

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА НЕЙТРАЛЬНЫХ ЛИПИДОВ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ *Larix sibirica* L.

Приведены результаты исследования состава жирных кислот нейтральных липидов меристем почек *Larix sibirica* L. в зимнее время в состоянии низкой термостойкости меристем и весной при потере устойчивости к низким температурам. Показано, что смена фенологических состояний дерева при переходе от покоя к вегетации сопровождается значительным изменением жирнокислотного состава нейтральных липидов живых тканей и ненасыщенности жирных кислот.

**Ключевые слова:** *Larix sibirica* L., почки, меристемы, нейтральные липиды, жирные кислоты, низкотемпературная устойчивость.

E.V. Alaudinova, P.V. Mironov

THE METABOLISM SEASONAL PECULIARITIES OF NEUTRAL LIPIDS OF *Larix sibirica* L. LIVING TISSUES

The research results on the composition of the fatty acid of the bud meristem neutral lipids of *Larix sibirica* L. in winter in the meristem low thermal resistance conditions and in spring in the loss of stability to low temperatures are presented. It is shown that the change of tree phenological condition in the transition from the rest to vegetation is accompanied by the significant change in the fatty acid composition of the living tissue neutral lipids and unsaturated fatty acids.

**Key words:** *Larix sibirica* L., buds, meristems, neutral lipids, fatty acids, low temperature stability.

**Введение.** Экологическая безопасность среды обитания человека, сохранение биоразнообразия лесных экосистем – острейшие проблемы, для решения которых явно недостаточно внедрения рационального и комплексного использования возобновляемых природных ресурсов, лесовосстановления и лесовозобновления. Необходимо продолжать фундаментальные исследования метаболизма лесобразующих древесных видов и влияния абиотических факторов на процессы их жизнедеятельности.

В условиях Центральной Сибири главный абиотический стрессор, ограничивающий продуктивность, возможность интродукции и распространение многолетних растений в районы с более холодным климатом, – зимние отрицательные температуры. Поэтому низкотемпературная устойчивость является не только вопросом факториальной экологии, но и занимает центральное место в агрономии, садоводстве, лесоводстве Сибирского региона.

Лесобразующие хвойные древесные растения Центральной Сибири – очень морозоустойчивые виды, обладающие высокой эволюционной приспособленностью к действию неблагоприятных температур на межвидовом уровне. В этой связи необходимость изучения метаболизма живых тканей почек хвойных очевидна: почки – наименее защищенные органы дерева, а их живые ткани в условиях суровых сибирских зим наиболее подвержены повреждениям.

Низкотемпературная устойчивость живых тканей у растений вырабатывается в результате комплекса структурно-химических изменений клеток и важнейших биомолекул, составляющих клетки. Именно эти изменения чрезвычайно важны и определяют «экологический предел», внутри которого возможно приспособление растений (в том числе хвойных видов) к сезонному понижению температуры окружающей среды. Однако до сегодняшнего дня исследователи не уделяют должного внимания живым (меристематическим) тканям почек хвойных древесных растений.

Исследование состава нейтральных соединений меристем почек хвойных видов, предпринятое нами ранее [1], показало, что изменения содержания индивидуальных компонентов нейтральной природы происходят в течение всего года. Например, у лиственницы сибирской колебание уровня нейтральных соединений происходит в пределах 2,9–9,6 %, а их основную долю составляют глицериды (ацилглицеролы), присутствующие в форме моно-, ди- и триглицеридов. Адаптивные реакции ацилглицеролов, как правило, выражаются в изменении их жирнокислотного состава. Вместе с тем до настоящего времени в научной литературе данные об этом отсутствуют, что, в свою очередь, значительно затрудняет познание адаптационных механизмов морозоустойчивых видов.

**Цель работы.** Настоящая работа является продолжением изучения метаболизма меристематических тканей почек хвойных пород Центральной Сибири и посвящена изучению сезонных особенностей метабо-

лизма жирных кислот нейтральной фракции липидов, в частности кислот с 18 атомами углерода, преобладающих в составе ацилглицеролов.

**Объект исследования.** Меристематические ткани почек лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) – одной из основных лесообразующих хвойных пород Сибирского региона.

