

盾叶薯蓣根状茎中钙、锌及六磷酸肌醇含量的动态变化

谭超¹, 陈路¹, 毛群星², 李家儒^{1*}, 代政华¹

(1. 武汉大学植物发育生物学教育部重点实验室, 武汉 430072; 2. 江汉大学图书馆, 武汉 430056)

摘要: 钙、锌和六磷酸肌醇的含量是反映农作物营养价值的重要指标。以两年生盾叶薯蓣 (*Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright) 植株根状茎为材料, 对其在不同生长时期的钙、锌以及六磷酸肌醇含量进行测定并对其相互关系进行了分析。结果表明: 盾叶薯蓣根状茎中钙的平均含量为 424.24 mg/100 g 干重; 锌的平均含量为 12.73 mg/100 g 干重; 六磷酸肌醇的平均含量为 4460.19 mg/100 g 干重; 六磷酸肌醇对钙和锌的吸收有影响。盾叶薯蓣根状茎的淀粉平均含量为 32.84 g/100 g 干重; 最大还原力为 0.931, 最大自由基清除效应为 22.83%, 表明其有一定的抗氧化能力。这些结果表明盾叶薯蓣根状茎具有一定的营养价值和保健价值。

关键词: 盾叶薯蓣; 钙; 锌; 六磷酸肌醇; 营养价值

中图分类号: Q945.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2008)03-0315-04

Dynamic Changes of the Contents of Calcium, Zinc and Phytate in the Rhizomes of *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright

TAN Chao¹, CHEN Lu¹, MAO Qun-Xing², LI Jia-Ru^{1*}, DAI Zheng-Hua¹

(1. Key Laboratory of MOE for Plant Development Biology, College of Life Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Jiangnan University Library, Wuhan 430056, China)

Abstract: Contents of calcium, zinc and phytate were important indexes that reflects the nutrition value of the corps. In this study, rhizomes of biennial plants of *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright were used as study material, contents of calcium, zinc and phytate were determined and their relationships were analyzed in different growing periods. The results indicated the following averages of contents: Calcium - 424.24 mg/100 g; Zinc - 12.73 mg/100 g dry weight; and Phytate - 4460.19 mg/100 g dry weight in the rhizomes of *D. zingiberensis*. The bioavailability of calcium and zinc were low due to the phytate in the rhizomes. The average content of starch in rhizomes was 32.84 g/100 g dry weight; the strongest reducing power was 0.931; the highest level of free radical scavenging effect was 22.83%; those showed a certain degree of antioxidant capacity. All these results revealed that the rhizomes of *D. zingiberensis* were nutritious and healthy to human beings.

Key words: *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright; Calcium; Zinc; Phytate; Nutrition value

盾叶薯蓣为我国特有的薯蓣属植物, 其根状茎中含有丰富的薯蓣皂素^[1], 因此是重要的甾体激素类药源植物。除薯蓣皂素外, 盾叶薯蓣根状茎还含有 40% ~ 50% 的淀粉及 40% ~ 50% 的纤维素, 具有一定的食用价值, 在我国一些地区已将其用于食品加工。但目前关于盾叶薯蓣根状茎的营养价值方面的研究还鲜有报道。

钙和锌是人体生长发育不可缺少的两种矿质元素。六磷酸肌醇 (Phytate, inositol hexaphosphoric

acid, IP6), 又称作植酸, 广泛存在于植物中^[2], 除对冠心病有一定疗效^[3]外, 六磷酸肌醇可在生理 pH 条件下与钙和锌形成难溶的螯合物, 从而影响人体对这两种营养元素的生物吸收^[4], 因此它也被认为是一种抗营养因子。此外, 锌的吸收也间接受到钙含量的影响^[4]。

本研究以两年生盾叶薯蓣植株的根状茎为材料, 对其在不同生长期的钙、锌和六磷酸肌醇等营养成分的含量进行了测定并加以分析, 进而对其营

收稿日期: 2007-07-30, 修回日期: 2008-03-31。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30370152)。

