

О.І. ПУНДЯК

Інститут екології Карпат НАН України,
вул. Стефаника 11, м. Львів, 79000,

ВПЛИВ МОДУЛЯТОРІВ ОБМІНУ КАЛЬЦІЮ НА ГРАВІЧУТЛИВІСТЬ СПОР МОХУ *FUNARIA HYGROMETRICA* HEDW.

Ключові слова: *Funaria hygrometrica* Hedw., поляризація, гравічутливість, іони кальцію

Key words: *Funaria hygrometrica* Hedw., polarization, gravisensitivity, calcium ions

О.І. PUNDIAK

THE INFLUENCE OF MODULATORS OF CALCIUM EXCHANGE ON THE GRAVISENSITIVITY OF SPORES OF MOSS *FUNARIA HYGROMETRICA* HEDW.

Institute of Ecology of the Carpathians, N.A.S. of Ukrain,
11 Stefanyk str., Lviv, 79000, Ukraine.

Calcium gluconate, uridine diphosphate and lanthanum chloride changed considerably the gravisensitivity of germinating spores of moss *Funaria hygrometrica* Hedw. These chemicals have the ability to change calcium dependent activity of biosynthesis of polycarbohydrates of cell wall.

Як відомо, іони Ca^{2+} відіграють ключову роль у процесах поляризації клітин організму, що розвивається. Проте, ще вищою поляризуючою активністю відзначається комплекс іонів кальцію з органічними молекулами, наприклад комплекс кальцію з кальмодуліном [4]. Важливою є відповідь на питання щодо впливу на процеси поляризації клітини присутності у зовнішньому середовищі органічних сполук, котрі можуть модифікувати активність кальцій-залежних ферментів. Зокрема, вже відомо, що гравічутливість спор відображає здатність їх організму перерозподіляти активність таких ферментів залежно від напрямку дії гравітації [4]. У зв'язку з цим, метою роботи було дослідження поляризації клітини на модельній системі первинних етапів проростання спор моху *Funaria hygrometrica* Hedw., де індуктором полярності є сила земного тяжіння [5]. Спора формує переважно два проростки: перший – це позитивно гравітропний первинний ризоїд, другий – це негативно гравітропна первинна хлоронема.

Будували гістограми кутів початкових напрямків росту перших і других проростків спор *Funaria hygrometrica* та кутів між ними для візуальної оцінки гравічутливості проростків спор (рис. 1, 2). Для оцінки гравічутливості використовували запропонований нами критерій G_i^j – надлишкові ймовірності росту проростків у діапазоні кутів від i^0 до j^0 . Так, G_{-90}^{90} , G_{90}^{270} – це надлишкові ймовірності росту проростків вверх або вниз; G_{-20}^{20} , G_{160}^{200} – це надлишкові ймовірності росту проростків догори або донизу в напрямку, що відхиляється

