

© С.П. ВАСФИЛОВ

serge.vasfilov@mail.ru

УДК 581.15

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ pH ТКАНЕЙ ХВОИ,
СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ,
САХАРОВ И КРАХМАЛА У СОСНЫ**

АННОТАЦИЯ. Исследована изменчивость pH тканей, содержания органических кислот, сахаров и крахмала в апикальной и базальной частях разновозрастной хвои из верхней и нижней частей кроны сосны во время вегетации и в период зимнего покоя. Показано, что pH тканей хвои отражает содержание в ней органических кислот только во время вегетации. Более низкий pH апикальной части хвои, по сравнению с базальной частью, сопровождался более высоким содержанием в ней органических кислот как во время вегетации, так и в период зимнего покоя. Во время вегетации большая разность pH между базальной и апикальной частями хвои соответствует большей разности содержания сахаров между этими частями хвои.

SUMMARY. Variability pH tissues, the contents of organic acids, sugars and starch in apical and basal parts of many ages needles from the top and bottom parts of crone pine during vegetation and in winter rest is investigated. It is shown, that pH needles tissues reflects the content in it of organic acids only during vegetation. Lower pH apical needles parts, in comparison with part basal, was accompanied by higher content in it of organic acids both during vegetation, and in winter rest. During vegetation more the difference pH between basal and apical needles parts corresponds more the difference of the content of sugars between these parts of needles.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Сосна, хвоя, pH, органические кислоты, сахара, крахмал.
KEY WORDS. Pine, needles, pH, organic acids, sugars, starch.

Полагают, что изменчивость pH тканей хвои сосны в первом приближении отражает содержание в ней органических кислот [1]. Во время вегетации показана явная тенденция более низкого pH апикальной части хвои по сравнению с базальной частью. Соответствует ли этой тенденции адекватная изменчивость содержания органических кислот в этих частях хвои? Вполне вероятно, что значительная часть органических кислот находится в центральной вакуоле клеток мезофилла хвои. Поскольку в период зимнего покоя в клетках хвои сосны центральная вакуоль отсутствует [2], то возникает вопрос, приводит ли это к изменению pH тканей хвои и содержания в ней органических кислот? Очевидно, что транспорт фотосинтатов из хвои происходит в направлении от ее верхушки к основанию. Он зависит от температуры и осуществляется по градиенту концентрации сахаров [3]. Это позволяет предположить, что во время вегетации содержание сахаров в апикальной части хвои должно быть больше, чем в базальной, тогда как в период зимнего покоя содержание сахаров в этих частях хвои должно быть практически идентичным.

Нами исследована изменчивость содержания органических кислот, сахаров и крахмала в апикальной и базальной частях хвои различного возраста, расположенной в условиях высокой (верхушка дерева) и низкой (нижняя часть кроны) освещенности в период вегетации (июль) и во время зимнего покоя (ноябрь) и сопоставили ее с изменчивостью показателя рН тканей этих же частей хвои.

Материал и методы исследования. С двух деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих в лесопарковой зоне Екатеринбурга, с вершины и из нижней части кроны два раза (в июле и ноябре) собирали хвою всех имеющихся возрастов. Первым месяцем жизни хвои считали июнь. От него отсчитывали возраст хвои в месяцах. Например, в июле хвоя текущего года имела возраст 2 месяца, второго года жизни 14 месяцев, а в ноябре соответственно 6 и 18 месяцев.

Перед анализом каждую хвоинку делили на две равные части: апикальную и базальную. В каждой части определяли показатель рН тканей хвои по методике, описанной ранее [4], а также содержание органических кислот, сахаров и крахмала по известным методикам [5]. Содержание органических кислот, сахаров и крахмала рассчитывали в мг г⁻¹ свежей ткани хвои.

Экспериментальный материал обработан статистически. Объем каждой выборки $n = 10$. Уровень достоверности различия средних и коэффициентов корреляции оценивали при $p < 0.05 - 0.001$. На рисунках представлены средние арифметические исследованных показателей, а барами — их ошибки.

Результаты и их обсуждение. В большинстве случаев показатель рН тканей апикальной части хвои был достоверно ниже, чем базальной (рис. 1).

