

文章编号:1001-6880(2014)Suppl-0075-08

不同生境对蒲公英体内三种黄酮含量的影响

秦艳艳¹,尚世辉¹,胡佳¹,白洁¹,杨飞芸²,王瑞刚^{1*}¹内蒙古农业大学生命科学学院; ²内蒙古农业大学 食品科学与工程学院,呼和浩特 010018

摘要:本试验建立蒲公英中三种黄酮类物质含量的HPLC测定方法,探讨旱生、湿生两种不同生境对蒲公英体内黄酮含量的影响。采用Inertsil ODS-SP色谱柱($150\text{ mm} \times 4.6\text{ mm}, 5\text{ }\mu\text{m}$),柱温为 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,流速为 1.0 mL/min ,进样量为 $10\text{ }\mu\text{L}$,等度洗脱。发现旱生全草芦丁、木犀草素、槲皮素3种黄酮类含量均显著高于湿生全草。旱生叶、花的芦丁含量显著高于湿生叶和花,旱生花的木犀草素含量显著高于湿生,其它各器官间差异不显著;而除花萼外,旱生各器官槲皮素的含量均显著高于湿生。同在旱生、湿生生境下,芦丁含量均以叶中最高,而木犀草素及槲皮素则以花中含量最高。

关键词:蒙古蒲公英;高效液相色谱法;黄酮类;旱生;湿生

中图分类号:Q81

文献标识码:A

Determination of Three Flavonoids of *Taraxacum Mongolicum* from Different Habitats

QIN Yan-yan¹, SHANG Shi-hui¹, HU Jia¹, BAI Jie¹, YANG Fei-yun², WANG Rui-gang^{1*}¹College of Life Science, Inner Mongolia Agricultural University;²College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China

Abstract: The research established a method to detect the content of 3 of flavonoids of *Taraxacum mongolicum*. Furthermore, discussed the effect of different habitats on the flavonoids content in *T. mongolicum*. The separation was performed on Inertsil ODS-SP column ($150\text{ mm} \times 4.6\text{ mm}, 5\text{ }\mu\text{m}$). The column temperature was $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. The flow rate was 1.0 mL/min . The injection volume was $10\text{ }\mu\text{L}$. Isocratic elution. The content of three kinds of flavonoids (rutin, luteolin and quercetin) of the whole plant of *T. mongolicum* in the xeric environment were higher than the wet. In two habitats, rutin content of leaves and flowers of xeric was higher than the wet, and luteolin content of flowers of xeric was more than the wet, but there is no significant differences among other organs. Quercetin content of different xeric organs, except the scape, was higher compare to the wet one. In the same habitats, the rutin content of leaves was the most among different organs, but the content of luteolin and quercetin of flowers were higher than others.

Key words: *Taraxacum mongolicum*; HPLC; Flavonoids; Xeric cultivation; Wet cultivation

蒲公英(*Herba Taraxaci*)为菊科(Asteraceae)舌状花亚科蒲公英属植物,在我国自然资源丰富^[1],生态适应性强,分布广泛,尤以蒙古蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand-Mazz)(简称蒲公英)为主要分布种^[2,3]。蒲公英集药用与食用于一身,具有清热解毒、消肿散结和利尿通淋的功效,是临床应用重要的中草药之一^[4],主要用于乳痈、瘰疬、疔疮肿毒、咽痛、肺痈、肠痈、目赤、湿热黄疸和热淋涩痛等症^[5,6]。药理试验证明,蒲公英具有广谱抗菌、保肝利胆、抗内毒素、健胃和免疫促进作用^[7-10]。近年来,人们在蒲公英植物种类、化学成分、药理作用、临

床应用和开发利用等方面作了大量研究,取得了很大成就^[11]。然而,关于不同生境蒲公英功能性成分和营养成分含量影响的研究却少有报道,但是受环境因素影响,蒲公英活性成分的积累和分布势必存在差异。探讨环境因子对蒲公英中活性成分的影响及其相关联系,有助于确定蒲公英积累有效成分的最佳生长环境,从而为蒲公英的开发利用提供基础数据和理论依据。因此,本文利用高效液相色谱法(High Performance Liquid Chromatography, HPLC),以蒙古蒲公英为试验材料,选择旱生和湿生两个典型生境,分器官测定和比较蒲公英全草、叶、花、花萼及根中的三种黄酮类物质的含量,探讨蒲公英体内黄酮类物质积累的生境效应机制。

1 材料与方法

1.1 主要仪器设备

岛津 LC-20A 高效液相色谱仪; LCsolution 色谱工作站、LC-20AD 泵(A、B 泵)、在线脱气机、CTO-10AS 柱温箱、SPD-20A 紫外检测器, KQ5200DE 型数控超声波清洗器, 循环水式多用真空泵, 离心机, Sartorius 电子天平(CP124s), 电热恒温干燥箱, Sartorius 超纯水仪, 粉碎机。

