

УДК 57.013

Т.Ю. Китаева, Н.А. Гаевский

T.Y. Kitayeva, N.A. Gaevsky

ОСОБЕННОСТИ ФОТОСИНТЕЗА ВНЕЛИСТОВЫХ ПИГМЕНТОВ В ПОБЕГАХ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ ФОРМ РАСТЕНИЙ ЮГА СИБИРИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ АКТИВНОЙ ВЕГЕТАЦИИ К ПОКОЮ

CHARACTERISTICS OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN THE STEM OF SOME TREE AND SHRUB FORMS OF PLANTS IN THE SOUTH OF SIBERIA IN AUTUMN, BETWEEN THE GROWING SEASON AND WINTER DORMANCY

В статье приводятся сведения о количестве пигментов фотосинтеза в основных тканях побегов древесных и кустарниковых растений, а также их фотохимической активности в период перехода от вегетации до наступления состояния покоя. В этот период доля внелистных пигментов в общем балансе пигментов возрастает, в то время как их фотохимическая активность падает (Ivanov, 2006).

В росте и развитии древесных и кустарниковых растений в течение года проявляется определенная периодичность: период усиленной жизнедеятельности сменяется периодом относительного покоя. Это происходит при смене времен года, сопровождающейся изменением внешних условий. При благоприятных условиях происходит рост и развитие побегов и корней, цветение и плодоношение растения. Такой период носит название вегетации. При возникновении неблагоприятных условий в жизни растения наступает период покоя, во время которого не наблюдается видимых признаков жизнедеятельности. В умеренном поясе эти два основных периода (вегетации и покоя) соответствуют летнему и зимнему сезону. Изменения физиологических процессов, вызванные сезонной сменой условий существования, можно наблюдать во всех частях растения. Часто для решения задач, связанных со сравнением сезонных изменений, в качестве объекта используют внелистные пигменты, потому как для лиственных растений характерна осенняя дефолиация, что делает невозможным сравнение любых характеристик листьев.

В ранних работах показана фотосинтетическая активность хлорофиллсодержащих тканей зеленых плодов, почек и стебля (Харук, 1982). У молодых древесных и кустарниковых растений все ткани побегов содержат хлорофилл. Именно поэтому они были использованы в нашей работе для изучения динамики фотохимических и физиологических процессов, происходящих при переходе растения от состояния вегетации к покою. Целью работы было изучение особенностей распределения хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов, а также динамики фотосинтетической активности в побегах некоторых представителей древесных и кустарниковых форм растений Юга Сибири при переходе от активной вегетации к покою.

В качестве объекта исследования были использованы двух-шести летние побеги клена *Acer negundo* L., березы *Betula pendula* Roth, сирени *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb., тополя *Populus nigra* L. В побегах такого возраста удавалось визуально идентифицировать три основных ткани – кору, древесину, сердцевину. Сбор образцов проводили на протяжении осени 2013 года с сентября по ноябрь включительно с территории лесного массива Академгородка в окрестностях Красноярска. Анализировали исключительно свежеобработанные образцы. Для определения содержания пигментов небольшой фрагмент побега при помощи острого ножа разделяли на указанные ткани, измельчали и растирали в ступке с добавлением стекла и 96%-ого раствора этилового спирта. Оптическую плотность раствора пигментов измеряли на спектрофотометре Specol 1300 (фирмы Analytik Jena, Германия), либо на флуориметре ФЛ3003 (КрасГУ), для растворов с высокой и низкой концентрацией пигментов соответственно. Количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов рассчитывали на единицу сырой массы. Функциональную активность регистрировали на РАМ флуориметре IMAGE РАМ (модули MINI и MAXI) фирмы Walz, Германия. На поперечных срезах побегов высотой 2-4 мм были измерены квантовый выход ФС2, а также максимальная и фоновая флуоресценции (Волова, 2011).

Взятие проб проводили в дни, указанные в таблице.

