

## 管花肉苁蓉全生育期物质成分变化研究

王信宏 郭玉海\*

(中国农业大学农学院,北京 100193)

**摘要** 为明确管花肉苁蓉物质成分动态变化规律,分析管花肉苁蓉全生育期干物质累积量、可溶性糖、淀粉、毛蕊花糖苷、松果菊苷和甘露醇含量的变化。结果表明:1)管花肉苁蓉全生育期内,可溶性糖含量持续降低,由146.89 mg/g降低至54.28 mg/g,淀粉含量在未伸长期内不断升高,峰值为44.87 mg/g,出土后迅速降低。单株干物质累积量呈现“S”型,在伸长期达到142.11 g,之后相对稳定。2)营养生长阶段,相同质量管花肉苁蓉松果菊苷、毛蕊花糖苷、甘露醇含量不受季节影响,松果菊苷含量和毛蕊花糖苷含量随着管花肉苁蓉单株干物质累积量增加而降低,甘露醇含量则先升高后降低。全生育期内,松果菊苷和毛蕊花糖苷累积量表现为未伸长期>伸长期>现蕾期>开花期>蒴果形成期。松果菊苷、毛蕊花糖苷和甘露醇累积量在营养生长阶段不断升高,出土开花后不断降低。3)相关分析表明松果菊苷含量、毛蕊花糖苷含量和可溶性糖含量显著正相关,相关系数分别达到0.87和0.89。

**关键词** 管花肉苁蓉; 松果菊苷; 毛蕊花糖苷; 甘露醇

中图分类号 S567

文章编号 1007-4333(2017)11-0028-08

文献标志码 A

## Study on the chemical composition variations of *Cistanche tubulosa* during the whole growth period

WANG Xinhong, GUO Yuhai\*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** The objective of this study was to clarify the dynamic patterns of the chemical composition of *Cistanche tubulosa* during the whole life cycle. The variation on dry weight and the contents of soluble sugar, starch, echinacoside, verbascoside as well as mannitol in *C. tubulosa* were fully characterized. The results indicated that: 1) The contents of soluble sugar consistently decreased from 146.89 mg/g to 54.28 mg/g during the whole growth period of *C. tubulosa*. The content of starch increased during pre-elongation stage while decreased rapidly after germination of *C. tubulosa*. The highest content of starch was 44.87 mg/g. “S” type increment was observed for the plant weight during the entire growth period, and maximum value occurred after elongation stage. 2) The contents of pharmacological ingredients in *C. tubulosa* corresponding to the same weight were not varied with seasons in the nutrition growth stage; however, the increment were found for the contents of those effective compounds with the dry weight growing of *C. tubulosa*; The highest contents of echinacoside and verbascoside occurred at pre-elongation stage, which was successively followed by elongation stage, squaring stage, flowering stage, and pod formation stage. The content of mannitol increased before July in the nutrition growth stage, and subsequently decreased until the end life cycle. The accumulations of echinacoside, verbascoside and mannitol were continuously observed over the nutrition growth stage. However, their contents were decreased in the reproductive stage. 3) The content of soluble sugar exhibited significant correlation with the contents of echinacoside along with verbascoside, and the correlation coefficients were 0.87 and 0.89, respectively.

**Keywords** *Cistanche tubulosa*; echinacoside; verbascoside; mannitol

收稿日期: 2016-10-14

基金项目: 国家科技支撑计划(2015BAD29B04)

第一作者: 王信宏, 博士研究生, E-mail: wangxinhong120@126.com

通讯作者: 郭玉海, 教授, 主要从事药用作物栽培加工研究, E-mail: yhguo@cau.edu.cn

管花肉苁蓉为多年生根寄生植物,2005 版《中国药典》首次将其作为肉苁蓉的基元植物收录<sup>[1]</sup>。提高和稳定管花肉苁蓉有效成分含量,是管花肉苁蓉生产中重要问题。目前管花肉苁蓉有效成分含量存在巨大差异<sup>[2]</sup>,相关报道表明产地因素<sup>[3]</sup>、采收因素<sup>[4]</sup>和炮制因素<sup>[5-6]</sup>等均会对管花肉苁蓉有效成分含量造成影响。

