
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Физико-химическая биология

УДК 574.24:543.544.3:543.645.9

Динамика изменения жирно-кислотного состава щирицы запрокинутой, ярутки полевой и лофанта тибетского

И.В. Слепцов, Е.С. Хлебный, А.Н. Журавская

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

*Исследована динамика изменения жирно-кислотного состава щирицы запрокинутой (*Amaranthus retroflexus*), ярутки полевой (*Thlaspi arvense*) и лофанта тибетского (*Agastache rugosa*) при их выращивании в Центральной Якутии в процессе вегетации с июня по август. Выявлено количественное и качественное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в листьях исследуемых растений. Установлено, что максимальное количество жирных кислот содержалось в конце июня, минимальное – в начале августа. Основной ненасыщенной жирной кислотой является линоленовая кислота (C18:3Δ6,9,12), насыщенной – пальмитиновая кислота (C16:0) во всех исследуемых растениях. Выявлено, что с уменьшением температуры увеличивается процентное содержание ненасыщенных жирных кислот у всех трех видов исследуемых растений. Показано, что исследованные растения по-разному реагируют на изменение температурных условий произрастания, что проявляется в изменениях их жирно-кислотного состава. Это может свидетельствовать о различных механизмах адаптации к низкотемпературному стрессу.*

Ключевые слова: *Amaranthus retroflexus*, *Thlaspi arvense*, *Agastache rugosa*, жирные кислоты, температурный стресс, коэффициент ненасыщенности.

Dynamics of Change of Fatty Acids Composition in the Leaves of *Amaranthus Retroflexus*, *Thlaspi Arvense* and *Agastache Rugose*

I.V. Sleptsov, E.S. Khlebnyy, A.N. Zhuravskaya

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk

*Dynamics of change of fatty acids composition in the leaves of *Amaranthus retroflexus*, *Thlaspi arvense* and *Agastache rugosa* is investigated at their cultivation in Central Yakutia in the course of vegetation from June to August. The quantitative and qualitative content of saturated and unsaturated fatty acids in the leaves of the studied plants is revealed. The maximum quantity of fatty acids was fixed at the end of June, the minimum - at the beginning of August. It is established that the main unsaturated fatty acid is the linolenic acid (C18:3Δ6,9,12), saturated - palmitic acid (C16:0) in all studied plants. It is revealed that with decrease of temperature the percentage of unsaturated fatty acids at all three species of the studied plants increases. It is shown that the studied plants differently react to change of temperature conditions of their growth that displays in changes of their fatty acid composition. This may testify to various mechanisms of adaptation to a low-temperature stress.*

Key words: *Amaranthus retroflexus*, *Thlaspi arvense*, *Agastache rugosa*, fatty acids, temperature stress, saturated/unsaturated ratio.

СЛЕПЦОВ Игорь Витальевич – аспирант, peroxasg@mail.ru; ХЛЕБНЫЙ Ефим Сергеевич – к.б.н., с.н.с., chicloon@gmail.com; ЖУРАВСКАЯ Алла Николаевна – д.б.н., проф., г.н.с., jan43@mail.ru.

Введение

Изучение изменения состава жирных кислот (ЖК) липидов в растительных клетках в вегетационном и адаптационном процессах представляет большой интерес вследствие их значительной роли в функционировании клеточных мембран и в биоэнергетических реакциях [1]. Исследование жирно-кислотного состава перспективных с хозяйственной позиций растений поможет оценить их питательную ценность, сроки максимального содержания и количество незаменимых ЖК. Предполагается, что жирные кислоты способствуют адаптации растений к низкотемпературному стрессу [2]. Известно, что со снижением температуры уменьшается текучесть мембран. Это приводит к активации синтеза фермента десатуразы, который участвует в процессе получения полиненасыщенных ЖК [3,4]. В свою очередь, увеличение количества ненасыщенных ЖК приводит к восстановлению текучести мембран, т.е. устойчивость растений к низкотемпературному стрессу зависит и от активности десатураз [5]. Ранее было показано, что при осеннем закаливании растений, произрастающих в условиях криолитозоны, происходит увеличение содержания полиненасыщенных ЖК, что способствует увеличению их резистентности к низкотемпературному стрессу [6,7]. Увеличение содержания ненасыщенных и уменьшение насыщенных ЖК в процессе вегетации растений при снижении среднесуточных температур было отмечено и другими авторами на территории России [8]. Вместе с тем, остается не изученной динамика изменения жирно-кислотного состава исследуемых нами растений, произрастающих на территории Центральной Якутии, в процессе вегетации и изменений условий среды.

