

西洋参有效成分与气候生态因子的关系

吴庆生¹, 朱仁斌¹, 宛志沪², 丁亚平³

(1. 同济大学化学系, 上海 200092; 2. 安徽农业大学农业气象研究室, 合肥 230036; 3. 上海大学化学系, 上海 200436)

摘要 通过回归分析、灰色关联分析等方法系统地分析了气候生态因子对西洋参有效成分含量的影响, 结果表明: 温度和日照是影响西洋参总皂甙含量的主要气候因子, 其总皂甙的含量与总氨基酸的含量呈显著负相关, 故气候因子对二者的作用方向相反; 影响西洋参醚浸出物、醇浸出物以及水溶性浸出物含量的主要气候因子均为气温日较差和日照时。

关键词 西洋参; 有效成分; 气候因子; 灰色关联

The Correlation Between Effective Components of American Ginseng and Climatic Factors

WU Qing-Sheng¹, ZHU Ren-Bin¹, WAN Zhi-Hu², DING Ya-Ping³ (1. Department of Chemistry, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Lab. of Agricultural Meteorology Research, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 3. Department of Chemistry, Shanghai University, Shanghai 200436, China). *Acta Ecologica Sinica* 2002, 22(5): 779~782.

Abstract The correlation between effective components of American ginseng and climatic factors were analyzed by using regression analysis and grey correlation analysis. Results show that air temperature and sunshine are main factors influencing the content of total saponin in American ginseng cultivated in China. In addition, the content of amino acid is negatively correlative with that of total saponin significantly and climatic factors have inverse effects on them. Daily range of temperature and sunshine duration are main factors influencing the content of ether-soluble, alcohol-soluble and water-soluble components in American ginseng.

Key words American ginseng; effective component; climatic factors; gray correlation

文章编号: 1000-093X(2002)05-0779-04 中图分类号: Q142, S162 文献标识码: A

西洋参(*Panax quinquefolium* Linn.)系五加科人参属多年生草本植物,是一种名贵中药材。我国自1975年开始引种西洋参以来,现今已有20多个省市引种成功并具有相当大的生产规模,现已形成西洋参四大生态栽培区:东北栽培区、华北栽培区、西北栽培区、低纬度高海拔山区。由于我国西洋参一些产地的气候生态条件与原产地存在较大差异;另外,全国各引种区从南到北不同纬度、不同海拔高度其生态条件也有差别,必然导致其有效成分的差异。我国许多学者对不同引种区西洋参有效成分进行了测定并与美国西洋参作了比较,认为其含量差异与气候生态条件有关^[14]。目前,国内外学者对西洋参有效成分与气候生态因子的关系研究尚处于单因素水平^[1-4],大多只是局限于小范围的模拟试验,关于多个气候生态因子对西洋参有效成分的综合影响尚未见报道。鉴于此,本文利用西洋参主产地有效成分含量与当地的气候因子资料,系统地分析了西洋参有效成分含量与其相应的气候因子之间的关系。

1 材料与方法

1.1 资料来源

全国18个主产地西洋参有效成分(包括皂甙、氨基酸、醚浸出物、醇浸出物、水溶性浸出物)含量引自国家医药检验局统一测定的资料^[57],全国各产地相应的气候资料来自《中国地面气候资料(1960-1995)》国

基金项目:国家自然科学基金资助项目(20175013, 20071025)

收稿日期: 2000-12-13, 修订日期: 2001-08-04

作者简介: 吴庆生,男,安徽人,博士,教授。主要从事生物无机化学和环境生态化学研究。

万方数据

家气象局内部资料),并参考了有关文献^[8]以及各产区引种时所报道的实测资料。

1.2 统计分析方法

实效积温 $(\sum T_e) = \sum t - \sum t^{[3]}$ (1)
式中, $\sum t$ 为 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年活动积温 $\sum t'$ 为 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的危害积温。

灰色关联度的计算^[9,10] (1)无量纲化处理 用数据列的第 1 个数去除该数据列的全部数据,使之无量纲化 (2)设参考数据列为 X_0 : $X_0 = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)\}$

被比较数据列为 X_i : $X_i = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)\} (i = 1, 2, \dots, m)$

