

УДК: 630*161(581.4)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.74

**МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА
LILIUM (LILIACEAE) В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ****О.О. Вронская¹**, канд. биол. наук; ORCID: 0000-0001-8718-9448**Л.Л. Седельникова²**, д-р биол. наук; ORCID: 0000-0002-1122-2421¹Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, просп. Ленинградский, д. 10, г. Кемерово, Россия, 650065; e-mail: oksana_vronski@mail.ru²Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, д. 101, г. Новосибирск, Россия, 630090; e-mail: lusedelnikova@yandex.ru

В связи с антропогенной нагрузкой возникает угроза сокращения ареала сибирских и дальневосточных видов лилий. Одним из приемов сохранения отечественного природного генофонда *Lilium* служит их возделывание *ex situ*. Цель работы заключалась в анализе биоморфологических особенностей представителей рода *Lilium* L. в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Получены результаты оценки морфобиологических особенностей следующих видов: *L. pilosiusculum*, *L. regale*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum*, *L. callosum*. Определены сроки цветения и суммы положительных (выше 0 °С), эффективных (выше 5 °С), активных (выше 10 °С) температур, которые необходимы для наступления таких фенофаз развития, как отрастание, бутонизация, цветение, плодоношение. Начало отрастания *L. pilosiusculum*, *L. regale*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum*, *L. callosum* наступало в первой-второй декадах мая, их цветение – в разные сроки: с третьей декады июня по третью декаду июля – у *L. pumilum*, в июне – у *L. pensylvanicum*, со второй декады июля по вторую декаду августа – у *L. callosum*, с третьей декады июля по первую декаду августа – у *L. pilosiusculum*, с третьей декады июля по вторую декаду августа – у *L. regale*. Критерием начала цветения видов служит сумма активных температур, характерных для данного региона. Отмечена разная способность видов к плодоношению в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода. Результаты показали, что у вида местной флоры *L. pilosiusculum* максимальный размер высоты побега достигал более 100 см, виды *L. callosum*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum* и *L. regale* имели низкорослые побеги (менее 60 см). Максимальным числом цветков в соцветии и показателями цветочной продуктивности характеризовались *L. pilosiusculum* и *L. regale*. Впервые выявлена индикаторная роль в листьях основных пигментов фотосинтетического аппарата (хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов) в течение сезонного развития. Установлено, что наиболее значимые показатели физиологического состояния растений – содержание в листьях хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов. Их количество в листьях зависело от фенологических фаз развития. В период бутонизации содержание каротиноидов возрастало, концентрация хлорофилла *a* была больше концентрации хлорофилла *b* на всех фазах вегетации, отношение хлорофилла *a/b* находилось в пределах нормы и колебалось от 2,189 до 3,225 мг/г сырой массы, значение *a+b*/каротиноиды у видов уменьшалось к периоду плодоношения. Установленные изменения в составе пигментного комплекса можно рассматривать в качестве индикаторов механизма адаптации видов к условиям внешней среды. Полученные в ходе исследования результаты необходимы для рационального использования лилий в реинтродукционной работе, развитие которой особенно актуально для Сибири.

Для цитирования: Вронская О.О., Седельникова Л.Л. Морфобиологический анализ представителей рода *Lilium* (Liliaceae) в северной лесостепи Западной Сибири // Лесн. журн. 2019. № 4. С. 74–83. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.74

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственных заданий:

1. Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН АААА-А17-117041410053-1 (проект № 0352-2016-0002) «Оценка состояния и охрана флористического разнообразия под влиянием антропогенных и техногенных факторов *in situ* и *ex situ*». На базе УНУ Интродукционный фонд КузБС № USU 508670.
2. Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту № АААА-А17-1170126100053-9 «Выявление путей адаптации растений к контрастным условиям обитания на популяционном и организменном уровнях».

Ключевые слова: лилии, адаптационная способность, морфобиологические особенности, хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды, Западная Сибирь.