从栽培学角度考虑,研究管花肉苁蓉生长发育进程中有效成分含量的变化是栽培管花肉苁蓉有效成分研究的基础。管花肉苁蓉全生育期分为营养生长和生殖生长 2 个阶段<sup>[7]</sup>。其中营养生长发生于地下寄主根部,由于接种深度的不同造成其持续时间可由一年到多年不等,管花肉苁蓉出土后则转入生殖生长,抽薹开花形成种子,这个过程一般只持续 3~4 个月,由于管花肉苁蓉生殖生长阶段迅速,肉苁蓉肉质茎内营养物质会被迅速消耗,生产中常出现肉质茎中空甚至腐烂的现象。目前仅有杨太新等<sup>[8]</sup>和王长林等<sup>[9]</sup>报道过管花肉苁蓉营养生长阶段有效成分变化,关于管花肉苁蓉全生育期生长发育及有效成分变化规律的研究尚未见报道。

本研究以管花肉苁蓉为材料,研究各生育时期物质成分含量变化规律,以期对管花肉苁蓉生产、采收和加工技术研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及取样方法

试验在新疆维吾尔自治区于田县管花肉苁蓉种子基地进行。寄主柽柳于 2012 年育苗,2013 年 3—4 月定植,株行距为 1 m×1 m。管花肉苁蓉于 2013 年 9 月播种,播种深度为 50 cm。

#### 1.1.1 营养生长阶段管花肉苁蓉物质成分含量变化研究的样品制备

2014 年 4—10 月每月 10 日选取干重为 20、40、60、80、100 和 120 g/株管花肉苁蓉样品,鲜样品在当地切片(厚度 1 cm),蒸汽处理 10 min 后自然晾晒干燥,粉碎后备用,每个处理重复 3 次。

#### 1.1.2 管花肉苁蓉生长发育研究的样品制备

2014 年 3 月考察接种情况,对接种成功植株和部位进行标记。分别选取未伸长期、伸长期、现蕾期、开花期、蒴果发育期管花肉苁蓉为材料。取样时间:管花肉苁蓉未伸长期取样为 2014 年 4—10 月每月 10 日取样,伸长期植株 2015 年 3 月 10 日和 20

日 2 次取样,其中 3 月 10 日取样为未出土状态,3 月 20 日取样为出土状态,现蕾期植株 2015 年 4 月 20 日取样,开花期植株 2015 年 5 月 10 日取样,蒴果形成期 2015 年 6 月 10 日取样。试验采用随机取样,每次取样 3 株作为 1 次重复。鲜样品在当地切片(厚度 1 cm),然后蒸汽处理 10 min,自然晾晒干燥,称取干重。干燥样品粉碎后备用。

### 1.2 测定指标及方法的样品制备

1.2.1 松果菊苷和毛蕊花糖苷含量测定采用 HPLC 法<sup>[10]</sup>。

1.2.2 甘露醇含量测定采用 HPLC-ELSD 法<sup>[11]</sup>。

1.2.3 可溶性糖和淀粉含量测定采用蒽酮比色法<sup>[12]</sup>。

### 1.3 数据处理

数据采用 Excel 2013 和 SPSS 19.0 软件进行数据处理及统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 营养生长阶段管花肉苁蓉物质成分含量变化研究

从表 1 可见,干重为 20 g/株的管花肉苁蓉松果菊苷含量最高为 166.33 mg/g,最低为 146.00 mg/g,统计分析显示各个月份间差异不显著,其他各重量下管花肉苁蓉表现出相同规律。随着管花肉苁蓉单株干物质累积量的增加,松果菊苷含量不断降低,当管花肉苁蓉干重达到 120 g/株时,松果菊苷含量降低至 23.92 mg/g,差异达到显著水平。