(3)关联系数的计算:
$$\zeta_i(k) = \frac{\min_k \min_i |X_0(k) - X_i(k)| + \eta \max_k \max_i |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \eta \max_k \max_i |X_0(k) - X_i(k)|}$$
 (2)

η 为分辨系数,且 $\eta \in (0, 1)$,一般地取 $\eta = 0.5$ (4)关联度(r_i)的计算:
$$r_i = 1/n \cdot \sum \zeta_i(k)$$
 (3)

比较 r_1, r_2, \dots, r_m 的大小,得到各因子关联度,以此判断居前者对 X_0 的紧密程度较后者大。
上述数学方法的计算以及模型模拟、方差和相关分析主要用 DPS(Data Processing System)数据处理系统软件进行。

2 结果与分析

2.1 气候因子对西洋参总皂甙含量的影响

2.1.1 西洋参总皂甙含量与气候因子的相关分析 为探索西洋参总皂甙含量与气候因子的关系,将各主产地西洋参生育期内的气候因子——包括西洋参生长的实效积温(x_1)、生育期长短(x_2)、15cm 地温(x_3)、气温日较差(x_4)、日照时数(x_5)、降水量(x_6)、相对湿度(x_7)平均值分别统计,对这些因子与西洋参总皂甙含量的关系进行相关分析并微机筛选(表 1)。结果表明,温度和日照因子与西洋参总皂甙含量正相关极显著,是影响其含量的主要气候因子;其次是降水,而空气相对湿度则相关不显著($R = 0.2640$)。

表 1 西洋参总皂甙含量(%)与生育期内气候因子之相关

Table 1 The correlation of climatic factors and the content of total saponin of American ginseng in growing period							
气候因子(x)	总皂甙(y)	a	b	c	R	α	n
Climatic factor	Total saponin						
实效积温 EAT(x_1)	$Y = a + bx$	-0.202	0.003	—	0.8654	0.001	18
生长期 Growing period(x_2)	$Y = ax^2 + bx + c$	-0.012	0.0002	4.173	0.8541	0.001	18
15cm 地温 15cm soil temperature(x_3)	$Y = a + bx$	-0.626	0.340	—	0.8169	0.001	18
气温日较差 Daily range of temperature(x_4)	$Y = a + bx$	12.303	-0.542	—	-0.7223	0.01	18
日照时数 Sunshine duration(x_5)	$Y = a + bx$	1.763	0.004	—	0.6582	0.01	18
降水量 Precipitation(x_6)	$Y = a + bx$	4.046	0.004	—	0.5531	0.02	18

临界值: $R_{0.001} = 0.7084$ $R_{0.01} = 0.5897$ $R_{0.02} = 0.5425$
2.1.2 影响西洋参总皂甙含量主导气候因子筛选 由以上分析可知,影响西洋参总皂甙含量的气候因子较多,为满足“最优回归”要求,采用逐步回归的方法,进行因子筛选,保留对西洋参总皂甙含量影响较大的因子,而剔除对其影响较小的因子。以全国各主产区西洋参总皂甙含量作因变量(Y),以上述西洋参生育期内 7 个主要气候因子作自变量,进行逐步回归分析,建立如下的逐步回归方程式:
$$Y = 0.3412 + 0.0021x_1 - 0.2765x_4 + 0.0027x_5 \quad (F = 38.96 > F_{0.01} = 5.74; R = 0.959^{**})$$

以上方程说明西洋参生育期内的日照时数(x_5)、实效积温(x_1)、气温日较差(x_4)这 3 个气候因子的组合搭配对西洋参总皂甙含量的影响较大,表明日照时数延长、实效积温增加有利于西洋参皂甙的积累;而总皂甙含量与气温日较差呈负相关,以上 3 个因子的组合较好地反映了气候因子对西洋参总皂甙含量的综合影响。

