



УДК 57.011+577.352.22+615.01+577.112.824

© 2008

В. П. Лозовий, О. М. Ляхов, С. В. Яблонська, О. М. Філінська,
Т. В. Рибальченко

Мембранотропна активність регуляторів росту рослин івіну та потейтину

(Представлено членом-кореспондентом НАН України С. О. Костериним)

The influences of ivin (2,6-dimethylpyridine-N-oxide) and poteitin (molecular complex of 2,6-dimethylpyridine-N-oxide and succinate) on phospholipid monolayer model membranes that are composed of distearoyl phosphatidylcholine and natural phosphatidylcholine have been studied. It has been determined that ivin and poteitin change the energy parameters of monolayer membranes and raised the area size occupied by one phospholipid molecule. The interaction mechanism of the studied compounds with monolayer membranes does not depend on their saturation rate.

На основі N-оксид піридину створено низку нових регуляторів росту рослин широкого спектра дії [1, 2]. Серед них значного поширення в сільському господарстві набули івін (2,6-диметилпіридин-N-оксид) та потейтин (комплекс 2,6-диметилпіридин-N-оксиду та сукцинату натрію).

Первинною ланкою реалізації дії біологічно активних речовин (БАР) є їх взаємодія з плазматичною мембраною клітини [3, 4]. У зв'язку з цим нами вивчено взаємодію івіну та потейтину з модельними моношаровими фосфоліпідними мембранами, які сформовані з синтетичного дистеароїлфосфатидилхоліну (ДСФХ) та з природного фосфатидилхоліну (ФХ).

Досліди проводили з використанням з'ємної тefлонової ванни об'ємом 120 мл ("Mini Trough" фірми "Joyce Loebel Automation", США), в яку додавали івін та потейтин (10^{-4} – 10^{-6} моль/л). На поверхню субфази (0,005 моль/л буферний розчин *tris*-HCl, рН $7,4 \pm 0,1$, 20 °C) за допомогою шприца Гамільтона наносили розчин ДСФХ або ФХ у хлороформі (2 мг/мл). Поверхневий тиск (π) вимірювали за допомогою мікротерезів Вільгельмі, ізотерми стиснення реєстрували самозаписувачем [5]. Площу моношару, що припадає на одну молекулу фосфоліпиду (S_0), визначали в області ізотерми, яка відповідає стану моношару "тверде тіло" шляхом екстраполяції до нульового значення поверхневого тиску ($\pi = 0$) (рис. 1).

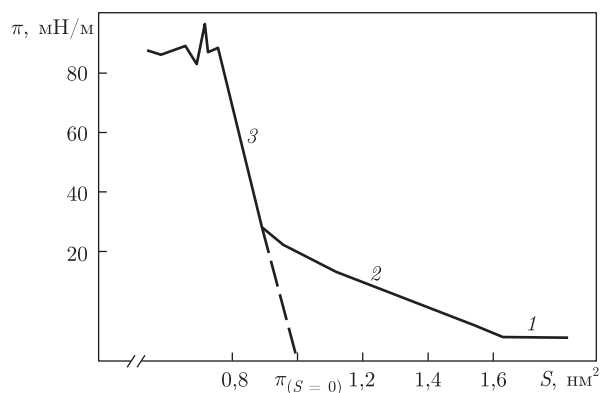


Рис. 1. Типова діаграма поверхневий тиск — площа, що припадає на одну молекулу: 1, 2, 3 — області двовимірного газу, двовимірної рідини, двовимірного твердого тіла відповідно

