

全生育期菊芋不同器官果聚糖积累分配特征研究

钟启文, 王丽慧, 李屹, 李莉

(青海省农林科学院, 青海省蔬菜遗传与生理重点实验室, 青海 西宁 810016)

摘要:以“青芋2号”和“青芋3号”菊芋为试材,研究了整个生长周期内菊芋不同器官中以果聚糖为主的碳水化合物含量变化动态特征以及在各器官的分配情况。结果表明:苗期叶、茎中果聚糖含量和总量增加迅速,主要贮存在叶中;植株迅速生长期和块茎形成期叶、茎中果聚糖含量呈起伏变化;全株果聚糖积累总量呈持续上升趋势,主要贮存在叶和茎中;开花期叶、茎中的果聚糖含量和积累总量先后达到全生育期的最高值,并完成果聚糖从叶片向茎的转运;块茎内含量稳定,积累总量增加缓慢;果聚糖主要贮存在茎内;块茎膨大期,全株的果聚糖积累量增加缓慢,以植株内部转运为主,果聚糖开始迅速从茎向块茎分配,到生育期末,全株果聚糖70%分配到块茎。

关键词:菊芋;果聚糖;碳水化合物;积累;分配

中图分类号:S 632.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)17-0001-04

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)属菊科向日葵属宿根草本植物,别名洋姜。原产北美洲,17世纪传入欧洲,后传入中国。菊芋地下块茎富含菊糖,可用来加工菊粉^[1]、乙醇和生物柴油等^[2-3],地上茎可加工作饲料^[4],其块茎或茎叶入药具有利水除湿,清热凉血,益胃和中之功效,故被联合国粮农组织官员称为“21世纪人畜共用作物”。果聚糖作为菊芋的主要加工利用物质,也是植株积累的主要光合产物,其块茎中的果聚糖含量占贮藏性碳水化合物的80%以上^[5]。目前,果聚糖研究在菊苣^[6]和麦类作物^[7-8]上有报道,对菊芋果聚糖的研究很少,尤其对于全生育期菊芋的果聚糖含量变化特征以及与其它碳水化合物的相互关系研究更鲜见报道。该试验研究了全生育期菊芋不同器官的不同聚合度果聚糖和其它碳水化合物含量变化的动态,以及果聚糖在不同生育时期在各器官的分配动态,以期为菊芋的优良品种选育和高产栽培提供理论指导。

第一作者简介:钟启文(1981-),男,硕士,助理研究员,现主要从事菊芋育种及生理生化研究工作。E-mail:zhongqiwenhaha@yahoo.com.cn.

责任作者:李莉(1959-),女,研究员,硕士研究生导师,现主要从事蔬菜栽培生理与育种研究工作。E-mail:yyslili@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30660089);青海省科技厅资助项目(2010-Z-709)。

收稿日期:2012-06-13

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在青海省农林科学院3号试验园进行。该地区属湟水流域灌区,土壤类型栗钙土,土壤有机质19.28 g/kg, pH 8.11,全氮1.15 g/kg,全磷2.15 g/kg,全钾21.3 g/kg,速效氮0.065 g/kg,速效磷0.067 g/kg,速效钾229.0 g/kg。

1.2 试验材料

“青芋2号”、“青芋3号”菊芋,均为青海省农林科学院自主选育品种。

1.3 试验方法

2个品种各种植100 m²。从出苗后第2周开始取样,取植株中部叶片,每周取1次,连续取样20次。参考孙雪梅^[5]的方法测定菊芋糖含量。标准样品:低聚合度果聚糖(DP<6)以相应单体果聚糖标准品为标样,高聚合度(DP≥6)果聚糖以从菊苣中提取的果聚糖标准品峰面积进行折算。果聚糖含量为低聚合度果聚糖与高聚合度果聚糖含量之和。各器官果聚糖积累总量以干鲜样量折算。