1.2 主要试剂

芦丁标样、木犀草素标样、槲皮素标样(贵州迪

大科技有限责任公司), 甲醇、乙腈为色谱纯, 其它试剂均为分析纯, 水为超纯水。

1.3 试验材料

试验以蒙古蒲公英(*T. mongolicum*)为试验材料, 采样地点选择呼和浩特市半干旱草原区(土壤相对干旱)和凉城县常年流水的河边(土壤相对湿润)。

1.4 试验方法

1.4.1 样品前处理方法

通过试验对各物质超声提取条件进行优化, 确定三种黄酮类物质的最佳提取条件, 如表 1 所示。

表 1 黄酮类物质超声波提取条件

Table 1 Ultrasonic extraction conditions of flavonoids

物料比 Ratio of sample and solvent	样品 Samplpe (g)	提取溶剂 Extract solvent	水浴温度 Water bath temperature (℃)	水浴时间 Water bath time (min)	提取温度 Extraction temperature (℃)	提取时间 Extraction time (min)	超声波功率 Ultrasonic wave power (%)
芦丁 Rutin	1:30	0.5	60% 甲醇	50	15	50	30
木犀草素 Luteolin	1:30	0.5	60% 甲醇	常温	过夜	50	30
槲皮素 Quercetin	1:20	0.5	60% 甲醇	-	-	50	30

1.4.2 HPLC 色谱条件

建立 HPLC 法测定蒲公英全草及各器官中芦

丁、木犀草素、槲皮素三种黄酮类物质的含量, 各物质色谱条件如表 2。

表 2 黄酮类物质 HPLC 色谱条件

Table 2 HPLC chromatographic conditions of flavonoids

	色谱柱 Chromatographic column	流动相 Mobile phase	检测波长 Determine wavelength (nm)	柱温 Temperature (℃)	流速 Flow rate (mL/min)	进样量 Sample size (μL)
芦丁 Rutin	Inertsil ODS-SP 色谱柱 (150 mm × 4.6,5 μm)	0.2% 磷酸水溶液-乙腈 (65:35)	360	30	1.0	10
木犀草素 Luteolin	Inertsil ODS-SP 色谱柱 (150 mm × 4.6,5 μm)	0.4% 磷酸水溶液-乙腈 (74:26)	350	30	1.0	10
槲皮素 Quercetin	Inertsil ODS-SP 色谱柱 (150 mm × 4.6,5 μm)	0.4% 磷酸水溶液-甲醇 (42:58)	360	30	1.0	10

1.5 数据统计分析方法

本文采用 Excel2007 和 PASW Statistics 18 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 中的单因素(One way ANOVA)方差分析的方法完成数据统计分析, 使用 Excel2007 作图。

2 结果与分析

2.1 方法学考察

2.1.1 线性关系考察

分别称取芦丁、木犀草素、槲皮素标样 6.1、

5.1、7.8 mg 置于 10 mL 容量瓶中, 加甲醇溶解定容, 配制成浓度分别为 0.61、0.51、0.78 mg/mL 的芦丁、木犀草素、槲皮素标准溶液。再分别将其稀释成不同系列浓度, 按色谱条件分析, 测定各组分的峰面积。

以浓度为横坐标, 峰面积为纵坐标计算回归方程: 芦丁回归方程为 $Y = 7.237945e-005X + 6.326078$, $r = 0.9995584$, 在 30.00 ~ 488.00 μg/mL 范围内线性关系良好; 木犀草素的回归方程为 $Y = 42026.85X + 11090.59$, $r = 0.99988.73$, 在 25.50 ~ 408.00 μg/

mL 范围内线性关系良好;槲皮素回归方程为 $Y = 2.776413e-005X + 15.31359$, $r = 0.9998856$, 在 92.00 ~ 460.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 范围内线性关系良好。

2.1.2 精密度试验

分别精密吸取芦丁、木犀草素、槲皮素标准溶液 10 μL 进样, 每个组分重复进样 5 次, 其峰面积的 RSD 值分别为 0.96%、1.67%、0.94%, 表明仪器的精密度良好。

2.1.3 重复性试验

取同一生境下蒲公英全草, 分别按芦丁、木犀草素、槲皮素样品前处理方法制备供试品各 5 份, 分别进样。测得芦丁、木犀草素、槲皮素峰面积的 RSD 值分别为 1.68%、2.58%、0.59%, 说明该方法重复性良好。