Введение

Виды рода *Lilium* L. широко исследуют во многих регионах России и за рубежом [1, 3, 4, 10–12, 14, 16]. Они обитают в горных лесах Западной (Красноярский край), Средней (Иркутская область) и Восточной (Республика Бурятия) Сибири, в южных и юго-восточных районах Забайкальского края, на Дальнем Востоке, лишь единичные виды встречаются в степных сообществах. Активное освоение новых площадей и загрязнение окружающей среды постепенно приводят к тому, что некогда богатые и устойчивые природные комплексы разрушаются, сокращаются и полностью уничтожаются генетические ресурсы отдельных популяций лилий [5]. В настоящее время возникла угроза сокращения ареала сибирских и дальневосточных видов лилий, поэтому важным является охрана и сохранение их естественных местообитаний. *L. pilosiusculum* (Freyn) Mischz. (Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Горный Алтай) находится в критических условиях. Одним из приемов сохранения отечественного природного генофонда *Lilium* служит их возделывание в ботанических садах [1]. В связи с этим актуальна оценка морфобиологических возможностей интродуцентов, которая позволяет определить сезонный ритм развития и оценить зимостойкость, засухоустойчивость, декоративность, особенности размножения в конкретных условиях их возделывания. Адаптационная способность проявляется на морфологическом и функциональном уровнях, где большую роль играют показатели фотосинтетического аппарата, а именно содержание в листьях хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов [9, 13, 15, 17]. Однако сведений по этому вопросу недостаточно, что стало основанием для выполнения данного исследования.

Цель исследования – анализ биоморфологических особенностей представителей рода *Lilium* L. в условиях северной лесостепи Западной Сибири.

Объекты и методы исследования

Работа проведена в 2012–2014 гг. на территории Кузбасского ботанического сада (г. Кемерово), расположенного в северной части лесостепной зоны Западной Сибири. Климат района исследований – резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха – 0,9 °С. Наиболее высокая температура воздуха – летом (35...38 °С), наиболее низкая – зимой (–57 °С). Первые весенние заморозки бывают с 28 мая по 11 июня, первые осенние – с 26 августа по 14 сентября. Среднегодовое количество осадков – 450...500 мм. Высота снежного покрова – от 47 до 72 см.

Виды – объекты исследования:

местный:

L. pilosiusculum (Freyn) Misch. – светлохвойный лесной северо-азиатский вид, произрастающий в Западной и Восточной Сибири, Северной Монголии;

инорайонные:

L. pumilum Delile – восточно-азиатский, горно-лесной и степной вид Сибири, Дальнего Востока, Монголии, Китая, Кореи;

L. pensylvanicum Ker-Gawl – лесной вид юга Восточной Сибири и Дальнего Востока;

L. callosum Siebold et Zucc. – луговой вид, произрастающий в Хабаровском и Приморском краях;

L. regale Wils. – узколокальный эндемик Китая, произрастающий только в долине р. Миньцзян, на западе провинции Сычуань [5, 6].

Декоративность оценивали по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7]. Фенологические наблюдения проводили согласно Методике фенологических наблюдений в ботанических садах [8]. Сумму положительных (выше 0 °С), эффективных (выше 5 °С) и активных (выше 10 °С) температур определяли с использованием методических подходов [2], количество хлорофилла *a*, *b* и сумму каротиноидов – спектрофотометрическим методом [9, 17] на приборе СПЕКС ССП-705. Статистическую обработку данных проводили, используя пакет прикладных программ Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007, с учетом следующих параметров: *M* (среднее арифметическое значение), $\pm m$ (ошибка среднего значения), *V* (коэффициент вариации).