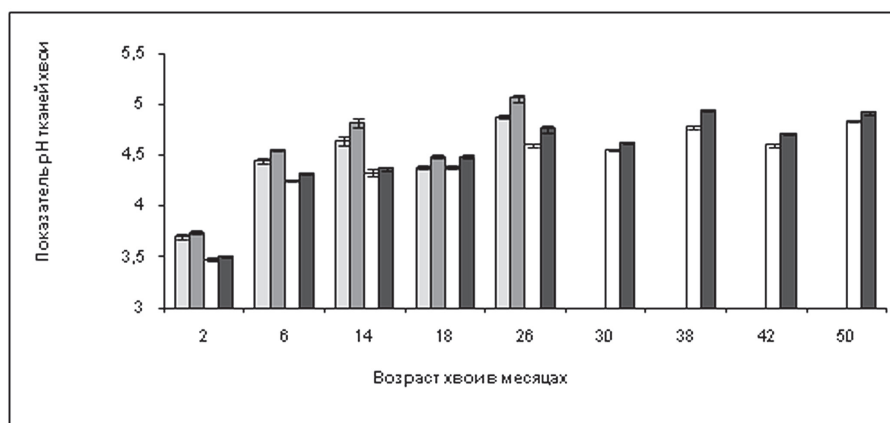


Рис. 1. Показатель рН в разновозрастной хвое сосны во время вегетации (июль) и во время зимнего покоя (ноябрь)

Обозначения. Апикальная часть хвои с вершины представлена светло-серыми столбиками, а базальная часть темно-серыми. С нижней части кроны апикальная часть хвои представлена белыми столбиками, а базальная часть — черными. Июльская хвоя представлена 2-, 14-, 26-, 38- и 50-ти месячными возрастными, а ноябрьская хвоя — 6-, 18-, 30- и 42-х месячными возрастными.

Тенденция различий такой же направленности имела место для 2-х месячной хвой в обеих частях кроны, а также для 14-ти месячной хвой в нижней части кроны. Содержание органических кислот в апикальной части хвой было в большинстве случаев достоверно больше, чем в базальной (рис. 2). Тенденция различий такой же направленности имела место для 2-х и 38-ми месячной хвой в нижней части кроны. Взаимозависимость показателя рН и содержание органических кислот в хвое подтверждает достоверная отрицательная корреляция между данными признаками. Для апикальной и базальной частей хвой она составила соответственно -0.81 и -0.78. Для июльской хвой эта связь была более тесной (-0.94 и -0.95), тогда как для ноябрьской хвой она отсутствовала. Вероятно, это было обусловлено наибольшим вкладом в эту связь наиболее низкого рН и наиболее высокого содержания органических кислот в молодой 2-х месячной хвое (рис. 1 и 2).

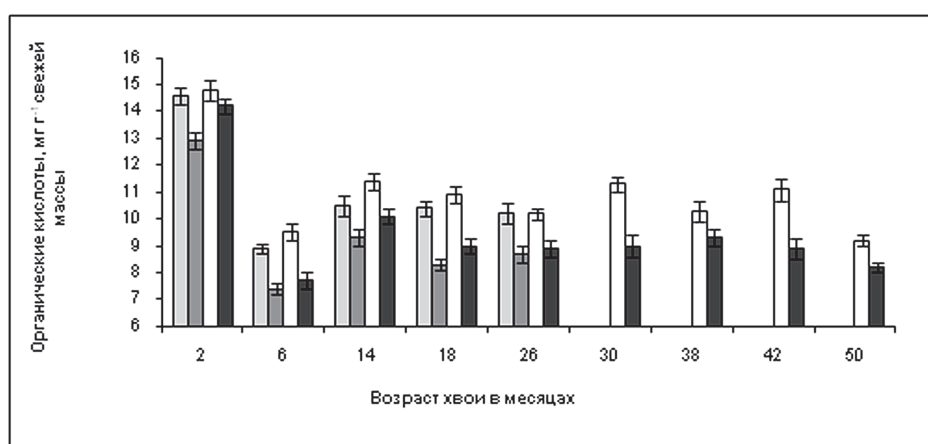


Рис. 2. Содержание органических кислот (*мг/г сырой ткани*) в разновозрастной хвое сосны во время вегетации (*июль*) и во время зимнего покоя (*ноябрь*)
Обозначения те же, что на рис. 1

Содержание сахаров в апикальной части было достоверно больше, чем в базальной части, только у 2-х месячной хвой в обеих частях кроны (рис. 3). Возможно, это связано с продолжением роста базальной части хвой, что сопровождается более низким содержанием сахаров в этой части хвой, по сравнению с апикальной частью [2]. Однако, тенденция большего содержания сахаров в апикальной части, по сравнению с базальной, была характерна и для взрослой хвой, за исключением 6-ти месячной ноябрьской хвой (рис. 3). Это создает предпосылки для транспорта фотосинтатов по градиенту концентрации сахаров от апикального конца листа к базальному.