毛蕊花糖苷含量变化规律和松果菊苷含量相似(表 2),相同质量下样品毛蕊花糖苷含量没有显著差异,随着管花肉苁蓉质量增加而降低。

同一月份管花肉苁蓉甘露醇含量随着其单株干物质累积量增加出现先升高后降低的规律(表 3),以 2014 年 10 月为例,管花肉苁蓉干重为 80 g/株时,甘露醇含量达到 38.45 mg/g,显著高于其他大小的管花肉苁蓉甘露醇含量。相同单株干物质累积量的管花肉苁蓉甘露醇含量不受月份影响,如干重为 20 g/株管花肉苁蓉甘露醇含量最高为 27.53 mg/g,最低为 26.26 mg/g,各月份间差异不显著。

以上结果说明,营养生长阶段相同质量的管花肉苁蓉松果菊苷、毛蕊花糖苷和松果菊苷含量不受季节影响,而与管花肉苁蓉单株干物质累积量影响。

表1 2014年营养生长阶段管花肉苁蓉松果菊苷含量变化

Table 1 Changes of the content of echinacoside on *C. tubulosa* in the nutrition growth stage

取样时间/月 Sampling date	不同干重的管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i> with different dry weight					mg/g
	20 g/株	40 g/株	60 g/株	80 g/株	100 g/株	
4	166.33±9.53 a	—	—	—	—	—
5	163.67±9.53 a	—	—	—	—	—
6	161.67±9.53 a	—	—	—	—	—
7	157.67±8.95 Aa	76.82±0.80 Ba	—	—	—	—
8	151.67±6.94 Aa	76.43±1.19 Ba	42.54±1.23 Ca	—	—	—
9	148.00±5.51 Aa	76.29±1.89 Ba	41.79±1.13 Ca	31.87±1.56 Da	27.48±0.56 DEa	24.54±0.96 Ea
10	146.00±5.20 Aa	76.60±2.41 Ba	39.96±1.85 Cb	30.71±2.14 Da	26.30±.71 Da	23.92±0.35 Ea

注:表中不同大写字母表示不同月份不同大小管花肉苁蓉松果菊苷含量差异显著( $P<0.01$ ),表中不同小写字母表示相同大小不同月份内管花肉苁蓉松果菊苷含量( $P<0.05$ )水平差异显著。下表同。

Note: Means with different capital letters are significantly different at 0.01 level of the content of echinacoside in the same sampling date but different weight; Means with different small letters are significantly different at 0.05 level of the content of echinacoside in the same weight but different sampling date. The same below.

表2 2014年营养生长阶段管花肉苁蓉毛蕊花糖苷含量变化

Table 2 Changes of the content of verbascoside on *C. tubulosa* in the nutrition growth stage

取样时间/月 Sampling date	不同干重的管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i> with different dry weight					mg/g
	20 g/株	40 g/株	60 g/株	80 g/株	100 g/株	
4	44.96±1.94 a	—	—	—	—	—
5	45.04±1.66 a	—	—	—	—	—
6	44.57±1.31 a	—	—	—	—	—
7	44.72±1.08 Aa	28.69±0.36 Ba	—	—	—	—
8	44.37±0.71 Aa	28.35±0.47 Ba	17.19±0.60 Ca	—	—	—
9	44.98±0.17 Aa	28.09±0.72 Ba	17.13±0.57 Ca	13.71±0.87 Da	13.67±0.14 Da	12.44±0.49 Da
10	44.21±0.61 Aa	28.18±0.83 Ba	16.52±0.43 Ca	13.28±0.84 Da	13.50±0.15 Da	12.26±0.52 Da

表3 2014年营养生长阶段管花肉苁蓉甘露醇含量变化

Table 3 Changes of the contents of mannitol on *C. tubulosa* in the nutrition growth stage

