

УДК 581.192/543:582.579.2

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ МНОГОЛЕТНИКОВ РОДА *IRIS* L. ДЛЯ ИНТРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА*

О.Л. Цандекова, О.О. Вронская

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
«Институт экологии человека», Кемерово

В статье представлены результаты морфо-биологических наблюдений и биохимических показателей декоративных корневищных многолетников рода *Iris* L. семейства Iridaceae, произрастающих в условиях Кузбасского ботанического сада. Установлена видоспецифичность по продолжительности вегетации и уровню накопления антиоксидантов в листьях декоративных травянистых многолетников: *I. aphylla* > *I. halophila* > *I. chrysographes* > *I. ruthenica* > *I. pseudacorus*. Выявленные перестройки в функционировании антиоксидантной системы ирисов позволяют рассматривать их, как приспособительные и защитные реакции, направленные на их выживание и декоративные качества в окружающей среде. Исследуемые показатели можно использовать в качестве информативного параметра для оценки состояния растений в интродукции.

Ключевые слова: Ирисы, фенологические наблюдения, декоративность, вегетационный период, аскорбиновая кислота, танины, пероксидаза.

DOI: 10.26456/vtbio177

Введение. Род *Iris* L. относится к семейству Касатиковых (Iridaceae) и является одним из перспективных растений для городского озеленения в Кузбассе. Ирисы обладают хорошей зимостойкостью, ранним цветением и декоративностью. Они разнообразны по форме и окраске цветка, срокам цветения, обладают различными биологическими и экологическими особенностями

* Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН по проекту АААА-А17-117041410053-1 «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.

(Dolganova, 2012).

Ирисы являются декоративными красивоцветущими многолетниками, поэтому их обилие в доступных местах естественного произрастания значительно сокращается. Для введения ирисов в культуру необходимо комплексное изучение их биологических особенностей. В интродукции, для процессов адаптации растений к новым условиям произрастания, важное значение имеет их способность накапливать те или иные вторичные метаболиты, связанная с особенностями обменных процессов и функционированием определенных ферментных систем (Mironova, 2011; Abramova, Ziganshina, 2012; Sedelnikova, 2014; Kryukova, Abramova, 2016; Murtazaliev, Magomedov, 2017).

Ирисы имеют некоторые особенности в адаптивной стратегии формирования надземных побегов. Специфические условия вегетационного периода, обусловленные континентальным климатом Кузбасса, способствуют выявлению физиолого-биохимических особенностей ирисов, обладающих продолжительной декоративностью и репродуктивной способностью для рационального использования их в зеленом строительстве. При воздействии разнообразных экстремальных факторов среды растения, внешне сохраняя декоративное состояние, претерпевают значительные внутренние изменения. В первую очередь происходит активизация многоуровневой биохимической системы антиоксидантной защиты, среди них особое место занимают низкомолекулярные метаболиты и антиоксидантные ферменты (аскорбиновая кислота, танины, пероксидаза и др.) (Misin et al., 2010; Samancioglu et al., 2016; Hu et al., 2016). Во многих регионах проводятся исследования по изучению ирисов в условиях интродукции (Alekseeva, 2008; Colasante, Mathew, 2008; Bondarenko-Borisova et al., 2009; Mitic et al., 2012; Karpenko, 2015; Reshetnikova, 2017; Borodich, 2018), однако в условиях сибирского региона они изучены недостаточно. В связи с этим, выявление соответствия условий произрастания декоративных травянистых многолетников их биологическим требованиям в условиях Кузбасса весьма актуально.

Цель работы – оценить перспективность выращивания декоративных многолетников рода *Iris* L. по фенологическим, морфологическим и биохимическим особенностям для интродукции в условиях Кузбасского ботанического сада.

Методика. Объектами исследований служили корневищные декоративные многолетники рода *Iris* L. семейства *Iridaceae*: *I. aphylla* L. (И. безлистный), *I. chrysographes* Dykes (И. золотисто-расписной), *I. halophila* Pall. (И. солелюбивый), *I. pseudacorus* L. (И. ложноаирный), *I. ruthenica* Ker Gawl. (И. русский), произрастающие на территории

Кузбасского ботанического сада (левобережная часть г. Кемерово). Почва экспериментального участка – выщелоченный чернозем с удовлетворительной обеспеченностью питательными веществами.