Целью исследования является изучение изменений жирно-кислотного состава щирицы запрокинутой, лофанта тибетского и ярутки полевой, произрастающих в условиях Центральной Якутии, в ходе их вегетации и адаптации к изменениям температуры среды.

Материалы и методы

В работе были использованы растения – щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* (L.)), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* (L.) и лофант тибетский или многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa* (Fisch. & C.A.Mey.).

Amaranthus retroflexus и *Thlaspi arvense* являются однолетними, дикорастущими, травянистыми растениями, широко распространенными на территории Центральной Якутии. *Agastache rugosa* – многолетнее, дикорастущее, травянистое растение, произрастающее в Восточной Азии.

Семена растений высевали в открытый грунт в конце мая на территории Якутского ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН. Отбор листьев исследуемых растений проводили в 10 ч, с 30 июня по 4 августа с интервалом в одну неделю.

Для получения метиловых эфиров ЖК использовали метод кислотного гидролиза, описанный в ряде источников [8,9]. Сухую навеску листьев исследуемых растений, массой 50 мг, помещали в герметичные контейнеры, добавляли 1 мл 2,5% метанольного раствора H_2SO_4 и помещали на один час в термошейкер при $80^\circ C$ и 1000 об./мин. После охлаждения до комнатной температуры ($20^\circ C$) к полученному раствору добавляли 1 мл 0,9% раствора NaCl. Далее метиловые эфиры жирных кислот экстрагировали 0,5 мл гексана. Полученную смесь помещали в шейкер на 1 мин, затем центрифугировали 1 мин при 10 тыс. об./мин. Метиловые эфиры жирных кислот отбирали декантацией из супернатанта, для анализа брали 200 мкл.

Гексановый экстракт эфиров ЖК помещали в автосамплер хроматографа «МАЭСТРО» 7820/5975, построенного на базе газового хроматографа Agilent 7820 и масс-спектрометрического детектора 5975 того же производителя. Для разделения использовали капиллярную колонку HP-INNOWax (30 м, 0,25 мм, 0,25 мкм), скорость газа-носителя 2 мл/мин. Для ввода пробы объемом 10 мкл использовали лайнер без деления потока, температура инжектора $270^\circ C$. Температурная программа разделения: $40^\circ C$ (5 мин); $250^\circ C$ ($4^\circ C/мин$, 5 мин). Температура линии, соединяющей хроматограф и масс-спектрометр, $270^\circ C$, температура источника ионов $230^\circ C$, температура детектора $150^\circ C$. Регистрацию осуществляли по полному ионному току (режим SCAN).

Для определения концентрации метиловых эфиров ЖК по разработанному методу провели калибровку с использованием набора стандартов метиловых эфиров ЖК фирмы «Supelco». 37-Component FAME Mix (кат. номер 18919-1MP). При построении калибровочной кривой среднеквадратичное отклонение составило менее 1% для всех использованных стандартов метиловых эфиров ЖК.

Коэффициент ненасыщенности ЖК рассчитывался по формуле (1) [10]:

$$K = \Sigma UFA / \Sigma SFA, \quad (1)$$

где K – коэффициент ненасыщенности, ΣUFA – сумма ненасыщенных жирных кислот, ΣSFA – сумма насыщенных жирных кислот.

Мониторинг температуры воздуха на поверхности почвы в месте отбора проб исследуемых рас-

тений проводился с помощью автоматических регистраторов температуры ТР-2 ООО «Инженерные технологии» (Россия), позволяющих фиксировать температуру с интервалом 2 ч. Использовали среднюю температуру воздуха за 4 ч до отбора пробы вследствие динамического изменения ЖК состава растений от погодных условий [11].