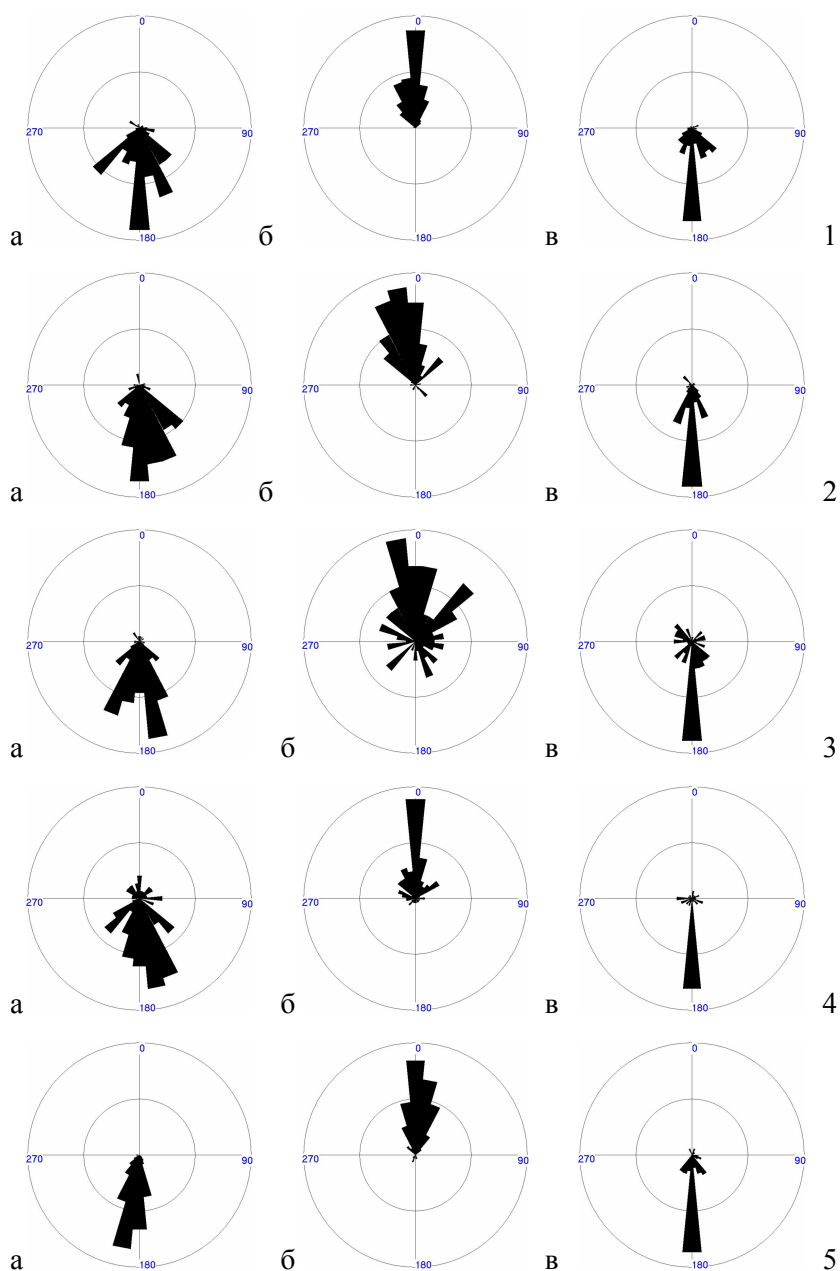


Рис.1. Гістограма кутів початкових напрямків росту перших (а) і других (б) проростків спор *Funaria hygrometrica* та кутів між ними (в) в чашках Петрі на середовищі Кноп -2 з 0,2%-ю глюкозою в контролі (1) та з різними концентраціями глюкозату кальцію: (2) – 0,5мМ; (3) – 5 мМ; і хлориду лантану: (4) – 10 мкМ; (5) – 60 мкМ.

