

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**ОСОБЕННОСТИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА ВИДОВ РОДА *SEDUM* L. В СВЯЗИ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ**

Т.Б. ГУБАНОВА, кандидат биологических наук
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

Для юга Украины проблема низкотемпературной адаптации вечнозеленых видов особенно актуальна, поскольку климат этого региона характеризуется экстремальными перепадами температур в зимнее время, что в свою очередь отрицательно сказывается на функциональном состоянии растений и, соответственно, ограничивает диапазон их выращивания.

При оценке низкотемпературной адаптивности растений выявление особенностей углеводного обмена имеет большое значение, т.к. водорастворимые углеводы оказывают криопротекторное действие на мембранную систему и препятствуют образованию внутриклеточного льда [1, 6, 11]. Однако в научной литературе имеются противоречивые данные о роли отдельных фракций углеводов в формировании морозостойкости высших растений. Многими авторами отмечалось значительное увеличение концентраций глюкозы, фруктозы, сахарозы и раффинозы у морозостойких видов [2, 4, 7]. Есть данные о связи степени устойчивости к низкотемпературному фактору с накоплением коллоидообразующих полисахаридов в растительных тканях при понижении температуры [1, 9]. Нами также было установлено, что для морозостойких видов опунций характерно увеличение количества полисахаридов в тканях в осеннее время [3].

В связи с этим цель нашей работы заключалась в определении качественного и количественного состава сахаров и выявлении особенностей углеводного обмена у видов рода *Sedum* с различной степенью морозостойкости.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований нами были выбраны 5 видов рода *Sedum* L.: *S. reflexum* L, *S. album* L. Genuina., *S. palidum* L. и *S. rubrotinctum* R.T. Glausen., *S. acre* L.

Экстракцию растворимых сахаров осуществляли 70%-ным этанолом (соотношение сырье:растворитель – 1:5). После экстракции спирторастворимых сахаров осадок заливали водой и центрифугировали при 4000 об./мин. Надосадочную жидкость (25 мл), содержащую полисахаридный коллоид, подвергали кислотному гидролизу в течение 1 часа с 3 мл 2N HCl [8, 10]. Экстракты упаривали досуха. Сухой остаток растворяли в этаноле. Разделение смеси сахаров проводили методом нисходящей хроматографии на бумаге в течение 30 часов в системе растворителей н-бутанол–уксусная кислота–вода в соотношении 4:1:1. Для проявления альдосахаров использовали анилинфталатный реактив, для кетосахаров – спиртовой раствор мочевины с добавлением соляной кислоты. Углеводы идентифицировали с помощью метчиков, а также по значениям коэффициента хроматографической подвижности и характеру окрашивания пятен.

Результаты и обсуждение

Качественный анализ спиртовых экстрактов из побегов представителей рода *Sedum* показал, что у всех видов в годичном цикле присутствуют моно-, ди- и олигосахара. Среди моносахаров обнаружены альдозы: глюкоза и ксилоза. Кетосахара были представлены фруктозой и неидентифицированным углеводом, предположительно – седогептулозой. Среди олигосахаров выявлены сахароза и раффиноза (табл.1).

В результате кислотного гидролиза водных экстрактов, содержащих полисахариды, установлено, что у видов рода *Sedum* они образованы альдогексозами, пентозами и уроновыми кислотами. Сопоставление полученных нами данных с результатами других авторов [5], а также оценка площади пятен и интенсивности их окрашивания позволили предположить, что в полисахаридной фракции присутствуют пектины полигалактуронового типа.

Таблица 1

Значения Rf углеводов листьев видов рода *Sedum* при нисходящей хроматографии на бумаге в системе растворителей бутанол: уксусная кислота : вода (4 : 1 : 1)

Вещество	Эмпирическое значение Rf		Значения Rf по литературным данным
	исследуемое вещество	метчик	
глюкоза	0, 19	0, 19	0,18
фруктоза	0, 22	0, 21	0,23
арабиноза	0, 29	0, 29	0,28
ксилоза	0, 22	0, 23	0,21
седогептулоза	0,21	–	0,19
сахароза	0, 15	0, 14	0,14
раффиноза	0, 05	0, 04	0,05

Фруктоза, глюкоза и пентозы в спиртовых экстрактах присутствовали во все сроки исследований.