Результаты и обсуждение

Концентрация (мкг/г.листья) жирных кислот, сумма насыщенных и ненасыщенных, общая сумма жирных кислот и коэффициент ненасыщенности в листьях растений представлены в табл. 1–3. Анализ полученных результатов показывает, что основная насыщенная ЖК в листьях всех исследуемых растений – пальмитиновая кислота (С16:0). У *Amaranthus retroflexus* её содержание варьировало от 711,3 до 4837,9 мкг/г.листья, у *Thlaspi arvense* – от 3643,9 до 5169,9 мкг/г.листья, у *Agastache rugosa* – от 4051,1 до 4817,1 мкг/г.листья. Основная ненасыщенная ЖК в листьях всех исследуемых растений – линоленовая кислота (С18:3Δ6,9,12) У *Amaranthus retroflexus* её содержание варьировало от 2042,8 до 10818,4 мкг/г.листья, у *Thlaspi arvense* – от 9301,3 до 12922,9 мкг/г.листья, у *Agastache rugosa* – от 9800,0 до 14253,4 мкг/г.листья.

В листьях *Amaranthus retroflexus* в конце июня обнаружено 16 ЖК, из которых 4 моно- и 4 полиненасыщенные (табл. 1), к началу августа – 12 ЖК, из них 2 моно- и 5 полиненасыщенные. При этом концентрации полиненасыщенных ЖК значительно превышали концентрации мононенасыщенных в течение всего срока исследования. Концентрации ненасыщенных и насыщенных ЖК в листьях *Amaranthus retroflexus* с 30 июня по 4 августа уменьшались в 2,9 и 4,4 раза соответственно, а общее содержание ЖК – в 3,2 раза.

В листьях *Thlaspi arvense* обнаружено 16 ЖК, из которых 2 моно- и 4 полиненасыщенных (табл. 2). Концентрации ненасыщенных и насыщенных ЖК в листьях *Thlaspi arvense* с 30 июня по 4 августа немонокотонно уменьшались в 1,4 и 1,4 раза соответственно, а общее содержание ЖК – в 1,4 раза.

В листьях *Agastache rugosa* обнаружено 14 ЖК, из которых 2 моно- и 4 полиненасыщенных (табл. 3). Концентрации ненасыщенных и насыщенных ЖК в

Концентрация (мкг/г.листья) жирных кислот, сумма насыщенных и ненасыщенных, общая сумма жирных кислот и коэффициент ненасыщенности в листьях *Amaranthus retroflexus*

Жирная кислота	Дата сбора					
	30.06.2014	07.07.2014	14.07.2014	21.07.2014	28.07.2014	04.08.2014
С6:0	28,3	10,9	2,1	4,1	tr	15,5
С14:0	16,5	tr	1,6	n/a	n/a	n/a
С14:1Δ9	2,3	n/a	tr	tr	n/a	n/a
С15:0	13,2	11,4	tr	4,3	n/a	n/a
С16:0	4837,9	4758,6	3070,0	3058	711,3	1320,4
С16:1Δ9	21,4	6,1	tr	0,3	tr	tr
С17:0	17,4	15,9	tr	4,9	tr	tr
С18:0	607,1	550,5	348,4	262,7	n/a	n/a
18:1Δ9	3,3	tr	tr	tr	tr	tr
С18:2Δ9,12	4572,1	4149,6	2241,3	2523,5	688,6	1261,9
С18:3Δ6,9,12	10818,4	12016,8	6684,9	6056,5	2042,8	4088,4
С20:0	44,5	29,5	5,8	tr	tr	tr
С20:1Δ11	45,5	54,7	14,1	11,4	tr	tr
С21:2Δ11,14	33,4	31,9	5,6	3,0	tr	tr
С21:3Δ11,14,17	27,1	35,4	10,4	7,0	tr	tr
С22:0	63,4	74,6	29,1	8,8	tr	tr
С23:0	43,8	46,7	22,4	15,6	tr	5,9
С24:0	275,2	343,3	90,5	60,4	tr	11,3
ΣUFA	15523,5	16294,5	8956,3	8601,7	2731,4	5350,3
ΣSFA	5947,3	5841,4	3569,9	3418,8	711,3	1353,1
ΣFA	21470,8	22135,9	12526,2	12020,5	3442,7	6703,4
К	2,6	2,8	2,5	2,5	3,8	4,0

Примечание. ΣUFA – сумма ненасыщенных ЖК, ΣSFA – сумма насыщенных ЖК, ΣFA – общая сумма ЖК, К – коэффициент ненасыщенности, tr – следовые количества, n/a – не обнаружено. Для всех полученных значений $p < 0,01$.

