

УДК 576.851.155

**ВПЛИВ ГЛЮКОЗО- І ГАЛАКТОЗОВМІСНИХ  
МОНОЦУКРІВ НА РОЗВИТОК *BRADYRHIZOBIUM*  
*JAPONICUM* В УМОВАХ *IN VITRO*****О. В. Кириченко**Інститут фізіології рослин і генетики НАН України  
вул. Васильківська, 31/17; м. Київ, 03022, Україна; e-mail: leki07@mail.ru

Досліджено вплив мікромолярної концентрації глюкозо- і галактозовмісних моноцукрів (глюкози, *N*-ацетил-*D*-глюкозаміну, галактози, *N*-ацетил-*D*-галактозаміну), які становлять основну частку у складі екзополісахаридів *Bradyrhizobium japonicum* 634 б на розвиток ризобіальної культури в умовах *in vitro*. Показано, що вираженням позитивним сигналіном відносно ризобій сої характеризувались вуглеводи групи галактози з максимальним ефектом у *N*-ацетил-*D*-галактозаміну. Активність аміноцукрів як регуляторних сполук переважала таку у гексоз, що підтверджується результатами оцінки росту бактерій за показниками кількості життєздатних клітин, часом генерації культури та швидкістю її розмноження.

Ключові слова: глюкоза, галактоза, *N*-ацетил-*D*-глюкозамін, *N*-ацетил-*D*-галактозамін, *Bradyrhizobium japonicum* 634 б, ростова активність.

Вуглеводам і їхнім полімерам належить важлива роль у метаболізмі живих організмів, яка пов'язана з енергетичним та біоінформаційним потенціалом. Найбільш поширеними у природі простими вуглеводами (моноцукрами) є альдози (пентози — *D*-рибоза, *D*-ксилоза, *L*-арабіноза, гексози — *D*-галактоза, *D*-глюкоза, *D*-манноза), кетози (*D*-фруктоза, *D*-рибулоза), дезоксіальдози (2-дезоксі-*D*-рибоза, *L*-фукоза), ацетильовані аміноцукри (*N*-ацетил-*D*-галактозамін, *N*-ацетил-*D*-глюкозамін), кислі моносахариди (*D*-глюкуронова кислота, *N*-ацетилнейрамінова кислота, *L*-ідурунова кислота), сахароспирти (*D*-сорбіт, *D*-маніт).

Роль вуглеводів у взаємодії мікроорганізмів з вищими рослинами полягає у тому, що різні цукри входять до складу корневих метаболітів рослин [5] і є атрактантами для ґрунтових мікроорганізмів, зокрема бульбочкових бактерій [7], що забезпечує залучення

мікроорганізмів до ризосферної зони рослини-хазяїна й первинні доконтактні взаємодії симбіонтів на рівні обміну сигнальними молекулами. За рахунок вуглевод-білкової рецепції, яка реалізується зокрема фітолектинами й мікробними полісахаридами, здійснюється один із ранніх етапів взаємодії рослини-господаря з мікросимбіонтом на молекулярному рівні [3; 6]. Вуглеводні сполуки як біологічно активні речовини, що акумулюються у ризосферній зоні рослин, визначають розвиток і функціональну здатність ґрунтових мікроорганізмів [16]. За екзогенної дії на бактеріальні клітини вони впливають на ріст, розвиток, метаболічну і фізіологічну активність бактерій та формування рослинно-мікробних асоціацій і симбіозів [1; 6; 9; 10; 13]. При дослідженні активності та складу ґрунтових діазототрофів під впливом штучних модельних корневих ексудатів і окремих джерел вуглецю встановлено, що

Стаття присвячена річниці світлої пам'яті знаного мікробіолога України, професора, доктора біологічних наук Антипчук Адель Федорівни.