Исследования проведены в 2017-2019 гг. на базе Института экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово. Климатические условия исследуемого вегетационного периода характеризовались достаточно теплой и влажной погодой. В мае среднемесячная температура воздуха составляла в среднем $+10,32^{\circ}\text{C}$, что превышало на $0,6^{\circ}\text{C}$ среднегоголетнюю норму. Осадков выпало – 46 мм (84% от нормы). В июне температура воздуха была ниже нормы на $0,9^{\circ}\text{C}$ ($+16,41^{\circ}\text{C}$), в июле – выше нормы на $0,5^{\circ}\text{C}$ ($+19,26^{\circ}\text{C}$). Влажность составила 96%-99% от нормы соответственно.

Для исследований взяты растения в количестве 20 экземпляров каждого вида в генеративном возрастном состоянии, не повреждённых болезнями и вредителями. Фенологические наблюдения проводили согласно методике фенологических наблюдений в ботанических садах (Metodika..., 1975). Оценка перспективности первичной интродукции видов и сортов ирисов дана по методике А.Н. Куприянова (Kupriyanov, 2013). Использовалась 100-бальная шкала, по которой оценивалась зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, общее состояние растений, способы размножения в культуре, развитие растений в период вегетации. Декоративность оценивали по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Metodika..., 1968).

Сбор материала для биохимических анализов проводили в вегетационный период (май-август). Для анализа использовались надземные органы (листья) ирисов в начале вегетации, в фазы бутонизации, цветения и плодоношения. Содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом с применением 2,6-дихлорфенолиндофенола натрия (Neverova, 2005). Определение танинов – методом Левенталья-Нейбауера, который основан на легкой окисляемости данного метаболита калия перманганатом в присутствии индигосульфокислоты при комнатной температуре, титрование проводили до появления золотисто-желтого окрашивания (Korenskaya et al., 2007). Определение активности пероксидазы – методом А.Н. Бояркина (Ermaikov et al., 1987). Повторность опытов трехкратная из смешанной пробы. Данные представлены в виде средних арифметических значений и их среднеквадратических (стандартных) ошибок. Статистическая значимость различий между вариантами определяли с помощью t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$). Экспериментальные данные обработаны статистически с помощью компьютерных программ StatSoft STATISTICA 8.0. for Windows и Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и обсуждение. Морфометрические измерения вегетативных органов ирисов позволили разделить исследуемые ирисы по высоте на высокорослые (более 100 см): *I. pseudacorus*; среднерослые (60-90 см): *I. halophila* и *I. chrysographes*; низкорослые (20-50 см): *I. aphylla*, *I. ruthenica* (табл. 1). У всех ирисов наименьшая высота побегов наблюдалась в 2017 г., в связи с жарким и сухим летним периодом. В результате недостаточного увлажнения в период отрастания побегов, отмечено снижение высоты цветоносных побегов у растений. Наиболее благоприятным для развития ирисов оказался вегетационный период 2018 года: 75% видов характеризовались наибольшей высотой побегов, так как отмечен стабильный переход температур через +5°C, который наступил в третьей декаде марта и через +10 °C – в середине апреля.

Таблица 1

Высота генеративных побегов (см) у ирисов в условиях
Кузбасского ботанического сада

Название вида	2017	2018	2019	M ±m	V, %
<i>I. aphylla</i>	41	45	40	42±0,1	8,2
<i>I. chrysographes</i>	80	89	81	83±0,3	8,1
<i>I. ruthenica</i>	40	47	41	42±0,6	12,2
<i>I. halophila</i>	88	93	89	90±0,1	4,1
<i>I. pseudacorus</i>	140	150	143	144±0,3	5,0

По совокупности декоративных признаков с наибольшим количеством баллов (90–94) оказались виды: *I. ruthenica*, *I. chrysographes*, *I. pseudacorus* (табл. 2).

Наблюдения показали, что все виды имеют устойчивую окраску цветка, прочный цветонос и правильную форму цветка. Все исследуемые ирисы являются оригинальными и устойчивыми в местных условиях. Они могут быть рекомендованы для промышленного цветоводства и озеленения в условиях Кузбасса.

