

Изменение содержания фотосинтетических пигментов у растений вдоль географических градиентов¹

Исследование параметров пигментного аппарата растений является важной частью в изучении адаптации фотосинтетической функции растений к условиям среды. Климатические условия неодинаковы в разных участках поверхности Земли и изменяются с увеличением географической широты или высоты произрастания. Таким образом, широтные или высотные изменения климатических параметров могут отражаться на пигментной системе растений. Проведенные к настоящему времени сравнительные исследования растений разных природных зон позволили выявить ряд особенностей их пигментного аппарата [3; 4]. Основной акцент в этих работах был сделан на изучении пигментного комплекса растений из экстремальных условий обитания (пустыни, высокогорья, тундра). Однако географические закономерности изменения пигментного комплекса остались не полностью понятными.

Нами были проведены исследования большого набора видов растений вдоль широтных и высотных географических профилей. Определение содержания фотосинтетических пигментов – хлорофиллов и каротиноидов – проводили для каждого вида в нескольких биологических повторностях путем экстракции 80 % ацетоном и измерения оптической плотности на спектрофотометре Odyssey DR/2500 (НАСН, США). Определение проводили либо непосредственно в полевых условиях, либо в лаборатории на предварительно замороженных в жидком азоте образцах. Содержание пигментов рассчитывали на единицу площади и единицу сухого веса листа.

Проведенные нами исследования пигментного комплекса степных растений на пятистакиллометровой широтной трансекте в степях Поволжья показали, что при усилении аридности климата с севера на юг, уменьшалось содержание хлорофиллов и увеличивалась доля каротиноидов [2]. Для луговой степи лесостепной зоны соотношение хлорофиллы/каротиноиды составляло 5,4, тогда как в опустыненной степи оно снижалось до 4,7. В то же время для степных растений Южного Урала в диапазоне широт от 56,5° с.ш. до 51° с.ш. обнаружено уменьшение содержания и доли каротиноидов и увеличение доли хлорофилла *b* [1]. Так, соотношение хлорофиллы/каротиноиды в северных участках луговых степей составляло 3,5, а в южных степях увеличивалось до 5,2–5,7. У лесных растений травяно-кустарничкового яруса также были обнаружены изменения пигментного комплекса листьев с географической широтой. В направлении с юга на север в диапазоне широт от 53° с. ш. до 61° с. ш. наблюдалось хотя и небольшое, но достоверное ($R^2 = 0,73$, $p < 0,01$) увеличение соотношения хлорофиллы/каротиноиды с 5 до 6.

Исследования на высотном профиле были проведены в Монголии у кустарника *Armeniaca sibirica* (L.) Lam. В данном районе *A. sibirica* произрастает в разнообразных экотопических условиях на границе степи и леса в диапазоне высот от

* Л. А. Иванов, Л. А. Иванова, С. В. Мигалина, Д. А. Ронжина, Ботанический сад УрО РАН (Екатеринбург).

** Т. Шинэхуу, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург).

E-mail: leonid.ivanov@botgard.uran.ru

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 17–29–05019) и программы АААА–А17–117072810011–1.

650 до 900 м. Показано, что с увеличением высоты произрастания увеличивалось содержание хлорофиллов в единице площади и массы листа ($R^2 = 0,83$, $p < 0,01$), за счет увеличения содержания хлорофилла *b* с 1,4 до 3,6 мг/г. При этом снижалось соотношение хлорофиллов *a/b* с 2,5 до 1,2 ($R^2 = 0,74$, $p < 0,05$) и увеличивалось отношение хлорофиллы/каротиноиды с 3,5 до 7,5 ($R^2 = 0,88$, $p < 0,01$). Полученная зависимость означает, что с увеличением высоты уменьшается доля каротиноидов и увеличивается доля хлорофилла *b*.

Обнаруженные нами изменения соотношения форм пигментов означают, что с изменением широты/высоты произрастания растений изменяются функциональные свойства хлоропластов, связанные с пигментным составом светособирающих комплексов фотосинтетических единиц. Возможность трансформации светособирающего комплекса в зависимости от условий местообитания, позволяет растениям поддерживать уровень фотосинтеза на оптимальном уровне. Вероятно, соотношение форм пигментов является одним из важных индикаторов адаптации растений к условиям обитания и определяет широтный и высотный диапазон произрастания растений.

Литература

1. Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. – 2013. – № 6. – С. 856–864.
2. Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Иванова Л. А. Изменение листовых параметров как показатель смены функциональных типов степных растений вдоль градиента аридности // Физиология растений. – 2008. – Т. 55, № 3. – С. 332–339.
3. Попова И. А., Маслова Т. Г., Попова О. Ф. Особенности пигментного аппарата растений различных ботанико-географических зон // Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений / под ред. О. А. Семихатовой. – Л. : Наука, 1989. – С. 115–139.
4. Maslova T. G., Popova I. A. Adaptive properties of the plant pigment systems // Photosynthetica. – 1993. – V. 29, № 2. – P. 195–203.

L. A. Ivanov, L. A. Ivanova,
S. V. Migalina, D. A. Ronzhina,
Institute Botanic Garden, Ural Branch,
Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg)
T. Shinehuu,
Ural Federal University (Ekaterinburg)

CHANGES IN THE PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS CONTENT IN PLANTS ALONG GEOGRAPHICAL GRADIENTS

The content of photosynthetic pigments (chlorophylls and carotenoids) in plants along latitudinal and altitudinal profiles has been studied. The pigment composition in plant leaves regularly changed with the latitude / altitude. In general, the observed changes concerned the chlorophyll *b* and carotenoids, which represent the components of light-harvesting complexes. It was assumed that the ratio of pigment forms is one of the important indicators of plant response to environment and predict the latitude and altitude ranges of plant species.