**Методика.** Общую липидную фракцию из меристем извлекали смесью растворителей хлороформ-изопропанол в соотношении 1:2 по объему [2, 3] в присутствии 1%-го ионола. Очистку липидов от примесей нелипидной природы проводили гель-фильтрацией через колонку с сефадексом G-25 [4]. Очищенный липидный экстракт упаривали на ротационном вакуумном испарителе (РВИ) при температуре 36–38 °С и разделяли на фракции на хроматографической колонке. В качестве адсорбента использовали силикагель Bio-Sil A 100-200 меш. Колонку с нанесенным липидным экстрактом промывали хлороформом. Скорость элюирования составляла около 3 мл/мин. При этом вымывались вещества нейтрального характера, в дальнейшем называемые нейтральными липидами. Экстракт, содержащий нейтральные соединения, упаривали на РВИ при температуре 36–38 °С, растворяли в 1%-м метанольном растворе NaOH и нагревали на водяной бане при 55 °С в течение 30 минут. Смесью охлаждали, подкисляли 5%-м метанольным раствором HCl и вновь инкубировали при 55 °С [5]. После охлаждения добавляли 0,5 объема дистиллированной воды и экстрагировали метиловые эфиры жирных кислот гексаном. Гексановый экстракт концентрировали на РВИ, а затем очищали метиловые эфиры жирных кислот методом ТСХ, используя стеклянные пластинки с силикагелем марки КСК Воскресенского химкомбината с размером частиц 100–200 меш. В качестве проявителя применяли бензол. Анализ метиловых эфиров жирных кислот проводили на газо-жидкостном хроматографе «Agilent Technologies» фирмы «Хьюлетт-Паккард» (США) с масс-селективным детектором, работающим в режиме электронного удара с регистрацией разделенных компонентов по полному ионному току. Колонка кварцевая капиллярная HP-5МС (длина 30 м, диаметр 0,25 мм, толщина слоя пленки фазы 0,33 мкм); начальная температура термостата колонок 150 °С в изотермическом режиме 3 мин, затем температура термостата колонок увеличивалась со скоростью 20 °С/мин; конечная температура термостата колонок 280 °С; газ-носитель – гелий. Идентификацию жирных кислот осуществляли по масс-спектрам (библиотека масс-спектров NIST 02.L) и индексам удерживания.

**Результаты и обсуждение.** Жирные кислоты в составе нейтральных липидов меристематических тканей почек *Larix sibirica* L. представлены 17 компонентами с различным числом углеродных атомов и двойных связей. Среди индивидуальных жирных кислот постоянно преобладала группа кислот с 18 атомами углерода (рис. 1). В различные сезоны года их общее содержание изменялось в пределах 50–60 % от общей суммы жирных кислот

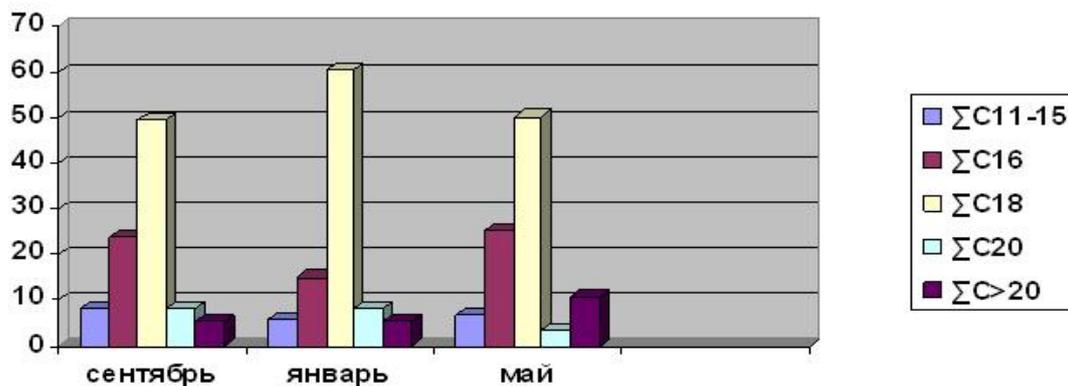


Рис. 1. Сезонное изменение содержания основных групп жирных кислот

Группа жирных кислот с 18 атомами углерода включала стеариновую ( $C_{18:0}$ ), олеиновую ( $C_{18:1}$ ), линолевою ( $C_{18:2}$ ) и линоленовую ( $C_{18:3}$ ) кислоты. Содержание названных индивидуальных компонентов в течение года нестабильно: во вновь сформированных почках преобладала олеиновая кислота, в зимующих почках увеличивалось в первую очередь количество линолевой кислоты, а также линоленовой; олеиновой, напротив, уменьшалось (рис. 2).