作者简介: 谭超 (1981 -), 男, 硕士生, 研究方向为植物生理生化。

* 通讯作者 (Author for correspondence. E-mail: jrli@whu.edu.cn)。

养价值做一个初步探讨。

1 材料与方法

1.1 实验材料

盾叶薯蓣(*Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright)品种‘安姜3号’采集于陕西省安康市旬阳县,取其根状茎进行营养繁殖,形成两年生的植株。于植株的出芽期(2005年3月30日)、开花前期(2005年5月17日)、盛花期(2005年7月11日)、果期(2005年9月1日)和枯萎期(2005年11月1日)分别进行采样。每次采样取10株生长良好的盾叶薯蓣植株,取其根状茎做实验分析。

1.2 仪器与试剂

所用原子吸收光谱仪为Analyst 800型;分光光度计为UNICO UV-2000型。所用试剂若未经说明则均为国产分析纯。

1.3 可溶性蛋白、淀粉含量、含水量以及吸水指数(WAI)测定

可溶性蛋白质含量测定依据Bradford等的方法^[5]进行;含水量测定:将新鲜材料称重后切成小块置于80℃烘箱中烘至恒重,称重后计算样品含水量;淀粉含量测定依据徐昌杰等的方法^[6]进行;吸水指数测定参照Anderson等的方法^[7]并略做改进:将干样粉碎后过100目筛,准确称取250 mg样品干粉于10 mL离心管中,加入3 mL蒸馏水摇匀,37℃水浴30 min,4000 g离心10 min,去上清,离心后的沉淀重量与样品干粉重量的比值即为吸水指数,重复3次。

1.4 钙、锌含量测定

准确称取1 g样品干粉,加入10 mL浓硝酸和2 mL高氯酸后静置过夜,然后在调压电炉上低温加热消解,在接近蒸干时补充2 mL浓硝酸,加热至硝酸接近蒸干,残渣转移至25 mL容量瓶中,用去离子水定容。在原子吸收光谱仪上用火焰法测定钙和锌的含量。重复3次。

1.5 六磷酸肌醇(Phytate)含量测定

测定方法依照C. I. Febles等的方法^[8]进行。重复3次。

1.6 抗氧化活性测定

取200 mg样品干粉于7 mL离心管中,加入5 mL甲醇溶液后进行超声浸提。具体步骤为:超声30 min→静置1 h→超声30 min→静置1 h→超声

30 min。所得甲醇提取液用于抗氧化活性测定。

还原力(reducing power)的测定参照C. L. Hsu等的方法^[9]略做改进:取1 mL样品甲醇提取液和0.5 mL磷酸缓冲液(0.2 mol/L, pH 6.6)及2.5 mL铁氰化钾溶液(1%)混合于离心管中,50℃水浴反应20 min,反应后立即置于冰上冷却,加入0.5 mL三氯乙酸(10%),3000 g离心10 min。取2 mL上清液与2 mL蒸馏水及0.2 mL氯化铁溶液(0.1%)混合后反应10 min,在700 nm处测定混合液吸光值,吸光值的大小即反映出还原能力的强弱。重复3次。吸光值越高表明还原力越强。

自由基清除效应(free radical scavenging effect)的测定依照C. L. Hsu等的方法^[9]进行。重复3次。

2 结果

2.1 盾叶薯蓣根状茎中含水量、可溶性蛋白和淀粉含量以及吸水指数变化

盾叶薯蓣根状茎生长过程中含水量、可溶性蛋白、淀粉含量以及吸水指数变化见表1。在盾叶薯蓣植株的生长过程中,根状茎的含水量从出芽期至开花前期有小幅增加,之后逐渐降低;可溶性蛋白含量呈波动变化,变化范围为3.4~6.66 mg/g鲜重;盾叶薯蓣根状茎的淀粉含量从出芽期到果期显著增加,在枯萎期则下降,可能是由于果期之后植株地上部分枯萎和根状茎增大引起;盾叶薯蓣根状茎的吸水指数在果期之前逐渐下降,从果期至枯萎期则略有上升。