лише ті субстрати, які містили цукри, індукували азотфіксуючу активність. Додатковий селективний ефект за відношенням до активної діазотрофної популяції мала значення також присутність у субстраті й органічних кислот [11]. Цукри є компонентами живильних середовищ росту — джерелом вуглеводів для мікроорганізмів, необхідних для росту, розвитку й функціональної активності бактеріальної культури [2]. Окрім того, відомо про позитивний зв'язок між здатністю мікосимбіонтів (бактерій, водоростей) катаболізувати певні вуглеводні сполуки та утворювати симбіотичні системи з рослинами. Так, мутантні за транспортом і катаболізмом рамнози бульбочкові бактерії *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* втрачали здатність до формування ефективних кореневих бульбочок у конюшини [15]. При застосуванні мічених  $^{14}\text{C}$  фруктози (Frt) і глюкози (Glc) в тестах на гетеротрофний ріст водорості *Nostoc punctiforme* показано наявність зв'язаного з АТФ транспортера касетного типу для фруктози, а також глюкозо-пермеази і поріну, необхідних для оптимального поглинання обох цукрів. Дослідження симбіотичної ефективності мутантів ностоку за транспортом цукрів щодо здатності інфікувати рослини *Anthoceros punctatus* показало, що штами, які втрачали здатність до транспорту глюкози, не інфікували рослини. При цьому встановлено важливу роль глюкозо-пермеази у симбіозоутворенні [12].

Раніше нами показано [7; 8], що глюкозо- і галактозовмісні моноцукри входять до складу екзополісахаридів бульбочкових бактерій сої штаму 634 б — рецепторних молекул лектину сої, який належить до групи галактозоспецифічних лектинів. Причому вміст цукрів групи галактози і глюкози складає 35,0 і 33,2 % відповідно, що в загальному становить майже 70 % від загальної суми цукрів екзополісахаридів ризобій 634 б. Дані сполуки є широко поширеними як компоненти корневих ексудатів рослин [5], що акумулюються в ризосферному ґрунті і впливають на ризосферну мікрофлору та взаємодію рослин і мікроорганізмів [6; 10; 13], а також є позитивними хемоатрактантами для швидко- і повільнорослих бульбочкових бактерій, у тому числі й ризобій сої [7].

У зв'язку з цим, метою даної роботи було дослідження впливу глюкозо- і галактозо-

вмісних гексоз (галактоза, глюкоза) й аміноцукрів (N-ацетил-D-глюкозамін, N-ацетил-D-галактозамін) на ростову активність бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 634 б в умовах чистої культури.

**Матеріали й методи.** Культуру *B. japonicum* 634 б вирощували на манітно-дріжджовому середовищі (МДС) такого складу (г/л):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,2;  $\text{NaCl}$  — 0,1;  $\text{CaCO}_3$  — 0,5; дріжджовий екстракт — 0,5; маніт — 10,0; рН 6,0–6,5. Середовище стерилізували при 1,0 атм. протягом 30 хвилин. Рідке середовище використовували для нарощування культури, тверде (додавання агару 16 г/л) — для вирощування культури у пробірках і на чашках Петрі. Розчини вуглеводів — глюкози (Glc), галактози (Gal), N-ацетил-D-глюкозаміну (GlcNAc), N-ацетил-D-галактозаміну (GalNAc) готували у вигляді маточних розчинів (0,01М), які стерилізували при 0,5 атм. протягом 20 хвилин.

У стерильних умовах в колби-качалки (200 мл МДС) додавали маточні розчини цукрів (5 мл), отримуючи, таким чином, 40-кратні їх розведення та засівали посівну культуру ризобій (20 мл), отримуючи її кінцеве 10-кратне розведення. Посівну культуру одержували шляхом змиву бактерій з агаризованого середовища та ретельного розмішування до однорідної консистенції. У посівній культурі визначали оптичну густину суспензії та кількість життєздатних бактерій. У контрольному варіанті до середовища росту бактерій додавали стерильну воду (20 мл). Культуру вирощували в умовах періодичного культивування на качалці при 180 обертів/хвилину протягом 8 годин та стаціонарного росту протягом 16 годин. Відбори зразків культури для аналізу здійснювали на 6, 13 і 20-ту добу вирощування, що відповідає для повільнорослих ризобій [8], відповідно, лаг-фазі, експоненціальній фазі росту бактерій — фазі активного розмноження мікроорганізмів та ранній стаціонарній фазі росту культури — фазі, коли уповільнюється і надалі призупиняється поділ клітин [4].