2.2 气候因子对西洋参氨基酸含量的影响

2.2.1 西洋参氨基酸含量与气候因子的相关分析 由图 1 可以看出,各产区西洋参氨基酸含量与总皂甙

含量呈显著负相关($R = -0.8411$),东北产的西洋参总氨基酸含量普遍较高,大多在6.00%以上;而总皂甙含量却较低,往南部的华北、华东、华南所产西洋参总氨基酸含量有所降低,但总皂甙含量却有逐渐升高的趋势。西洋参总皂甙与总氨基酸含量呈显著负相关关系与前人的结论相似^[11]。西洋参氨基酸含量与气候因子的关系,经微机筛选模拟结果列于表2。由此表可知,西洋参氨基酸含量与温度、日照、降水因子均呈显著负相关,特别是实效积温(x_1)对西洋参氨基酸含量影响最大(图2);而平均气温日较差($R = 0.2397$)和空气相对湿度($R = 0.1741$)则相关不显著。以上分析表明气候因子对西洋参皂甙和氨基酸含量的作用相反。

表2 西洋参氨基酸含量(%)与气候因子之相关

气候因子(x)	氨基酸(y)	a	b	c	R	a	n
Climatic factor	Amino acid						
实效积温 EAT(x_1)	$y = ax + b$	-0.002	10.775	—	-0.8938	0.001	18
生长期 Growing period(x_2)	$y = ax^2 + bx + c$	0.0002	-0.088	15.466	-0.7632	0.001	18
15cm 地温 15cm soil temperature(x_3)	$y = ax + b$	-0.220	11.012	—	-0.7213	0.001	18
日照时数 Sunshine duration(x_5)	$y = ax^2 + bx + c$	3×10^6	-0.010	—	-0.6448	0.01	18
降水量 Precipitation(x_6)	$y = ax + b$	-0.002	8.072	—	-0.5828	0.02	18

临界值 : $R_{0.001} = 0.7084$ $R_{0.01} = 0.5897$ $R_{0.02} = 0.5425$

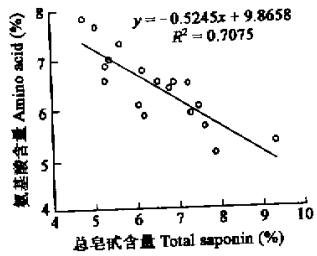


图1 西洋参氨基酸含量与总皂甙含量的关系

Fig.1 The relationship between the contents of Amino acid and total saponin in American ginseng

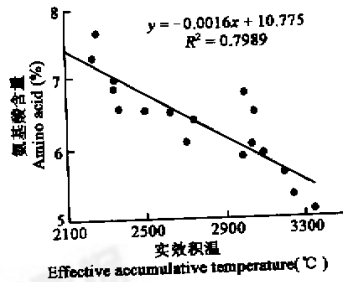


图2 氨基酸含量与实效积温的关系

Fig.2 The relationship between the content of Amino acid and effective accumulative temperature

2.2.2 影响西洋参氨基酸含量的主导气候因子筛选 根据西洋参氨基酸含量的实测值,采取逐步回归,从可能影响其含量的诸多气候因子中挑选出对西洋参氨基酸含量影响较大的气候因子,建立氨基酸含量与西洋参生育期内的气候因子之间的最优回归方程如下:

$$Y = 10.4921 - 0.0015X_1 \quad (F = 54.92 > F_{0.01} = 8.53; R = 0.880^{**})$$

以上方程表明实效积温(x_1)的大小是影响西洋参氨基酸含量的最主要气候因子。经过筛选的结果,用西洋参氨基酸含量与生育期内的实效积温的一元回归方程就可以反映气候因子对西洋参氨基酸含量的综合影响。其氨基酸含量与实效积温(x_1)呈极显著负相关(图2),从北到南,随着实效积温的增加,氨基酸含量的下降率为每100℃约下降0.15%。

2.3 气候因子对西洋参3种浸出物含量的影响

分别以全国11个主产区实测的3种浸出物含量数据作参考序列 $x_0(k)$,以西洋参生育期内的7个主要气候因子分别作为比较序列 $x_1(k), x_2(k), x_3(k), x_4(k), x_5(k), x_6(k), x_7(k)$,首先对原始数据作初值化处理,算出 $x_i(k)$ 与 $x_0(k)$ 的差值绝对值,求出3种浸出物含量的关联系数,再分别算出各气候因子的关联度(如表3)。