Таблица 2

Концентрация (мкг/г.листья) жирных кислот, сумма насыщенных и ненасыщенных, общая сумма жирных кислот и коэффициент ненасыщенности в листьях *Thlaspi arvense*

Жирная кислота	Дата сбора					
	30.06.2014	07.07.2014	14.07.2014	21.07.2014	28.07.2014	04.08.2014
С6:0	12,2	12,6	13,4	6,4	4,3	tr
С14:0	55,6	93,7	119,1	120,3	117,8	170,9
С15:0	12,3	23,6	24,9	26,5	27,5	20,9
С16:0	5169,9	4682,3	4610,6	4952,9	4710,2	3643,9
С16:1Δ9	64,9	46,2	48,6	68,7	61,4	42,9
С17:0	35,0	34,2	43,9	67,9	66,0	61,4
С18:0	713,7	528,4	699,5	822,6	748,4	493,2
18:1Δ9	334,4	253,2	237,3	523,2	482,9	289,6
С18:2Δ9,12	3737,4	2840,0	2692,7	3410,1	3223,7	2206,2
С18:3Δ6,9,12	12763,9	12922,9	10651,2	12748,9	12097,0	9301,3
С20:0	64,1	22,6	48,6	49,2	21,6	15,5
С21:2Δ11,14	36,5	19,4	16,1	24,1	19,2	tr
С21:3Δ11,14,17	81,8	74,3	54,5	72,1	70,9	46,3
С22:0	42,4	18,2	35,9	12,1	tr	tr
С23:0	tr	5,8	7,9	16,4	10,6	4,8
С24:0	344,5	339,9	338,8	248,8	196,9	173,6
ΣUFA	17018,9	16156,0	13700,4	16847,1	15955,1	11886,3
ΣSFA	6449,7	5761,3	5942,6	6323,1	5903,3	4584,2
ΣFA	23468,6	21917,3	19643,0	23170,2	21858,4	16470,5
К	2,6	2,8	2,3	2,7	2,7	2,6

Примечание. То же, что к табл. 1.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ЖИРНО-КИСЛОТНОГО СОСТАВА ЩИРИЦЫ ЗАПРОКИНУТОЙ

Т а б л и ц а 3

Концентрация (мкг/г.листья) жирных кислот, сумма насыщенных и ненасыщенных, общая сумма жирных кислот и коэффициент ненасыщенности в листьях *Agastache rugosa*

Жирная кислота	Дата сбора					
	30.06.2014	07.07.2014	14.07.2014	21.07.2014	28.07.2014	04.08.2014
C6:0	tr	5,6	8,3	8,1	tr	4,3
C15:0	7,8	1,7	2,6	24,6	5,8	tr
C16:0	4817,1	4369,8	5213,5	4750,1	4317,6	4051,1
C16:1Δ9	41,1	42,6	82,1	49,4	44,5	44,7
C17:0	19,7	14,0	32,1	32,1	13,8	17,0
C18:0	650,4	590,0	806,0	544,0	456,5	387,7
C18:2Δ9,12	3473,1	2801,8	3408,6	2572,6	3379,9	2742,8
C18:3Δ6,9,12	14253,4	13051,5	12907,5	10763,9	11496,5	9800,0
C20:0	177,8	206,1	223,1	162,4	132,6	163,1
C20:1Δ11	25,4	17,7	13,9	8,07	13,1	1,9
C21:2Δ11,14	20,2	17,8	9,3	2,1	9,8	0,1
C21:3Δ11,14,17	72,9	61,5	48,9	37,4	48,2	27,8
C22:0	115,6	148,6	161,5	110,6	84,3	139
ΣUFA	17886,1	15992,9	16470,3	13433,5	14992,0	12617,3
ΣSFA	5788,4	5335,8	6448,8	5635	5010,6	4762,2
ΣFA	23674,5	21328,7	22919,1	19068,5	20002,6	17379,5
K	3,1	3,0	2,6	2,4	3,0	2,6

Примечание. То же, что к табл. 1.

листьях *Agastache rugosa* с 30 июня по 4 августа уменьшились в 1,4 и 1,2 раза соответственно, а общее содержание ЖК – в 1,4 раза.

Во всех исследуемых растениях с 30 июня по 4 августа уменьшалась концентрация ненасыщенных и насыщенных ЖК. Таким образом, для получения растительного материала с максимальным содержанием ЖК следует проводить сбор в конце июня.