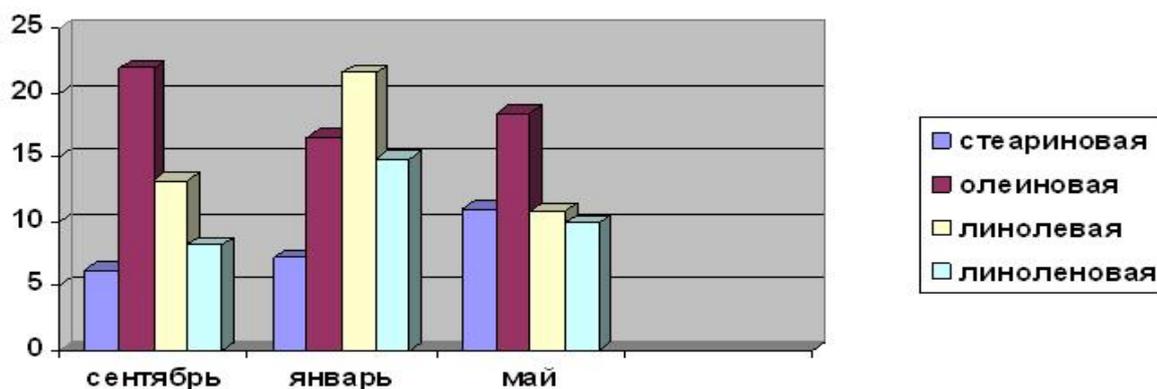


Рис. 2. Сезонное изменение содержания индивидуальных жирных кислот типа C<sub>18</sub>

В результате зимой общая сумма ненасыщенных ЖК с 18 атомами углерода увеличивалась почти на 20 % от их содержания в сентябре (рис. 3).

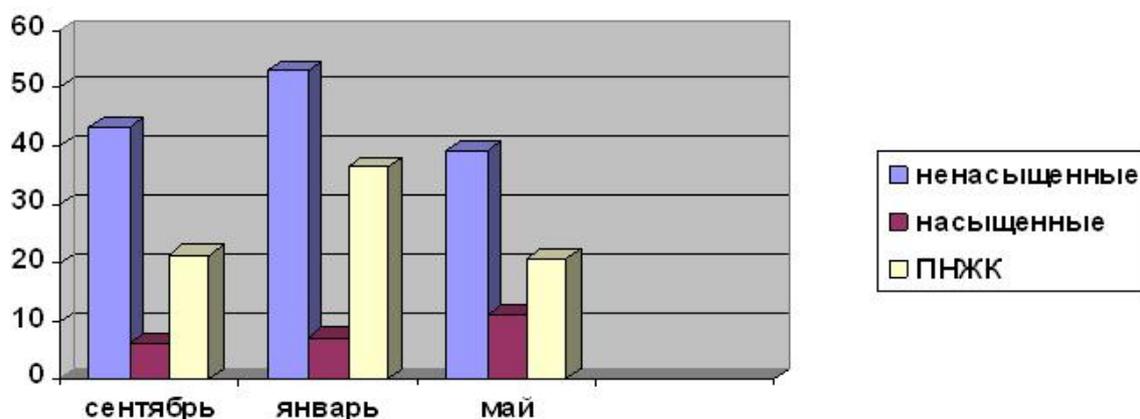


Рис. 3. Сезонное изменение содержания насыщенных, ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот типа C<sub>18</sub>

Весной в набухших почках *Larix sibirica* L. вдвое понижался уровень линолевой кислоты, в 1,5 раза – линоленовой; на 10 % увеличивалось количество олеиновой кислоты и на 35 % – стеариновой (рис. 2). Стеариновая (C<sub>18:0</sub>) кислота по сравнению с другими кислотами этой группы обнаруживалась в меньшем количестве, однако на протяжении всего периода исследования прослеживалась устойчивая тенденция роста ее содержания. Наиболее значительно уровень стеариновой кислоты увеличивался в период вегетации, в результате в мае в набухших почках количество стеариновой кислоты на 43 % превосходило их количество в сентябре в молодых сформированных почках. В целом сумма кислот типа C<sub>18</sub>, составлявшая в зимующих почках *Larix sibirica* L. более 60 % от общего количества жирных кислот, весной снижалась до 50 % (рис. 1).