Основными критериями приспособленности растений являются: хорошо развитый габитус с обильной облиственностью, сохранение в определенных пределах характера ритма развития, прохождение полного цикла развития побегов, способность размножаться, сохранение природных или близких к ним типов онтогенеза и наличие жизнеспособного самосева. Исследуемые виды ирисов относятся к легкоинтродуцируемым, они хорошо адаптируются к условиям ботанического сада, имеют высокую продуктивность, обильное размножение (семенами или вегетативно), быструю смену возрастных состояний.

Таблица 2

Оценка декоративных признаков видов ирисов по 5/100-балльной шкале

Декоративные признаки	К	Оценка декоративных признаков по 5/100 балльной шкале				
		1	2	3	4	5
Окраска цветка и ее устойчивость	3	5/15	5/15	5/15	5/15	4/12
Размер цветка	2	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
Форма цветка	2	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
Аромат	2	4/8	4/8	4/8	4/8	4/8
Цветонос (длина и прочность)	1	5/5	5/5	5/5	5/5	4/4
Соцветие (размер, форма, количество цветков)	2	5/10	5/10	5/10	4/8	4/8
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	5/5	5/5	5/5	4/4	4/4
Оригинальность	3	5/15	5/15	5/15	4/12	4/12
Состояние растений	1	4/4	4/4	4/4	5/5	4/4
Общая оценка вида по 100-балльной шкале		94	94	94	87	83

Примечание: К – коэффициент значимости, 1 - *I. ruthenica*, 2- *I. chrysographes*, 3 - *I. pseudacorus* 4 - *I. aphylla*, 5 - *I. halophila*

По результатам интегральной оценки, все виды являются перспективными для использования в зеленом строительстве. Они зимостойки, могут незначительно повреждаться болезнями и вредителями, хорошо размножаются семенами и вегетативно.

При изучении феноритмов роста и развития у ирисов установлено, что со второй декады апреля по вторую декаду мая, при сумме положительных температур 190-217°C происходило активное отрастание растений. Первые бутоны у ирисов появлялись через 15-25 дней после отрастания, при сумме положительных температур 310-380°C. Начало цветения у исследуемых видов наступало через 17-27 дней от начала бутонизации.

У *I. halophila* и *I. ruthenica* цветение первых цветков наступало в конце третьей декады мая – начале первой декады июня, при сумме положительных температур 313-389°C. В первой декаде июня отмечено начало цветения у *I. aphylla* при сумме положительных температур 412-543°C. Во второй декаде июня зацветали *I. chrysographes* и *I. pseudacorus* при сумме положительных температур

585-596°C. В среднем продолжительность цветения у ирисов составила 14-21 день.

Отмечены некоторые отличия по способности к плодоношению у разных видов ирисов: у *I. pseudacorus*, *I. ruthenica*, *I. chrysographes*, *I. aphylla* плоды завязывались и вызревали во все годы наблюдений. Период вегетации у *I. aphylla*, *I. halophila*, *I. ruthenica*, *I. chrysographes* составлял от 116 дней и более, у *I. pseudacorus* – длинный (130 и более дней).

Сравнительный анализ данных по накоплению вторичных метаболитов в листьях травянистых многолетников выявил индивидуальные различия у исследуемых декоративных многолетников (рис. 1).

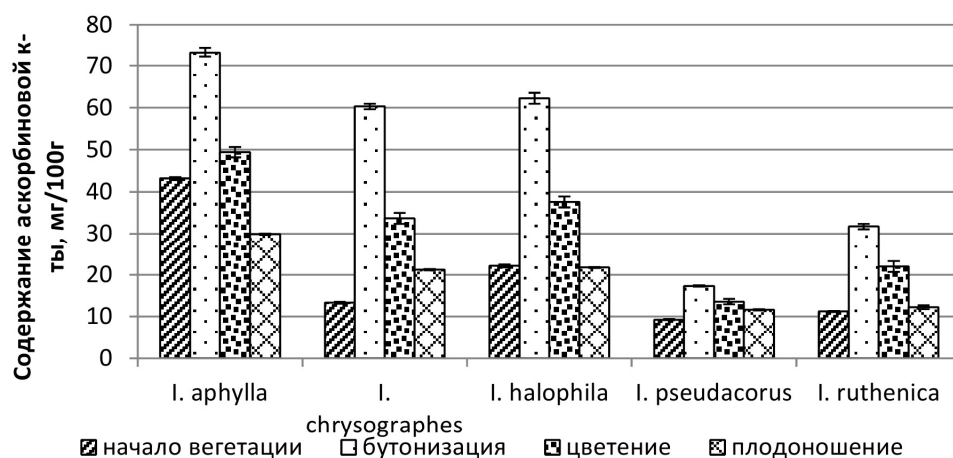


Рис. 1. Динамика накопления аскорбиновой кислоты в листьях травянистых растений рода *Iris* L. в течение вегетации