2.2 盾叶薯蓣根状茎中Ca、Zn和Phytate含量及其相互关系

盾叶薯蓣根状茎生长过程中钙、锌和六磷酸肌醇的含量变化见表2。在盾叶薯蓣植株生长过程中,根状茎的钙含量呈波动变化,变化范围从341.52 mg/100 g干重至525.03 mg/100 g干重;锌含量则逐渐下降,从出芽期的17.96 mg/100 g干重下降至枯萎期的3.41 mg/100 g干重;六磷酸肌醇含量从出芽期至果期逐渐下降,下降幅度为886.47 mg/100 g干重,将近16.3%,可能是由于发芽所引起的^[10];从果期至枯萎期六磷酸肌醇含量的增加可能是由于含水量(表1)的减少所引起的^[11]。

2.3 盾叶薯蓣根状茎抗氧化活性的变化

盾叶薯蓣根状茎的抗氧化活性变化见表3。结果表明盾叶薯蓣根状茎具有较强的抗氧化活性,且

表 1 盾叶薯蓣根状茎中含水量、可溶性蛋白和淀粉含量以及吸水指数的变化
Table 1 Changes of moisture, contents of starch and soluble protein and WAI of the rhizomes of *Dioscorea zingiberensis* during different periods

采样时期 Harvest time	含水量* (%) Moisture	可溶性蛋白含量* (mg/g FW) Content of soluble protein	淀粉含量* (g/100 g DW) Content of starch	吸水指数* Water absorption index
出芽期 Sprouting period	76.54 ± 0.84	6.66 ± 0.37	19.15 ± 0.58	3.42 ± 0.07
开花前期 Pre-flowering period	77.63 ± 1.12	5.52 ± 0.44	24.95 ± 1.34	3.10 ± 0.11
盛花期 Flowering period	74.53 ± 1.59	3.45 ± 0.24	32.07 ± 1.44	2.76 ± 0.01
果期 Fruiting period	74.33 ± 0.97	5.13 ± 0.19	52.56 ± 1.59	2.57 ± 0.01
枯萎期 Wilting period	71.05 ± 0.57	4.14 ± 0.13	35.49 ± 0.73	2.66 ± 0.03
平均 Mean value	-	4.98	32.84	-

* 结果以“平均值 ± 标准差”表示 (n = 3); “-”表示未测定。
* Results represents “mean value ± standard error” (n = 3); “-” means “not determined”.

表 2 盾叶薯蓣根状茎在不同时期 Ca、Zn 和 Phytate 含量及其相互关系
Table 2 Contents of calcium, zinc, phytate and their relationships of rhizomes of *Dioscorea zingiberensis* in different periods

采样时期 Harvest time	Ca 含量* (mg/100 g DW) Ca content	Zn 含量* (mg/100 g DW) Zn content	Phytate 含量* (mg/100 g DW) Phytate content	[Phytate]**/[Zn]**	[Ca]**/[Phytate]**	[Ca]**,[Phytate]**/[Zn]**
出芽期 Sprouting period	377.52 ± 2.74	17.96 ± 0.10	5437.28 ± 33.32	29.827	1.146	2.815
开花前期 Pre-flowering period	525.03 ± 1.91	16.65 ± 0.41	4550.81 ± 76.06	26.926	1.904	3.534
盛花期 Flowering period	341.16 ± 0.79	16.59 ± 0.27	4265.36 ± 38.61	25.313	1.320	2.159
果期 Fruiting period	455.85 ± 1.25	9.04 ± 0.75	3544.10 ± 32.54	28.609	2.122	4.400
枯萎期 Wilting period	421.73 ± 1.43	3.41 ± 0.20	4503.40 ± 47.75	129.914	1.545	13.697
平均 Mean value	424.24	12.73	4460.19	-	-	-

* : 结果以“平均值 ± 标准差”表示 (n = 3); **: 单位为 mol/kg; “-”表示未测定。
* : Results represents “mean value ± standard error” (n = 3); **: Unit is mol/kg; “-” means not determined.

