

Д. М. СЫТНИКОВ¹, Е. А. ШЕЙКО²

¹Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
г. Одесса, Украина

²Медицинская академия имени С. И. Георгиевского,
г. Симферополь, Республика Крым
sytnikov@list.ru

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ САХАРОВ И КРАХМАЛА В РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНАХ *EQUISETUM ARVENSE* L.

*Динамика содержания растворимых и легкогидролизуемых углеводов в различных органах хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) изучена в онтогенезе. Наиболее высокое содержание сахаров обнаружено в корневище (15,9 %) в генеративном периоде, а также в ассимилирующих побегах (16,1 %) в вегетативном периоде развития растений. Максимальное количество крахмала накапливалось в корневище (14,0 %) и в клубнях (14,2 %) к концу вегетативного периода.*

Ключевые слова: *Equisetum arvense* L., углеводный обмен, сахара, крахмал.

Углеводы составляют 85–90% веществ, слагающих растительный организм, они являются основным питательным и главным опорным материалом для растительных клеток и тканей [6]. В растениях они выполняют энергетическую, пластическую и регуляторную функции. Последняя касается генеративных процессов, связана с ростом и развитием растений [5]. Углеводный обмен составляет синтез, накопление и превращение веществ углеродной природы в растительном организме, он сопряжен с белковым, липидным и другими видами обмена веществ, в связи с чем ему принадлежит ведущая роль в физиологических процессах.

Хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), как дикий вид, обладает высокой биологической эффективностью в распределении продуктов фотосинтеза, характеризуется способностью накапливать запасные вещества в наземной части растения, корневище и клубнях [9]. Хвощи характеризуются изменчивостью химического состава в течение года.

Например, накопленный за лето хвощом зимующим крахмал превращается в сахара при наступлении низких температур [4]. Во время выхода хвоща полевого из состояния покоя уменьшается число крахмальных зёрен в амилопластах паренхимы корневища и увеличивается количество липидных капель, формирующих характерные скопления [1]. Таким образом, изменения в содержании крахмала могут служить показателем физиологического состояния тканей.

Цель настоящей работы – изучить содержание и локализацию сахаров и крахмала различных органов хвоща полевого в онтогенезе для выявления особенностей его углеводного обмена.

В работе использовали растения хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.), произрастающего на научно-производственной базе Института ботаники имени Н.Г. Холодного Национальной академии наук Украины «Феофания» (г. Киев) в условиях Северной Лесостепи Украины.

Фенологические наблюдения за растениями хвоща полевого, произрастающего в естественных условиях, производили по общепринятой методике [2] в период с марта по август (2009–2013 гг.). По их результатам [8] в ходе онтогенеза хвоща нами были чётко выделены:

1) *генеративный период* (спороносные побеги), включающий в себя фазу меристематического побега, фазы закрытого и открытого стробиллов;

2) *вегетативный период*, в котором фазы развития дифференцировали по размеру ассимилирующего побега – 15, 30 и 40 см;

3) *период покоя*, наступающий после отмирания надземной части растения.

Пробы для анализа отбирали в соответствии с указанными выше фазами развития растений. При этом растения были разделены на органы генеративного (стробил и междоузлия) и вегетативного (ветви первого порядка и междоузлия) побегов, а также на корневище и клубни. Для измерений отбирали средние пробы растительного материала соответствующего органа нескольких рендомизированных растений. Измерения проводили в трёхкратной биологической повторности.

Содержание растворимых и легкогидролизуемых углеводов определяли по общеизвестной методике. Массовую долю сахаров и крахмала вычисляли в процентах к воздушно-сухой массе [7]. Статистическую обработку полученных данных производили по Доспехову [3]. Исследование растворимых и легкогидролизуемых углеводов (таблица 1) в генеративном периоде (I, II) показало, что максимальное количество сахаров и крахмала содержалось в корневище хвоща полевого в фазу меристематического побега (I).

Таблица 1 – Содержание растворимых и легкогидролизуемых углеводов у хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) в генеративном (I, II) и в вегетативном (III–V) периодах развития, % к воздушно-сухой массе

Фаза развития	Корневище		Клубни		Спороносный побег				Ассимилирующий побег			
					Междоузлия		Стробил		Междоузлия		Ветви	
	сахара	крахмал	сахара	крахмал	сахара	крахмал	сахара	крахмал	сахара	крахмал	сахара	крахмал
I	15,9	12,9	--	--	13,3	6,8	9,7	7,2	--	--	--	--
II	11,0	5,5	--	--	10,7	4,1	6,5	3,3	--	--	--	--
III	12,1	14,0	--	--	--	--	--	--	9,7	10,7	8,4	9,8
IV	12,2	13,0	--	--	--	--	--	--	10,2	11,8	9,4	8,5
V	7,4	13,5	6,5	14,2	--	--	--	--	8,4	9,5	16,1	7,7
НСР _{0,05}	1,4	1,1	--	--	1,4	0,9	1,1	0,5	1,0	1,1	1,6	0,9
Примечание: I – меристематический побег, II – закрытый стробил, III – побег 15 см, IV – побег 30 см, V – побег 40 см; «--» – орган отсутствовал или показатель не определяли.												

