

методы наименьших квадратов и робастной локально-взвешенной регрессии (Statistica 10). Все расчеты осуществляли при заданном уровне значимости $P \leq 0,05$. Отображение функции отклика фотосинтеза на факторы внешней среды в трехмерной системе координат имеет форму выпуклой поверхности с максимумом в верхней точке, что позволило для *Viburnum tinus* L. получить численные коэффициенты нелинейных регрессионных уравнений (моделей) взаимосвязей величины нетто-фотосинтеза с основными факторами внешней среды, а также температурой и транспирацией листа.

Из проведенных исследований видно, что температурный оптимум фотосинтеза в июне $P_n=f(I, T)$ находится при температуре воздуха $T_v=28-32^\circ\text{C}$, $I=600-1600$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Максимальная скорость фотосинтеза достигает $P_n=8,0-12,5$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$); в сентябре-октябре $T_v=22-27^\circ\text{C}$, $I=400-1050$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), $P_n=7-11$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Оптимум зависимости $P_n=f(I, D)$ от дефицита влажности воздуха в июне находится при $D_v=0,5-3,5$ кПа, $I=600-1600$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$) и составляет $8,0-12,5$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$); в сентябре-октябре $D_v=0,5-2$ кПа, $I=400-1050$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), $P_n=7-11$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Определены условия потенциальных максимумов и границ оптимумов фотосинтеза $P_n=f(I, T_l)$. В июне они находятся при температуре листа $25,0-32,0^\circ\text{C}$, $I=600-1600$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Максимальная скорость фотосинтеза достигала $P_n=8-12,5$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$); в сентябре-октябре $T_l=22-29^\circ\text{C}$, $I=400-1050$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), $P_n=7,0-11,0$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Определены также зависимости между различными факторами внешней среды и транспирацией $P_n=f(I, E_l)$, а также найдены оптимумы этого параметра на протяжении периода вегетации. В июне оптимум равен $E_l=75,0-110$ мг/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), $I=600-1600$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), максимальная скорость фотосинтеза достигала $P_n=8,0-12,5$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$); в сентябре-октябре $E_l=30-40$ мг/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), $I=400-1050$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), $P_n=7-11$ мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$).

Результаты исследований показывают, что оптимальное значение P_n за июнь – сентябрь-октябрь уменьшилось на 12,0%, интенсивности транспирации – на 63,64%, температуры воздуха (T_v) – на 15,7%, дефицита влажности воздуха (D_v) – на 42,86%, температуры листа (T_l) – на 9,4%, освещенности ФАР-I – на 34,38%.

Причинами этих изменений являются: изменение фаз вегетации растения (прекращение активного роста), погодных условий, а также старения листьев, которые приводят к изменению температурно-световых оптимумов интенсивности фотосинтеза. Полученные данные дают возможность интерпретировать скорость фотосинтеза как потенциальную эколого-физиологическую характеристику данного вида, что позволяет сравнивать различные виды растений, произрастающих в сходных условиях, по показателям, измеренным с использованием одинаковой методики.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 14-50-00079.

УДК 581.522.4:582.662

ПРОГНОЗ ИНТРОДУКЦИОННОЙ ЦЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «DINCER» В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ПУСТЫННОЙ ЗОНЫ МАНГИСТАУ

Иманбаева А.А., Белозеров И.Ф.

РГП «Мангышлакский экспериментальный ботанический сад»
Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан,
e-mail: imangarden@mail.ru, bif17@mail.ru

Суровые природно-климатические условия пустынной зоны Мангистау, отличающиеся экстрааридностью климата, засоленностью, мелкопрофильностью и

бедностью почв и напряженностью ветрового режима, обуславливают очень низкий интродукционный отбор растений, составляющий в среднем за последние 45 лет всего 2,0-3,0%. В связи с этим с самого начала ботанического освоения мангистауского региона очень остро стоит проблема диагностики перспективности растений для интродукции. Имеющиеся разработки по данному вопросу в основном предназначены для лесной и лесостепной природных зон (Косаев, 1987; Лапин, Сиднева, 1973; Плотникова, 1988; Смирнов, 1989; Тыщенко, Тимкина, 2011) и мало подходят для засушливого климата и неблагоприятных почвенно-мелиоративных условий полуострова. Большинство из них включают достаточно узкий перечень диагностических параметров (в основном без декоративных качеств интродуцентов), а также очень высокий приоритет отдают показателю «зимостойкости», который в экстрараидной среде обитания не может рассматриваться в качестве основного. Поэтому в Мангышлакском экспериментальном ботаническом саду (МЭБС) была поставлена задача составления региональной шкалы определения интродукционной ценности растений, которая учитывала бы максимально возможное количество факторов и свойств, связанных с ростом, развитием и применением интродуцентов человеком в своей жизнедеятельности, а также реакцию растительного организма на особенности пустынной среды обитания.