表 3 盾叶薯蓣根状茎抗氧化活性的变化
Table 3 Changes of antioxidant activity of the rhizomes of *Dioscorea zingiberensis* during different periods

采样时期 Harvest time	还原力(OD700)* Reducing power	自由基清除效应(%)* Free radical scavenging effect
出芽期 Sprouting period	0.697 ± 0.031	14.53 ± 0.45
开花前期 Pre-flowering period	0.666 ± 0.017	18.81 ± 0.54
盛花期 Flowering period	0.931 ± 0.045	22.83 ± 0.72
果期 Fruiting period	0.521 ± 0.023	16.74 ± 0.87
枯萎期 Wilting period	0.578 ± 0.030	15.98 ± 0.96

* 结果以“平均值 ± 标准差”表示 (n = 3)。
* Results represents “mean value ± standard error” (n = 3) .

最大活性出现在盛花期。

3 讨论

盾叶薯蓣作为一种甾体激素类药源植物, 目前主要在制药工业中用作提取薯蓣皂素的原材料, 而将占其根状茎干重近 90% 的淀粉和纤维素用于食品加工, 这有利于对盾叶薯蓣进行综合利用。本研究结果表明, 盾叶薯蓣的根状茎含有丰富的淀粉, 但吸水指数低于 *Dioscorea alata* (吸水指数为 4.01) 和 *Dioscorea purpurea* (吸水指数为 3.57) 两种薯蓣属植物的块茎^[9]。吸水指数反映了作物含淀粉的凝胶化程度, 吸水指数越高则淀粉凝胶化程度越高^[9], 凝胶化程度高则表明作物中的淀粉在生物体内更容易

被水解而吸收, 可食用性越强^[12]。本研究表明盾叶薯蓣根状茎中淀粉的可食用性偏低。

对人体而言, 锌是排在维他命 A、Fe 和 I 之后第 4 重要的微量元素, 锌缺乏症存在于世界上许多国家和地区, 尤其是发展中国家, 其产生的主要原因是膳食中的锌摄取不足^[13]。钙不仅是人体生长发育不可或缺的营养元素, 还可间接影响食物中锌的吸收。从一些农作物中钙和锌的含量来看, 盾叶薯蓣根状茎中钙和锌的平均含量远高于这些农作物 (见表 4)。

表 4 盾叶薯蓣和其他农作物中的钙和锌元素含量比较
Table 4 Comparison of contents of Ca and Zinc between *Dioscorea zingiberensis* and other crops

作物名称 Crops	Ca 含量 (mg/100 g DW) Ca content	Zn 含量 (mg/100 g DW) Zn content
<i>Dioscorea cayensis</i> Lam. *	36.7	1.7
<i>Dioscorea rotundata</i> Poir. *	77.1	2.3
<i>Dioscorea alata</i> L. *	38.2	1.4
<i>Dioscorea dumentorum</i> Pax. *	92.3	4.0
<i>Glycine max</i> Merr. *	43.6	2.0
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. *	41.2	1.94
<i>Phaseolus lunatus</i> L. *	30.9	1.0
<i>Oriza sativa</i> L. *	27.1	0.7
<i>Zea mays</i> L. *	49.2	1.4
<i>Sorghum bicolor</i> Pers. *	41.5	1.7
<i>Dioscorea zingiberensis</i>	424.24	12.73

* 数据源自 E. I. Adeyeye 等(2000)^[4]。
* Data origins from E. I. Adeyeye, etc. 2000)^[4].

食物中的六磷酸肌醇被认为是一种抗营养因子,可与钙和锌形成难溶的螯合物从而影响人体对这两种营养元素的吸收。当六磷酸肌醇和锌元素的摩尔数之比大于15时作物中的锌元素很难被人体吸收^[4],本研究结果显示根状茎中该比值在盾叶薯蓣植株生长的各时期均大于15,表明人体对盾叶薯蓣根状茎中锌的吸收受到六磷酸肌醇影响。

钙可与六磷酸肌醇形成螯合物而使其沉淀,因此钙含量可间接影响六磷酸肌醇与锌的螯合反应从而影响作物中的锌元素的生物吸收,当钙与六磷酸肌醇的摩尔比达到6:1时,由于六磷酸肌醇的完全沉淀使锌的生物吸收得到增强^[4]。本研究结果表明在盾叶薯蓣植株生长的各时期根状茎中钙与六磷酸肌醇的摩尔比均小于3,即人体对盾叶薯蓣根状茎中钙和锌的吸收均受到六磷酸肌醇的影响,而钙对锌的吸收没有改善作用。