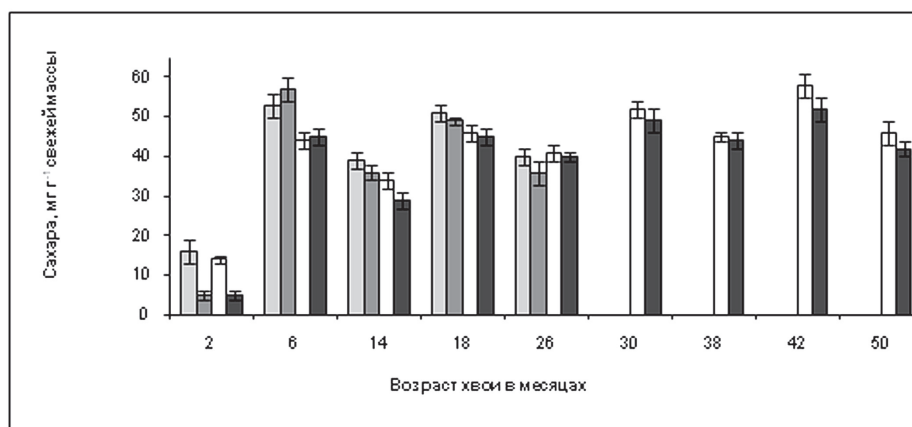


Рис. 3. Содержание сахаров (мг/г сырой ткани) в разновозрастной хвое сосны во время вегетации (июль) и во время зимнего покоя (ноябрь)

Обозначения те же, что на рис. 1

Тенденция большего содержания сахаров в апикальной части хвои, по сравнению с базальной, подтверждается достоверной положительной корреляцией между показателем рН и содержанием сахаров. Для апикальной и базальной частей хвои коэффициент корреляции составил соответственно 0.72 и 0.7. Для июльской хвои корреляция была более тесной (0.92 и 0.93 соответственно), тогда как для ноябрьской хвои она была достоверной только для апикальной части (0.63). Только для июльской хвои имела место достоверная положительная корреляция (0.7) между разностью рН между базальной и апикальной частями хвои и разностью содержания сахаров между этими же частями хвои. Ранее нами показана закономерная изменчивость разности рН между растущим побегом и хвоей второго года жизни, которая соответствовала направленности транспорта фотосинтатов из тканей с более низким рН в ткани с более высоким рН [1]. В пользу такой закономерности свидетельствует и полученная положительная корреляция между разностью рН и разностью содержания сахаров между базальной и апикальной частями хвои, т.е. подтверждает предположение о транспорте фотосинтатов от верхушки листа к его основанию по градиенту сахаров. Наличие корреляционной связи между рН тканей хвои и содержанием органических кислот или содержанием сахаров вполне вписывается в известные факты о взаимопревращении органических кислот и сахаров [6].

В июльской хвое имела место тенденция меньшего содержания крахмала в апикальной части хвои, по сравнению с базальной, тогда как в ноябрьской хвое, напротив, содержание крахмала в базальной части хвои было меньше, чем в апикальной (рис. 4). Во взрослой июльской хвое содержание крахмала было в несколько раз больше, чем в ноябрьской хвое. В молодой, июльской хвое содержание крахмала было близко к его содержанию в ноябрьской хвое.