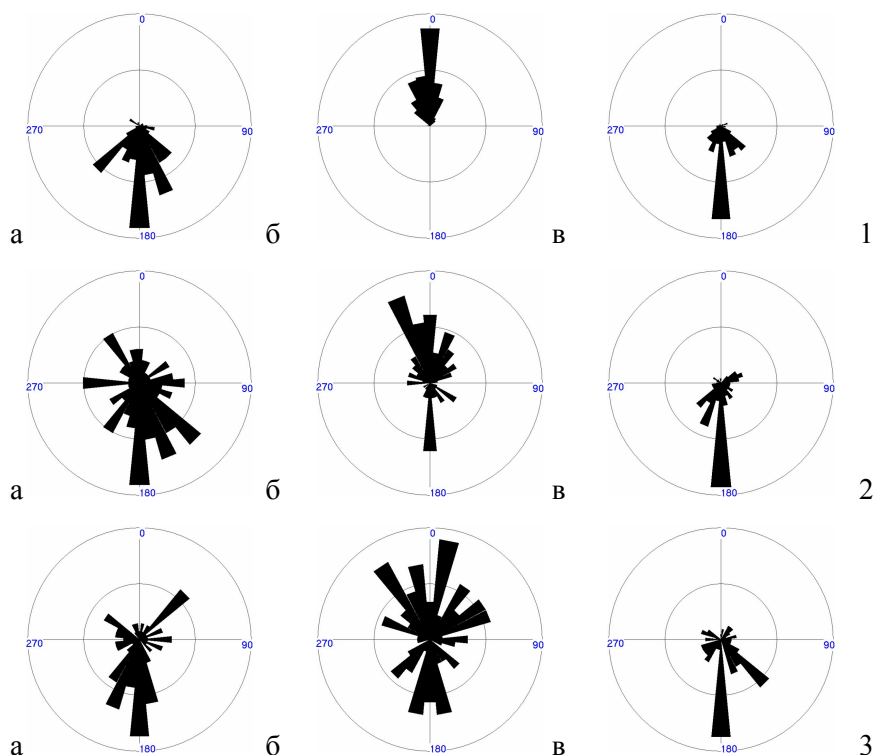


Рис.2. Гістограма кутів початкових напрямків росту первинних ризоїдів (а) і первинних хлоронем (б) проростаючих спор *Funaria hygrometrica* та кутів між ними (в) в чашках Петрі на середовищі Кноп -2 з 0,2%-ю глюкозою в контролі (1) та на середовищах з 50 мкМ УДФ з різними концентраціями нітрату кальцію: (2) – 6 мМ; (3) – 0 мМ.

від вертикалі менше, ніж на 20^0 (табл.). Критерії гравічутливості обчислювали за формулою:

$$G_i^j = (x_i^j - y_i^j)z_i^j; \quad (1)$$

де x_i^j – відсоток проростків, що ростуть в інтервалі напрямків від i^0 до j^0 ; y_i^j – відсоток проростків, які росли б у цьому інтервалі напрямків за умови повної відсутності гравічутливості: так, $y_{-90}^{90} = y_{90}^{270} = 50\%$; $y_{-20}^{20} = y_{160}^{200} = 11,1$; z_i^j – коефіцієнт, який визначається формулою (1) та системою рівностей $x_i^j = 100\%$, $G_i^j = 100\%$: так, $z_{-90}^{90} = z_{90}^{270} = 2$; $z_{-20}^{20} = z_{160}^{200} = 1.13$.

Виявлено, що гравічутливість проростаючих спор слабо залежить від зовнішньоклітинної концентрації іонів Ca^{2+} з неорганічними контріонами. Проте картина проростання спор істотно змінюється за наявності в середовищі комплексів іонів кальцію з ЕГТА (в концентрації 50 мкМ).

Спора проростає із запізненням, формуючи негативно гравітропні проростки [6]. Щоб в'янути, чи інші органічні речовини в екстрацелюлярному середовищі призводять до помітної зміни гравічутливості спор, порушуючи кальцій-залежну біологічну активність, проводили свої дослідження з глюконатом кальцію та уридиндифосфатом. Вже в концентрації 0,5 мМ кальцію глюконат покращував гравічутливість первинного ризоїда, а в концентрації 5 мМ, істотно зменшував гравічутливість первинної хлоронеми. Це свідчить про активність глюконату кальцію щодо гравізалезного процесу поляризації спор *Funaria hygrometrica*. На середовищі з глюконатом кальцію без глюкози спори не проростали. У присутності глюконату кальцію на середовищі з глюкозою, але без неорганічних солей спори теж не проростали. Отже аніон залишку глюконової кислоти не включається в метаболізм спори, а швидше за все модифікує морфогенетичну дію кальцієвого катіону.

Таблиця.