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении феноритмов роста и развития выяснили, что наиболее раннее весеннее отрастание у лилий наблюдалось в 2013 г. Установлено, что в первой декаде мая *L. pilosiusculum*, *L. pensylvanicum*, *L. callosum* отрастали при сумме положительных температур 100...162 °С, эффективных – 95...129 °С, активных – 47...87 °С. Во второй декаде мая *L. pumilum*, *L. regale* отрастали при сумме положительных температур 130...199 °С, эффективных – 152...187 °С, активных – 73...119 °С. Формирование первых бутонов отмечено через 21...49 дн. от начала отрастания. Однако эта фаза развития сначала наступала у *L. pensylvanicum* и *L. regale* в конце третьей декады мая – начале первой декады июня при сумме эффективных температур 157...302 °С, активных – 82–198 °С. У *L. pilosiusculum*, *L. pumilum* развитие этой фазы определено во второй декаде июня при сумме эффективных температур 309...495 °С, активных – 151...300 °С. В конце третьей декады июня наблюдалось начало бутонизации *L. callosum* при сумме эффективных температур 400...600 °С, активных – 376...467 °С. Начало цветения у видов наступало через 15...30 дн. от начала бутонизации. У *L. pilosiusculum*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum* цветение первых цветков происходило в конце третьей декады июня – начале первой декады июля при сумме активных температур 359...495 °С. Во второй декаде июля отмечено начало цветения у *L. regale* при сумме активных температур 583...610 °С. Вид *L. callosum* зацветает только в третьей декаде июля при сумме активных температур 562...674 °С. Продолжительность цветения одного цветка у *L. callosum*, *L. pilosiusculum* и *L. pumilum* составляла 3...5 дн., у *L. pensylvanicum* – 4...6 дн.,

у *L. regale* – 7...9 дн. Таким образом, продолжительность цветения зависит от гидротермических условий: в теплые и сухие периоды (2012 г.) – короткая, во влажные (2013–2014 гг.) – продолжительная, 7...24 дн. (табл. 1).

Таблица 1

Агроклиматические показатели вегетационных периодов за 2012–2014 гг.

Год	Сумма осадков, мм	Сумма температур выше 10 °С	ГТК*	Продолжительность вегетационного периода, дн.	Характеристика тепло- и влагообеспеченности
2012	103,9	1972	0,53	125	Жаркий, засушливый
2013	384,5	2178	1,76	140	Прохладный, избыточно увлажненный
2014	245,6	2145	1,14	138	Прохладный, увлажненный

*Гидротермический коэффициент.

Отмечена разная способность к плодоношению у лилий: у *L. pilosiusculum* плоды завязывались и вызревали во все годы наблюдений, у *L. pensylvanicum* – только в теплый и сухой период (2012 г.), у видов *L. regale*, *L. callosum* – во все годы наблюдений, но они не вызревали из-за невысоких температур и большого количества влаги в период плодоношения, у *L. pumilum* плоды не формировались во все годы исследования. Период вегетации у *L. pilosiusculum* составлял от 80 дн. и более, у *L. Pumilum* – короткий (60...65 дн.), у *L. callosum*, *L. regale*, *L. Pensylvanicum* – длинный (90...118 дн.).

Морфометрические параметры вегетативных органов показали, что вид местной флоры *L. pilosiusculum* высокорослый (более 100 см) по сравнению с *L. callosum*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum* и *L. regale*, которые имели низкорослые побеги (менее 60 см). Коэффициент вариации высоты побегов за 3 года составлял от 0,8 до 41,1 %. Этот показатель был наибольшим у *L. pumilum* ($V = 41,1$ %) и *L. pensylvanicum* ($V = 30,4$ %). Высота побегов вида *L. pilosiusculum* ($V = 1,1$ %) была стабильной (табл. 2).

Таблица 2

Высота генеративных побегов (см) у видов лилий за 2012–2014 гг. в условиях Кузбасского ботанического сада (г. Кемерово)

Вид	2012	2013	2014	$M \pm m$	$V, \%$
<i>L. callosum</i>	46,8	50,9	51,2	49,6±0,4	5,0
<i>L. pilosiusculum</i>	132,2	139,9	140,0	137,4±0,5	3,3
<i>L. pumilum</i>	32,1	59,2	50,0	47,1±0,2	29,3
<i>L. pensylvanicum</i>	33,0	50,4	50,2	44,5±0,2	22,4
<i>L. regale</i>	52,2	60,2	58,5	57,0±0,2	7,4

Максимальное число цветков в соцветии и показатель цветочной продуктивности определены у *L. pilosiusculum* и *L. regale*. Низкая цветочная продуктивность отмечена в теплый засушливый вегетационный период 2012 г.