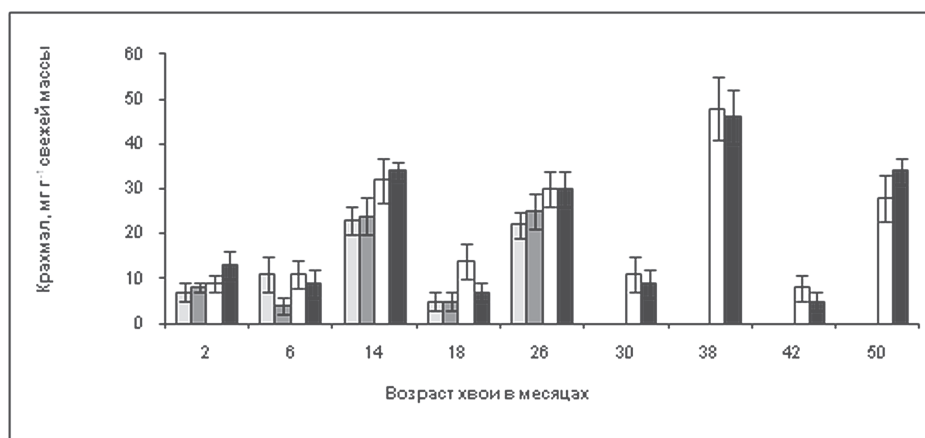


Рис. 4. Содержание крахмала (mg/g сырой ткани) в разновозрастной хвое сосны во время вегетации (июль) и во время зимнего покоя (ноябрь)

Обозначения те же, что на рис. 1

Наличие крахмала в хвое не характерно для периода зимнего покоя. В нашем случае наличие крахмала в ноябрьской хвое было обусловлено, возможно, длительной оттепелью перед сбором хвой для анализа. Достоверная положительная корреляция между показателем рН и содержанием крахмала для апикальной (0.53) и базальной (0.56) хвой имела место только в период вегетации, а во время зимнего покоя она отсутствовала. Если исходить из того, что во время вегетации основной пул органических кислот, влияющий на изменчивость рН, находится в центральной вакуоле, то чем ниже рН, тем больший объем цитоплазмы занимает центральная вакуоль. Это может происходить, как за счет объема цитозоля, так и хлоропластов. Поскольку размеры хлоропластов зависят от количества крахмала, содержащегося в них [7], то снижение рН будет ассоциировать с низким содержанием крахмала в хлоропластах. В нашем случае у 2-х месячной хвой еще продолжался рост, который, как известно, сопровождается увеличением центральной вакуоли. В этой хвое низкому рН соответствовало высокое содержание органических кислот и низкое содержание крахмала и сахаров.

Заключение. Показатель рН тканей хвой сосны отражает содержание в ней органических кислот только во время вегетации. Это позволяет предполагать, что изменчивость рН тканей хвой во время вегетации определяют органические кислоты, содержащиеся в центральной вакуоле, тогда как основной пул органических кислот, дающий достаточно низкий показатель рН тканей хвой у сосны, локализован в других местах. Однако ассоциация более низкого рН апикальной части хвой с более высоким содержанием в ней органических кислот по сравнению с базальной частью хвой имеет место, как во время вегетации, так и в период зимнего покоя. Такая направленность изменчивости данных признаков не зависит от степени освещенности и возраста хвой. Возрастная изменчивость показателя рН каждой части хвой была больше, чем содержание органических кислот. Во время вегетации большей разности рН между базальной и апикальной частями хвой соответствует большая разность содержания

сахаров между этими частями хвои. Во время вегетации имеет место тенденция меньшего, а в период зимнего покоя, напротив, большего содержания крахмала в апикальной части хвои, по сравнению с базальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васфилов С.П. Изменчивость рН тканей хвои и побега сосны в условиях воздушного загрязнения // Лесоведение. 2005. № 3. С. 20-26.
2. Новицкая Ю.Е., Чикина П.Ф., Софронова Г.И., Габукова В.В., Макаревский М.Ф. Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере. Л.: Наука, 1985. 156 с.
3. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 647 с.
4. Васфилов С.П. Использование рН гомогената хвои для оценки воздействия диоксида серы на сосну // Экология. 1995. № 5. С. 347-350.
5. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Ярош Н.П., Луковникова Г.А. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-ое. Л.: Колос, 1972. 456 с.
6. Солдатенков С.В. Обмен органических кислот у растений. Л.: Наука, 1971. 44 с.
7. Загирова С.В. Рост побегов и динамика структуры клеток мезофилла в двухлетней хвое *Abies sibirica* Ledeb // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 1. С. 43-47.