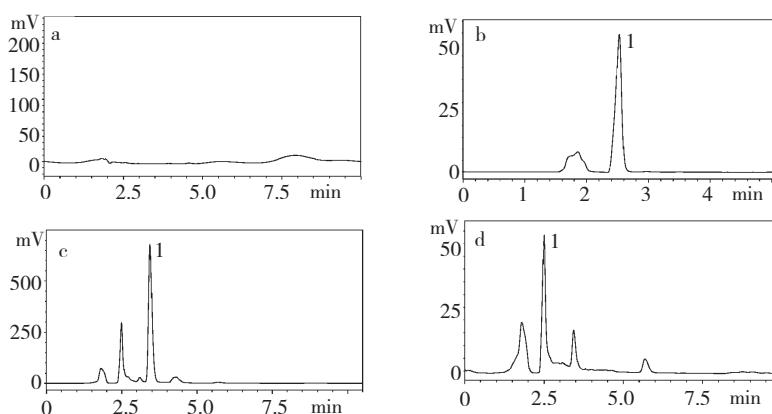
2.1.4 加样回收率试验

分别将已知芦丁、木犀草素、槲皮素含量的样品与各组分标准样品混合, 各 5 份进行测定。计算芦

表 3 黄酮类物质加样回收率试验

Table 3 Recovery experiment of flavonoids

组分	样品含量 Sample ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	加入量 Addition ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	测得量 Quantities measured ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	回收率 Recovery (%)	平均值 Average	RSD (%)
芦丁 Rutin	101.69	15.00	119.22	102.15		
	101.69	30.50	130.80	98.94		
	101.69	91.50	193.98	100.41	99.06	5.13
	101.69	183.00	295.64	103.83		
	101.69	244.00	311.044	89.98		
木犀草素 Luteolin	4.27	25.50	30.13	100.53		
	4.27	25.50	29.31	97.78		
	4.27	25.50	29.15	97.26	98.63	1.20
	4.27	25.50	29.56	98.63		
	4.27	25.50	29.66	98.97		
槲皮素 Quercetin	11.43	117.00	121.172	94.35		
	11.43	117.00	127.577	99.34		
	11.43	117.00	126.503	98.50	100.59	4.46
	11.43	117.00	135.177	105.25		
	11.43	117.00	135.507	105.50		



a: 阴性标样;b: 芦丁标样;c: 旱生全草供试品;d: 湿生全草供试品;1: 芦丁
a: Negative Control;b: Rutin reference;c: Xerophytic whole plant;d: Wetland whole plant;1: Rutin

图 1 蒲公英全草芦丁 HPLC 色谱图

Fig. 1 Chromatogram of rutin of the whole plant

丁回收率为 99.06%, 木犀草素的回收率为 98.63%, 槲皮素回收率为 100.59%。结果见表 3。

综上所述: 芦丁、木犀草素、槲皮素的 HPLC 方法精密度、重复性、加样回收率试验结果同样符合要求, 证明 HPLC 试验方法精确可靠。

2.2 芦丁含量

2.2.1 旱生、湿生蒲公英全草芦丁含量的测定

由芦丁 HPLC 色谱图(图 1)可以看出, 阴性对照无峰出现, 对样品无干扰, 芦丁标准溶液出峰时间为 2.46 min, 且与杂峰分离效果较好。以外标法定量计算芦丁浓度($\mu\text{g}/\text{mL}$), 再根据样品称样量、提取溶剂体积、进样量计算两种生境蒲公英全草中芦丁的含量($\mu\text{g}/\text{g}$), 并通过方差分析比较其含量差异, 结果如图 2 所示。

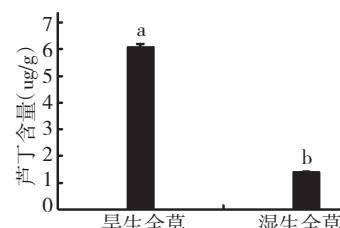
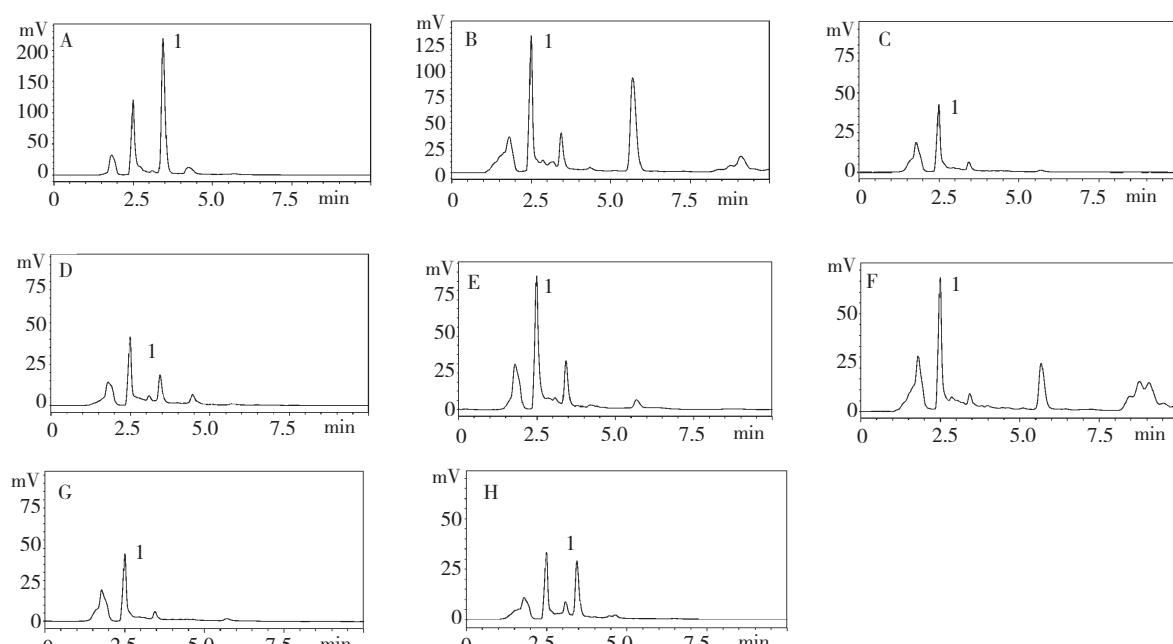