Коэффициент ненасыщенности в листьях *Amaranthus retroflexus* снижался с повышением средней температуры воздуха за 4 ч до отбора пробы (рис.1). Исключение составляло 21 июля, где при снижении средней температуры на 6°C

коэффициент ненасыщенности не увеличивался. Это может обуславливаться тем, что температурный перепад на 6°C является не достаточным для активации ферментов десатураз в листовой ткани *Amaranthus retroflexus* и может обуславливаться его адаптационными механизмами к снижению температуры воздуха. Стоит отметить, что в дальнейшем в листьях *Amaranthus retroflexus* коэффициент ненасыщенности увеличивался на 52–60%, что может быть связано с ответной реакцией организма на снижение температуры. Следовательно, при длительном действии таких температур происходит активация ферментов десатураз и увеличивается процентное содержание ненасыщенных ЖК.

В листовой ткани растения *Thlaspi arvense* коэффициент ненасыщенности ЖК значительно уменьшался 14 июля, по-видимому, за счет высокой средней температуры воздуха за 4 ч до отбора пробы (рис. 2). При более низких температурах коэффициент ненасыщенности увеличивался. Таким образом, наблюдается обратная зависимость степени ненасыщенности ЖК листьев *Thlaspi arvense* от температуры окружающей среды. Это указывает на ведущую роль ненасыщенных ЖК в адаптации растений к снижению температуры.

В листовой ткани растения *Agastache rugosa* коэффициент ненасыщенности ЖК имел минимальные значения 14 и 21 июля (рис. 3). Следует отметить, что максимальная средняя температура воздуха за 4 ч до отбора пробы была только 14 июля. Из этого можно сделать вывод, что в листьях *Agastache rugosa* так же, как и у *Amaranthus retroflexus*, не происходит активации ферментов десатураз. Это может свидетельствовать о том,

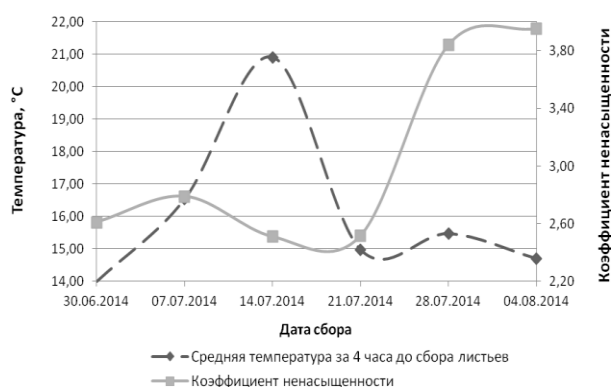


Рис. 1. Коэффициент ненасыщенности ЖК листьев *Amaranthus retroflexus* в зависимости от средней температуры воздуха за 4 ч до отбора пробы

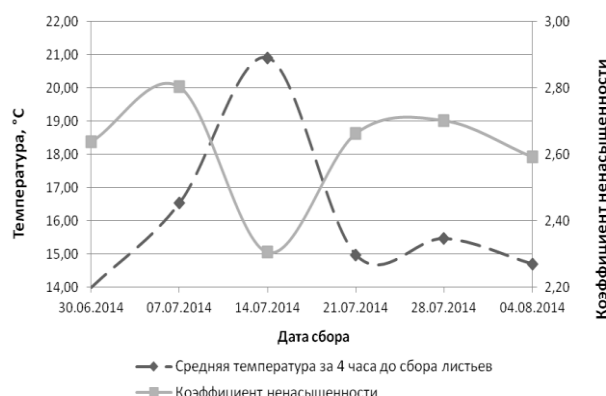


Рис. 2. Коэффициент ненасыщенности ЖК листьев *Thlaspi arvense* в зависимости от средней температуры воздуха за 4 ч до отбора пробы

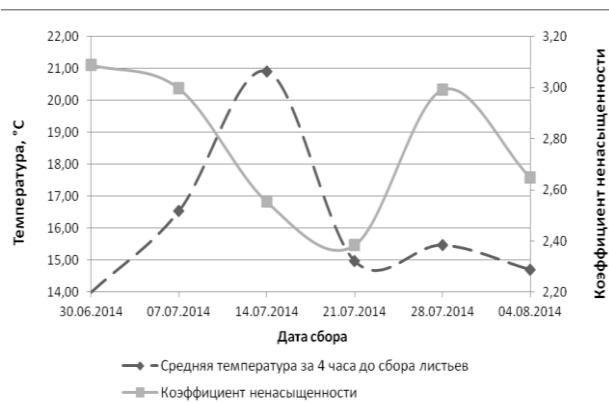


Рис. 3. Коэффициент ненасыщенности ЖК листьев *Agastache rugosa* в зависимости от средней температуры воздуха за 4 ч до отбора пробы