Ростову активність бульбочкових бактерій сої за дії моноцукрів у середовищі росту оцінювали за оптичною густиною суспензії та кількістю життєздатних клітин бактерій у суспензії протягом трьох тижнів росту культури. Оптичну густину визначали на спектрофотометрі «Smart Spec Plus Bio-Rad»

(США) при довжині хвилі 540 і 560 нм [8]. Кількість колонієутворюючих одиниць (КУО) мікроорганізмів — методом серійного розведення суспензії, висіву культури на тверде середовище росту й підрахунку колоній [2]. Для аналізу ростових процесів бульбочкових бактерій сої за дії вуглеводів у середовищі росту також застосовували показники — час генерації (g) — відрізок часу, впродовж якого кількість бактерій у середовищі подвоюється, а також кількість поколінь за добу (N), яка характеризує швидкість розмноження мікроорганізмів [4]. Результати статистично обраховані (*Statgraphyc Plus*) та представлені у вигляді середніх значень і їхніх похибок

( $M \pm m$ ), розрахованих за даними двох біологічних і трьох аналітичних повторень.

**Результати та обговорення.** Отримані результати показали, що при культивуванні ризобій протягом трьох тижнів спостерігалось накопичення бактеріальної біомаси, про що свідчить ущільнення густини бактеріальної суспензії в усіх варіантах досліджу (табл. 1) і підвищення чисельності КУО бактерій (табл. 2). 6-добова ризобіальна суспензія характеризувалася збільшенням оптичної густини від 4,8 до 6,2 раза та від 5,0 до 6,2 раза при  $\lambda$  540 і  $\lambda$  560 відповідно. Для 13-добової культури дана різниця становила від 9,0 до 11,2 раза при обох довжинах

**Таблиця 1. Оптична густина культури *V. japonicum* 6346 за дії моноцукрів групи глюкози (глюкоза, *N*-ацетил-*D*-глюкозамін) і галактози (галактоза, *N*-ацетил-*D*-галактозамін) у середовищі вирощування бактерій**

Варіанти досліджу	$\lambda$ 540		$\lambda$ 560	
	<i>Посівна культура</i>			
	1,824		1,739	
	<i>Вихідна культура (1 : 10)</i>			
	0,182		0,174	
<i>6-добова культура</i>				
	$\lambda$ 540	% <sup>^</sup>	$\lambda$ 560	% <sup>^</sup>
Контроль (вода)	1,131 $\pm$ 0,038	100	1,077 $\pm$ 0,007	100
Glc	0,877 $\pm$ 0,011	76	0,864 $\pm$ 0,024	80
GlcNAc	1,105 $\pm$ 0,064	98	1,034 $\pm$ 0,094	96
Gal	1,129 $\pm$ 0,035	100	1,082 $\pm$ 0,027	101
GalNAc	1,091 $\pm$ 0,014	97	1,050 $\pm$ 0,025	98
<i>13-добова культура</i>				
Контроль (вода)	1,783 $\pm$ 0,073	100	1,677 $\pm$ 0,076	100
Glc	1,820 $\pm$ 0,273	102	1,704 $\pm$ 0,302	102
GlcNAc	2,025 $\pm$ 0,055*	114	1,942 $\pm$ 0,057	116
Gal	1,720 $\pm$ 0,131	97	1,646 $\pm$ 0,125	98
GalNAc	1,629 $\pm$ 0,098	91	1,571 $\pm$ 0,094	94
<i>20-добова культура</i>				
Контроль (вода)	2,895 $\pm$ 0,153	100	2,683 $\pm$ 0,126	100
Glc	2,897 $\pm$ 0,001	100	2,709 $\pm$ 0,023	101
GlcNAc	3,473 $\pm$ 0,276*	120	3,006 $\pm$ 0,034	112
Gal	2,842 $\pm$ 0,141	98	2,694 $\pm$ 0,160	100
GalNAc	2,967 $\pm$ 0,114	103	2,778 $\pm$ 0,111	104

*Примітка.* Тут і в табл. 2, 3: %<sup>^</sup> — % до контролю; \* — вірогідно ( $P \leq 0,05$ ) відносно контроль-ного варіанту.