У всех видов наблюдался невысокий уровень изменчивости ширины внутренних (0,9...4,5 см) и внешних (0,1...1,5 см) долей околоцветника. Выявлено, что у вида с трубчато-колокольчатой формой околоцветника (*L. regale*)

диаметр цветка в 2,5–3 раза больше, чем у видов с чалмовидным околоцветником (*L. callosum*, *L. pilosiusculum*, *L. pumilum*). При исследовании взаимозависимости признаков установлено, что все виды лилий имеют схожие корреляционные дендриты и расположение плеяд. Общее число достоверных корреляционных связей ($r \geq 0,601$) варьирует от 30 до 50. Высокий уровень сопряженности параметров наблюдался в 2013 г. Прослеживались тесные взаимосвязи между изучаемыми признаками: диаметр цветка лилий зависит от ширины внутренних и наружных долей околоцветника. Продолжительность цветения лилий тесно связана с количеством цветков в соцветии и не зависит от высоты растений и диаметра цветка. По комплексу декоративных признаков [7] установлено, что она составила 70–94 балла (табл. 3).

Таблица 3

Оценка декоративных признаков видов лилий по 5/100-балльной шкале за 2012–2014 гг.

Признак	K	1	2	3	4	5
Окраска цветка и ее устойчивость	3	4/12	5/15	4/12	5/15	5/15
Размер цветка	2	4/8	5/10	5/10	5/10	5/10
Форма цветка	2	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
Аромат	2	4/4	4/8	4/8	4/8	4/8
Цветонос (длина и прочность)	1	4/4	5/5	4/4	5/5	5/5
Соцветие (размер, форма, количество цветков)	2	4/8	5/10	4/8	4/8	5/10
Обилие цветения	2	4/8	4/8	4/8	3/6	4/8
Одновременность цветения (количество одновременно раскрывшихся цветков)	1	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
Габитус растения	1	4/4	5/5	4/4	4/4	4/4
Оригинальность	3	4/12	5/15	4/12	4/12	5/15
Состояние растений	1	4/4	4/4	4/4	5/5	5/5
Общая оценка сорта по 100-балльной шкале		88	94	83	87	94

Примечание. K – коэффициент значимости; 1 – *L. callosum*; 2 – *L. pilosiusculum*; 3 – *L. pumilum*; 4 – *L. pensylvanicum*; 5 – *L. regale*.

Наибольшее количество баллов (90–94) имели виды: *L. pilosiusculum*, *L. regale*. Наблюдения показали, что все виды не вымерзают и устойчивы к таким болезням, как *Botrytis elliptica* (Berk.) Cooke, *Fusarium oxysporum* Schltdl., Fl. Berol, которые встречаются в северной части лесостепной зоны Западной Сибири.

Значимым показателем физиологического состояния растений является содержание в листьях хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов [9]. При сравнении содержания пигментов фотосинтетического аппарата у видов инорайонного происхождения и местного вида *L. pilosiusculum*, который хорошо адаптирован к условиям северной лесостепи (г. Кемерово), установлено, что у него содержание хлорофилла *a* отличается стабильностью относительно динамики как в пределах одного вегетационного периода, так и по годам. Максимум накопления в листьях хлорофилла *a* был отмечен в период завязывания плодов у местного вида *L. pilosiusculum* ($V = 0,01\%$), а также у *L. callosum* (0,70 %).

У *L. pumilum* максимальное количество хлорофилла *a* наблюдалось в период цветения ($V = 0,15$ %) и плодоношения (0,07 %). Количество хлорофилла *a* в период вегетации лилий в 2,5–3 раза было больше, чем хлорофилла *b* на всех фенофазах развития, такая тенденция отмечалась у большинства растений [9]. Одним из информативных показателей, характеризующих потенциальную фитохимическую активность листьев, является отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* (a/b). Наблюдалось стабильное изменение отношения a/b у *L. pilosiusculum* (табл. 4).