Області двовимірна рідина — двовимірне тверде тіло знаходили за формулою, аналогічною з роботою [6]: $S = \omega_0 + \omega_1 / [f_1 \exp(\pi\omega_1/qkT) - 1]$, де S — площа, що припадає на одну молекулу фосфоліпиду, nm^2 ; π — поверхневий тиск, mN/m ; f_1 й q — числові константи, які характеризують неідеальність змішування в системі ліпід — вода; ω_0 — площа поперечного перетину молекули ліпиду, nm^2 ; ω_1 — площа, що зайнята молекулою води на поверхні субфази, nm^2 ; k — константа Больцмана, Дж/К ; T — температура, К . Розрахунки проводили за припущенням, що на межі поділу субфаза — повітря з ліпідом взаємодіє тільки один шар води ($\omega_1 = 0,0965 \text{ nm}^2$). Параметри f_1 й q визначали шляхом апроксимації ізотерми стиснення. Зміни вільної енергії (ΔG) на межі поділу субфаза — повітря, що виникають при появі ліпиду, розраховували за формулою: $\Delta G = kT[q \ln f_1 + (q - 1) \ln(X_1^2)] = H_{11}X_1^2 + 2H_{12}X_1X_2 + H_{22}X_2^2$ [6], де X_1 й X_2 — молярні частки води (субфази) й ліпиду на межі поділу субфаза — повітря; H_{11} , H_{12} та H_{22} — енергетичні коефіцієнти (кал/моль), які відповідають взаємодіям субфаза — субфаза, субфаза — ліпід та ліпід — ліпід відповідно.

Згідно зі статтею [6], параметр ω_0 для ФХ приймали дорівнюючим $0,60 \text{ nm}^2$, а для ДСФХ — $0,40 \text{ nm}^2$; $X_1 = 0,70$.

Івін та потейтин у концентрації 10^{-4} – 10^{-6} моль/л змінюють параметри моношарових мембран: значення S_0 та ΔG — імовірно збільшуються, а коефіцієнтів H_{11} , H_{12} та H_{22} — імовірно зменшуються. При зменшенні концентрації досліджених речовин ці показники не змінюються.

Збільшення площі, що припадає на одну молекулу, є результатом взаємодії досліджених речовин з молекулами фосфоліпідів. Збільшення розмірів модифікованих молекул фосфоліпідів спричинює зниження загальної кількості ліпиду на поверхні, що зумовлює зменшення значення H_{22} . Опосередковано це впливає і на взаємодії між молекулами води (зменшення H_{11}) поблизу моношару та між молекулами води й ліпиду (зменшення H_{12}). Відносне зростання кількості полярних молекул води на поверхні (внаслідок стеричних ускладнень при міжліпідних взаємодіях) призводить до зростання вільної енергії поверхні, про що свідчать зміни значень енергетичного параметра ΔG .

Оскільки основою хімічного складу івіну та потейтину є N-оксид піридину, нами досліджено вплив самого піридину на моношарові мембрани. Встановлено, що при дії піридину (табл. 1) спостерігаються зростання площі, що припадає на одну молекулу фосфоліпиду, та різнонаправлені зміни значень енергетичних параметрів моношарової мембрани. Встановлені зміни можуть виникати через електростатичну взаємодію між молекулою піридину

та фосфохоліновими залишками, а також через часткове “занурення” дослідженої речовини між молекулами фосфатидилхолінів мембрани. Бурштинова кислота, що входить до складу потейтину, не викликає змін значень енергетичних параметрів моношарових мембран. Отже, можна припустити, що мембранотропні властивості івіну та потейтину забезпечуються N-оксидом піридину.

Оскільки характер взаємодії БАР з моношаровими мембранами, сформованими як з ДСФХ (табл. 1), так і з ФХ (табл. 2), не має принципових відмінностей, можна стверджувати, що механізм взаємодії досліджених речовин з моношарами не залежить від ступеня їх насиченості.