由此可见影响西洋参醚浸出物含量的主要气候因子是:15cm地温($r_3 = 0.830$)、气温日较差($r_4 =$

0.810) 其次是日照时数($r_5=0.787$)、实效积温($r_1=0.772$)影响西洋参醇浸出物含量的主要气候因子是:气温日较差($r_4=0.792$)和日照时数($r_5=0.748$) 其次是 15cm 根际地温($r_3=0.735$)和实效积温($r_1=0.720$)影响西洋参水溶性浸出物含量的主要气候因子是:气温日较差($r_4=0.863$)和日照时数($r_5=0.834$) 其次是 15cm 地温($r_3=0.786$)和平均相对湿度($r_7=0.770$)。综上所述,在影响西洋参 3 种浸出物含量的 7 个气候因子中,平均气温日较差和日照时数是三者共同的主要影响因子,可见在西洋参生育期内气温日较差和日照时数对其总体成分的含量影响较大。

3 结论

(1) 温度和日照是影响我国西洋参总皂甙含量的主要气候因子。其中西洋参生育期内的实效积温和日照时数对西洋参总皂甙含量影响尤为显著,且方向一致(均为正向);而气温日较差与西洋参总皂甙含量呈显著的负相关,其次是降水量,空气相对湿度对其影响较小。

(2) 西洋参总皂甙的含量与总氨基酸的含量呈负相关,故气候因子对西洋参皂甙和氨基酸的作用方向相反。实效积温和日照时数对西洋参氨基酸含量的影响显著且方向一致(均为负向),其次是降水量,而气温日较差和空气平均相对湿度影响较小。

(3) 影响西洋参醚浸出物含量的主要气候因子是 15cm 地温和气温日较差,其次是日照时数和实效积温,其醇浸出物的含量主要受气温日较差和日照时数的影响,其次是 15cm 地温和实效积温,水溶性浸出物含量主要受气温日较差和日照时数的影响,其次是 15cm 地温、平均相对湿度和实效积温。

参考文献

[1] Liu T C(刘铁城). *American ginseng cultivated in China*(in Chinese). Beijing :The people 's hygeian press. 143150. 1995.

[2] Zhu R H(朱仁斌),Wu Q S(吴庆生),Wan Z H(宛志沪),et al. Influence of altitudes on effective compositions of American ginseng in mountains of west Anhui. *Chinese Agricultural Meteorology*(in Chinese)(中国农气),2001 ,22(1):19~22.

[3] Wan Z H(宛志沪),Yan P(严平),Shu Q L(束庆龙),et al. *Techniques on the cultivation of American gnseng*(in Chinese). Hefei Science and technology press of Anhui. 4857. 1990.

[4] Guo S X(郭顺星),Yu R B(于永斌),Li R X(李仁贤),et al. Study on the changes of effective compositions in American ginseng. *Chinese Journal of Medicine*(in Chinese)(中国药学杂志),1991 ,6 335337.

[5] Wei C Y(魏春雁),Li S D(李树殿),Zhang J(张晶),et al. Study and discussion on the classification of quality criteria for American ginseng in China II. Inner quality criteria. *Ginseng Research*(in Chinese)(人参研究),1993 ,4 2628.

[6] Chen D(陈丹),Chu L W(初丽伟),Sun X Q(孙晓秋),et al. Study and discussion on the classification of quality criteria for American ginseng in China IV. The criteria for Amino acid. *Ginseng Research*(in Chinese)(人参研究),1994 ,3 :1617.

[7] Sun X Q(孙晓秋),Li R R(李日茹),Li S D(李树殿),et al. Study and discussion on the classification of quality criteria for American ginseng in China V. The criteria for the soluble compositions. *Ginseng Research*(in Chinese)(人参研究),1995 ,1 3537.

[8] Hou G L(侯光良). *Agricultural climatic resources in China*(in Chinese). Beijing :Chinese people 's university press. 51-79 ,1993.

[9] Deng J L(邓聚龙). *The basic methods for grey system*(in Chinese). Wuhan :The press of industrial university of Center China. 4157. 1996.

[10] Wu Q S(吴庆生),Ding Y R(丁亚平),et al. The comprehensive identification of multicompositions and analyses on correlation between the uses in different parts. *Journal of Biological Maths*(in Chinese)(生物数学学报),1995 ,10(3):110115.

[11] H. I. Y. *Ecological effects of plants and climate*(in Chinese). Translated by You X L(游修龄). Beijing Science Press ,1993. 4397.