取样时间/月 Sampling date	不同干重的管花肉苁蓉 <i>C. tubulosa</i> with different dry weight					mg/g
	20 g/株	40 g/株	60 g/株	80 g/株	100 g/株	
4	27.53±0.80 a	—	—	—	—	—
5	27.41±0.64 a	—	—	—	—	—
6	26.55±0.34 a	—	—	—	—	—
7	26.26±0.20 Aa	28.35±1.12 Aa	—	—	—	—
8	26.39±0.26 Da	29.87±1.08 Ca	34.48±0.59 Ba	37.51±0.83 Aa	—	—
9	26.62±0.80 Da	29.09±1.09 Ca	35.02±0.52 Aa	37.09±0.03 Aa	33.60±0.80 Ba	29.57±0.61 Ca
10	26.30±0.36 Da	29.89±0.84 Ca	35.13±0.39 Ba	38.45±0.33 Aa	33.61±1.09 Ba	30.04±0.95 Ca

## 2.2 管花肉苕蓉全生育期干物质积累量、可溶性糖和淀粉含量变化

本研究以管花肉苕蓉为材料,研究了管花肉苕蓉全生育期干重、可溶性糖含量和淀粉含量的变化规律(表 4)。结果表明,管花肉苕蓉生长表现出“S”型模式,未伸长期内管花肉苕蓉质量不断增加,7—10 月为管花肉苕蓉快速生长期,在进入伸长期后管花肉苕蓉干重开始稳定。可溶性糖含量伴随管花肉

苕蓉生育进程持续降低,即未伸长期>出土前期>伸长期>现蕾期>开花期>蒴果形成期,在未伸长期内管花肉苕蓉可溶性糖含量最高为 146.89 mg/g,当管花肉苕蓉蒴果形成期时降低至 54.28 mg/g。淀粉含量表现为未伸长期内随管花肉苕蓉生长进程不断升高,出土前期达到最高的 44.87 mg/g,之后迅速降低。以上分析说明,在管花肉苕蓉未出土前,可溶性糖和淀粉不断累积,在出土开花后则迅速消耗。

表 4 管花肉苕蓉全生育期干重及可溶性糖、淀粉含量变化

Table 4 Changes of dry weight, soluble sugar content and starch content on *C. tubulosa* during the whole growth period

生育时期 Growth period	取样时间 Sampling date	干重/(g/株) Dry weight	可溶性糖含量/ (mg/g) Soluble sugar content	淀粉含量/ (mg/g) Starch content
未伸长期 Pre-elongation stage	2014-03-10	8.51±2.28 e	146.89±2.02 a	22.26±0.06 g
	2014-04-10	10.98±1.11 e	137.72±8.22 a	22.50±0.03 g
	2014-05-10	21.81±2.73 de	142.19±0.26 a	24.67±0.58 efg
	2014-06-10	28.83±0.97 cd	143.85±4.93 ab	25.87±0.82 efg
	2014-07-10	62.35±1.67 c	130.66±0.62 b	28.45±1.43 ef
	2014-08-10	114.22±10.22 b	96.40±1.92 c	39.82±3.33 ab
伸长期(未出土) Elongation stage (under earth)	2014-10-10	120.26±9.23 b	84.07±5.33 d	36.25±0.88 bc
伸长期(出土) Elongation stage (over ground)	2015-03-10	142.11±8.43 a	82.64±6.68 d	44.87±4.44 a
现蕾期 Squaring stage	2015-03-20	145.45±6.39 a	64.47±0.39 e	33.93±0.25 cd
开花期 Flowering stage	2015-04-20	148.82±0.45 a	58.00±0.39 e	29.34±1.14 de
蒴果发育期 Pod formation stage	2015-05-10	148.35±1.69 a	54.97±1.07 e	25.20±0.18 efg
	2015-06-10	149.80±0.14 a	54.28±0.51 e	23.86±0.67 fg