图 2 蒲公英全草芦丁含量

Fig. 2 Rutin content of the whole plant of *T. mongolicum*

旱生全草芦丁含量显著高于湿生全草($P < 0.05$), 旱生全草芦丁含量可达 $6101.55 \mu\text{g}/\text{g}$, 是湿生全草的 4.31 倍。说明不同生境土壤水分条件是影响芦丁含量的主要生态因子。

2.2.2 旱生、湿生蒲公英各器官芦丁含量的测定



A: 旱生叶供试品; B: 旱生花供试品; C: 旱生花葶供试品; D: 旱生根供试品; E: 湿生叶供试品; F: 湿生花供试品; G: 湿生花葶供试品; H: 湿生根供试品

A: Xerophytic leaf; B: Xerophytic flower; C: Xerophytic scape; D: Xerophytic root; E: Wetland leaf; F: Wetland flower; G: Wetland scape; H: Wetland root

图 3 蒲公英各器官芦丁 HPLC 色谱图

Fig. 3 Chromatogram of rutin of different organs

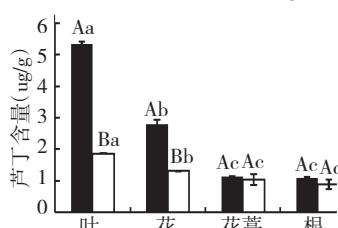
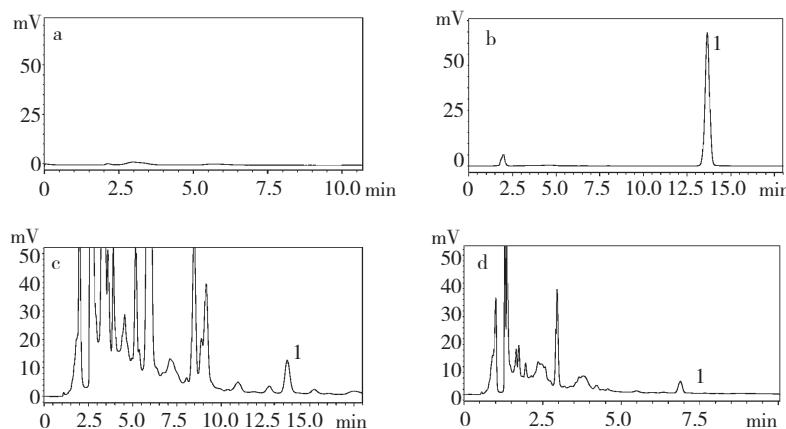


图 4 蒲公英各器官芦丁含量

Fig. 4 Rutin content of different organs

从各器官芦丁 HPLC 色谱图可以看出: 各样品在 2.46 min 左右均有目标峰出现, 且与杂峰分离效果较好。

对两种生境蒲公英各器官芦丁含量分析结果显示: 旱生叶、花芦丁含量显著高于湿生叶、花芦丁含量(图 4)($P < 0.05$), 而两种生境下蒲公英花葶和根的芦丁含量无显著差异($P \geq 0.05$), 说明蒲公英



a:阴性标样;b:木犀草素标样;c:旱生全草供试品;d:湿生全草供试品;1:木犀草素
a:Negative Control;b:Luteolin reference;c:Xerophytic whole plant;d:Wetland whole plant;1:Luteolin

图 5 蒲公英全草木犀草素 HPLC 色谱图

Fig. 5 Chromatogram of luteolin of the whole plant

叶片与花的芦丁含量最易受水分条件的影响。在同一生境下,无论湿生还是旱生,芦丁在各器官含量均呈现叶>花>花葶>根,除花葶与根之间芦丁含量无显著差异外,各器官间均有显著差异($P < 0.05$),而这一差异在旱生生境下尤为明显。