Таблица 4

Среднее содержание пигментов (мг/г сырой массы) фотосинтетического аппарата на разных стадиях вегетации в листьях видов и сортов лилий

Вид	Фенологическая фаза	<i>a</i>	<i>b</i>	Каротиноиды	<i>a + b</i>	<i>a/b</i>	<i>a+b</i>
							каротиноиды
<i>L. callosum</i>	Бутонизация	0,758	0,255	0,284	1,013	2,964	3,554
	Цветение	1,135	0,399	0,294	1,534	2,844	5,210
	Плодоношение	1,125	0,310	0,321	1,435	3,867	4,462
<i>L. pilosiusculum</i>	Бутонизация	1,047	0,489	0,297	1,536	2,113	5,158
	Цветение	0,923	0,547	0,378	1,470	1,931	4,120
	Плодоношение	1,563	0,538	0,430	2,102	2,913	4,899
<i>L. pumilum</i>	Бутонизация	0,908	0,456	0,277	1,364	2,018	4,930
	Цветение	1,170	0,519	0,325	1,689	2,261	5,197
	Плодоношение	1,150	0,508	0,340	1,658	2,288	4,933
<i>L. pensylvanicum</i>	Бутонизация	0,787	0,316	0,280	1,103	2,470	3,950
	Цветение	0,691	0,291	0,243	0,982	2,406	4,036
	Плодоношение	0,596	0,266	0,283	0,863	2,235	3,227
<i>L. regale</i>	Бутонизация	0,767	0,284	0,289	1,051	2,701	3,629
	Цветение	0,797	0,290	0,257	1,086	2,778	4,246
	Плодоношение	0,910	0,328	0,289	1,238	2,806	4,227

У этого вида в течение 3 лет оно повышалось от периода бутонизации до периода плодоношения ($V = 0,32...10,55$ %). Тогда как у *L. pumilum* и *L. regale* отношение a/b не превышало нормы (*L. pumilum* – 0,24...1,63 %; *L. regale* – 0,24...1,63 %). Высокие показатели содержания хлорофилла a/b отмечались у *L. callosum* в период цветения и плодоношения ($V = 6,56...11,59$ %), у *L. pensylvanicum* – в период бутонизации в 2012 г. (15,30 %). В период бутонизации содержание каротиноидов возрастало, концентрация хлорофилла *a* была больше концентрации хлорофилла *b* на всех фазах развития растений, отношение a/b находилось в пределах нормы и колебалось от 2,189 до 3,225 мг/г сырой массы. Однако к периоду плодоношения у всех видов прослеживалась тенденция к уменьшению соотношения $a+b$ /каротиноиды, что свидетельствует о снижении светособирающей функции пигментного комплекса в конце вегетации растений (сентябрь). Возможно, это происходило в связи с уменьшением длины светового дня и увеличением перепадов среднесуточных температур в пределах 10...15 °С. В среднем получены высокие значения $a+b$ /каротиноиды, что свидетельствует о хороших механизмах адаптации изученных видов к сезонным условиям 2012–2014 гг.

Заключение

Впервые изучены морфобиологические особенности *L. callosum*, *L. pilosiusculum*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum*, *L. regale*, определены сроки цветения и соответствующие им суммы положительных температур выше 0,5

и 10 °С, необходимые для наступления конкретных фаз развития лилий, выявлена индикаторная роль основных пигментов фотосинтетического аппарата (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов) в листьях интродуцированных видов в период роста и развития.