考虑到钙对锌元素吸收的影响,钙含量(mol/kg)、六磷酸肌醇含量(mol/kg)与锌含量(mol/kg)被认为能更好的衡量作物中锌元素能否被人体有效吸收,当它大于0.5 mol/kg时锌的吸收会变得困难^[4]。本研究中,对该指标的测定结果表明,人体对盾叶薯蓣根状茎中锌的吸收受到六磷酸肌醇影响。

本研究结果表明,盾叶薯蓣根状茎中六磷酸肌醇含量很高并对钙和锌在人体中的吸收产生了影响。因此在将盾叶薯蓣根状茎用于食品加工时应考虑通过发酵或肌醇六磷酸酶处理以降低六磷酸肌醇对这两种矿质元素吸收的负面效应^[14]。

氧化是人体许多慢性质变过程(如衰老)的主要诱因,自由基清除效应和还原力大小是反映抗氧化活性的重要指标^[9]。本研究表明盾叶薯蓣根状茎的抗氧化活性与 *Dioscorea alata* 和 *Dioscorea purpurea* 两种薯蓣属植物的块茎^[9]相当,说明其具有一定的保健作用。

参考文献:

[1] 丁志遵. 甾体激素药源植物[M]. 北京: 科学出版社, 1983.

- [2] Wilcke H L, Hopkins D T, Waggle D H. Soy Protein and Human Nutrition[M]. New York: Academic Press, 1979. 187.
- [3] Sing R B, Gupta V C, Mittal N, Niaz M A, Ghosh S, Rastogi V. Epidemiological study of trace elements and Mg and risk of coronary artery disease in rural and urban populations[J]. *J Am Coll Nutr*, 1997, 116: 62-67.
- [4] Adeyeye E I, Arogundade L A, Akintayo E T, Aisida O A, Alao P A. Calcium, zinc and phytate interrelationships in some foods of major consumption in Nigeria[J]. *Food Chemistry*, 2000, 71, 435-441.
- [5] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein-dye binding[J]. *Anal Biochem*, 1976, 72: 248-254.
- [6] 徐昌杰, 陈文峻, 陈尼松, 张上隆. 淀粉含量测定的一种简便方法——碘显色法[J]. *生物技术*, 1998, 8(2): 41-43.
- [7] Anderson R A, Conway H F, Pfeifer V F, Griffen E L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion cooking[J]. *Cereal Science Today*, 1969, 14(1): 4-7, 11-12.
- [8] Febles C I, Arias A, Hardisson A, Rodriguez-Alvarez C, Sierra A. Phytic acid level in wheat flours[J]. *J Cereal Sci*, 2002, 36: 19-23.
- [9] Hsu C L, Chen W L, Weng Y M, Tseng C Y. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods[J]. *Food Chemistry*, 2003, 83: 85-92.
- [10] Chavan J K, Kadam S S. Nutritional improvement of cereals by sprouting[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1989, 28(5): 401-437.
- [11] Medoua N G, Mbome Lape I, Agbor-Egbe T, Mbofung C M F. Study of the hard-to-cook property of stored yam tubers (*Dioscorea dumetorum*) and some determining biochemical factors[J]. *Food Research International*, 2005, 38, 143-149.
- [12] Holm J, Lundquist I, Bjorck I, Eliasson A C, Asp N G. Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch *in vitro*, and metabolic response in rats[J]. *Am J Clin Nutr*, 1988, 47, 1010-1016.
- [13] Prasad A S. Zinc deficiency in humans: effect on cell mediated immunity[A]. In: Nutrition goals for Asia-Vision 2020[C]. New Delhi: Nutrition Foundation of India, 2003. 349-358.
- [14] Harland B F, Morris E R. Phytate: A good or a bad food component?[J]. *Nutrition Research*, 1995, 15(5), 733-754.