При составлении шкалы одновременно принимались во внимание характер природных условий пустыни Мангистау, 45-летний опыт интродукционных исследований в регионе, результаты анализа среднемноголетних биоэкологических свойств коллекционных видов и апробации наиболее распространенных в других ботанических центрах методик определения жизнеспособности и перспективности растений (Косаев, 1987; Лапин, Сиднева, 1973; Плотникова, 1988; Смирнов, 1989; Тыщенко, Тимкина, 2011).

Структурно разработанная Региональная шкала включает 24 диагностических признака, разбитых на четыре раздела (группы): 1) биологическая устойчивость (6); 2) декоративно-габитуальные свойства (8); 3) репродуктивная способность (3) и 4) хозяйственно-биологическое и научное значение (7).

Толерантность интродуцентов к условиям среды обитания складывается как сумма баллов их засухо-, соле- и зимоустойчивости, требовательности к плодородию почвы, фитофаго- и газоустойчивости. Оценочные параметры приведены в шкале в порядке уменьшения их значимости в формировании общей устойчивости. К примеру, на засухоустойчивость может приходиться до 30,0% (15) итоговой балльной суммы (50), на газоустойчивость всего до 10,0% (5). При оценке декоративно-габитуальных свойств учитывается форма роста, общая декоративность вегетативной части, листопадность, обилие, продолжительность и эстетичность цветения и плодоношения. Максимальное число оценочных баллов – 20. Репродуктивная способность диагностируется на основе учета успешности возобновления растений в условиях культуры семенным и вегетативным способами. На неё выделено 10 баллов. При определении хозяйственно-биологического и научного значения принимается во внимание возможность их использования в озеленительных, фитомелиоративных, пищевых, кормовых, лекарственных и технических целях, а также учитывается фитоохраный статус. В итоге сумма баллов не должна превышать 20. Шкала столбчатая, ранжированная на 10 классов (групп) ценности интродуцентов (от «крайне низкой» до «максимально высокая» – эталонной).

В 2015 году были полностью завершены работы по переводу Региональной шкалы на электронный язык специальной компьютерной программы, названной «DInCeR», областью применения которой, кроме прогнозирования интродукционной ценности растений, являются ввод и хранение в памяти компьютера разнообразной

регистрационной и эколого-биологической информации о коллекционных видах растений; составление разнообразных списков семейств, родов, дедектуса семян, гербарного фонда, по местоположению в Саду, по фитоохранному статусу; по степени устойчивости, декоративности, репродуктивной способности, по хозяйственно-биологическому и научному значению; подбор ассортимента растений по заданным таксономическим, биоэкологическим, декоративным и озеленительным условиям, распечатка информации и экспорт ее в разные файловые форматы.

Для реализации шкалы в программу для ЭВМ использованы 4 языка программирования: Microsoft Visual FoxPro 9 SP2, Visual Basic For Applications 7.0, HTML 4.0 и JavaScript API 2.

На компьютерную программу «DInCeR» в Министерстве юстиции Республики Казахстан было получено Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права за № 2339 от 14 декабря 2015 г.

В соответствии с поставленными для решения программой задачами, ее главное меню содержит 11 пунктов: «Файл», «Правка», «Ввод», «Поиск», «Просмотр», «Списки», «Гербарий», «Ассортимент», «Базы данных», «Сервис» и «Справка».

Все 254 поля флористической базы данных разделены на формах ввода и просмотра на 12 групп (страниц): Таксономия, Названия, Расположение и ареалы, Морфология, Биологическая устойчивость, Декоративные качества, Репродуктивная способность, Применение, Дополнительные сведения, Карта, Рисунки и Текстовые сообщения.

Для оперативного поиска растений предусмотрено несколько способов, которые доступны при выборе пункта «Поиск» ГМ: «Идентификатор»; «Латынь», «Русское название», «Народное название», «Семейство и названию», «Любое слово». «Расширенный поиск» включает в себя практически все предыдущие варианты и позволяет для облегчения поиска отфильтровывать таксоны по ботаническим учреждениям, семействам и родам. Ассортимент растений можно подбирать в «DInCeR» в двух вариантах: по диагностическим признакам и по интродукционной ценности. Первый допускает задание одновременно до 30 интересующих пользователя таксономических, диагностических и декоративно-габитуальных показателей. Вторым вариантом в качестве основных предполагает использование показателей интродукционной ценности. В «DInCeR» реализована также возможность программного вывода географического расположения растений на интерактивную Яндекс-карту в Интернете по заранее определенным координатам в формате GPS или десятичных градусов.