2 结果与分析

2.1 全生育期菊芋各器官果聚糖与其它碳水化合物含量的变化

2.1.1 全生育期菊芋各器官中 DP≥6 果聚糖含量的变化 由图1可知,苗期(0~30 d)叶片中 DP≥6 果聚糖含量从6%左右迅速增加至13%以上,植株迅速生长期

(30~75 d)含量呈起伏变化,块茎形成期(75~100 d)含量迅速增加,开花期(100~120 d)含量大幅度降低,块茎膨大期(120~157 d)含量逐渐增加(图 1A)。与叶片相似,苗期茎中的 $DP \geq 6$ 果聚糖增加迅速从 7.5% 左右增加到 33% 以上。植株迅速生长期和块茎形成期含量均有峰值出现。开花期果聚糖含量迅速增加,块茎膨大期果聚糖含量又迅速减少,从 50% 左右降低到 10% 左右(图 1B)。开花期,块茎内的 $DP \geq 6$ 果聚糖呈缓慢增加,到块茎膨大期,含量逐渐降低(图 1C)。

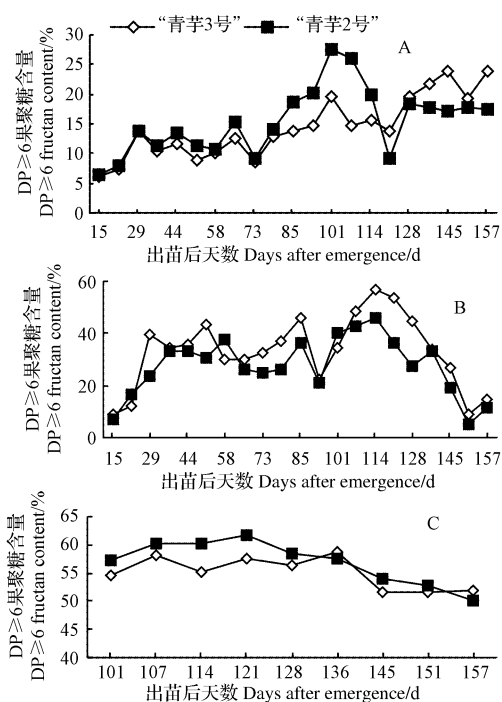


图 1 全生育期菊芋各器官中 $DP \geq 6$ 果聚糖含量变化

注:A:叶;B:茎;C:块茎。下同。

Fig. 1 $DP \geq 6$ fructan change of Jerusalem artichoke

organs in the whole growth period

Note: A: leaf; B: stem; C: tuber. The same below.

2.1.2 全生育期菊芋各器官中 $DP < 6$ 果聚糖含量的变化 由图 2 可知,叶片中苗期 $DP < 6$ 果聚糖含量迅速上升,从 1% 左右增加至 10% 左右。之后直到块茎膨大前,含量一直呈起伏变化。块茎膨大期趋于相对稳定(图 2A)。茎中 $DP < 6$ 果聚糖在苗期也迅速增加。在植株迅速生长期、块茎形成期和块茎膨大期均有高峰出现(图 2B)。开花期块茎内的 $DP < 6$ 果聚糖呈相对稳定状态;到块茎膨大期含量逐渐增加,从 1% 左右增加至 8% 左右(图 2C)。