Установлено, что в условиях северной лесостепи Западной Сибири период вегетации у *Lilium pilosiusculum*, *L. regale*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum*, *L. callosum* (от отрастания до плодоношения) отличается по продолжительности: у *L. pumilum* – коротковегетирующий (60...65 дн.), у *L. pilosiusculum* – средневегетирующий (80...89 дн.), у *L. callosum*, *L. regale*, *L. pensylvanicum* – длительновегетирующий (90...118 дн.). Массовое цветение приходится на июль–август. Все изученные многолетние поликарпики, зимующие в грунте, имели высокие декоративные качества (70–94 бал.). Фитохимическое содержание в листьях хлорофилла *a*, *b*, каротиноидов и их соотношение в течение сезонного развития служат критериями успешной адаптации видов, которых необходимо сохранять и размножать *ex situ* как доноров при использовании в реинтродукции, селекции и озеленении регионов Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вронская О.О. Морфологические особенности рода *Lilium* L. при интродукции в Кузбасском ботаническом саду // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23469> (дата обращения: 07.02.2019).
2. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки наблюдений: учеб. пособие. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 151 с.
3. Завадская Л.В. Селекция лилий в ЦБС НАН Беларуси // Современные направления деятельности ботанических садов и держателей ботанических коллекций по сохранению биоразнообразия растительного мира: материалы Междунар. конф., посвященной 100-летию со дня рождения акад. Н.В. Смольского, Минск, 27–29 сент. 2005 г. Минск: Эдит ВВ, 2005. С. 241–244.
4. Кикоть Л. История создания и современное состояние коллекции лилии отдела цветочно-декоративных растений НБС НАН Украины // Современные направления деятельности ботанических садов и держателей ботанических коллекций по сохранению биоразнообразия растительного мира: материалы Междунар. конф., посвященной 100-летию со дня рождения акад. Н.В. Смольского, Минск, 27–29 сент. 2005 г. Минск: Эдит ВВ, 2005. С. 99–100.
5. Красная книга Кемеровской области. Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов. Кемерово: Азия принт, 2012. 206 с.
6. Малышев Л.И., Доронькин В.М., Зуев В.В. и др. Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Декоративные культуры. М.: Колос, 1968. Вып. 6. 223 с.
8. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М.: Наука, 1975. 27 с.
9. Шлык А.А. Биосинтез хлорофиллового аппарата // Современные проблемы фотосинтеза: [Материалы сессии. 17–18 нояб. 1971 г.]. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 85–108.
10. Baker J.G. A New Synopsis of All the Known Lilies // The Gardener's Chronicle and Agricultural Gazette. 1871. Pp. 104.
11. Byung Lim K., Younis A., Taek Park J., Jung Hwang Y. Exploitation of Diversity for Morphological Traits in *Lilium tsingtauense* under Different Habitats // Notulae Scientia Biologicae. 2014. Vol. 6, no. 2. Pp. 178–184. DOI: 10.15835/nsb629347

12. Güven S., Okur S., Demirel M., Coskuncelebi K., Makbul S., Beyazoğlu O. Pollen Morphology and Anatomical Features of *Lilium* (Liliaceae) Taxa from Turkey // *Biologia*. 2014. Vol. 69, iss. 9. Pp. 1122–1133. DOI: 10.2478/s11756-014-0416-2

13. Inamoto K., Nagasuga K., Yano T., Yamazaki H. Influence of Light Intensity on the Rate of Photosynthesis and Dry Matter Accumulation in Oriental Hybrid Lily ‘Siberia’ at Different Developmental Stages // *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2015. Vol. 90, iss. 3. Pp. 259–266. DOI: 10.1080/14620316.2015.11513180

14. Jeong J.H., Kim K.S. Morphological Characteristics of Korean Native Lilies // *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 1991. Vol. 32, iss. 3. Pp. 411–418.

15. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of Total Carotenoids and Chlorophyll *a* and *b* Leaf Extracts in Different Solvents // *Biochemical Society Transactions*. 1983. Vol. 11, iss. 5. Pp. 591–592. DOI: 10.1042/bst0110591

16. Lim K.-B., Van Tuyl J.M. Lily // *Flower Breeding and Genetics* / ed. by N.O. Anderson. Netherlands: Springer, 2006. Pp. 517–537. DOI: 10.1007/978-1-4020-4428-1

17. Zhang Y.J., Yan F., Gao H., Xu Y.Z., Guo Y.Y., Wang E.J., Li Y.H., Xie Z.K. Chlorophyll Content, Leaf Gas Exchange and Growth of Oriental Lily as Affected by Shading // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2015. Vol. 62, iss. 3. Pp. 334–339. DOI: 10.1134/S1021443715030206

Поступила 06.02.19

UDC 630*161(581.4)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.74

Morphological Analysis of the Genus *Lilium* (Liliaceae) in the Northern Forest Steppe of Western Siberia