2.3 木犀草素含量

2.3.1 旱生、湿生蒲公英全草木犀草素含量的测定

如图 5 所示:样品提取溶剂对试验无干扰(图 5a),木犀草素标准溶液在 13.63 min 有目标峰出现,

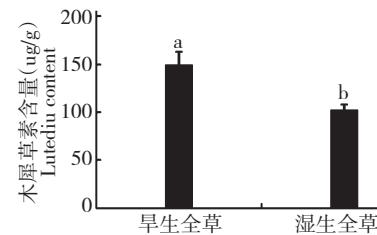
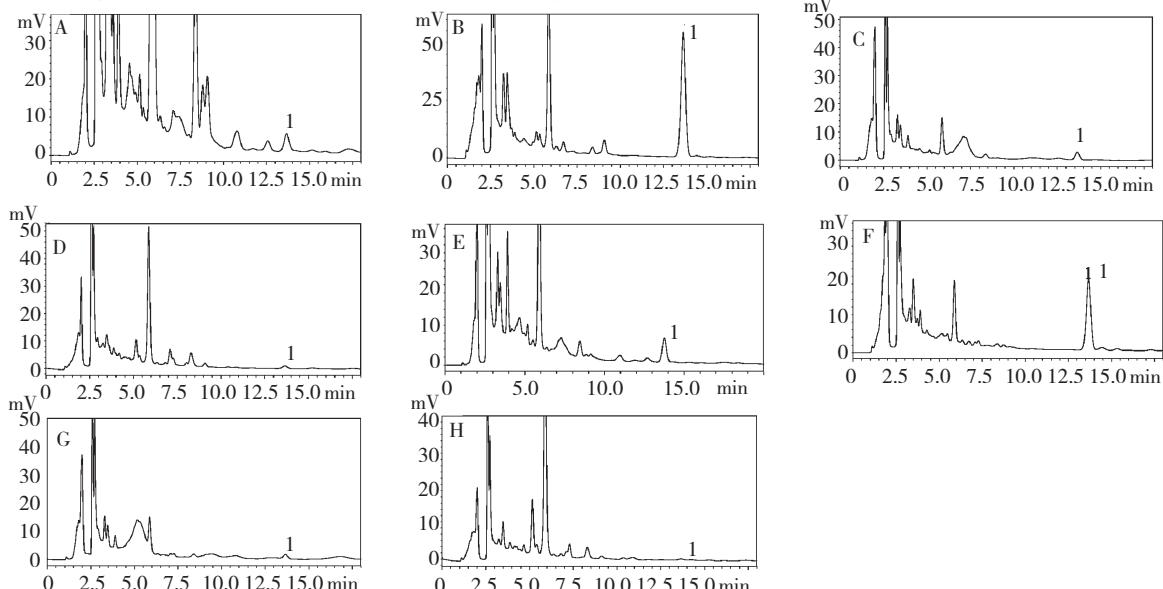


图 6 蒲公英全草木犀草素含量

Fig. 6 Luteolin content of the whole part of *T. mongolicum*



A:旱生叶供试品;B:旱生花供试品;C:旱生花葶供试品;D:旱生根供试品;E:湿生叶供试品;F:湿生花供试品;G:湿生花葶供试品;H:湿生根供试品

A: Xerophytic leaf; B: Xerophytic flower; C: Xerophytic scape; D: Xerophytic root; E: Wetland leaf; F: Wetland flower; G: Wetland scape; H: Wetland root

图 7 蒲公英各器官木犀草素 HPLC 色谱图

Fig. 7 Chromatogram of luteolin of different organs

样品与其有相同的目标峰。计算样品中木犀草素含量，并通过方差分析其差异。

如图 6 显示：旱生全草木犀草素含量显著高于湿生全草 ($P < 0.05$)。旱生全草木犀草素含量达 $149.67 \mu\text{g/g}$, 湿生全草木犀草素含量达 $102.50 \mu\text{g/g}$, 结果说明生长环境影响了蒲公英木犀草素的形成。

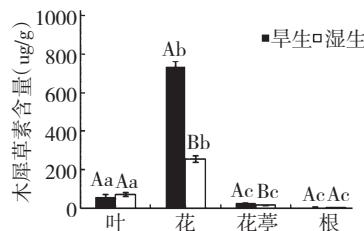
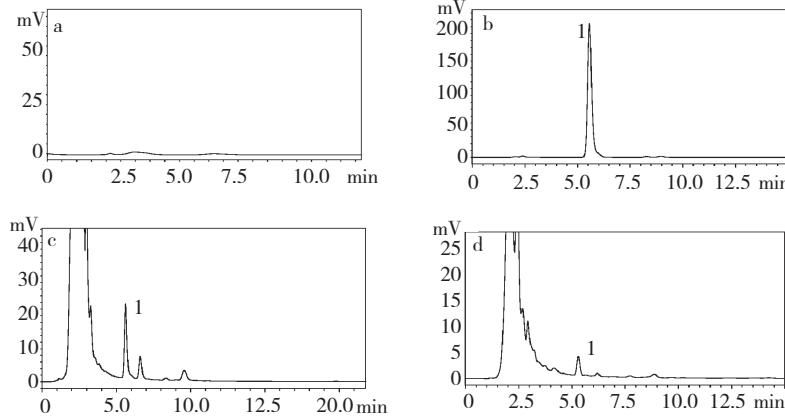


