовженні її до 10 діб встановлено підвищення кількості цієї кислоти в 1,4 раза щодо сольового контролю. Також при десятидобовій сольовій експозиції виявлено збільшення в 7 разів вмісту ліноленової кислоти в плазматичній мембрані (таблиця). Як і за обробки насіння метіуром, під впливом івіну змінювався вміст олеїнової кислоти. Так її кількість збільшувалася у 2,3 раза і в 1,6 раза у разі добової та десятидобової сольової експозиції проростків порівняно з сольовим контролем (таблиця).

Використання івіну при наявності 0,1 М NaCl, на відміну від варіанта з метіуром, не впливало на вміст у плазматичній мембрані пальмітинової кислоти, однак викликало зменшення стеаринової кислоти в 2,3 раза в першу добу експозиції та в 2,2 раза на десяту добу порівняно з сольовим контролем (таблиця).

Також слід відзначити, що обробка івіном впливала на кількість ерукової кислоти у плазматичній мембрані коренів проростків експонованих у присутності солі. І якщо така обробка при добовій експозиції спричиняла появу незначної кількості цієї жирної кислоти в плазматичній мембрані проростків, то у разі десятидобової експозиції вміст її збільшувався в 5 разів щодо сольового варіанту (таблиця).

ОБГОВОРЕННЯ

Сольова експозиція проростків викликала зниження загального вмісту ненасичених жирних кислот та збільшення вмісту насичених жирних кислот, що зменшувало індекс ненасиченості. Виявлене за умов засолення зменшення вмісту ненасичених жирних кислот, імовірно, спричинюється тим, що вони є головним субстратами у реакціях пероксидного окиснення, інтенсивність яких посилюється за умов

КОНТУРСЬКА, ПАЛЛАДІНА

Жирнокислотний склад (%) плазматичної мембрани клітин коренів проростків кукурудзи за умов засолення і обробки насіння метіуром та івіном (M±m, n=3)

Жирна кислота	C	контроль	0,1 M NaCl	0,1 M NaCl + метіур	0,1 M NaCl + івін
8-добові проростки (1 доба сольової експозиції)					
Міристинова	14:0	0,51±0,01	7,20±1,20*	2,30±0,30#	4,59±0,50
Пентадеканова	15:0	0,96±0,02	-	0,87±0,01	0,17±0,03
Пальмітинова	16:0	46,12±1,8	46,45±1,70	35,57±1,10#	43,32±0,80
Пальмітолеїнова	16:1	0,28±0,03	4,51±0,20*	2,11±0,40	0,81±0,09
Стеаринова	18:0	2,40±0,05	4,42±0,40*	0,97±0,02#	1,89±0,04
Олеїнова	18:1	3,71±0,09	3,50±0,02	7,06±0,70#	8,20±0,20#
Лінолева	18:2	40,71±1,4	32,80±0,80*	37,36±1,20	35,21±0,40
Ліноленова	18:3	2,02±0,01	0,72±0,03*	3,85±0,10#	2,36±0,20
Бегенова	22:0	-	-	4,85±0,50#	0,91±0,04
Ерукова	22:1	1,79±0,09	-	4,66±0,10#	0,74±0,01
Інші		1,50	0,42	0,40	1,80
ненасичені		48,51	41,53	55,04	44,32
насичені		49,99	58,07	44,56	48,99
ненасичені/насичені		0,97	0,72	1,24	0,90
Індекс ненасиченості		0,93	0,78	1,00	0,81
17- добові проростки (10 - діб сольової експозиції)					
Міристинова	14:0	-	4,20±0,10*	-	-
Пентадеканова	15:0	1,81±0,20	4,09±0,50	-	-
Пальмітинова	16:0	44,12±0,70	44,62±0,20	38,42±0,80#	42,16±2,10
Пальмітолеїнова	16:1	1,20±0,08	4,15±0,10	1,35±0,01	1,47±0,05
Стеаринова	18:0	3,60±0,02	7,24±0,30*	5,58±0,06	3,24±0,06
Олеїнова	18:1	2,20±0,01	6,35±0,10*	6,50±1,20	10,01±1,10#
Лінолева	18:2	34,20±1,10	26,20±0,40*	32,42±1,20#	35,62±1,60#
Ліноленова	18:3	2,10±0,04	0,30±0,01*	1,02±0,02	2,12±0,20
Бегенова	22:0	3,15±0,02	1,25±0,01*	4,91±0,06#	-
Ерукова	22:1	7,12±1,10	0,80±0,02*	9,05±0,50#	4,20±0,20#
Інші		0,50	0,80	0,75	1,18
ненасичені		46,82	37,80	50,34	55,51
насичені		52,68	61,40	48,91	45,40
ненасичені/насичені		0,89	0,62	1,02	1,22
Індекс ненасиченості		0,85	0,65	0,85	0,93

Примітка. - вміст жирної кислоти менше 0,5 %;

* різниця достовірна при $p \leq 0,05$ порівняно з контролем;

різниця достовірна при $p \leq 0,05$ порівняно з варіантом з 0,1 M NaCl.