что температурный перепад на 6 °C не является для него достаточным для активации ферментов десатураз в листовой ткани *Agastache rugosa* и может обуславливаться его адаптивными механизмами к снижению температуры воздуха. В дальнейшем в листьях *Agastache rugosa* так же увеличивается на 8–25% коэффициент ненасыщенности. Следовательно, на протяжении длительного периода действия таких температур происходит активация ферментов десатураз, это способствует повышению степени ненасыщенности ЖК в листовой ткани.

Таким образом, выявлена связь между температурой и коэффициентом ненасыщенности ЖК в листьях исследуемых растений. Установлено, что с уменьшением температуры в листьях *Amaranthus retroflexus*, *Thlaspi arvensis* и *Agastache rugosa* увеличивается процентное содержание ненасыщенных ЖК, что подтверждают данные других авторов [2,6–8]. Также выявлены видовые различия изменений жирно-кислотного состава листьев исследуемых растений в зависимости от температурных условий их произрастания, связанные, по-видимому, с различиями механизмов адаптации растений к низкотемпературному стрессу.

Выводы

Установлено содержание в листьях *Amaranthus retroflexus* 16 жирных кислот, из которых 8 ненасыщенные, в листьях *Thlaspi arvensis* 16 жирных кислот, из которых 6 ненасыщенные, в листьях *Agastache rugosa* 14 жирных кислот, из которых 6 ненасыщенные. Основная ненасыщенная ЖК во всех исследуемых растениях – линоленовая кислота (C18:3Δ6,9,12), а насыщенная – пальмитиновая кислота (C16:0).

Выявлено, что максимальное содержание ненасыщенных и насыщенных ЖК наблюдалось в конце июня, а минимальное – в начале августа.

Показано, что с уменьшением температуры увеличивается процентное содержание ненасыщенных ЖК в листьях всех исследуемых растений.

Отмечены видовые различия в изменениях жирно-кислотного спектра в зависимости от изменений температурных условий произрастания, связанные, по-видимому, с различиями в механизмах адаптации к низкотемпературному стрессу.

Работа выполнена в рамках НИР VI.56.1.5. «Физиолого-биохимические механизмы формирования адаптивного потенциала, устойчивости и продуктивности растительных компонентов экосистем Южной и Центральной Якутии» (№ госрегистрации 01201282194) и при финансовой поддержке гранта Главы Республики Саха (Якутия) для молодых ученых, специалистов и студентов (№6 от 10 марта 2015г.).

Литература

1. Ударева Л.В., Коненкина Т.А., Шмаков В.Н., Макаренко С.П. Жирно-кислотный состав липидов каллусов двух видов лиственницы (*Larix gmelinii* и *Larix sibirica*) // Химия растительного сырья. – 2014. – № 2. – С. 121–127.
2. Новицкая Г.В., Суворова Т.А., Трунова Т.И. Липидный состав листьев в связи с холодостойкостью растений томатов // Физиология растений. – 2000. – Т. 47, № 6. – С. 829–835.
3. Los D.A., Murata N. Structure and expression of fatty acid desaturases // Biochem. et Biophys. Acta. – 1998. – Vol. 1394. – P. 3–15.
4. Ильинская Л.И., Озерецковская О.Л. Продукты липоксигеназного окисления жирных кислот как сигнальные молекулы в индуцировании устойчивости растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 1998. – Т. 34, № 5. – С. 467–479.
5. Лось Д.А. Структура, регуляция экспрессии и функционирование десатураз жирных кислот // Успехи биологической химии. – 2001. – Т. 41. – С. 163–198.
6. Нохсоров В.В., Дударева Л.В., Чепалов В.А. и др. Свободные жирные кислоты и адаптация организмов к холодному климату Якутии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – Т. 38, № 1 – С. 127–134.
7. Петров К.А., Перк А.А., Чепалов В.А., Охлопова Ж.М. Особенности жирно-кислотного состава некоторых растений Якутии в период формирования криорезистентности // Вестник СВФУ. – 2011. – Т. 8, №2. – С. 26–29.
8. Граскова И.А., Дударева Л.В., Живетьев М.А. и др. Динамика сезонных изменений жирно-кислотного состава, степени ненасыщенности жирных кислот и активности ациллипидных десатураз в тканях некоторых лекарственных растений, произрастающих в условиях Предбайкалья // Химия растительного сырья. – 2011. – № 4. – С. 223–230.