Относительно высокое содержание углеводов в корневище перед началом периода активного развития растений, очевидно, обусловлено его главной функцией как запасающего органа. С наступлением фазы закрытого стробила (II) количество углеводов в корневище и в органах спороносного побега хвоща достоверно снижалось. Так, минимальное количество сахаров и крахмала наблюдалось в стробиле. При этом количество сахаров в корневище и в других органах (I, II) достоверно превышало количество крахмала.

В вегетативном периоде развития (III–V) хвоща полевого содержание сахаров в корневище оставалось стабильным и достоверно снижалось до 7,4% к воздушно-сухой массе с развитием ассимилирующих побегов (см. табл.). При этом содержание крахмала в корневище по сравнению с генеративным периодом (I, II) заметно возрастало и оставалось в пределах 13,0–14,0%. Содержание растворимых и легкогидролизуемых углеводов в клубнях хвоща полевого было сопоставимо с аналогичными показателями в корневище.

Исследование сахаров в ассимилирующих побегах хвоща показало (см. табл.), что максимальное их количество содержится в ветвях растений (16,1%). Этот показатель возрастал при последовательном прохождении растениями фаз своего развития от побегов 15 см до побегов 40 см (III–V). В междоузлиях ассимилирующих побегов количество сахаров находилось в пределах 8,4–10,2% к воздушно-сухой массе. Содержание крахмала в органах ассимилирующих побегов хвоща полевого находилось в пределах 7,7–11,8%.

Таким образом, показано, что изменение содержания растворимых и легкогидролизуемых углеводов в различных органах хвоща полевого зависит от периода онтогенеза и фазы развития растения. Наиболее высокое содержание сахаров обнаружено в корневище (15,9%) в генеративном периоде (фаза меристематического побега), а также в ветвях (16,1%) ассимилирующих побегов (фаза 40 см) в вегетативном периоде развития. Максимальное количество крахмала накапливалось в корневище (14,0%), а также в клубнях (14,2%) к концу вегетативного периода. Установлено, что в генеративном периоде развития хвоща полевого в стробиле спороносного побега содержится минимальное количество сахаров и крахмала, а в корневище количество крахмала снижается, в связи с развитием спороносных побегов. Относительно высокое содержание крахмала в корневище и клубнях в вегетативном периоде развития, очевидно, обусловлено переходом растений к активному фотосинтезу с последующим запасанием его продуктов в этих подземных органах.

Список использованной литературы

- 1 Бабенко, Л. М. Активність ліпоксигенази й ультраструктурна будова корневища спороносного і вегетативного пагонів *Equisetum arvense* L. / Л. М. Бабенко, М. М. Щербатюк, І. В. Косаківська // Біологічні студії. – 2015. – Т. 9, № 1. – 153–162.
- 2 Бейдеман, И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1974. – 156 с.
- 3 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- 4 Жизнь растений: [в 6-ти томах] / гл. ред.: Ал. А. Фёдоров. – М.: Просвещение, 1974–1981. – Т. 4: Мхи. Плауны. Хвощи. Папоротники. Голосеменные растения / [Тахтаджян А. Л., Лазаренко А. С., Грушвицкий И. В. и др.]; под ред. И. В. Грушвицкого и С. Г. Жилина, 1978. – 447 с.
- 5 Киризий, Д. А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений / Д. А. Киризий. – Киев: Логос, 2004. – 192 с.
- 6 Кретович, В. Л. Основы биохимии растений: учебник [для гос. унив. и технолог. инст.] / В. Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1971. – 464 с.
- 7 Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.]; Под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1989. – 430 с.
- 8 Сытников, Д. М. Фотосинтетические пигменты и онтогенез *Equisetum arvense* L. / Д. М. Сытников, Л. М. Бабенко, Н. Н. Щербатюк // Вестник Одесского национального университета. Серия: Биология. – 2013. – Т. 18, Вып. 2 (31). – С. 50–60.
- 9 Marshall, G. Growth and Development of Field Horsetail (*Equisetum arvense* L.) / G. Marshall // Weed Science. – 1986. – Vol. 34. – P. 271–275.