стресу, зокрема сольового (Hasegawa et al., 2000). Отримані нами результати корелюють з даними щодо вмісту ТБК-активних продуктів (Куриленко, Палладіна, 2001). Так, у клітинах коренів 8-добових проростків кукурудзи однодобова сольова експозиція у присутності NaCl спричиняла збільшення вмісту ТБК-активних продуктів (Куриленко, Палладіна, 2005б). До того ж, підвищення інтенсивності ініційованої хемілюмісценції у присутності 0,1 M NaCl також свідчить про посилення пероксидного оки-

снення в тканинах коренів проростків (Куриленко, 2007). Проте знайдено, що обробка насіння метіуром та івіном призводила до зменшення рівня ініційованої хемілюмісценції у тканинах проростків за впливу 0,1 M NaCl, що свідчить про здатність цих препаратів зменшувати ступінь окисного пошкодження (Куриленко, 2007). Така дія препаратів, можливо, опосередковується їх впливом на ферменти антиоксидантного захисту. Встановлено, що передпосівна обробка, особливо метіуром, у присутності 0,1 M

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКАЛАД

NaCl у поживному середовищі активує супероксиддисмутазу, каталазу та неспецифічну пероксидазу в тканинах проростків кукурудзи (Куриленко, 2007).

Виявлені зміни вмісту жирних кислот з довгим карбоновим ланцюгом можна пояснити тим, що умови засолення впливають на активність ферментів тіоестераз та елонгаз, які визначають довжину ланцюга жирної кислоти при синтезі (Azachi et al., 2002). Так, збільшення вмісту міристинової кислоти на фоні незмінної кількості пальмітинової кислоти свідчить про зменшення активності тіоестерази, що подовжує ланцюг C₁₄₋₁₆. Так само зменшення кількості ерукової та бегенової кислот, зумовлене засоленням, можливо, спричинюється зниженням активності елонгаз, які подовжують карбоновий ланцюг C₁₈₋₂₂ (Azachi et al., 2002). Можна припустити, що збільшення вмісту жирних кислот з ланцюгом C₁₈₋₂₂ у разі обробки насіння препаратами сприяє адаптаційним процесам у рослинних клітинах до умов засолення. Так, встановлено, що перенесення галотолерантної водорості *Dunaliella salina* у гіперзасолене середовище (3,5 М NaCl) активувало елонгази та збільшувало вміст у мембранах жирних кислот C₁₈₋₂₂, що, на думку авторів, дало змогу рослині існувати за таких умов (Azachi et al., 2002).

Зменшення індексу ненасиченості жирних кислот у разі засолення середовища та збільшення його за обробки насіння препаратами можуть бути пов'язані зі змінами активності ферментів десатураз, що каталізують утворення подвійного зв'язку (Лось, 2001). Активність цих ферментів змінюється за різних стресових умов (Kachroo et al., 2001). Так, осмотичний стрес, створений сорбітолом та поліетиленгліколем, спричиняв зниження активності десатураз у клітинах рослин тютюну, через що зменшився і вміст ненасичених жирних кислот, а особливо ліноленової (Zhang et al., 2005). Виявлене збільшення вмісту олеїнової кислоти за умов обробки синтетичними препаратами, особливо івіном, дозволяє припустити, що активується саме фермент Δ^9 -десатураза, який відповідає за утворення цієї жирної кислоти (Лось, 2001). Підвищення вмісту олеїнової кислоти може бути однією з фаз адаптації до умов засолення. Встановлено, що активність H⁺-АТФази збільшується за наявності у складі плазматичної мембрани значної кількості фосфоліпідів, які містять олеїнову кислоту (Kasamo et al., 1990). До того ж, олеїнова кислота бере участь в активації однієї з ізоформ ферменту фосфоліпази D, яка, в свою чергу, відіграє важливу

роль у процесах адаптації до стресових умов (Zhang et al., 2003). Встановлену нами раніше активацію фосфоліпази D за умов спільної дії солі та синтетичних препаратів (Конторська, Палладіна, 2008) можна пов'язати зі збільшенням у плазматичній мембрані вмісту саме олеїнової кислоти.

Підвищення активності ферментів біосинтезу жирних кислот у коренях проростків кукурудзи за обробки синтетичними препаратами, ймовірно, пояснюється посиленням синтетичних процесів, зокрема синтезу білка. Так, існують відомості, що метіур та івін зумовлюють активацію цього процесу (Tsygankova et al., 1998; Пономаренко, 1999).