## 2.3 管花肉苕蓉全生育期松果菊苷、毛蕊花糖苷、甘露醇分析

### 2.3.1 管花肉苕蓉全生育期松果菊苷、毛蕊花糖苷、甘露醇含量变化

从表 5 可见,松果菊苷含量表现为未伸长期>伸长期>现蕾期>开花期>蒴果发育期,毛蕊花糖苷含量表现出相似的规律。甘露醇含量在全生育期

出现先升高后降低的规律,在未伸长期内达到峰值。未伸长期松果菊苷含量最高为 179.11 mg/g,蒴果发育期最低为 19.81 mg/g。未伸长期毛蕊花糖苷含量最高为 46.60 mg/g,蒴果形成期降低为 7.83 mg/g。甘露醇含量在未伸长期内由 26.59 mg/g 升高至 41.05 mg/g 后开始降低,在出土转入营养生长后迅速降低,在蒴果发育期降低至 15.57 mg/g。

表5 管花肉苁蓉全生育期有效成分含量变化

Table 5 Changes of medicinal composition contents on *C. tubusola* during the whole growth period

生育时期 Growth period	取样时间 Sampling date	松果菊苷含量/ (mg/g) Echinacein content	毛蕊花糖苷含量/ (mg/g) Verbascoside content	甘露醇含量/ (mg/g) Mannitol content
未伸长期 Pre-elongation stage	2014-03-10	179.11±11.49 a	46.60±6.86 a	26.59±0.87 ef
	2014-04-10	173.64±16.73 a	45.19±1.66 a	27.11±0.68 ef
	2014-05-10	104.11±17.68 b	37.77±2.10 b	34.73±0.27 bcd
	2014-06-10	109.08±18.83 b	37.99±1.00 b	34.05±3.54 bcd
	2014-07-10	66.22±11.13 c	15.55±1.44 c	41.05±0.58 a
	2014-08-10	41.14±4.25 cd	13.37±0.34 cd	38.99±1.54 ab
	2014-10-10	38.47±2.80 cd	13.75±0.96 cd	37.44±0.72 abc
伸长期(未出土) Elongation stage (under earth)	2015-03-10	35.78±1.43 d	12.13±2.02 cd	33.80±3.40 cd
伸长期(出土) Elongation stage (over ground)	2015-03-20	26.89±1.09 d	11.59±0.64 cd	31.21±2.79 de
现蕾期 Squaring stage	2015-04-20	23.75±0.64 d	9.65±0.51 cd	24.75±0.90 fg
开花期 Flowering stage	2015-05-10	20.79±0.68 d	7.92±0.45 d	20.09±0.66g h
蒴果发育期 Pod formation stage	2015-06-10	19.81±0.42 d	7.83±0.13 d	15.57±0.28 h

### 2.3.2 管花肉苁蓉全生育期松果菊苷、毛蕊花糖苷、甘露醇积累量变化

管花肉苁蓉松果菊苷、毛蕊花糖苷和甘露醇积累量在全生育期均表现出先升高后降低规律(表6)。三者均在管花肉苁蓉伸长期(未出土)时达到最高,此时松果菊苷、毛蕊花糖苷和甘露醇积累量分别为5.08、1.73和4.83 g/株,转入生殖生长后3种有效成分积累量开始不断降低。以上分析表明,管花肉苁蓉出土前有效成分不断累积,而出土后则迅速消耗。

### 2.4 含糖量与松果菊苷、毛蕊花糖苷、甘露醇含量的相关性

对管花肉苁蓉各物质成分的相关性分析显示(表7),可溶性糖含量与松果菊苷含量、毛蕊花糖苷含量为显著正相关,相关系数分别为0.87和0.89,达到了极显著水平。松果菊苷含量和毛蕊花糖苷含