За результатами отриманих даних встановлено, що івін та потейтин (див. табл. 1; 2) змінюють значення енергетичних параметрів моношарових мембран, при цьому ці зміни є однонаправленими та рівнозначними. Це свідчить про взаємодію досліджених речовин

Таблиця 1. Вплив досліджених речовин на структурні та енергетичні параметри моношарових мембран, сформованих з синтетичного дистеароїлфосфатидилхоліну ($M \pm m$)

Сполука	S_0 , нм ² /молекула	H_{11} , кал/моль	H_{12} , кал/моль	H_{22} , кал/моль	ΔG , кал/моль
Вода	0,62 ± 0,02	38 ± 4	-56 ± 7	-401 ± 16	-29 ± 5
Буфер (<i>tris</i> , рН 7,4)	0,64 ± 0,01	44 ± 4	-50 ± 1	-399 ± 13	-25 ± 1
Потейтин, 10 ⁻⁴ моль/л	(0,74 ± 0,03)*	(35 ± 2)*	(-42 ± 4)*	(-365 ± 15)*	(-38 ± 3)*
Потейтин, 10 ⁻⁵ моль/л	(0,70 ± 0,02)*	36 ± 4	(-45 ± 3)*	-366 ± 18	(-35 ± 2)*
Потейтин, 10 ⁻⁶ моль/л	0,68 ± 0,03	37 ± 5	-48 ± 4	-386 ± 12	-28 ± 4
Івін, 10 ⁻⁴ моль/л	(0,73 ± 0,03)*	(37 ± 1)*	(-44 ± 3)*	(-364 ± 14)*	(-37 ± 5)*
Івін, 10 ⁻⁵ моль/л	(0,69 ± 0,03)*	(37 ± 2)*	(-44 ± 4)*	(-361 ± 18)*	(-33 ± 4)*
Івін, 10 ⁻⁶ моль/л	0,66 ± 0,04	40 ± 3	-45 ± 3	-379 ± 16	-32 ± 6
Піридин, 10 ⁻⁴ моль/л	0,67 ± 0,02	(34 ± 3)*	(-72 ± 6)*	(-432 ± 7)*	-33 ± 5
Піридин, 10 ⁻⁵ моль/л	0,68 ± 0,03	36 ± 4	(-68 ± 6)*	-429 ± 12	(-31 ± 3)*
Піридин, 10 ⁻⁶ моль/л	0,69 ± 0,03	40 ± 4	-57 ± 5	-416 ± 9	-28 ± 3
Бурштинова кислота, 10 ⁻⁴ моль/л	0,62 ± 0,01	45 ± 2	-52 ± 2	-387 ± 9	-22 ± 2
Бурштинова кислота, 10 ⁻⁵ моль/л	0,62 ± 0,04	43 ± 3	-50 ± 3	-391 ± 15	-23 ± 5

*Ці значення вірогідно ($p < 0,05$) відрізняються від значення для субфази.

Таблиця 2. Вплив досліджених речовин на структурні та енергетичні параметри моношарових мембран, сформованих з природного фосфатидилхоліну ($M \pm m$)

Сполука	S_0 , нм ² /молекула	H_{11} , кал/моль	H_{12} , кал/моль	H_{22} , кал/моль	ΔG , кал/моль
Вода	0,78 ± 0,02	47 ± 3	-70 ± 5	-498 ± 16	-36 ± 4
Буфер (<i>tris</i> , рН 7,4)	0,80 ± 0,02	54 ± 4	-63 ± 2	-504 ± 17	-33 ± 2
Потейтин, 10 ⁻⁴ моль/л	(0,90 ± 0,02)*	56 ± 3	-60 ± 5	(-585 ± 12)*	(-44 ± 3)*
Потейтин, 10 ⁻⁵ моль/л	(0,88 ± 0,02)*	54 ± 2	-62 ± 3	(-573 ± 14)*	(-41 ± 4)*
Потейтин, 10 ⁻⁶ моль/л	0,87 ± 0,05	55 ± 5	-62 ± 4	-542 ± 18	-38 ± 4
Івін, 10 ⁻⁴ моль/л	(0,88 ± 0,03)*	56 ± 5	-58 ± 4	(-569 ± 12)*	(-42 ± 3)*
Івін, 10 ⁻⁵ моль/л	(0,90 ± 0,05)*	55 ± 3	-60 ± 5	(-552 ± 11)*	(-42 ± 5)*
Івін, 10 ⁻⁶ моль/л	0,87 ± 0,04	56 ± 3	-62 ± 5	-558 ± 17	-39 ± 5
Піридин, 10 ⁻⁴ моль/л	(0,86 ± 0,02)*	(40 ± 5)*	(-84 ± 8)*	-532 ± 14	(-45 ± 5)*
Піридин, 10 ⁻⁵ моль/л	0,84 ± 0,03	44 ± 6	(-77 ± 6)*	-521 ± 18	-39 ± 6
Піридин, 10 ⁻⁶ моль/л	0,84 ± 0,05	48 ± 5	-68 ± 4	-511 ± 8	-36 ± 5
Бурштинова кислота, 10 ⁻⁴ моль/л	0,75 ± 0,03	46 ± 3	-74 ± 4	-488 ± 13	-32 ± 4
Бурштинова кислота, 10 ⁻⁵ моль/л	0,78 ± 0,04	49 ± 5	-68 ± 5	-498 ± 16	-33 ± 5