Таблица

Динамика дневных температур осенью 2013 года

	30.09.2013	10.10.2013	21.10.2013	29.10.2013	25.11.2013
t, °C	5	6	-2	4	-9

Условия проведения опыта не были идеальными с точки зрения моделирования условий покоя, потому что осень была аномально теплой и не включила в себя момент адаптации растения к неблагоприятным условиям, который наступает при установке отрицательных температур в дневное и ночное время. Продолжительное охлаждение вводит древесные формы в период глубокого покоя, что (предположительно) является толчком к снижению фотосинтетической активности и началу запасания пигментов. Для проверки этого предположения была предпринята попытка взглянуть на полученные в работе данные с точки зрения изменения внешних условий (температурного фактора). Для этого следует прокомментировать не только средние температуры дней сбора образцов, но и всю температурную динамику осени. Первые две даты – 30 сентября и 10 октября относятся к окончанию вегетационного периода и включают в себя положительные температуры. Затем наблюдается кратковременное снижение температуры – первые заморозки 30 октября, после чего температура снова поднимается. Последняя дата – 25 ноября включена во временной период, когда отрицательные температуры наблюдаются на протяжении нескольких дней.

На основе полученных данных, у всех образцов минимальные показатели содержания пигментов – в древесине. У березы, клена, сирени и двух образцов тополя наибольшие показатели хлорофилла *a* наблюдаются в коре. Для хлорофилла *b* характерна обратная картина – везде, кроме двух образцов березы, пигменты сосредоточены в сердцевине. Каротиноиды также преобладают в сердцевине. Если принимать во внимание изменения температуры, то можно заметить, что при первых заморозках (21.10.13) произошло увеличение пигментов во многих тканях. Этого кратковременного изменения температуры для некоторых видов растений хватило на то, чтобы перейти в стадию покоя и начать накапливать пигменты (например, сирень). Другие виды отреагировали на понижение температуры увеличением количества пигментов (которое продолжало расти при повышении температуры), но к 25 ноября их количество снова снижается. Это свидетельствует о том, что система адаптационных изменений не стабильна.

По части функциональных изменений стоит отметить нулевые показатели максимального квантового выхода ФСII в сердцевине клена, а также в древесине клена в последней взятой пробе (взятой при наименьшей из всех температуре). Очевидно, что изменение потенциальной способности РЦ функционировать (Корнеев, 2002) при переходе в покой наиболее чувствительна у этого вида растений и находит свое отражение первоначально в сердцевине, со временем продвигаясь к покровным тканям. По состоянию коры в данном случае можно проследить общую тенденцию к угасанию максимального квантового выхода ФСII при наступлении зимы. У тополя (который также имеет нулевые показатели Y(II) в сердцевине образца 25.11.) наблюдается нечто похожее, с тем отличием, что показатели за 30.09 ниже, чем за 10.10. И первая, и вторая тенденции наблюдаются у березы в древесине и сердцевине соответственно. Показатели тканей сирени отличаются значительными и неупорядоченными изменениями при рассмотрении, как по тканям, так и по датам анализа. Это может быть вызвано тем, что у сирени – самый короткий период покоя из исследованных видов.

В отношении динамики максимальной флуоресценции следует отметить закономерности в древесине и сердцевине растений тополя, сирени, клена (рис. 1).

Динамика сохраняется в пределах вида, но измеряемая величина выше в древесине, чем в сердцевине. Межвидовое сходство наблюдается в пределах коры сирени, березы и клена. При этом в первые два эксперимента (30.09 и 10.10) максимальная флуоресценция растет, затем, с 21.10 по 25.11. она понижается. Это можно считать реакцией на температурные изменения – как покровная ткань, кора наиболее подвержена воздействию внешних факторов. Первые заморозки запустили в ней процессы перехода в состояние покоя, поэтому наблюдается отрицательная динамика в последние три даты.

По полученным результатам было сделано несколько выводов. Во время перехода от вегетационного периода к периоду покоя в побегах растений происходит ряд изменений. Первые суточные заморозки для некоторых видов (сирень) служат толчком к запуску процесса приспособления к неблагоприятным факторам и переходу в состояние покоя. Это отражается и в качественных, и в функциональных характеристиках растений. Для других растений кратковременного однократного понижения температуры недостаточно для начала перестройки организма, но, тем не менее, в их коре наблюдаются кратковременные изменения в ответ на изменение внешних факторов. Динамика максимального уровня флуоресценции древесины и сердцевины имеет одинаковый характер в пределах вида у трех из четырех рассмотренных видов растений. Это свидетельствует о том, что в случае, когда не наступает резкого понижения температуры, вынуждающего растения перейти в состояние покоя, основным фактором, вызывающим этот переход, является нечто иное. Считается, что сигналом к покою является сокращение светового дня, и переход в него регулируется на гор-