Таблиця 2. Вплив моноцукрів гексоз (глюкози, галактози) й аміноцукрів (N-ацетил-D-глюкозаміну, N-ацетил-D-галактозаміну) у середовищі росту культури *B. japonicum* 634 б на кількість життєздатних бактерій

Варіанти досліджу	Посівна культура	Вихідна культура (1 : 10)	6-добова культура		13-добова культура		20-добова культура	
	Кількість бактерій, КУО / мл середовища							
	10 <sup>7</sup> кл/мл	10 <sup>6</sup> кл/мл	10 <sup>7</sup> кл/мл	% <sup>^</sup>	10 <sup>9</sup> кл/мл	% <sup>^</sup>	10 <sup>9</sup> кл/мл	% <sup>^</sup>
Контроль (вода)	67,2 ± 4,0	67,2 ± 4,0	31,2 ± 2,4	100	11,0 ± 3,9	100	22,0 ± 6,1	100
Glc			32,3 ± 1,3	104	14,4 ± 2,5	131	21,5 ± 5,6	98
GlcNAc			16,0 ± 1,2*	51	27,6 ± 7,7*	251	11,5 ± 3,5	52
Gal			37,2 ± 1,6*	119	47,0 ± 3,0*	427	21,5 ± 2,5	98
GalNAc			127,0 ± 21,2*	407	78,9 ± 1,1*	717	16,5 ± 6,6	75

хвиль, для 20-добової — від 15,6 до 19,1 та від 15,4 до 17,3 разів для λ 540 і λ 560 відповідно. Оцінка оптичної густини суспензії в різних варіантах залежно від періоду вирощування показала, що в контрольному варіанті оптична густина 13-добової культури порівняно до 6-добової збільшилась у 1,6 раза, а 20-добової порівняно до 13-добової — в 1,3–1,6 рази. Для варіанту з додаванням глюкози дані значення становили 2,0–2,1 раза та 1,6 раза відповідно, галактози — в 1,5 та 1,6–1,7 рази. При внесенні аміноцукрів до середовища росту бактерій отримано підвищення рівня густини культури у кожен наступний етап оцінювання порівняно до попередніх відповідно в 1,8–1,9 та 1,6–1,7 рази для N-ацетил-D-глюкозаміну, в 1,5 та 1,8 рази для N-ацетил-D-галактозаміну.

Порівняння контрольного і дослідних варіантів (див. табл. 1) свідчить, що показники оптичної густини суспензій у дослідних варіантах знаходились на рівні контрольних значень або дещо (на 12–20 %) їх перевищували (варіант з GlcNAc для 13- і 20-добових культур).

Отже, за показником оптичної густини бактеріальної суспензії не виявлено суттєвих відмінностей у рості культури ризобій за наявності в середовищі росту мікромольної концентрації глюкозо- й галактозовмісних гексоз й аміноцукрів, але встановлено динаміку ущільнення оптичної густини бактеріальної суспензії протягом досліджуваного періоду росту бактерій.

Оцінка кількості життєздатних бактеріальних клітин у середовищі вирощування

(див. табл. 2) свідчить про підвищення цього показника протягом досліджуваного періоду від 10<sup>6</sup> кл/мл (вихідна культура) до 10<sup>7</sup> кл/мл (6-добова культура) і 10<sup>9</sup> кл/мл (13- і 20-добова культура). Суттєву активуючу дію на кількість КУО бактерій спричиняв GalNAc, оскільки кількість бактеріальних клітин у 6-добової та 13-добової культур (експоненціальна фаза росту) підвищилась у 4,1 та 7,2 раза відповідно щодо контрольних значень. У меншій мірі, ніж галактозамін, активуючу дію мала і галактоза (в 1,2 і 4,3 раза відповідно).

Отримані результати свідчать про значно більшу стимулювальну дію ацетильованого аміноцукру GalNAc порівняно з гексозою галактозою щодо розвитку бульбочкових бактерій сої в умовах чистої культури. Вуглеводи групи глюкози, здебільшого, не мали позитивного впливу на розвиток культури ризобій сої, оскільки значення кількості КУО у варіанті з додаванням глюкози протягом усіх досліджуваних періодів знаходились у межах контролю, тоді як глюкозамін на початковому етапі культивування (6-добова культура) навіть пригнічував розмноження бактерій, і лише у період експоненціальної фази росту (13-добова культура) відмічено його активуючу дію (в 2,6 рази), яка, однак, була значно слабшою, ніж у галактозовмісних вуглеводів.