图 8 蒲公英各器官木犀草素含量

Fig. 8 Luteolin content of different organs



a: 阴性对照; b: 槲皮素标准品; c: 旱生全草供试品; d: 湿生全草供试品; 1: 槲皮素

a: Negative Control; b: Quercetin reference; c: Xerophytic whole plant; d: Wetland whole plant; 1: Quercetin

图 9 蒲公英全草槲皮素 HPLC 色谱图

Fig. 9 Chromatogram of quercetin of the whole plant

如图 9 所示，阴性对照无吸收峰，对样品无干扰，槲皮素标准溶液的保留时间为 5.635 min ，而样品中各色谱峰达到基线分离，峰型较好。

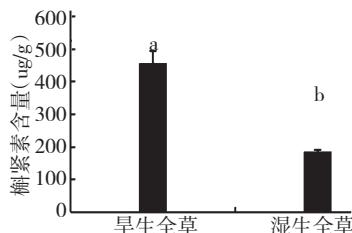


图 10 蒲公英全草槲皮素含量

Fig. 10 Quercetin content of the whole plant of *T. mongolicum*

槲皮素是一种天然的生长素极性运输抑制剂。方差分析结果显示(图 10): 旱生全草的槲皮素含量

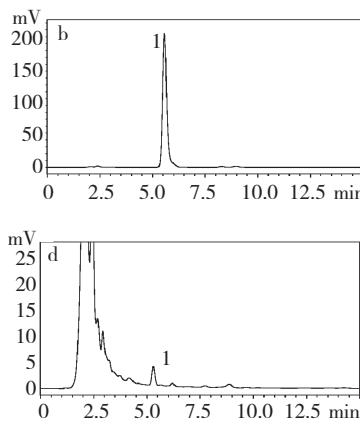
2.3.2 旱生、湿生蒲公英各器官木犀草素含量的测定

如图 7 所示，蒲公英各器官木犀草素 HPLC 色谱图基线稳定，且与木犀草素标样色谱图对比，各样品均有目标峰出现，分离度良好。

方差分析结果显示(图 8): 两种生境下除旱生花的木犀草素含量显著高于湿生花 ($P < 0.05$)，其它各器官差异不大。而同一生境下，各器官之间均以花中木犀草素含量最高，旱生花、湿生花分别占所有器官木犀草素总量的 $89.09\%、73.39\%$ ，根中木犀草素含量最低。结果说明生长环境影响了木犀草素在各器官中的积累。

2.4 槲皮素含量

2.4.1 旱生、湿生蒲公英全草槲皮素含量的测定



显著高于湿生全草 ($P < 0.05$)，数据分析显示，旱生全草槲皮素含量为 $457.22 \mu\text{g/g}$ ，是湿生全草的 2.47 倍。说明在较为干旱的生境中，蒲公英促进槲皮素生成来抑制自身生长，以达到减少水分的流失的目的。