2.1.3 全生育期菊芋各器官中蔗糖含量的变化 由图 3 可知,叶和茎苗期蔗糖含量均迅速上升,植株迅速生长期和块茎形成期含量均呈“U”型变化,开花期有小的峰

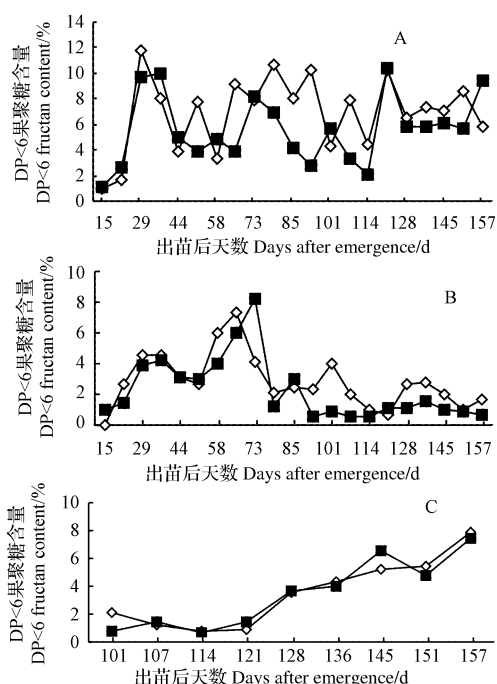


图 2 全生育期菊芋各器官中 $DP < 6$ 果聚糖含量变化

Fig. 2 $DP < 6$ fructan change of Jerusalem artichoke

organs in the whole growth period

值出现,块茎膨大期呈阶梯状变化。(图 3A、图 3B);开花期,块茎内的蔗糖含量从 5% 左右逐渐减少到 0,到块茎膨大期含量又逐渐增加至 16% 左右(图 3C)。

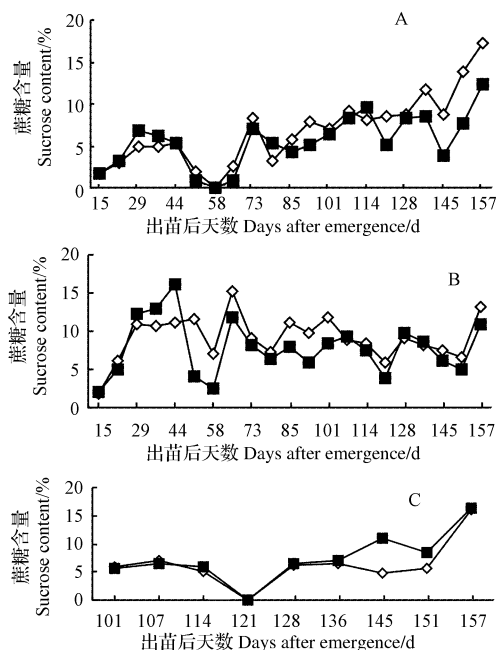


图 3 全生育期菊芋各器官中蔗糖含量变化

Fig. 3 Sucrose change of Jerusalem artichoke organs in

the whole growth period

2.1.4 全生育期菊芋各器官中还原糖含量的变化 由图4可知,在苗期,叶中还原糖含量增加,植株迅速生长期含量减少,块茎形成期含量增加,开花期含量减少,块茎膨大期有峰值出现(图4A);茎中还原糖在苗期增加,植株迅速生长期呈起伏变化,之后逐渐降低(图4B);开花期块茎内的还原糖含量从6%左右逐渐减少到0。在块茎膨大期含量在0和5%之间起伏(图4C),此结果的原因尚待进一步研究。

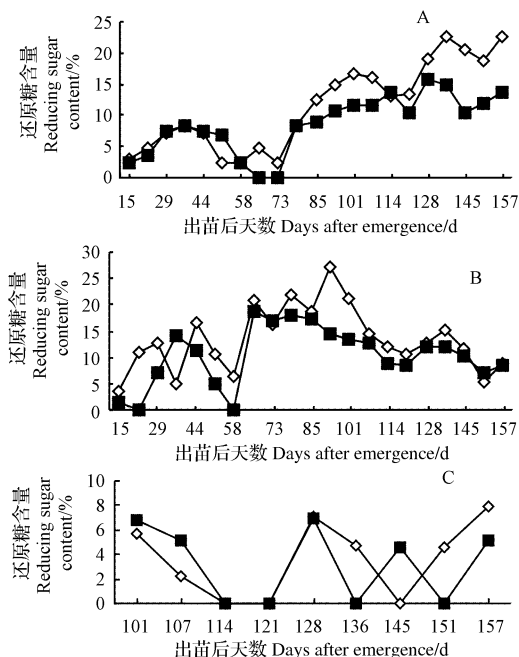


图4 全生育期菊芋各器官中还原糖含量变化

Fig. 4 Sugar content change of Jerusalem artichoke organs in the whole growth period