Для нормального функционирования и сохранения жизнеспособности в зимних условиях растительным клеткам необходимо достаточное количество полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), имеющих две и более двойных связи. Увеличение количества двойных связей в структуре жирных кислот в условиях отрицательных зимних температур позволяет сохранить молекулярную подвижность кислоты и понижает температуру затвердевания. Анализ жирнокислотного состава нейтральных липидов *Larix sibirica* L. показал, что с наступлением суровых зимних условий ненасыщенность жирных кислот возрастала, а весной, с повышением температуры окружающей среды, – снижалась. В нашем случае количество ПНЖК в зимний период в меристемах почек *Larix sibirica* L. увеличивалось почти в два раза (см. рис. 3). Весной в набухших почках наблюдалось понижение доли ПНЖК, увеличение доли олеиновой кислоты.

**Выводы.** Таким образом, в климатических условиях Сибири ненасыщенность жирных кислот нейтральных липидов живых тканей *Larix sibirica* L. сильно зависит от условий окружающей среды (главным образом температурных), поскольку в количественных изменениях этих соединений прослеживается вполне определенная сезонная закономерность. Исследование жирнокислотного состава нейтральных липидов меристем зимующих почек и анализ его трансформирования при переходе к активной вегетации дают основа-

ние полагать, что биосинтез полиненасыщенных жирных кислот – линолевой и линоленовой, содержание которых при формировании устойчивого состояния тканей увеличивается вдвое, является одной из адаптационных стратегий, формирующих высокую морозоустойчивость *Larix sibirica* L.

### Литература

1. Алаудинова Е.В., Миронов П.В. Липиды меристем лесобразующих хвойных пород Центральной Сибири в условиях низкотемпературной адаптации. Особенности обмена нейтральных липидов меристем почек *Larix sibirica* L., *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L. // Химия растительного сырья. – 2010. – № 1. – С. 67–74.
2. Folch J., Lees M., Stanley G.H. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. – 1957. – V. 226. – № 1. – P. 497–509.
3. Bligh, E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiology. – 1959. – V. 37. – P. 911–917.
4. Кейтс М. Техника липидологии. – М.: Мир, 1975. – 322 с.
5. Carreau V.P., Dubaeq J.P. Adaptation of a Macro-Scale Method to the Micro-Scale for Fatty Acid Methyl Trans-esterification of Biological Lipid Extracts // J. Chromatogr. – 1978. – V. 151. – P. 384–390.



УДК 598.8 591.5

А.В. Барановский, Е.С. Иванов

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПТЕНЦОВОЙ ТРОФИКИ ЯСТРЕБИНОЙ СЛАВКИ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Изучены особенности птенцовой трофики ястребиной славки в условиях антропогенного ландшафта и естественных для вида стаций. Сравнительный анализ данных позволил выявить принципиальную специфику питания этого вида. Специфической особенностью питания птенцов ястребиной славки служит преимущественное потребление крупных объектов, добывание которых более энергетически выгодно для птиц. Такая специализация препятствует синантропизации вида в связи с преобладанием среди синантропной энтомофауны мелких форм.

**Ключевые слова:** ястребиная славка, питание птенцов, тактика кормового поведения, сравнительный экологический анализ, механизмы синантропизации.

A.V. Baranovskiy, E.S. Ivanov

### ECOLOGICAL ANALYSIS OF THE BARRED WARBLER ALTRICIAL TROPHISM IN THE RYAZAN REGION

The peculiarities of the barred warbler altricial trophism under the anthropogenic landscape and natural for the species habitats conditions are studied. The data comparative analysis allowed to reveal the fundamental specificity of this type nutrition. The specific peculiarity of the barred warbler chick nutrition is the preferential consumption of large objects, the obtaining of which is more energetically favorable for the birds. Such specialization prevents the species synanthropization due to the predominance of the small forms in the synanthropic entomofauna.

**Key words:** barred warbler, chicks nutrition, nutrition behavior tactics, comparative ecological analysis, synanthropization mechanisms.

**Введение.** Ястребиная славка (*Sylvia nisoria*) в Рязанской области является наиболее редкой из славков [2, 3, 6]. Факторы, ограничивающие численность этого вида, плохо изучены. В научной литературе имеются сведения, что для ястребиной славки характерна большая требовательность к гнездовым биотопам, чем для других видов славков [3, 6, 7].

Питание этого вида мало изучено, однако известно, что ястребиная славка поедает преимущественно насекомых [6, 8, 9].

На территории Рязанской области специальных исследований по изучению питания ястребиной славки не проводилось.