Концентрация моно- и олигосахаридов менялось в годичном цикле у всех изучаемых видов. Для выявления связи морозостойкости с изменениями в качественном и количественном составе углеводов, для более детальных исследований нами были выбраны два вида очитков, контрастных по устойчивости к отрицательным температурам – *S. reflexum* и *S. rubrotinctum*. Зима 2006-2007г. по данным агрометеостанции «Никитский сад» была относительно теплой. Первые заморозки (-1,5⁰С) зарегистрированы в 3-й декаде ноября. Абсолютный минимум: в декабре - 6,7⁰С, на почве -9,2⁰С, в январе составил -4,9⁰С, на почве - 8,9⁰С, в феврале -8,5⁰С, на почве (снег) -17⁰С. Последний весенний заморозок (-1⁰С) зарегистрирован во второй декаде апреля.

В результате изучения особенностей углеводного обмена у всех изучаемых видов рода *Sedum* отмечено появление раффинозы в зимний период. Однако в экстрактах из листьев морозостойких видов *S. reflexum*, *S. alba*, *S. acre* раффиноза обнаруживалась с ноября, а у видов с низкой степенью морозостойкости *S. palydum* и *S. rubrotinctum* – в конце декабря – январе.

Стандартные условия хроматографирования позволили провести предварительную оценку содержания сахаров по интенсивности окраски и площади пятен. Следует отметить, что в тканях криорезистентных видов раффиноза накапливалась в сравнительно высоких концентрациях в течение всего холодного периода.

Для более детальных исследований количественных изменений фракции моно- и олигосахаров в зимний период нами были выбраны два вида с контрастной степенью морозостойкости: *S. reflexum* и *S. rubrotinctum*. Выявлено, что концентрация как суммы моно-, так и олигосахаров в тканях листьев морозостойкого *S. reflexum* в осенне-зимний период выше, чем у *S. rubrotinctum*, характеризующегося низкой степенью криорезистентности. Причем максимум накопления суммы сахаров у морозостойкого вида приходится на февраль–март, в то время как у слабоустойчивого к отрицательным температурам *S. rubrotinctum* – март-апрель (рис.1).

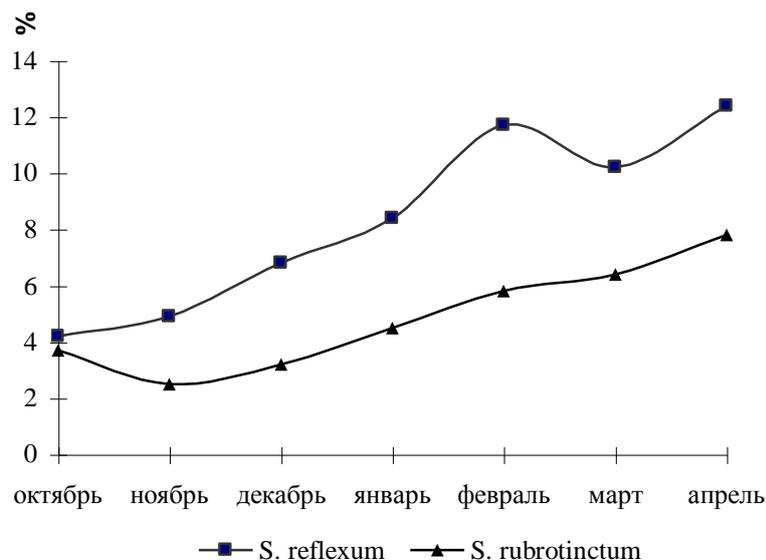


Рис. 1. Динамика содержания моносахаров в листьях контрастных по морозостойкости видов рода *Sedum* (в % на сухой вес).

Аналогичная картина получена при изучении динамики олигосахаров в тканях листьев видов рода *Sedum* с различной степенью морозостойкости: в холодный период концентрация олигосахаридов в тканях морозостойкого вида значительно превышает таковую в тканях вида с низкой морозостойкостью (табл.2).

Полученные данные позволили предположить, что в формировании морозостойкости видов рода *Sedum* значительная роль принадлежит особенностям углеводного обмена.

Установлено, что для видов с относительно высокой степенью морозостойкости характерно увеличение концентрации моно- и олигосахаров в период зимовки, что, вероятно, связано с криопротекторными свойствами этих соединений.

