

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# **Ботанические сады как центры изучения и сохранения фиторазнообразия**

Труды Международной научной конференции, посвященной  
140-летию Сибирского ботанического сада  
Томского государственного университета

*Томск, 28–30 сентября 2020 г.*

Томск  
Издательство Томского государственного университета  
2020

## Изотопный состав углерода и азота растений лесных сообществ южного Вьетнама

Н.М. Орлов, А.К. Еськов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина  
Российской академии наук (ГБС РАН), Москва, РФ, nikolas.orloff@gmail.com*

**Аннотация.** Мы рассматриваем изотопную распространенность углерода  $^{13}\text{C}$  и азота  $^{15}\text{N}$  у эпифитных и наземных представителей лесных сообществ южного Вьетнама. Повышенное содержание изотопа  $^{13}\text{C}$  характерно почти исключительно для группы эпифитов с САМ-метаболизмом. Полученные данные также свидетельствуют о способности САМ-эпифитов адаптироваться к дефициту азотного питания.

**Ключевые слова:**  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , эпифиты, тропический лес.

## Isotopic composition of carbon and nitrogen in plants of forest communities in Southern Vietnam

N.M. Orlov, A.K. Eskov

*Tzitzin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, nikolas.orloff@gmail.com*

**Abstract.** We consider  $^{13}\text{C}$ - and  $^{15}\text{N}$ -natural abundance in epiphytic and terrestrial plants of forest communities of southern Vietnam. An increased content of the  $^{13}\text{C}$  isotope is characteristic almost exclusively for the group of epiphytes with CAM metabolism. The data obtained also indicate the ability of CAM epiphytes to adapt to a nitrogen deficiency.

**Key words:**  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , epiphytes, tropical forest.

Изучение результатов естественного фракционирования стабильных изотопов, т.е. смещения изотопного состава того или иного элемента в процессе жизнедеятельности организма, используется в естественных науках уже несколько десятилетий. Наиболее частыми элементами для исследований являются углерод и азот. Их изотопная распространенность, выраженная в разности соотношений двух стабильных изотопов элемента от выбранного стандарта, называется изотопной подписью и обозначается  $\delta^{13}\text{C}$  или  $\delta^{15}\text{N}$  соответственно. Такие соотношения могут служить нескольким целям – выступать интегрирующим критерием для оценки интенсивности экологических и физиологических процессов или быть индикатором движения вещества в живых системах (Гиунов, 2007). Сосудистые эпифиты насчитывают более 27 000 видов, что составляет примерно 9% всего мирового разнообразия сосудистых растений (Zotz, 2013), причем около 18 000 видов принадлежит лишь к одному семейству орхидных. Эпифитный образ жизни подразумевает рост и развитие только на других растениях (Benzing, 1990) без непосредственного контакта с наземными почвами, при этом эпифиты не паразитируют на своих хозяевах. Наиболее распространенными среди сосудистых эпифитов являются С3- и САМ-фотосинтез (англ. crassulacean acid metabolism (CAM), кислотный метаболизм по типу толстянковых) (Zotz, 2004). С3-фотосинтез является исходным для представителей семейства орхидных, как и наземный образ жизни. Многократное возникновение САМ в ходе эволюции у представителей сосудистых эпифитов, а также несколько обратных событий перехода на С3 коррелируют с распространением эпифитного образа жизни (Silvera et al, 2009, 2010), одним из основных лимитирующих факторов которого является нехватка воды. Такая пластичность в эволюционном выборе биохимических путей фиксации углерода представителями эпифитных сообществ может являться одним из ключей к их биологическому разнообразию. САМ-фотосинтезу соответствуют примерные значения  $\delta^{13}\text{C}$  от  $-20$  до  $-10$  ‰, что создает определенные трудности для отделения изотопной подписи С4-фотосинтеза от САМ, а также некоторых переходных от С3 к САМ вариантов. Тем не менее, наличие таких физиологических признаков, как Kranz-анатомия у С4 растений и толщина хлоренхимы в листьях у представителей САМ (Zotz

et al., 1997), помогают в определении типа метаболизма. Однако почти все исследования как распространённости САМ среди эпифитов, так и исследования изотопной подписи их углерода проводились в основном в Новом Свете. Тропики Индокитая, в частности Вьетнама, недостаточно изучены в этом вопросе.