*O.O. Vronskaya*¹, Candidate of Biology; ORCID: 0000-0001-8718-9448

*L.L. Sedelnikova*², Doctor of Biology; ORCID: 0000-0002-1122-2421

¹Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, SB RAS, prosp. Leningradskiy, 10, Kemerovo, 650065, Russian Federation; e-mail: oksana_vronski@mail.ru

²Central Siberian Botanical garden, SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090, Russian Federation; e-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Due to anthropogenic load there is a risk of area reduction of Siberian and Far Eastern species of lilies. One of the methods for preserving the native natural gene pool of *Lilium* is their cultivation *ex situ*. The research purpose involved analysis of the biomorphological features of the representatives of the genus *Lilium* L. in the conditions of the northern forest steppe of Western Siberia. The results of morphobiological features evaluation were obtained for the following species: *L. pilosiusculum*, *L. regale*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum*, *L. callosum*. Time of flowering and sum of positive temperatures (above 0 °C), effective temperatures (above +5 °C) and active temperatures (above +10 °C) were determined. They are necessary for the onset of developmental phenophases such as regrowth, budding, flowering and fruiting. The beginning of regrowth of *L. pilosiusculum*, *L. regale*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum* and *L. callosum* occurred in the first or second decades of May. Flowering started at different times: from the third decade of June to the third decade of July – *L. pumilum*; in June – *L. pensylvanicum*; from the second decade of July to the second decade of August – *L. callosum*; from the third decade of July to the first decade of August – *L. pilosiusculum*; from the third decade of July to the second decade of August – *L. regale*. The criterion for the onset of species flowering is the sum of active temperatures typical for the region. There is a different ability of the species to fruiting, depending on hydrothermal conditions of the vegetation period. The results showed that the local flora species *L. pilosiusculum* had the maximum height of shoot reached more than 100 cm; while *L. callosum*, *L. pumilum*, *L. pensylvanicum* and *L. regale* had stunted shoots (less than 60 cm). *L. pilosiusculum* and *L. regale* had the maximum number of flowers in inflorescence and indicators

of flower productivity. The indicator role of the main pigments of the photosynthetic apparatus (chlorophylls *a* and *b*, carotenoids) in the leaves during seasonal development was established for the first time. It was found that the most significant indicators of the physiological state of plants were the content of chlorophyll *a* and *b*, and carotenoids in the leaves. Their amount depended on the phenological phases of development. During budding, the carotenoid content increased, the concentration of chlorophyll *a* was greater than the concentration of chlorophyll *b* at all vegetation phases, the ratio between chlorophyll *a* and *b* was within the normal limits and ranged from 2.189 to 3.225 mg/g of raw weight, the value of $a+b$ /carotenoids in species decreased by the time of fruiting. The determined changes in the pigment complex composition can be considered as indicators of the adaptation mechanism of species to environmental conditions. The obtained results are necessary for the rational use of lilies in the reintroduction work, the development of which is especially important in Siberia.

For citation: Vronskaya O.O., Sedelnikova L.L. Morphological Analysis of the Genus *Lilium* (Liliaceae) in the Northern Forest Steppe of Western Siberia. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 4, pp. 74–83. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.74

Funding: The research was carried out within the framework of the state assignments of:

1. The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, SB RAS, AAAA-A17-117041410053-1 (project no. 0352-2016-0002) “Status Assessment and Protection of Floristic Diversity under the Influence of Anthropogenic and Technogenic Factors *in situ* and *ex situ*” based on the Unique Scientific System “Introduction Fund of KuzBS” USU 508670.
2. The Central Siberian Botanical garden, SB RAS, project no. AAAA-A17-1170126100053-9 “Revealing the Ways of Plants’ Adaptation to Contrastive Habitat Conditions at the Population and Organismic Levels”.

Keywords: lilies, adaptive capacity, morphobiological features, chlorophylls *a* and *b*, carotenoids, Western Siberia.