Выявлено, что уровень содержания аскорбиновой кислоты в листьях ирисов в течение вегетационного периода повышался от начала вегетации до бутонизации (17,29-73,32 мг/100 г), к концу вегетации – снижался (11,6-29,89 мг/100г). В листьях *I. aphylla* и *I. halophila* выявлено максимальное накопление данного метаболита во всех сроках наблюдений, особенно в фазу бутонизации. В этот период максимально развивалась ассимиляционная поверхность листьев, которая накапливала большое количество аскорбиновой кислоты, чтобы в дальнейшем ее трансформировать в репродуктивные органы растений. Так, содержание аскорбиновой кислоты в фазу бутонизации в листьях *I. aphylla* составляло 73,32 мг/100г, *I. halophila* – 62,27 мг/100г, что выше в 1,2-4,2 раза, в сравнении с другими видами.

Переход от фазы цветения к плодоношению связано с уменьшением содержания аскорбиновой кислоты в листьях декоративных многолетников. Значения варьировали в пределах от

11,6 до 49,4 мг/100 г. Минимальные показатели отмечены в листьях *I. pseudocorus* и *I. rythenica* (ниже в 1,5-3,6 раза) относительно других растительных образцов.

Наибольшее содержание танинов у всех ирисов отмечено в фазу плодоношения (0,89-1,47%), наименьшее – в фазу бутонизации (0,58-0,79%). В листьях *I. rythenica* в течение вегетации выявлен наиболее высокий уровень накопления исследуемого показателя (от 0,79 до 1,47%). В листьях *I. aphylla* значения варьировали в пределах от 0,58 до 0,89%, что ниже на 17-52%, чем в образцах других видов (рис. 2).

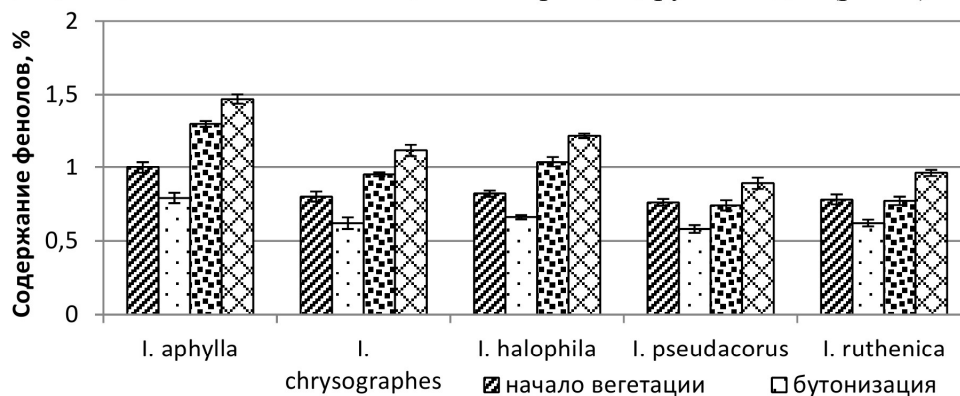


Рис. 2. Уровень содержания танинов в листьях декоративных многолетников рода *Iris* L. в течение вегетации

К концу вегетационного периода активность пероксидазы у ирисов возрастает, что связано с естественным старением растений (табл. 3).