Гравічутливість проростків спор, сформованих під впливом різних концентрацій глюконату кальцію, УДФ та хлориду лантану

Концентрація, мМ		Ризоїд		Хлоронема	
		G_{90}^{270} , %	G_{160}^{200} , %	G_{-90}^{90} , %	G_{-20}^{20} , %
0		76,0±2,4	43,3±4,7	88,0±1,8	61,2±4,4
глюконат кальцію	0,5	94,0±1,7*	50,7±5,0	88,0±2,4	55,2±4,9
	5	78,0±3,1*	51,8±5,0	46,0±4,4*	25,8±4,7
хлорид лантану LaCl ₃	0,01	54,0±4,2*	29,5±4,8*	69,4±4,9*	26,6±4,8
	0,06	98,0±1,0*	74,0±4,2*	88,0±2,4	64,0±4,7
	0,1	94,0±1,7*	67,1±4,6	-----	-----
УДФ 50 мкМ	+ Ca	28±5,0*	19,0±4,5	40±4,3*	27,2±4,3*
	- Ca	16±5,1*	25,5±4,7	18±5,0*	8,8±3,8*

Жирним шрифтом позначено величини гравічутливості, що достовірно відрізняються від контролю, а зірочкою * позначено величини гравічутливостей за певних концентрацій чинника, що достовірно відрізняються від величин за попередніх концентрацій цього чинника

Вплив уридиндифосфату (УДФ), низькомолекулярного продукту синтезу полісахаридів клітинної стінки [2, 3], на середовищі Кнопа з глюкозою без нітрату кальцію помітно відрізнявся від впливу цієї сполуки на середовищі в присутності нітрату кальцію. В обох випадках спостерігалось значне зменшення гравічутливості обох проростків, порушення почерговості їх формування: первинний ризоїд – первинна хлоронема.

Проте, за умови відсутності іонів кальцію в середовищі, цей ефект був значніший: спора на етапі формування первинної хлоронеми практично повністю втрачає гравічутливість.

Рідкоземельні метали лантановіди конкурують за сайти зв'язування кальцію з біополімерами [1]. Отож їх можна розглядати, як модифіковані катіони кальцію із зарядом +3 та підвищеною здатністю до комплексоутворення. Так, хлорид лантану LaCl₃ у концентрації 10 мкМ сильно погіршував гравічутли-

вість первинного ризоїда, і слабше – гравічутливість первинної хлоронеми. За концентрації 60 та 100 мкМ LaCl_3 навпаки, покращував гравічутливість первинного ризоїда порівняно з контролем, не впливаючи на гравічутливість первинної хлоронеми (за концентрації 100 мкМ протонематичні проростки не утворювалися).

Усі ці дані, на нашу думку, можуть свідчити, що гравічутливість спор *Funaria hygrometrica* контролюється структурно-функціональним станом ферментів синтезу полісахаридів, зокрема, кальцій-залежною калозосинтазою [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. **Владимиров Ю.А., Добрецов Г.Е.** Флюоресцентные зонды в исследованиях биологических мембран. – М.: Наука, 1980. – 320 с.
2. **Кретович В.Л.** Биохимия растений. – М.: Мир, 1968. – 623 с.
3. **Курсанов А.Л.** Транспорт ассимилятов в растений. – М.: Наука, 1976. – 619 с.
4. **Медведев С.С.** Физиологические основы полярности растений. – С-Пб.: Кольна, 1996. – 159 с.
5. **Пундяк О.І., Демків О.Т., Хоркавців Я.Д., Багрій Б.Б.** Полярність проростання спор моху *Funaria higrometrica* Hedw. // Космічна наука і технологія. – 2001. – 8, № 1. – С. 96-100.
6. **Пундяк О.І., Демків О.Т.** Модифікація ритмічності проростання спор моху *Funaria higrometrica* Hedw.// Тези доповідей 3-го з'їзду українського біофізичного товариства. Львів, 2002.