Таблица 2

Динамика содержания олигосахаров в листьях контрастных по морозостойкости видов рода *Sedum* (в % на сухой вес)

Месяц определения	<i>S. reflexum</i>		<i>S. rubrotinctum</i>	
	сахароза	раффиноза	сахароза	раффиноза
октябрь	2,7 ± 0,20	0,0	2,1 ± 0,2	0,0
ноябрь	3,3 ± 0,04	следы	2,3 ± 0,30	0,0
декабрь	5,1 ± 0,06	2,1 ± 0,20	3,2 ± 0,07	следы
январь	5,8 ± 0,06	3,2 ± 0,05	3,6 ± 0,16	0,9 ± 0,22
февраль	6,8 ± 0,20	3,3 ± 0,03	4,4 ± 0,05	1,4 ± 0,07
март	6,5 ± 0,17	1,9 ± 0,20	5,9 ± 0,07	0,0
апрель	7,1 ± 0,30	2,7 ± 0,23	5,7 ± 0,20	следы

Выводы

В тканях листьев видов рода *Sedum* обнаружены моно- олиго- и полисахариды. Моносахара представлены альдозами – глюкозой, ксилозой; кетосахара – фруктозой и неидентифицированным углеводом, предположительно – седогептулозой. Среди олигосахаров обнаружены сахароза и раффиноза. Выявлено, что фруктоза, глюкоза и пентозы в спиртовых экстрактах присутствовали во все сроки исследований.

В результате кислотного гидролиза фракции полисахаров установлено, что в их

состав входят альдогексозы, пентозы и уроновые кислоты. Предполагается наличие пектинов полигалактуронового типа.

Изучена динамика концентрации моно- и олигосахаридов в осенне-зимний период у видов рода *Sedum* с контрастной степенью морозостойкости. Установлено, что в тканях листьев морозостойких видов *S. reflexum*, *S. alba*, *S. acre* раффиноза появляется в период первых заморозков и сохраняется до конца холодного периода. Максимум ее концентрации приходится на январь-февраль.

Установлено, что в формировании морозостойкости видов рода *Sedum* существенная роль принадлежит моно- и олигосахаридам. Роль полисахаридов в формировании морозостойкости, вероятно, связана с их способностью к гидратации, что препятствует образованию внутриклеточного льда.

Список литературы

1. Базилевская Н.А. Об основах теории адаптации растений при интродукции // Бюл. Глав. ботан. сада. – 1981. – Вып. 120. – С. 3-9.
2. Баранова Т.П. Механизмы адаптации растений к низкой температуре // Бюл. ГБС. – 1981. – Вып. 119. – С. 56-59.
3. Губанова Т.Б. Физиолого-биохимические аспекты криоадаптации видов подсемейства *Opuntioideae* K. Sch. (сем. *Cactaceae*), интродуцированных в Никитском ботаническом саду // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2007. – № 15-17. – С. 92-96.
4. Елманова Т.С. Динамика накопления и взаимопревращения углеводов в генеративных почках и однолетних побегах персика // Труды Никит. ботан. сада. – 1974. – Т.64. – С.17-28.
5. Левандовская С.В. Противовирусная активность препаратов из растений семейства *Crassulaceae* // Химико-фармацевтический журнал. – 2003. – Вып. 10(29). – С.45-49.
6. Мануильский В.Д. Формирование криорезистентности и устойчивости растений к низким температурам. – Киев: Наукова думка, 1998. – 175с.
7. Туманов И.И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. – М.: Сельхозгиз, 1980. – 361с.
8. Павлинова О.А. Количественное определение сахаров в растительном материале с применением хроматографии на бумаге // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С.5-17.
9. Петровская-Баранова Т.П. Механизмы адаптации растений к низкой температуре // Бюл. ГБС. – 1981. – Вып. 119. – С. 56-59.
10. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. – Киев.: Наукова думка, 1976. – 327 с.
11. Umera M., Steponkus P.L. Alterations in the incidence of freeze-induced lesions of *Arabidopsis* protoplasts by artificial manipulation of intracellular sugar content // Plant. Cell. Physiol. – 1998. – V.39. – P.140.

Рекомендовано к печати д.б.н., проф. Корженевским В.В.