Таблица 3

Активность пероксидазы (ед. активности) в листьях декоративных многолетников рода *Iris* L. в течение вегетации

Название	Начало вегетации	Бутонизация	Цветение	Плодоношение
<i>I. aphylla</i>	0,65±0,009	0,58±0,005	0,82±0,005	1,03±0,009
<i>I. chrysographis</i>	0,70±0,009	0,68±0,004	0,89±0,009	1,19±0,030
<i>I. halophila</i>	0,69±0,006	0,64±0,004	0,85±0,008	1,08±0,010
<i>I. pseudacorus</i>	0,77±0,003	0,74±0,002	0,90±0,004	1,83±0,011
<i>I. rythenica</i>	9,39±0,303	8,12±0,214	10,55±0,321	13,69±0,596

Отмечено, что ферментативная активность в листьях всех видов ирисов в течение вегетации варьировала в пределах от 0,58 до 13,69 ед. активности. В фазу бутонизации выявлены минимальные значения фермента у исследуемых образцов (0,58-8,12 ед. активности), в фазу плодоношения – максимальные значения (1,03-13,69 ед. активности).

Сравнительная характеристика декоративных многолетников показала, что в листьях *I. aphylla* и *I. halophila* отмечен наименьший уровень активности фермента (на 6-33%), в сравнении с другими видами ирисов. Наиболее высокая активность пероксидазы в течение вегетации отмечена в листьях *I. rythenica* (9,39-13,69 ед. активности).

Выводы. 1. Совокупный анализ фенологических наблюдений и биохимических показателей у ирисов свидетельствует о взаимной обусловленности этих параметров, что в целом обеспечивает их успешное произрастание в условиях Кузбасского ботанического сада. По результатам интегральной оценки, все виды являются перспективными для использования в зеленом строительстве.

2. Установлена видоспецифичность по продолжительности вегетации и уровню накопления антиоксидантов в листьях декоративных травянистых многолетников:

I. aphylla > *I. halophila* > *I. chrysographes* > *I. ruthenica* > *I. pseudacorus*.

3. У видов рода *Iris* L. в течение вегетации отмечены некоторые изменения процессов метаболизма. В фазу бутонизации у растений выявлены минимальные значения содержания танинов (0,58-0,79%) и активности пероксидазы (0,58-8,12 ед. активности), к концу вегетации их содержание увеличивалось. По уровню содержания аскорбиновой кислоты отмечена обратная зависимость.

4. *I. pseudacorus* характеризовался наиболее длительным периодом вегетации (130 и более дней) и низким накоплением вторичных метаболитов в листьях, относительно других видов ирисов. Выявленные перестройки в функционировании антиоксидантной системы ирисов позволяют рассматривать их, как приспособительные и защитные реакции, направленные на их выживание в условиях окружающей среды. Исследуемые показатели можно использовать в качестве информативного параметра для оценки состояния растений в интродукции.

Список литературы

- Абрамова Л.М., Зиганишина А.К. 2012. К биологии редкого вида Южного Урала *Iris pumila* L. в природе и интродукции // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 11. С. 5-7.
- Алексеева Н.Б. 2008. Род *Iris* L. (Iridaceae) в России // Turczaninowia. Т. 11. № 2. С. 5-68.
- Бондаренко-Борисова И.В., Попов Г.В., Пельтихина Р.И. 2009. Фитосанитарное состояние коллекции ирисов (*Iris* L.) в Донецком ботаническом саду НАН Украины // Интродукція рослин. Вып. 4. С. 74-80.
- Бородич Г.С. 2018. Опыт интродукции ириса карликового (*Iris pumila*) и его сортов в Беларуси // Изв. Национ. академии наук Беларуси. Серия биологических наук. Т. 63. № 3. С. 358-364.
- Долганова З.В. 2012. Пути повышения устойчивости представителей рода *Iris* L.