2.1.5 全生育期菊芋各器官中可溶性总糖含量的变化 由图5可知,叶片中总糖含量在苗期增加,植株迅速生长期含量呈“U”型变化,块茎形成期含量增加,开花期含量减少,块茎膨大期呈起伏变化(图5A);茎中总糖在苗期增加,植株迅速生长期呈双峰变化,开花期有峰值出现,块茎膨大期逐渐降低(图5B);开花期块茎内的总糖含量呈降低趋势;块茎膨大期总糖含量呈起伏变化(图5C),仍有待进一步研究。

2.2 全生育期菊芋果聚糖在各器官的分配变化动态

由图6可知,从苗期到开花前,果聚糖积累量呈持续增加趋势,且主要分配在叶和茎中。苗期果聚糖积累量增加较少,植株迅速生长期和块茎形成期,积累速率相对较快。在开花后的1~2周内,叶片内开始迅速积累果聚糖,达到峰值后开始迅速降低至块茎膨大前,之后保持相对稳定。伴随着叶内果聚糖的减少,茎中果聚

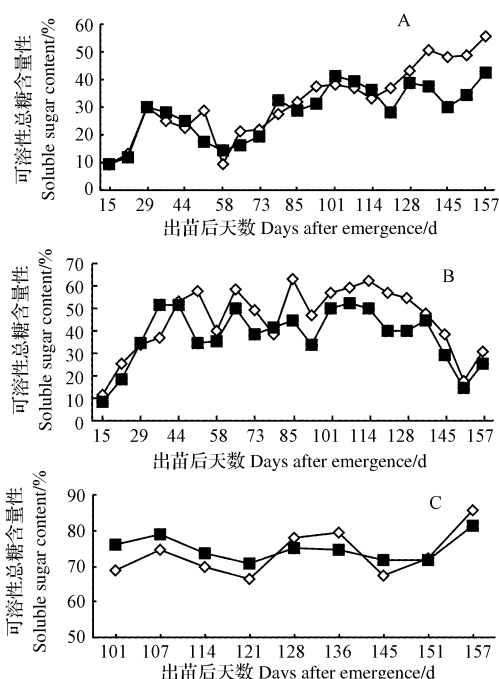


图5 全生育期菊芋各器官中可溶性总糖含量变化

Fig. 5 Change of soluble sugar content of Jerusalem artichoke organs in the whole growth period

糖积累量开始激增,在开花后2~3周内达到峰值200 g左右后迅速降低,将果聚糖向块茎转运。开花期内块茎果聚糖积累量增加缓慢,块茎膨大期则迅速上升,到块茎成熟单株块茎果聚糖积累可达到180 g左右。

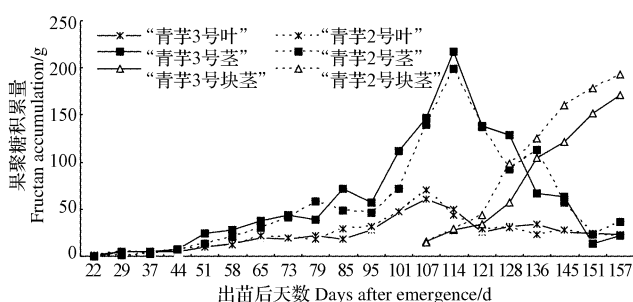


图6 全生育期菊芋果聚糖在各器官的分配变化动态

Fig. 6 Dynamics of the distribution of the whole growth of Jerusalem artichoke fructan in various organs

3 结论

菊芋的生长发育和物质积累呈现明显的阶段性,而果聚糖作为主要的贮藏性碳水化合物,其积累、运转和分配也相应的表现阶段性。该研究结果表明,苗期叶、茎中不同聚合度的果聚糖均合成迅速,含量大幅度增加,积累总量呈直线上升;植株迅速生长期和块茎形成期,叶、茎中高聚合度果聚糖含量呈起伏变化,并出现阶