Мы исследовали изотопный состав углерода и азота, а также их количества, у типичных эпифитов, других структурно зависимых растений (полуэпифиты, полупаразиты) и наземных растений (деревьев, кустарников и трав). Для масс-спектрометрического анализа брали краевые и центральные участки нескольких листьев одного растения (1–2 гр), мелко измельчали, смешивали и сушили в термостате «Термит» при температуре 60–70°C. Образцы подвешенных почв также исследовали методом масс-спектрометрии и классическими методами. Высушенные образцы измельчали в мельнице Retsch MM200, взвешивали на весах Mettler Toledo MX5 и заворачивали в гильзы из оловянной фольги. Навески почв и растений составляли  $\approx 1500$  мкг. Измерение изотопного состава почв и растений производили на комплексе оборудования, состоящего из элементарного анализатора Thermo Flash EA 1112 и изотопного масс-спектрометра Thermo Delta V Plus. Изотопный состав рассчитывали по формуле:

$$\delta^nE = [(R_{\text{проба}} - R_{\text{стандарт}})/R_{\text{стандарт}}] 1000 (\text{‰}),$$

где E – элемент (например, С или N), n – масса более тяжелого (и редкого) изотопа, R – относительное участие этого изотопа в анализируемой пробе и в стандарте. Для азота стандартом служит N<sub>2</sub> атмосферного воздуха, для углерода – «венский» эквивалент белемнита PeeDee формации, VPDB.

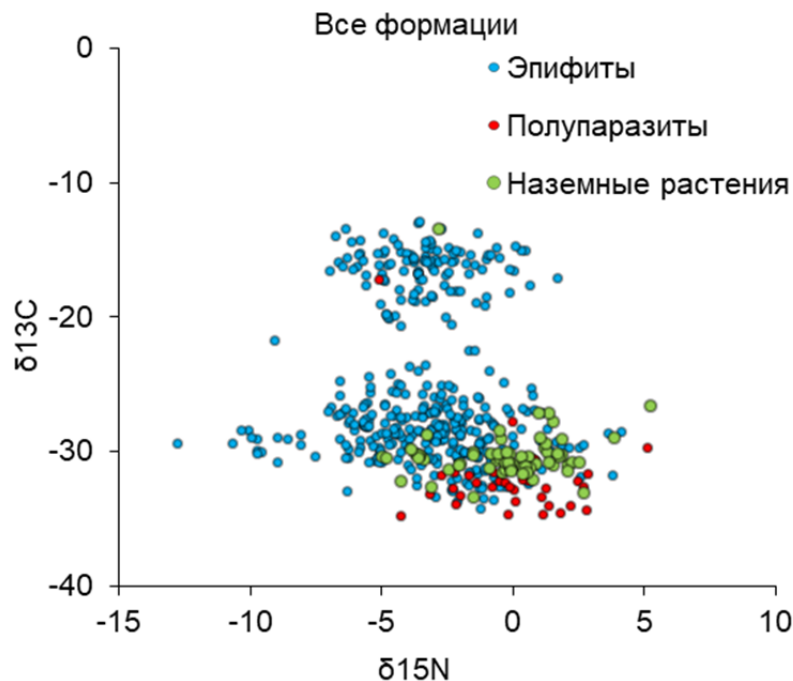


Рис. 1. Зависимость изотопной подписи углерода и азота эпифитов, полупаразитов и наземных растений

В ходе исследований мы обнаружили, что среди изученных растений САМ (диагностируемый повышенным содержанием <sup>13</sup>C) сосредоточен почти исключительно среди эпифитов (рис. 1). Кроме того, эпифиты с САМ могут иметь более низкое содержание азота в тканях, чем у типичных растений (рис. 2). Это говорит о том, что эпифиты с САМ способны выживать в условиях пониженного азотного питания.



Рис. 2. Зависимость изотопной подписи углерода от содержания азота (выраженном в C/N) эпифитов, полупаразитов и наземных растений

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-04-00677), в рамках Государственного задания Главного ботанического сада РАН № 118021490111-5 на базе УНУ «Фондовая оранжея».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Тиунов А.В. Стабильные изотопы углерода и азота в почвенно-экологических исследованиях // Известия РАН. Сер. Биологическая. 2007. № 4. С. 475–489.
- Benzing DH. Vascular epiphytes General biology and related biota. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Eskov A., Voronina E., Tedersoo L., Tiunov A. Orchid epiphytes do not receive organic substances from living trees through fungi // Mycorrhiza. 2020.
- Silvera K., Santiago L., Cushman J. Crassulacean Acid Metabolism and Epiphytism Linked to Adaptive Radiations in the Orchidaceae // Plant physiology. 2009. № 149 (4). P. 1838–1847.
- Silvera K., Neubig K., Whitten M., Williams N. Evolution along the crassulacean acid metabolism continuum // Functional Plant Biology. 2010. № 37 (11).
- Zotz G. The occurrence of crassulacean acid metabolism among vascular epiphytes from Central Panama // New Phytol. 1997. № 137. P. 223–229.
- Zotz G. How prevalent is crassulacean acid metabolism among vascular epiphytes? // Oecologia. 2004. № 138 (2). P. 184–192.
- Zotz G. The systematic distribution of vascular epiphytes – a critical update // Botanical Journal of the Linnean Society. 2013. № 171. P. 453–481.