- к абиотическим стрессорам лесостепи Алтайского края // Плодоводство и ягодоводство в России. Т. 30. С. 216-228.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. 1987. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат. С. 41-43.
- Коренская И.М., Ивановская Н.П., Измалкова И.Е. 2007. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащие антраценпроизводные, простые фенолы, лигнаны, дубильные вещества. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та. С. 50-51.
- Крюкова А.В., Абрамова Л.М. 2016. К биологии редкого вида *Iris humilis* Georgi в Башкортостане // Вестник Оренбург. гос. пед. ун-та. № 2(18). С. 58-63.
- Куприянов А.Н. 2013. Теория и практика интродукции растений: учебное пособие. Кемерово: КРЭОО «Ирбис». 160 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Декоративные культуры. 1968. М: Колос. 223 с.
- Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. 1975. М: Наука. 27 с.
- Миронова Л.Н. 2011. Перспективы использования ирисов в озеленении дальневосточного региона // Вестник Иркутск. гос. сельхоз. академии. № 44(3). С. 117-122.
- Мисин В.М., Сажина Н.Н., Завьялов А.Ю. 2010. Сезонная динамика изменения содержания антиоксидантов фенольного типа в листьях подорожника и одуванчика // Химия растительного сырья. № 3. С. 103-106.
- Муртазалиев Р.А., Магомедов М.А. 2017. *Iris timofejewii*: экология, биология, интродукция // Бот. вестник Сев. Кавказа. № 1. С. 36-50.
- Неверова О.А. 2005. Практикум по биохимии. Кемерово: КемТИПП. 69 с.
- Решетникова Л.Ф. 2017. Использование ириса гибридного в ландшафтном дизайне и флористике // Сборник научных трудов ГНБС. № 145. С. 231-235.
- Седельникова Л.Л. 2014. Сравнительный морфогенез интродуцентов из рода *Heimerocallis*, *Hosta*, *Iris* в лесостепной зоне Западной Сибири // Уч. записки Таврич. национ. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия. Т. 27(66). № 5. С. 148-153.
- Colasante M., Mathew B. 2008. Species of natural hybrid origin and misinformation in the Irises: a reappraisal of the presence of *I. aphylla* L. in Italy // Plant Biosystems. V. 142. P. 172-178.
- Hu Sh., Li Yu., Wang W., Jiao Ju., Kou M., Yin Q., Xu H. 2017. The antioxidation-related functional structure of plant communities: Understanding antioxidation at the plant community level // Ecological Indicators. V. 78. P. 98-107. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.007>
- Karpenko V.P. 2015. Introduction history of species and varieties of genus *Iris* L. in Ukraine against the background of global trends // Вісник Уманського національного університету садівництва. № 2. P. 85-91.
- Mitic B., Halbritter H., Sostaric R., Nikolic T. 2012. Pollen morphology of the genus *Iris* L. (Iridaceae) from Croatia and surrounding area: taxonomic and phylogenetic implications // Plant Systematics and Evolution. V. 299. P. 271-288.
- Samancioglu A., Sat I.G., Yildirim E., Ercisli S., Jurikova T., Mlcek J. 2016. Total phenolic and vitamin C content and antiradical activity evaluation of traditionally consumed wild edible vegetables from Turkey // Indian Journal of Traditional Knowledge. V. 15(2). P. 208-213.

PERSPECTIVES OF GROWING DECORATIVE PERENNIALS OF THE GENUS *IRIS* L. FOR INTRODUCTION IN THE KUZBASS BOTANICAL GARDEN

O.L. Tsandekova, O.O. Vronskaya

Institute of Human Ecology of the Federal Research Center for Coal
and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo

Here we present the results of morphological and biological observations and biochemical parameters of decorative rhizome perennials of the genus *Iris* L. of the Iridaceae family, growing in the Kuzbass Botanical Garden. We assess the duration of the growing season in relation to particular species. We also estimate the level of antioxidants in the leaves of decorative herbaceous perennials: *I. aphylla* > *I. halophila* > *I. chrysographis* > *I. ruthenica* > *I. pseudacorus*. The revealed rearrangements in the functioning of the antioxidant system of irises make it possible to consider them as adaptive and protective reactions aimed at their survival and preservation of decorative qualities. The studied indicators can be used as an informative parameter for assessing plants' state in the introduction.

Keywords: *Irises, phenological observations, decorativeness, vegetative period, ascorbic acid, tannins, peroxidase.*

Об авторах:

ЦАНДЕКОВА Оксана Леонидовна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории рекультивации и биомониторинга Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН «Институт экологии человека», 650065, Кемерово, пр. Ленинградский, 10; e-mail: zandekova@bk.ru.

ВРОНСКАЯ Оксана Олеговна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН «Институт экологии человека», 650065, Кемерово, пр. Ленинградский, 10; e-mail: oksana_vronski@mail.ru.

Цандекова О.Л. Оценка перспективности выращивания декоративных многолетников рода *Iris* L. для интродукции в условиях Кузбасского ботанического сада / О.Л. Цандекова, О.О. Вронская // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2020. № 4(60). С. 133-142