На відміну від тваринних клітин, в яких ферменти синтезу жирних кислот розчинені в цитозолі, в рослинних клітинах їх синтез відбувається в пластидах, а десатурація та елонгація в ендоплазматичному ретикулумі (Ohlrogge et al., 1995). Синтезовані жирні кислоти транспортуються білками з невеликою молекулярною масою (Koo et al., 2004). Можна припустити, що синтетичні препарати активують і синтез трансферних білків, які переносять жирні кислоти від місць їх синтезу *de novo* та місць їх постсинтетичних перетворень до плазматичної мембрани.

Вважається, що зменшення ненасиченості жирних кислот є характерною відповіддю на дію NaCl та сприяє адаптації рослин до засолення шляхом зменшення текучості плазматичної мембрани, що запобігає надходженню іонів у клітину (Allakhverdiev et al., 1996). З іншого боку, слід враховувати, що зменшення текучості плазматичної мембрани змінює активність H⁺-АТФази (Kasamo, 1990). Так, на фоні виявленого нами зниження вмісту ненасичених жирних кислот відбувалося зменшення активності цього ферменту в клітинах коренів 8-добових проростків кукурудзи у присутності 0,1 М NaCl (Куриленко, 2007). Збільшення загальної ненасиченості жирних кислот, зумовлене дією синтетичних препаратів, ймовірно, стабілізувало роботу H⁺-АТФази за умов засолення. Так, встановлено, що обробка насіння кукурудзи препаратами метіур та івін посилювала гідролітичну активність H⁺-АТФази плазматичної мембрани з клітин коренів за добової експозиції проростків у присутності в середовищі вирощування 0,1 М NaCl (Куриленко, 2007).

Одержані результати дають підстави вважати, що механізм захисної дії препаратів

метіур та івін на рослинні організми за умов сольового стресу пов'язаний, зокрема, зі збільшенням ненасиченості жирних кислот через можливий вплив на їх синтез та реалізується шляхом покращення транспортних функцій плазматичної мембрани.

ЛІТЕРАТУРА

- Биологические мембраны. Методы* / Ред. Дж. Финдель. – М.: Мир, 1990. – 424 с.
- Контурська О.О., Палладіна Т.О. Активність фосфоліпази D у коренях проростків за умов сольового стресу та передпосівного оброблення кукурудзи препаратами адаптогенної дії // Укр. біохім. журн. – 2008. – Т. 80, № 2. – С. 141-146.
- Контурська О.О., Палладіна Т.О. Фосфоліпідний склад плазмалеми коренів проростків кукурудзи за умов засолення та обробки синтетичними препаратами // Вісник Харків. націон. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2007. – Вип. 2 (11). – С. 64-68.
- Куриленко І.М. Процеси пероксидного окислення в проростках кукурудзи за умов сольового стресу: Автореферат дис. ... канд. біол. наук. – К., 2007. – 19 с.
- Куриленко І.М., Палладіна Т.О. Вплив регуляторів росту на процеси пероксидного окислення у проростках кукурудзи за умов сольового стресу // Укр. біохім. журн. – 2001. – Т. 73, № 6. – С. 56-60.
- Куриленко І.М., Палладіна Т.О. Вплив засолення та синтетичних регуляторів росту на активність каталази та пероксидази в проростках кукурудзи // Укр. біохім. журн. – 2005а. – Т. 77, № 6. – С. 86-93.
- Куриленко І.М., Палладіна Т.О. Пероксидне окислення ліпідів в проростках кукурудзи за умов засолення та дії синтетичних регуляторів росту // Вісник Харків. націон. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2005б. – Вип. 2 (7). – С. 50-54.
- Лось Д.А. Структура, регуляція експресии и функционирование десатураз жирных кислот // Успехи биол. химии. – 2001. – Т. 41. – С. 163-198.
- Макаренко С.П., Коненкина Т.А., Путилина Т.Е. Жирнокислотный состав липидов эндосперма и зародыша семян *Pinus sibirica* и *P. sylvestris* // Физиология растений. – 2008. – Т. 55, № 4. – С. 535-540.
- Патент 26531, Україна, МПК А 01 С 1/00. Спосіб посилення солестійкості кукурудзи для її вирощування на засолених ґрунтах / Палладіна Т.О.: заявник та власник Палладіна Т.О. – заявл. 21.05.2007; опубл. 25.09.2007, Бюл. № 15.
- Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина (физико-химические свойства и биологическая активность). – Киев: Техніка, 1999. – 272 с.
- Allakhverdiev S.I., Hishiyama Y., Suzuki I. et al. Genetic engineering of the unsaturation of fatty acid in membrane lipids alters the tolerance of *Synechocystis* to salt stress // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1999. – V. 96. – P. 5862-5867.
- Azachi M., Sadka A., Fisher M. et al. Salt induction of fatty acid elongase and membrane lipid modifications in the extreme halotolerant alga *Dunaliella salina* // Plant Physiol. – 2002. – V. 129. – P. 1320-1329.
- Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Boil. – 2000. – V. 51. – P. 463-499.
- Kachroo P., Shanklin Y., Shah Y. et al. A fatty acid desaturase modulates the activation of defense signaling pathway in plants // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2001. – V. 98. – P. 9448-9453.
- Kasamo K. Mechanism for the activation of plasma membrane H⁺-ATPase from rice (*Oryza sativa* L.) culture cell by molecular species of a phospholipids // Plant Physiol. – 1990. – V. 93. – P. 1049-1052.
- Koo A.J.K., Ohlrogge J., Pollard M. On the export of fatty acid from the chloroplast // J. Biol. Chem. – 2004. – V. 279. – P. 16101-16110.
- Leonard R.T., Van der Woude W.J. Isolation of plasma membranes from corn roots by sucrose density gradient centrifugation // Plant Physiol. – 1976. – V. 57. – P. 105-114.
- Mansour M.M.F., Salama K.H.A., Al-Mutawa M.M. et al. Effects of NaCl and polyamines on plasma membrane lipids of wheat roots // Biol. Plant. – 2002. – V. 45. – P. 235-239.
- Norberg P., Liljenberg C. Lipids of plasma membranes prepared from oat root cells. Effects of induced water-deficit tolerance // Plant Physiol. – 1991. – V. 96. – P. 1136-1141.
- Ohlrogge J., Browse J. Lipid biosynthesis // Plant Cell. – 1995. – V. 7. – P. 957-970.
- Rodriguez-Rosales M.P., Kerbek L., Bueno P. et al. Changes induced by NaCl in lipid content and composition, lipoxygenase, plasma membrane H⁺-ATPase and antioxidant enzyme activities of tomato (*Lycopersicon esculentum*. Mill) calli // Plant Sci. – 1999. – V. 143. – P. 143-150.
- Tsygankova V.A., Zayetz V.N., Galkina L.A. et al. An unusual minor protein appearing in embryonic axis cells of haricot bean seeds following germination process stimulated by 6-methylthiouracil //