9. S.M. Rahmat Ullah, Brett Murphy, Brian Dorich, Bruce Richter. Kannan Srinivasan Fat extraction from acid- and base-hydrolyzed food samples using accelerated solvent extraction // J. Agric. Food Chem. – 2011. – 59. – P. 2169–2174.

10. Алаудинова Е.В., Миронов П.В. Липиды меристем лесообразующих хвойных пород Центральной Сибири в условиях низкотемпературной адаптации. 2. Особенности метаболизма жирных кислот фосфолипидов меримтем *Larix sibirica* Lebeeb., *Picea obovata* L.

и *Pinus sylvestris* // Химия растительного сырья. – 2009. – № 2. – С. 71–76.

11. Розенцвейг О.Н., Нестеров В.Н., Богданова Е.С. и др. Влияние кратковременных и продолжительных колебаний факторов среды на состав липидов *Plantago media* в условиях Южного Тимана // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т.14, № 1(3). – С. 791–799.

Поступила в редакцию 25.08.2015

УДК 57.043:612.014.45

Влияние звуковых волн на параметры сердечно-сосудистой системы человека

О.Н. Колосова^{*,**}, Н.В. Мельгуй^{**}, С.Н. Скрябина^{**}

**Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск*

***Медицинский институт Северо-Восточного федерального университета, г.Якутск*

Проведено экспериментальное исследование изменений параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) у человека при воздействии звуковых волн различных частот. В качестве звуковых волн были использованы классическая музыка (Моцарт), в которой представлены звуки в диапазоне частот (от 700 до 3 000 Гц), и «тяжелая» музыка (стиль дэт-металл, Cannibal Corpse) со сверхнизкими (15–30 Гц) и сверхвысокими (до 80 000 Гц) частотами. В эксперименте участвовали студенты-добровольцы (18–20 лет) коренной национальности. Классическая музыка у женщин (Ж) вызывает повышение артериального давления, особенно систолического в группе экстравертов и имеющих высокий уровень нейротизма (ВН, $p < 0,001$). У мужчин (М) с ВН, независимо от уровня экстраверсии, Соната ре мажор Моцарта определяет снижение ($p < 0,05$) величин показателей ССС. При различных уровнях нейротизма прослушивание «тяжелой» музыки оказывает противоположное воздействие на М и Ж ($p < 0,05$, $r = 0,784$). Показатели ССС у Ж повышаются, а у М, наоборот, снижаются. У экстравертов, независимо от половой принадлежности, снижаются параметры ССС, а у интровертов – повышаются ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют о том, что характер изменений параметров ССС при воздействии звуковых волн зависит от гендерных и индивидуально-типологических (экстраверсия-интраверсия, уровень нейротизма) особенностей человека.

Ключевые слова: звуковые волны, музыка, сердечно-сосудистая система, экстраверсия, эмоциональная устойчивость, гендерные различия, Север, экология.

The Influence of Sound Waves on Parameters of Cardiovascular System of Humans

O.N. Kolosova^{*,**}, N.V. Melgui^{**}, S.N. Skryabina^{**}

**Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk*

*** Medical Institute of North-Eastern Federal University, Yakutsk*

Changes of parameters of the human cardiovascular system (CVS) when a person is being exposed to sound waves of different frequencies are experimentally investigated. Classical music (Mozart) which presents the sounds in the frequency range (from 700 to 3000 Hz) and heavy music (style death metal, Cannibal Corpse)

^{*,**}КОЛОСОВА Ольга Николаевна – д.б.н., проф., в.н.с. ИБПК СО РАН, научн. рук. лаб. НИИ Клиники МИ СВФУ, kololgonik@gmail.com; ^{**}МЕЛЬГУЙ Наталья Владимировна – аспирантка, 8924-661-30-63@mail.ru; ^{**}СКРЯБИНА Светлана Николаевна – ст. преподаватель, skryabinasn@mail.ru.