Із літератури відомо, що вуглевод, специфічний бактеріальному аглютиніну, при додаванні в середовище культивування мікроорганізмів активував розмноження, змі-

нював метаболізм і функціональну активність бактеріальних клітин. Так, додавання лактози до культури бульбочкових бактерій сої, що синтезують лактозоспецифічний лектин, сприяло 10-кратному збільшенню чисельності бактеріальних клітин та їхньої здатності адсорбуватися на коренях рослин [14]. Внесення глюкози до середовища росту азоспіріл максимально підвищувало число життєздатних клітин на всіх етапах росту культури і змінювало їх метаболізм: інтенсивно накопичувався полігідроксібутират з високим ступенем аморфності (61 % від маси сухих клітин), який характеризується більш високою швидкістю ферментативного гідролізу і у стресових умовах використовується бактеріями в першу чергу [10].

Згідно з нашими результатами, галактозовмісні вуглеводи (галактоза і галактозамін), з яких саме GalNAc проявляв максимальну стимулюючу дію на ризобіальні клітини в умовах чистої культури в період активного росту і розмноження бактерій (експоненціальна фаза росту), можна припустити на-

явність у штаму *B. japonicum* 634 б бактеріальних аглютининів, специфічних до вуглеводів групи галактози, причому, у більшій мірі до GalNAc. Досить вірогідно, що за рахунок лектин-вуглеводного зв'язування, яке є тригером біоінформаційного лектин-вуглеводного сигналіngu, і реалізується регуляторна функція галактозовмісних вуглеводів (галактозаміну та галактози) щодо розвитку ризобій сої в умовах чистої культури. Більше того, лектин сої (рослини-хазяїна бульбочкових бактерій сої) є також галактозоспецифічним і проявляє спорідненість до вуглеводних сполук, що містять галактозу і GalNAc [6; 7].

Отримані нами результати за максимальною стимулюючою дією вуглеводів групи галактози відносно регулювання рівня життєздатних бактеріальних клітин при вирощуванні ризобій сої в умовах чистої культури підтверджуються й при визначенні показників «час генерації» — проміжок часу, який потрібен мікроорганізмам для подвоєння клітин та «кількість поколінь», що характеризує швидкість розмноження бактерій (табл. 3).

**Таблиця 3. Час генерації та швидкість розмноження ризобій сої за наявності в середовищі росту вуглеводів групи глюкози та галактози (розрахунок за середніми значеннями по варіанту)**

Варіанти досліджу	Час генерації, г			Кількість поколінь на добу, N	
	годин	діб	%^	шт.	%^
<i>6-добова культура</i>					
Контроль (вода)	65,45	2,7	100	0,37	100
Glc	63,53	2,6	97	0,38	103
GlcNAc	116,76	4,9	178	0,21	57
Gal	58,38	2,4	89	0,41	111
GalNAc	34,02	1,4	52	0,71	192
<i>13-добова культура</i>					
Контроль(вода)	42,35	1,8	100	0,57	100
Glc	40,17	1,7	95	0,60	105
GlcNAc	35,86	1,5	85	0,67	118
Gal	32,96	1,4	78	0,73	128
GalNAc	30,49	1,3	72	0,79	139
<i>20-добова культура</i>					
Контроль(вода)	57,37	2,4	100	0,42	100
Glc	57,60	2,4	100	0,42	100
GlcNAc	64,57	2,7	113	0,37	88
Gal	57,60	2,4	100	0,42	100
GalNAc	60,25	2,5	105	0,40	95

За дії GalNAc у середовищі культивування ризобій сої 6- та 13-добова культура бактерій характеризувалися найменшим терміном генерації (34 та 30 годин відповідно порівняно до 65 і 42 години в контролі) та найвищими показниками швидкості розмноження клітин, які перевищували контрольні в 1,9 і 1,4 раза відповідно. При використанні галактози як сигнальної сполуки час генерації культури на 11 % був коротший за контрольний показник і настільки ж більшою була швидкість розмноження бактерій у даному варіанті. За дії глюкозовмісних вуглеводів досліджувані показники знаходились у межах контрольних значень (для варіанту з додаванням глюкози) або перевищували контроль: майже вдвічі (в 1,8 раза — час генерації) та в 1,2 раза (швидкість розмноження бактерій) для варіанту з GlcNAc у 6- та 13-добової культури відповідно.