*Ці значення вірогідно ($p < 0,05$) відрізняються від значення для субфази.

з зарядженими групами фосфоліпідів, а саме, з залишками фосфату та холіну. Івін і потейтин також підвищують величину площі, що припадає на одну молекулу фосфоліпідів. Такі зміни можуть бути наслідком часткового проникання досліджених речовин між молекулами фосфоліпідів моношарових мембран.

1. Пономаренко С. П. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина (физико-химические свойства и биологическая активность). – Киев: Техніка, 1999. – 272 с.
2. Романюк Н. Д. Фізіологічна активність нових регуляторів росту – івіну, емістиму С та агростимуліну: Автореф. дис. . . . канд. біол. наук. – Львів, 1999. – 24 с.
3. Ляхов О. М. Взаємодія фізіологічно активних речовин з ленгмюрівськими мономолекулярними плівками: Автореф. дис. . . . канд. біол. наук. – Київ, 2006. – 19 с.
4. Рыбальченко В. К., Островская Г. В., Рыбальченко Т. В. Активная роль липидного матрикса плазматических мембран в реализации эффектов регуляторных пептидов // Тканевые регуляторные пептиды. Теоретические аспекты и перспективы практического применения / Под общ. ред. И. П. Кайдашева, В. П. Мищенко, В. К. Рыбальченко. – Киев: Здоров'я, 2003. – С. 309–330.
5. Прокопенко Р. А., Ляхов О. М., Могилевич С. Є., Луйк О. І. Взаємодія модуляторів фосфоліпідної та аденілатциклазної сигнальних систем клітини з фосфоліпідними моношарами // Доп. НАН України. – 2001. – № 3. – С. 189–193.
6. Feng Si-Shen, Brockman L. H., Mac-Donald R. C. On osmotic-type equations of state for liquid-expanded monolayers of lipids at the air-water interface // Langmuir. – 1994. – 10. – P. 3188–3194.

Київський національний університет
ім. Тараса Шевченка

Надійшло до редакції 15.04.2008

УДК :616.314:615.849.19

© 2008

А. Я. Барилляк

Нанолазерна дезінфекція системи кореневого каналу зуба

(Представлено членом-кореспондентом НАН України Д. Д. Зербіном)

A nanolaser method of the disinfection root canal system of tooth is offered. Comparing the bactericidal action of silver nanoparticles to the bactericidal effect of laser irradiation in the root canal of tooth in vitro is conducted. The increase of the depth of penetration of nanoparticles is set in dentinal tubules at the nanosecond sentinel mode of irradiation. Bacteriological information of researches confirmed that an additional laser irradiation at a wavelength of 1064 nm deeply enough got to the dentinal structures as a result of the waveguide effect and, in combination with silver nanoparticles provides a synergistic effect – total elimination of bacteria is due to the additional photoactivation of nanoparticles.

Мікроорганізми і токсичні продукти їх життєдіяльності у каналі кореня зуба являються головною причиною виникнення періапикальних запальних процесів або їх загострень. Тому основним завданням ендодонтичного лікування є повна дезінфекція кореневого каналу.