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СКЛАД

- Биополимеры и клетка. – 1998. – Т. 14, № 5. – С. 438-448.
- Zhang M., Barg R., Yin M. et al. Modulated fatty acid desaturation via expression of two distinct ω -3 desaturases differentially alters tolerance to various abiotic stresses in transgenic tobacco cell and plants // Plant J. – 2005. – V. 44. – P. 361-371.
- Zhang W., Wang C., Qin C. The oleate-stimulated phospholipase D, PLD δ , and phosphatidic acid decrease H₂O₂-induced cell death in Arabidopsis // Plant Cell. – 2003. – V. 15. – P. 2285-2295.
- Zhu J.K. Plant salt tolerance // Trends Plant Sci. – 2001. – V. 6. – P. 66-71.

Надійшла до редакції
23.04.2010 р.

FATTY ACIDS COMPOSITION OF PLASMA MEMBRANE FROM ROOTS OF MAIZE SEEDLINGS UNDER SALINITY AND SYNTHETIC COMPOUND TREATMENT

O. O. Konturska, T. O. Palladina

*M.G. Kholodny Institute of Botany
of National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

Effects of salinity and synthetic compounds treatment on a fatty acid composition of plasma membrane from root of maize seedlings have been investigated. It was shown, that the salt exposition (0,1 M NaCl) increased the fatty acids saturation level, then the synthetic compounds treatment resulted in increase the fatty acids unsaturation level. Possible mechanisms of the synthetic compounds effect on the fatty acids composition in root plasma membrane have been under discussion.

Key words: *Zea mays L., plasmatic membrane, fatty acids, salt stress, Methyure, Ivine*

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СИНТЕТИЧЕСКИМИ ПРЕПАРАТАМИ

О. А. Контурская, Т. А. Палладина

*Институт ботаники им. Н.Г. Холодного
Национальной академии наук Украины
(Киев, Украина)*

Исследовано влияние засоления и обработки семян препаратами метиур и ивин на жирнокислотный состав плазматической мембраны корней проростков кукурузы. Показано, что солевая экспозиция (0,1 М NaCl) вызывала увеличение насыщенности жирнокислотных цепей липидов бислоя, тогда как обработка семян препаратами приводила к увеличению их ненасыщенности. Обсуждаются возможные механизмы влияния синтетических препаратов на жирнокислотный состав плазматической мембраны.

Ключевые слова: *Zea mays L., плазматическая мембрана, жирные кислоты, солевой стресс, метиур, ивин*