量为显著正相关,相关系数为0.97。甘露醇含量与毛蕊花糖苷含量、松果菊苷含量为正相关,但未达到显著水平。

## 3 讨论

### 3.1 管花肉苁蓉全生育期生长发育和物质变化规律

前人研究报道表明随着管花肉苁蓉生长,松果菊苷和甘露醇含量均会表现出一定的规律性,由于研究地区、思路的不同,结论稍有不同<sup>[8-9]</sup>。本研究对营养生长阶段不同月份不同大小管花肉苁蓉进行取样,测定了苯乙醇苷、毛蕊花糖苷和甘露醇含量,结果说明在营养生长阶段管花肉苁蓉有效成分含量不受季节影响,而与管花肉苁蓉干重关系较大。松果菊苷含量、毛蕊花糖苷含量随着管花肉苁蓉质量增加而不断降低,甘露醇含量则先升高后降低。

表 6 管花肉苁蓉全生育期有效成分累积量变化

Table 6 Changes of medicinal composition accumulation on *C. tubusola* during the whole growth period

生育时期 Growth period	取样时间 (Y/M/D) Sampling date	松果菊苷累积 量/(g/株) Echinacein accumulation	毛蕊花糖苷 累积量/(g/株) Verbascoside accumulation	甘露醇累积量/ (g/株) Mannitol accumulation
未伸长期 Pre-elongation stage	2014-03-10	1.50±0.40 f	0.38±0.09 e	0.23±0.06 f
	2014-04-10	1.94±0.34 ef	0.50±0.06 de	0.30±0.02 f
	2014-05-10	2.36±0.64 def	0.83±0.12 bcd	0.76±0.10 ef
	2014-06-10	3.11±0.47 cd	1.09±0.01 b	0.99±0.12 def
	2014-07-10	3.84±0.60 bc	0.96±0.09 bc	2.74±0.09 c
	2014-08-10	4.64±0.33 ab	1.52±0.11 a	4.44±0.39 ab
	2014-10-10	4.60±0.34 ab	1.64±0.10 a	4.51±0.40 ab
伸长期(未出土) Elongation stage (under earth)	2015-03-10	5.08±0.35 a	1.73±0.30 a	4.83±0.64 a
伸长期(出土) Elongation stage (over ground)	2015-03-20	3.90±0.04 bc	1.69±0.14 a	4.56±0.52 ab
现蕾期 Squaring stage	2015-04-20	3.61±0.05 bc	1.47±0.11 a	3.76±0.06 b
开花期 Flowering stage	2015-05-10	2.42±0.07 def	0.92±0.03 bc	2.34±0.09 c
蒴果发育期 Pod formation stage	2015-06-10	1.78±0.07 ef	0.70±0.03 cde	1.40±0.06 de

表 7 管花肉苁蓉各物质成分含量的相关系数

Table 7 The correlation coefficients between material composition contents on *C. tubusola*

参数 Parameters	可溶性糖含量 Soluble sugar content	淀粉含量 Starch content	松果菊苷含量 Echinacein content	毛蕊花糖苷含量 Verbascoside content	甘露醇含量 Mannitol content
可溶性糖含量 Soluble sugar content	1.00				
淀粉含量 Starch content	-0.36	1.00			
松果菊苷含量 Echinacein content	0.87**	-0.54	1.00		
毛蕊花糖苷含量 Verbascoside content	0.89**	-0.54	0.97**	1.00	
甘露醇含量 Mannitol content	0.47	0.52	0.08	0.11	1.00

注：\*\* 表示在 P=0.01 水平上具有差异性。

Note: Data with " \*\* " are significantly different at 0.01 level.

崔旭盛等<sup>[13]</sup>研究认为肉苁蓉有效成分整体表现为营养阶段大于生殖阶段。但关于管花肉苁蓉生长发育与有效成分的研究仅限于营养生长阶段。本研究对管花肉苁蓉全生育期干重变化规律进行了研究,与杨太新等<sup>[8]</sup>对华北平原管花肉苁蓉生长发育动态研究结果一致。管花肉苁蓉全生育期单株干重的增长呈“S”型曲线,在未伸长期后期达到最大值。有效成分累积量的研究表明3种成分均在营养生长阶段不断累积,转入生殖生长后大量消耗。有效成分含量则表现出不同,松果菊苷和毛蕊花糖苷伴随管花肉苁蓉生长发育进程,其含量不断降低,甘露醇含量则先升高后降低。