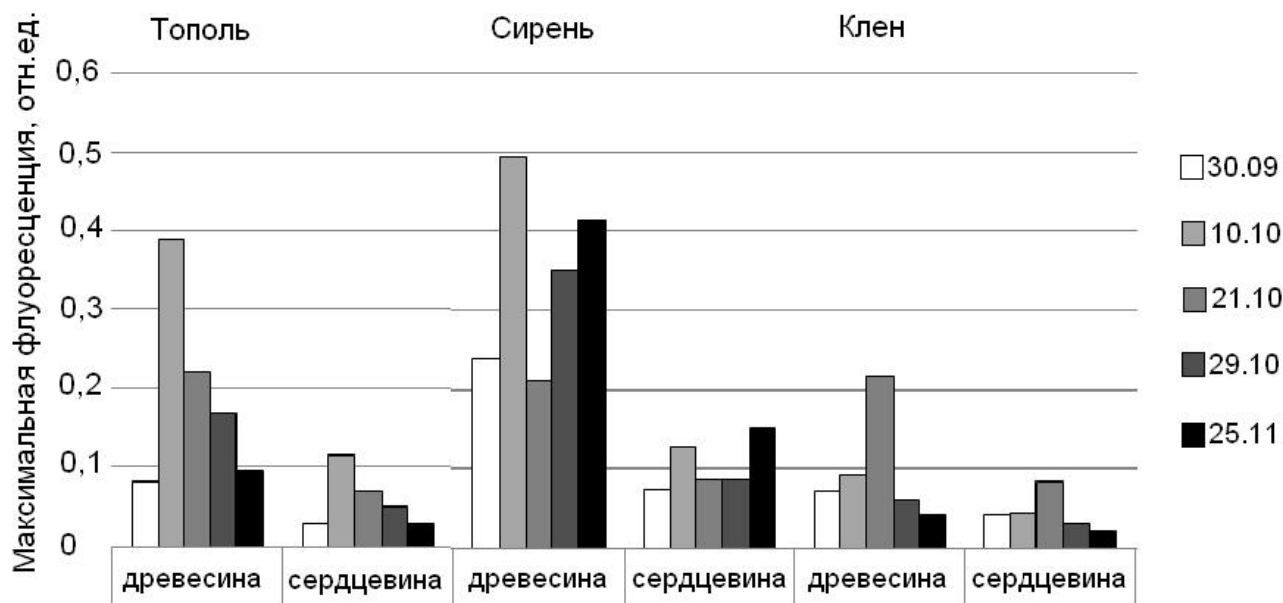


Рис.1. Динамика максимальной флуоресценции в коре и древесине тополя, сирени и клена.

мональном уровне. При этом происходит остановка видимого роста и торможение обмена веществ, которое создает необходимость запастись питательными веществами. Это может быть причиной увеличения количества пигментов зимой.

ЛИТЕРАТУРА

- Волова Т.Г.** Современные аппаратура и методы исследования биологических систем / Т.Г. Волова [и др.]; под ред. Э. Дж. Сински и Т.Г. Воловой. – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, Институт биофизики СОРАН, 2011. – 480 с.
- Корнеев, Д.Ю.** Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла – Киев: Альт-пресс, 2002. – 188 с.
- Харук В.И., Терсков И.А.** Внелиственные пигменты древесных растений. – Новосибирск: Наука, 1982. – 88 с.
- Ivanov A.G., Krol M., Sveshnikov D., Malmberg G., Gardestroom P., Hurry V., Oquist G., Huner P.A.** Characterization of the photosynthetic apparatus in cortical bark chlorenchyma of Scots pine // *Planta*, 2006. – № 223. – С. 1165–1177.

SUMMARY

The article deals with aspects of photosynthesis in stem tissues of some trees and shrubs during autumn. Pigment content and their photochemical activity were investigated. Data were interpreted with using ambient temperature.