段性的激增现象,原因尚待进一步研究。以果聚三糖为主的低聚合度果聚糖作为高聚合度果聚糖的合成底物,叶、茎中的含量随后者的增加而减少。同时,全株果聚糖积累总量呈持续上升趋势,主要贮存在叶和茎中;开花期,叶、茎中的果聚糖含量和积累总量先后达到全生育期的最高值,并完成果聚糖从叶片向茎的转运。并呈现高聚合度果聚糖含量持续增加而低聚合度果聚糖保持相对稳定的现象。块茎内果聚糖含量稳定、积累总量增加缓慢。此时期,果聚糖主要贮存在茎内;块茎膨大期,全株的果聚糖积累量增加缓慢,以植株内部转运为主,果聚糖开始迅速从茎向块茎分配,到生育期末,全株果聚糖有 70% 分配到块茎。

参考文献

- [1] 王文亮,张奇志,孙宏春,等. 菊粉的开发与利用研究[J]. 农产品加工,2007(10):90-91.
- [2] 葛向阳,张伟国. 同步糖化发酵菊芋生产酒精中黑曲霉菌株的选育[J]. 食品与生物技术学报,2006,25(2):83-88.
- [3] 马家津,吕跃钢. 以菊芋为原料利用固定化酶和细胞两步法发酵生产乙醇[J]. 北京工商大学学报(自然科学版),2004,22(6):8-10.
- [4] 赵晓川,王卓龙,孙金艳. 菊芋在畜牧生产中的应用[J]. 黑龙江农业科学,2006(6):39-40.
- [5] 孙雪梅,李莉. 不同海拔梯度菊芋碳水化合物代谢研究[J]. 西南农业学报,2011(4):1309-1312.
- [6] De Roover J, Van denbranden K, Van Laere A, et al. Drought induces fructan synthesis and 1-SST in roots and leaves of chicory seedlings (*Cichorium intybus* L.)[J]. Planta,2000,210(5):808-814.
- [7] Savitch L V, Harney T, Huner N P A. Sucrose metabolism in spring and winter wheat in response to high irradiance, cold stress and cold acclimation[J]. Physiologia Plantarum,2000,108(3):270-278.
- [8] 张小芸,何近刚,孙学辉,等. 转果聚糖合成关键酶基因多年生黑麦草的获得及抗旱性的提高[J]. 草业学报,2011,20(1):111-118.

Jerusalem Artichoke Fructan Accumulation and Distribution Characteristics in Different Organs of the Whole Growth

ZHONG Qi-wen, WANG Li-hui, LI Yi, LI Li

(Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Qinghai Key Laboratory of Heredity and Psychology of Vegetables, Xining, Qinghai 810016)

Abstract: Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) ('Qingyu 2' and 'Qingyu 3') were used to study carbohydrate content changes in dynamic characteristics and distribution throughout the growth cycle of Jerusalem artichoke in different organs based fructan carbohydrate content. The results showed that fructan content and the total increased rapidly in the seedling leaf, stem and mainly stored in the leaves; fructan content in tubers, leaves, stem showed the ups and downs in the tuber formation and rapid growth period of plants. The total fructan accumulation of the whole plant has continued to rise, and mainly stored in the leaves and stems; fructan content and total accumulation of leaves, stems reached the highest value of the whole growth period in the flowering stage, and completed the transport of sugar from the leaves to the stem. The content of tubers was stable and total accumulation increased slowly. Fructan stored mainly in the stem; the whole plant fructan accumulation increased slowly in the tuber expansion period, mainly transport of internal plants, fructan quickly allocated from the stem to the tubers, fruit poly sugar the 70% fructan content of the whole plant allocated to the tubers tuber in the end of growth period.

Key words: Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.); fructan; carbohydrate; accumulation; distribution