В настоящее время в электронной базе данных имеются записи для 1002 интродуцентов из 3 ботанических садов, 6 таксономических отделов, 9 классов, 14 подклассов, 29 надпорядков, 56 порядков, 9 подпорядков, 58 семейств и 146 ботанических родов. Почти половина (46,3%) таксонов с введенной в базу данных наиболее полной информацией приходится на инорайонно-лиственные деревья и кустарники. На втором месте по удельному весу в БД стоят представители розария (16,4%). Доля таксонов отдела голосеменных растений и участков вьющихся и цветочных растений в общем составе информационной базы составляет – 6,5-6,9%. По итогам проведенной с использованием программы диагностики интродукционной ценности в список наиболее перспективных для условий Мангистау включено 304 наименования, в том числе 28 таксонов хвойных, 49 – инорайонно-лиственных, 26 – вьющихся и 61 – плодово-ягодных древесных растений, 20 – представителей местной дендрофлоры и 120 сортов роз.

Внедрение Комплексной шкалы диагностики интродукционной ценности растений и программы для ЭВМ в практику ботанических исследований в аридных

регионах значительно упростит создание информационных баз данных, позволит оперативно осуществлять поиск таксонов и, в целом, расширит возможности работы с информацией об интродуцентах, а также снизит затраты на подбор дифференцированного по почвенно-мелиоративным условиям ассортимента для создания зеленых устройств различного функционального назначения.

УДК 58.006/581.522

ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ-ИНТРОДУЦЕНТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ЯПОНСКИХ САДОВ НА ПРИМЕРЕ ЭКСПОЗИЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ПЕТРА ВЕЛИКОГО БИН РАН

Калугин Ю.Г

ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, e-mail: kalugin_yuri@list.ru

Японский сад как явление культуры имеет многовековую историю. Его пространственная организация, архитектурная композиция, взаимосвязь с прилегающим ландшафтом строго лимитированы этническими традициями и особенностями островного государства. Каждой сфере деятельности человека или стороне его жизни, как духовной, так и материальной, соответствует свой тип сада (чайный сад, сад для прогулок, сад для медитации, сад около библиотеки или онсена и т.д.). Несмотря на многообразие типов традиционных японских садов, основополагающим элементом практически всегда, несомненно, являются древесные растения. Но при создании таких садов вне Японии всегда встает вопрос подбора растений, так как субтропические культуры, применяемые в японском ландшафте, практически не зимуют вне ареала своего распространения.

Стоит отметить, что практика создания подобных объектов подразумевает круглогодичную декоративность участка за счет подбора растений с различным временем цветения. Однако отсутствие возможности выращивания в открытом грунте таких зимнецветущих растений или растений цветущих ранней весной в Японии как *Camellia japonica* L. или *Prunus mume* (Siebold) Siebold & Zucc. подразумевает включение в экспозицию вечно-зеленых или хвойных растений, которые создают ландшафтные акценты в холодное время года.

Заложенная в мае 2010 года экспозиция Японского сада в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН позволила провести ряд интродукционных испытаний и осуществить подбор древесных растений для создания подобных экспозиций в достаточно жестких климатических условиях (неустойчивые зимние температуры, зимние оттепели, часто сырое лето, низкая инсоляция).

К настоящему времени можно отметить, что хорошо себя зарекомендовали хвойные растения, которые формируют архитектуру участка в течение всего года. Это *Chamaecyparis pisifera* (Siebold et Zucc.) Endl. 'Squarrosa', *Ch. pisifera* 'Boulevard', *Ch. pisifera* 'Plumosa Flavescens', *Juniperus chinensis* L. Особое место стоит уделить *J. davurica* Pall., который не поднимается выше 15 см и образует густой «ковёр», хорошо переносит стрижку, прекрасно формируется и является одним из лучших почвопокровных растений среди хвойных. Среди теневыносливых хвойных стоит отметить *Taxus baccata* L. f. *pendula* Jaeg. Для создания стриженных форм из вечнозеленых растений можно рекомендовать незаслуженно забытый или не востребованный сорт *Thuja occidentalis* L. 'Hetz Midget'. Это растение с причудливо