### 3.2 可溶性糖含量和有效成分关系分析

肉苁蓉属植物的化学成分分离和结构研究始于20世纪80年代<sup>[14]</sup>,苯乙醇苷类物质被论证可以保护由化学药品或年龄导致的神经细胞损伤<sup>[15]</sup>。《中国药典》中规定了肉苁蓉和管花肉苁蓉的主要药用成分为松果菊苷和毛蕊花糖苷。大量的研究文献表明管花肉苁蓉苯乙醇苷类物质具有补肾阳、益精血的功效<sup>[16]</sup>,甘露醇等寡糖物质具有润肠通便的功效<sup>[17]</sup>。两类物质分别为苷类和寡糖类,均为糖类及其衍生物。本研究发现松果菊苷含量和毛蕊花糖苷含量与可溶性糖含量表现出极显著的正相关。结果表明糖类尤其可溶性糖和管花肉苁蓉的有效成分合成与分解有着紧密关系。

### 参考文献 References

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 2005版. 北京:中国医药科技出版社,2010:126  
Chinese Pharmacopoeia Commission. *Chinese Pharmacopoeia* (Volume I)[M]. 2005 Edition. Beijing:China Medical Science Press 2010 (in Chinese)

[2] 蔡鸿,鲍忠,姜勇,王新意,樊兴土,艾尔肯·买提肉孜,屠鹏飞. 不同产地管花肉苁蓉中有效成分的定量分析[J]. 中草药, 2007,38(3):452-455  
Cai H, Bao Z, Jiang Y, Wang X Y, Fan X T, Aierken Maitrouzi, Tu P F. Qualification of active constituents in *Cistanche tubulosa* from various habitats [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs* 2007, 38 (3): 452-455 (in Chinese)

[3] 熊元君,李勇,贾晓光,赵泳波,仇丽强. 不同产地管花肉苁蓉苯乙醇苷类成分 HPLC 指纹图谱研究[J]. 中成药,2009,31(11): 1644-1647  
Xiong Y J, Li Y, Jia X G, Zhao Y B, Chou L Q. Fingerprints of active principles in *cistanche tubulosa* from different regions

[J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2009, 31(11): 1644-1647 (in Chinese)

[4] 杨太新,杜艳华,刘金娜,明鹤,高钦. 管花肉苁蓉不同生长时间和部位的有效成分含量分析[J]. 时珍国医国药,2014,28(5): 1191-1193  
Yang T X, Du Y H, Liu J N, Ming H, Gao Q. Determination on active ingredient content of *Cistanche tubulosa* in different growth period and different parts[J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2014, 28 (5): 1191-1193 (in Chinese)

[5] 杜友,郭玉海,崔旭盛,陈晓丽,翟志席. 鲜肉苁蓉气体射流冲击干燥工艺[J]. 农业工程学报,2010,26(S1):334-337  
Du Y, Guo Y H, Cui X S, Chen X L, Zhai Z X. Technology of air-impingement drying for fresh *cistanche*[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, 26 (S1): 334-337 (in Chinese)

[6] 蔡鸿,鲍忠,姜勇,王新意,樊兴土,艾尔肯·买提肉孜,屠鹏飞. 鲜管花肉苁蓉加工工艺[J]. 中国中药杂志,2007,32(13): 1289-1291  
Cai H, Bao Z, Jiang Y, Wang X Y, Fan X T, Aierken Maitrouzi, Tu P F. Study on processing method of *Cistanche tubulosa* [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2007, 32(13): 1289-1291 (in Chinese)

[7] 刘国库,屠鹏飞,杨太新,高钦. 管花肉苁蓉的生物学研究进展[J]. 中国现代中药,2015,17(4):399-405  
Liu G K, Tu P F, Yang T X, Gao Q. Processing in biology research of *Cistanche tubulosa* (Schenk) R Wight [J]. *Modern Chinese Medicine*, 2015, 17(4): 399-405 (in Chinese)