У 20-добової культури (початок фази стаціонарного росту) як час генерації, так і швидкість розмноження бактерій у дослідних варіантах знаходились у межах контролю. При цьому, якщо за дії гексоз глюкози і галактози значення досліджуваних показників дорівнювали контрольним, то при застосуванні аміноцукрів спостерігали тенденцію до припинення активного розмноження бактерій, оскільки кількість поколінь мікроорганізмів на добу знижувалася на 5 і 12 % порівняно з контрольним варіантом.

Отже, за дії вуглеводів (глюкози, галактози, N-ацетил-D-глюкозаміну, N-ацетил-D-галактозаміну) у мікромольній концентрації, як сигнальних молекул, у середовищі росту бульбочкових бактерій сої змінювався ріст і розвиток мікроорганізмів в умовах чистої культури. Позитивним сигналіном відносно ризобій сої характеризувались вуглеводи групи галактози. Максимальний ефект відмічено у N-ацетил-D-галактозаміну. Активність аміноцукрів як регуляторних сполук переважала таку у гексоз, що підтверджується результатами оцінки росту бактерій за показниками кількості життєздатних клітин мікроорганізмів, часом генерації культури та швидкістю її розмноження.

1. Антипчук А. Ф. Влияние липополисахаридов и глюканов двух штаммов *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* на формирование и эффективность их симбиоза с растениями гороха / А. Ф. Антипчук, Л. В. Косенко // Микробиоло-

гия. — 2004. — Т. 73, № 1. — С. 62–67.

2. Антипчук А. Ф. Практикум з мікробіології: навчальний посібник / А. Ф. Антипчук, А. І. Піляшенко-Новохатний, Т. М. Євдокименко. — К. : Університет «Україна», 2011. — 156 с.

3. Антонюк Л. П. Регуляция метаболизма бактерии *Azospirillum brasilense* sp. 245: особенности азотного обмена и влияние лектина пшеницы (агглютинина зародышей пшеницы) : автореф. дис. ... докт. биол. наук : 03.00.04 — биохимия / Л. П. Антонюк ; Ин-т биохимии им. А. Н. Баха РАН. — М., 2002. — 47 с.

4. Бабенюк Ю. Д. Мікробіологія : навч. посібник / Ю. Д. Бабенюк, А. Ф. Антипчук. — К. : Університет «Україна», 2010. — 149 с.

5. Гродзинский А. М. Аллелопатия растений и почвоутомление : Избр. тр. / А. М. Гродзинский. — К. : Наук. думка, 1991. — 432 с.

6. Кириченко Е. Роль фитолектинов в регуляции функционирования симбиозов и ассоциаций. Биологическая активность лектинов бобовых и зерновых культур / Е. Кириченко. — Saarbrücken, Deutschland : Palmarium Academic Publishing, 2012. — 84 с.

7. Кириченко Е. В. Взаимоотношения бобовых растений и клубеньковых бактерий при доконтрактном взаимодействии и ранних этапах формирования азотфиксирующих систем / Е. В. Кириченко // Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов. — К. : Наук. думка, 2007. — С. 80–140.

8. Кириченко О. В. Полисахариды бульбочковых бактерий та їх роль у формуванні бобово-ризобіального симбіозу / О. В. Кириченко // Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. — К. : Логос, 2001. — С. 57–79.

9. Кругова О. Д. Інтенсифікація симбіотичної азотфіксації за допомогою біологічно активних речовин синтетичного і природного походження / О. Д. Кругова // Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. — К. : Логос, 2001. — С. 157–168.

10. Садовникова Ю. Н. Особенности клеточных ответов *Azospirillum brasilense* на взаимодействие стрессовых факторов и лектина пшеницы : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.04 — биохимия, 03.00.07 — микробиология / Ю. Н. Садовникова ; Ин-т биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН. — Саратов, 2009. — 23 с.