REFERENCES

1. Vronskaya O.O. Morphological Features of the Genus *Lilium* L. at Introduction in the Kuzbass Botanical Garden. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2015, no. 6. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23469> (Accessed 07.02.19).
2. Gulina N.V. *Methods of Agroclimatic Processing of Observations*: Educational Textbook. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 151 p.
3. Zavadskaya L.V. Lilies Selection in the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus. *Current Trends in the Activity of Botanical Gardens and Holders of Botanical Collections for the Conservation of Biodiversity of the World's Flora: Proceedings of the Int. Conf. Dedicated to the 100th Anniversary of Academician N.V. Smol'skiy, Minsk, September 27–29, 2005*. Minsk, Edit VV Publ., 2005, pp. 241–244.
4. Kikot' L. History and Current State of the Collection of Lilies of the Department of Flower and Ornamental Plants of the National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Current Trends in the Activity of Botanical Gardens and Holders of Botanical Collections for the Conservation of Biodiversity of the World's Flora: Proceedings of the Int. Conf. Dedicated to the 100th Anniversary of Academician N.V. Smol'skiy, Minsk, September 27–29, 2005*. Minsk, Edit VV Publ., 2005, pp. 99–100.
5. *The Red Book of Kemerovo Region*. Vol. 1. Rare and Endangered Species of Wild Plants and Fungi. Kemerovo, Aziya print Publ., 2012. 206 p.
6. Malyshev L.I., Doron'kin V.M., Zuev V.V. et al. *Compendium of the Flora of Asian Russia: Vascular Plants*. Ed. by K.S. Baykov. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2012. 619 p.
7. *Procedure of State Strain Testing of Agricultural Crops: Ornamental Crops*. Moscow, Kolos Publ., 1968, iss. 6. 223 p.

8. *Procedure of Phenological Observations in the Botanical Gardens of the USSR*. Moscow, Nauka Publ., 1975. 27 p.
9. Shlyk A.A. Biosynthesis of the Chlorophyll Apparatus. *Current Issues of Photosynthesis: Proceedings of the Session*. November 17–18, 1971. Moscow, MSU Publ., 1973, pp. 85–108.
10. Baker J.G. A New Synopsis of All the Known Lilies. *The Gardener's Chronicle and Agricultural Gazette*, 1871, pp. 104.
11. Byung Lim K., Younis A., Taek Park J., Jung Hwang Y. Exploitation of Diversity for Morphological Traits in *Lilium tsingtauense* under Different Habitats. *Notulae Scientia Biologicae*, 2014, vol. 6, no. 2, pp. 178–184. DOI: 10.15835/nsb629347
12. Güven S., Okur S., Demirel M., Coskuncelebi K., Makbul S., Beyazoğlu O. Pollen Morphology and Anatomical Features of *Lilium* (Liliaceae) Taxa from Turkey. *Biologia*, 2014, vol. 69, iss. 9, pp. 1122–1133. DOI: 10.2478/s11756-014-0416-2
13. Inamoto K., Nagasuga K., Yano T., Yamazaki H. Influence of Light Intensity on the Rate of Photosynthesis and Dry Matter Accumulation in Oriental Hybrid Lily 'Siberia' at Different Developmental Stages. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2015, vol. 90, iss. 3, pp. 259–266. DOI: 10.1080/14620316.2015.11513180
14. Jeong J.H., Kim K.S. Morphological Characteristics of Korean Native Lilies. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 1991, vol. 32, iss. 3, pp. 411–418.
15. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of Total Carotenoids and Chlorophyll *a* and *b* Leaf Extracts in Different Solvents. *Biochemical Society Transactions*, 1983, vol. 11, iss. 5, pp. 591–592. DOI: 10.1042/bst0110591
16. Lim K.-B., Van Tuyt J.M. Lily. *Flower Breeding and Genetics*. Ed. by N.O. Anderson. Netherlands, Springer, 2006, pp. 517–537. DOI: 10.1007/978-1-4020-4428-1
17. Zhang Y.J., Yan F., Gao H., Xu Y.Z., Guo Y.Y., Wang E.J., Li Y.H., Xie Z.K. Chlorophyll Content, Leaf Gas Exchange and Growth of Oriental Lily as Affected by Shading. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2015, vol. 62, iss. 3, pp. 334–339. DOI: 10.1134/S1021443715030206

Received on February 06, 2019