[8] 杨太新,卢月霞,郭玉海,翟志席,王树安,鲁来清,于国建. 华北平原管花肉苁蓉干物质积累和松果菊苷含量动态变化研究[J]. 中国中药杂志,2006,41(16):1317-1320  
Yang T X, Lu Y X, Guo Y H, Zhai Z X, Wang S A, Lu L Q, Yu G J. Studied of dry matter accumulation and echinacoside content of *Cistanche tubulosa* in Huabei plain [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica* 2006, 41(16): 1317-1320 (in Chinese)

[9] 王长林,屠鹏飞,郭玉海,雷丽,王树安. 人工栽培管花肉苁蓉的化学成分分析[J]. 中草药,2004,35(6):676-679  
Wang C L, Tu P F, Guo Y H, Lei L, Wang S A. Chemical constituents in artificial cultivated *Cistanche tubulosa* [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2004, 35(6): 676-679 (in Chinese)

[10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 2010版. 北京:中国医药科技出版社,2010:126  
Chinese Pharmacopoeia Commission. *Chinese Pharmacopoeia* (Volume I)[M]. 2010 Edition. Beijing:China Medical Science Press,2010 (in Chinese)

[11] 林慧,颜春荣,徐春祥,蔡晶,王多娇. HPLC-ELSD法同时测定食品中的10种糖和糖醇[J]. 食品科学,2013,34(12):286-291  
Lin H, Yan C R, Xu C X, Cai J, Wang D J. Simultaneous determination by HPLC-ELSD of ten kinds of sugars and sugar

- alcohols in foods[J]. *Food Science*, 2013, 34(12): 286-291 (in Chinese)
- [12] 蔡永萍. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农大出版社, 2014  
Cai Y P. *Plant Physiology Experiment Instruction* [M].  
Beijing :China Agriculture university Press, 2014 (in Chinese)
- [13] 崔旭盛, 杜友, 翟志席, 郭玉海. 肉苁蓉全生育期物质成分动态  
变化研究[J]. 中国药学杂志, 2011, 46(12): 896-899  
Cui X S, Du Y, Zhai Z X, Guo Y H. Research on dynamic  
changes of material composition and effective ingredients  
during the whole growth period of *Cistanche deserticola* [J].  
*Chinese Pharmaceutical Journal*, 2011, 46 (12): 896-899 (in  
Chinese)
- [14] 雷丽, 宋志宏, 屠鹏飞. 肉苁蓉属植物的化学成分研究进展[J].  
中草药, 2003, 34(5): 473-476  
Lei L, Song Z H, Tu P F. Advances in research of chemical  
constituents in plants of *Cistanche Hoffing* et Link [J].  
*Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2003, 34(5): 473-476  
(in Chinese)
- [15] Jin G C, Moon M, Jeong H U, Min C. K, Sun Y. K, Oh M S.  
*Cistanches herba* enhances learning and memory by inducing  
nerve growth factor[J]. *Behavioural Brain Research*, 2011,  
216(2): 652-658
- [16] Xiong Q, Kadota S., Tani T, Namba T. Antioxidative effects of  
phenylethanoids from *Cistanche deserticola* [J]. *Biological and  
Pharmaceutical Bulletin*, 1996, 19(12): 1580-1585
- [17] 高云佳, 姜勇, 戴昉, 韩志玲, 刘海月, 鲍忠, 张彤梅, 屠鹏飞. 肉  
苁蓉润肠通便的药效物质研究[J]. 中国现代中药, 2015, 17  
(4): 307-310  
Gao Y J, Jiang Y, Dai F, Han Z L, Liu H Y, Bao Z, Zhang T M.  
Tu P F. Study on laxative constituents in *Cistanche deserticola*  
Y C Ma [J]. *Modern Chinese Medicine*, 2015, 17 (4): 307-310  
(in Chinese)

责任编辑：吕晓梅