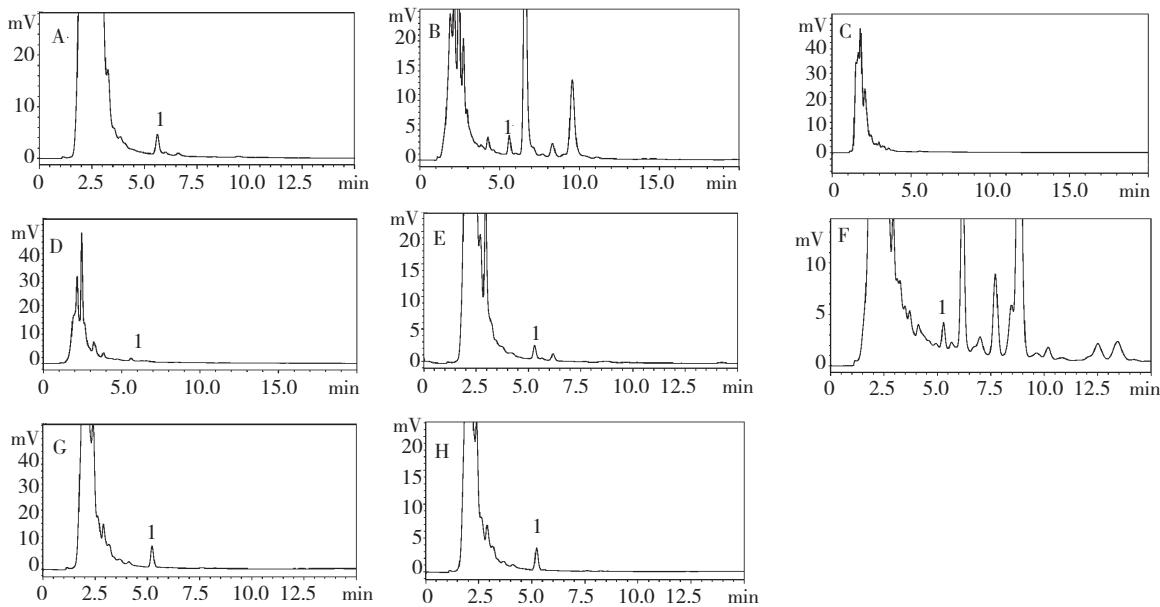
2.4.2 旱生、湿生蒲公英各器官槲皮素含量的测定

如图 11 所示：各样品在 5.635 min 左右均出现共有峰，外标法定量计算槲皮素浓度，并对样品槲皮素含量进行方差分析，结果如图 12 所示。

两种生境下，除花萼间槲皮素含量无显著差异外，其它旱生器官槲皮素含量均显著高于湿生相应各器官(图 12) ($P < 0.05$)，旱生叶、花、根槲皮素含量分别是湿生相应器官的 $1.82、1.88$ 与 1.73 倍。对于旱生生境不同器官而言，槲皮素含量为花 > 叶

>根>花萼,且各器官之间均有显著差异($P < 0.05$)。而湿生环境各器官槲皮素含量差异不大,

说明旱生环境有利于槲皮素在叶、花、根等器官中的积累。



A:旱生叶供试品;B:旱生花供试品;C:旱生花萼供试品;D:旱生根供试品;E:湿生叶供试品;F:湿生花供试品;G:湿生花萼供试品;H:湿生根供试品

A:Xerophytic leaf;B:Xerophytic flower;C:Xerophytic scape;D:Xerophytic root;E:Wetland leaf;F:Wetland flower;G:Wetland scape;H:Wetland root

图 11 蒲公英各器官槲皮素 HPLC 色谱图

Fig. 11 Chromatogram of quercetin of different organs

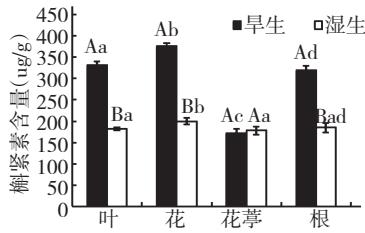


图 12 蒲公英各器官槲皮素含量

Fig. 12 Quercetin content of different organs

综上所述,旱生全草芦丁、木犀草素、槲皮素等3种黄酮类含量均显著高于湿生全草。而在不同生境下,旱生叶、花芦丁含量显著高于湿生叶和花,分别相差近2.86与2.13倍。这说明不同生境蒲公英全草中黄酮类物质含量的显著性差异是由叶和花决定的,还说明不同生长环境对蒲公英中黄酮类物质的形成有很大的影响。

同在旱生环境下,以旱生叶中芦丁含量最高,花次之,而木犀草素、槲皮素则均在旱生花中含量最高,叶次之。同在湿生环境下,各器官中槲皮素含量差异不显著,芦丁与木犀草素在湿生叶、花中含量较

高。这说明旱生环境更有利蒲公英中黄酮类物质的形成,同时促进其在地上部位的积累。

3 讨论

本试验通过对不同生境蒲公英全草及其各器官中黄酮类物质含量的测定和比较,发现生长环境同样影响着蒲公英中黄酮类物质的形成和在各器官中的分布。旱生环境蒲公英中黄酮类物质含量显著高于湿生蒲公英,已有研究^[12,13]证明黄酮类物质是通过乙酸-乙二酸途径合成的,较高的可溶性糖含量可保证类黄酮的合成。而蒲公英为适应干旱逆境,降低水分蒸发,体内会产生较多的可溶性糖,为黄酮类物质的产生创造了有利条件;另外黄酮具有类SOD的作用,可以清除逆境中产生的过多的活性氧^[14],因此干旱逆境可能更有利于黄酮类物质的形成,旱生蒲公英各器官黄酮类物质含量同样高于湿生各器官,也证明了这一结论。