11. Burgmann H. Effects of model root exudates on structure and activity of a soil diazotroph community / H. Burgmann, S. Meier, M. Bunge // Environ. Microbiol. — 2005. — Vol. 7, № 11. — P. 1711–1724.

12. *Nostoc punctiforme* sugar transporter necessary to establish a cyanobacterium-plant symbiosis / [M. Ekman, S. Picossi, E. L. Campbell et al.] // Plant Physiol. — 2013. — Vol. 161, № 4. — P. 1984–1992.

13. Kyrychenko O. V. Effect of hapten N-acetyl-D-glucosamine on biological activity of the wheat lectin / O. V. Kyrychenko, G. Yu. Perkovska // General and Applied Plant Physiology. — 2007. — Vol. 33, № 3–4. — P. 141–154.

14. Loh J. T. Carbohydrate binding activities of *Bradyrhizobium japonicum*: IV. Effect of lactose and flavones on the expression of the lectin Bj38 / J. T. Loh, S. C. Ho, J. L. Wang // Glycocong. J. — 1994. — Vol. 11, № 4. — P. 363–370.

## **ВЛИЯНИЕ ГЛЮКОЗО- И ГАЛАКТОЗО-СОДЕРЖАЩИХ МОНОСАХАРОВ НА РАЗВИТИЕ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* В УСЛОВИЯХ *IN VITRO***

**Е. В. Кириченко**

Институт физиологии растений и генетики  
НАН Украины, г. Киев

*Исследовано влияние микромолярной концентрации глюкозо- и галактозосодержащих моносахаров (глюкозы, N-ацетил-D-глюкозамина, галактозы, N-ацетил-D-галактозамина), составляющих основную часть в составе экзополисахаридов *Bradyrhizobium japonicum* 634 б на развитие ризобияльной культуры в условиях *in vitro*. Показано, что выраженным положительным сигналингом относительно ризобий сои характеризовались углеводы группы галактозы с максимальным эффектом у N-ацетил-D-галактозамина. Активность аminosугаров как регуляторных веществ превосходила таковую у гексоз, что подтверждается результатами оценки роста бактерий по показателям количества жизнеспособных клеток, временем генерации культуры и скоростью её размножения.*

**Ключевые слова:** глюкоза, галактоза, N-ацетил-D-глюкозамин, N-ацетил-D-галактозамин, *Bradyrhizobium japonicum* 634 б, ростовая активность.

15. Richardson J. S. A genetic locus necessary for rhamnose uptake and catabolism in *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* / J. S. Richardson, M. F. Hynes, I. J. Oresnik // J. Bacteriol. — 2004. — Vol. 186, № 24. — P. 8433–8442.

16. Walker T. S. Root exudation and rhizosphere biology / T. S. Walker, H. P. Bais, E. Grote-wold // Plant Physiol. — 2003. — Vol. 132, № 1. — P. 44–51.

## **THE EFFECT OF GLUCOSE- AND GALACTOSE-CONTAINING MONOSACCHARIDES ON *IN VITRO* DEVELOPMENT OF *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM***

**O. V. Kyrychenko**

Institute of Plant Physiology and Genetics,  
NAS of Ukraine, Kyiv

*The study of the effect of micromolar concentration of glucose- and galactose-containing monosaccharides (glucose, N-acetyl-D-glucosamine, galactose, N-acetyl-D-galactosamine) forming the major part in the composition of *Bradyrhizobium japonicum* 634b exopolysaccharides on *in vitro* development of rhizobial culture. It was shown that carbohydrates of galactose group had significant positive signaling in respect to soybean rhizobia with maximum effect of N-acetyl-D-galactosamine. The activity of aminosugars as regulatory substances was higher as compared to hexoses activity. This was confirmed by the results of evaluation of bacterial growth in terms of the number of viable cells, generation time of culture and speed of rhizobial reproduction.*

**Key words:** glucose, galactose, N-acetyl-D-glucosamine, N-acetyl-D-galactosamine, *Bradyrhizobium japonicum* 634b, growth activity.