试验还发现蒲公英中黄酮类物质主要分布在地上部位,其中芦丁在蒲公英叶中的积累量最高,而木犀草素、槲皮素主要积累在蒲公英花中。已有研究

发现植物的叶和花与其它器官相比能获得更为充足的阳光,生理代谢活动要高于其它器官,从而使次生代谢产物的积累量高于其它部位^[15,16]。

参考文献

- 1 Meng ZY(孟志云), Xu SX(徐绥绪), Shen JP(沈建平). Studies on traditional chinese medicine *Taraxacum mongolicum* Hand-Mazz. *Spec J Pharm People's Mil Surg* (人民军医药学专刊), 1997, 13(2): 83-87.
- 2 Yuan CQ(袁昌齐). Species identification of dandelion. *Chinese Wilde Plant Resources* (中国野生植物资源), 2001, 20(3): 6-17.
- 3 Gong ZN(龚祝南), Zhang WM(张卫明), Liu CH(刘常宏), et al. Plant resources of *Taraxacum* in China. *Chinese Wilde Plant Resources* (中国野生植物资源), 2001, 20(3): 9-14.
- 4 Wu YL(吴艳玲), Piao HS(朴惠善). Progress in pharmacological research of dandelion. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2004, 15: 519-520.
- 5 Wu XC(吴晓春), Du SL(杜胜利), Chen HS(陈海生). Research and application of dandelion. *The J Pharm Practice* (天然药物化学), 2002, 20(4): 246-248.
- 6 Ma YQ(马毓泉). Flora of Inner Mongolia (内蒙古植物志). Inner Mongolia: Inner-Mongol People Publishing House, 1993, 537-582.
- 7 Yarnell E, Abascal K. Dandelion (*Taraxacum officinal* and *T. mongolicum*). *Integrative Medicine*, 2009, 8(2): 35-38.
- 8 Schutz K, Carle R, Schieber A. *Taraxacum*-a review on its phytochemical and pharmacological profile. *Journal of Eth-*
- 9 Chen JY(陈景耀), Gong ZN(龚祝南), Zai XM(宰学明), et al. Determination of antioxidative activation and distillation of total flavonoid, rutin and quercetin in *Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz. *Chin Wilde Plant Res* (中国野生植物资源), 2001, 20(3): 22-23.
- 10 Yi SR(易思荣), Huang Y(黄娅). Studies on *Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2002, Vol. 13, 108-111.
- 11 Williams C, Goldstone F, Greenham J. Flavonoids, cinnamic acids and coumarins from the different tissues and medicinal preparation of *Taraxacum officinal*. *Phytochemistry*, 1996, 42: 121-123.
- 12 Tao SH(陶曙红), Wu FE(吴凤锷). Effect of ecological environment on active constituents of medicinal plants. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2003, 15: 174-176.
- 13 Crawford R, Braendle R. Oxygen deprivation stress in a changing environment. *Jour Exp Bot*, 1996, 47: 145-159.
- 14 Lu CM(陆长梅), Rui HY(芮海云), Zhang WM(张卫明), et al. Studies on the anti-oxidant ingredients in *Taraxacum mongolicum* Hand Mazz. *Chin Wilde Plant Res* (中国野生植物资源), 2002, 20(3): 18-19.
- 15 Pan RZ(潘瑞炽). Plant physiology(植物生理学). Beijing: Higher Education Press, 1996.
- 16 Xiong HX(熊厚溪), Zhou T(周涛), Liu GH(刘光海), et al. Effect of different habitats on the content of photosynthetic pigments and secondary metabolites of *epimedium acuminatum*. *Chinese J Experimental Tradit Med Fourn* (中国实验方剂学杂志), 2013, 19: 317-321.

(上接第 113 页)

- 7 Wang RL(王若兰), Tian ZQ(田志琴), Kong XG(孔祥刚), et al. Purification process of polyphenol compound from foxtail millet by macroporous resins. *J Chin Cereals Oils Assoc* (中国粮油学报), 2011, 26(10): 35-39.
- 8 Wang HB(王华斌), Wang S(王珊), Fu L(傅力) et al. Study on technology of extracting polyphenol from pomegranate peel by enzymic treatment. *J Chin Institute Food Sci Technol* (中国食品学报), 2012, 12(6): 56-65.
- 9 Chen XJ(陈晓娟), Zhou CS(周春山). Semi-bionic extraction and enzymic treatment for extraction of chlorogenic acid and flavonoid in *Eucommia ulmoides* olive. *Fine Chem* (精细化工), 2006, 23(3): 257-260.

- 10 Wang RL(王若兰), Tian ZQ(田志琴), You H(游慧), et al. On ultrasound-assisted extraction technology for polyphenol from foxtail millet. *Cereal Feed Industry* (粮食与饲料工业), 2011, (2): 37-41.
- 11 Li Y(李勇), Kong LQ(孔令青), Gao H(高洪), et al. Progress on free radical and diseases. *Progress Veterinary Med* (动物医学进展), 2008, 29(4): 85-88.
- 12 Wolfe K, Wu X, Liu RH. Antioxidant activity of apple peels. *J Agri Food Chem*, 2003, 51: 609-614.
- 13 Brandwilliams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol LWT*, 1995, 28: 25-30.