

# 不同生育期人参根系伤流液质量与 叶片光合的关系

李 鑫<sup>1</sup>, 崔菁菁<sup>2</sup>, 徐克章<sup>3</sup>, 肖金川<sup>3</sup>, 张治安<sup>3</sup>, 李大勇<sup>3</sup>

(1 吉林农业大学 中药材学院, 吉林 长春 130118; 2 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118;

3 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:** 为了解人参根系活力与叶片光合的关系, 在人参茎基部剪断、收集伤流液, 以伤流液的质量作为根系活力的指标, 研究了不同生育期人参根系伤流液质量( $m_{\text{伤流液}}$ )与叶片净光合速率(Pn)和离体植株地上部分吸水量(AWM)的变化及其关系。结果表明: 根系 $m_{\text{伤流液}}$ 在开花期较低, 绿果期和红果初期较高, 红果中期最低, 叶片Pn表现为开花期较低, 绿果期最高, 红果初期较高, 红果中期最低; 根系 $m_{\text{伤流液}}$ 与叶片Pn和植株AWM均呈极显著正相关; 叶片Pn和植株AWM与根系 $m_{\text{伤流液}}$ 的比值在红果中期最高, 表明红果中期根系供水能力下降较快, 而叶片Pn和植株需水量下降较慢。说明不同生育期人参根系活力与叶片光合有密切关系。

**关键词:** 人参; 根系活力; 伤流液质量; 净光合速率; 吸水量

中图分类号: S852.65

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2013)03-0362-04

## Relationships Between Mass of Root Bleeding Sap and Photosynthesis in Leaves of *Panax ginseng*

LI Xin<sup>1</sup>, CUI Jingjing<sup>2</sup>, XU Kezhang<sup>3</sup>, XIAO Jinchuan<sup>3</sup>, ZHANG Zhi'an<sup>3</sup>, LI Dayong<sup>3</sup>

(1 College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2 College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

3 College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** In order to investigate the relationship between root activity and photosynthetic ability at different growth stages of *Panax ginseng*, the stem of *P. ginseng* was cut at the base and the root bleeding sap was collected. The root bleeding sap mass( $m_{\text{BS}}$ ), as an index indicating root activity, net photosynthetic rate (Pn) and the plant aerial organs absorbing water mass (AWM) of *P. ginseng* were measured at different growth stages. The results showed that  $m_{\text{BS}}$  was lower at flowering stage, higher at green fruit and early red fruit stages and the lowest at red fruit stage. The photosynthesis of leaf was lower at flowering stage, higher at green fruit stage and early red fruit stage and the lowest at red fruit stage. BSW was positively correlated with Pn, PC and AWM. In addition,  $\text{Pn}/m_{\text{BS}}$  and  $\text{AWM}/m_{\text{BS}}$  was the highest at red fruit stage. The root activity was closely related to leaf photosynthesis of *P. ginseng* at different growth stages.

**Key words:** *Panax ginseng*; root activity; bleeding sap mass; net photosynthetic rate; absorbing water mass

人参 *Panax ginseng* 为多年生草本阴生植物, 是吉林省特有的名贵中药材, 但其生长周期长, 产量较低。王用平等<sup>[1]</sup>研究发现人参光合同化产物在绿果

期以后主要分配到参根中, 并认为绿果期至红果期提高人参叶片光合能力、促进同化产物向根部运输, 将有助于根部的生长。徐克章等<sup>[2-3]</sup>研究表明人参叶

收稿日期: 2012-08-21 网络出版时间: 2013-06-13

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130613.1606.033.html>

作者简介: 李 鑫(1985—), 男, 硕士研究生; 通信作者: 徐克章(1954—), 男, 教授, 博士, E-mail: kzx0708@yahoo.com.cn

基金项目: 国家自然科学基金(31171459)

片净光合速率(Pn)在叶片完全展开后达第1个高峰,开花期略有下降,绿果期出现第2高峰,红果期开始下降,但红果期人参叶片Pn下降原因仍不清楚.如何通过提高红果期后叶片的光合作用对提高人参产量具有重要意义.许多研究表明植物根系与叶片气孔开闭、产量和品质的形成有密切关系<sup>[4-6]</sup>.通过对根系生长环境的控制可以影响植株叶片的光合作用<sup>[7-8]</sup>.已有研究表明,根系伤流液质量( $m_{\text{伤流液}}$ )可以作为根系活力的指标<sup>[9-10]</sup>,根系伤流液与植株的矿物质运输、新陈代谢和产量有密切关系<sup>[11-14]</sup>.本文以人参根系 $m_{\text{伤流液}}$ 作为根系活力的指标,研究了植株在开花期、绿果期、红果初期和红果中期根系 $m_{\text{伤流液}}$ 与叶片Pn和离体植株地上部分吸水量(AWM)的变化及其关系,期望为探索人参叶片光合生育期变化及红果期光合下降的原因提供一定的理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

试验在吉林农业大学中药材学院人参园进行(30%透光率阴棚),选取4年生人参 *Panax ginseng* C. A. Mey,2010年分别于开花期(6月20日)、绿果期(7月10日)、红果初期(7月22日)、红果中期(8月8日)进行测定.

1.2 方法

伤流液的收集:选取生长状况一致的5株人参,09:00用经 $\varphi$ (乙醇)为75%溶液消毒的刀片从人参地上3~5 cm处切断,立即套上装有0.5 g左右脱脂棉的保鲜袋,脱脂棉与根桩紧贴,用橡皮筋封口防止伤流液挥发,2 h后收集伤流液.

每小时单株伤流液质量( $m_{\text{伤流液}}$ )的测定参照邓宏中等<sup>[15]</sup>的方法进行.

离体植株地上部分吸水量的测定:将收集伤流液时所取下的人参植株地上部分,立即插入装有营养液的试管中,用脱脂棉塞紧试管口(图1),2 h后取出植株,测定植株吸水量.



图1 离体植株地上部分吸水量的测定  
Fig.1 The measure of absorbing water mass of plant aerial organs

每小时单株吸水量 =  $(m'_1 - m'_2)/2$ ,式中 $m'_1$ 为营养液、脱脂棉和试管的质量, $m'_2$ 为2 h后营养液、脱脂棉和试管的质量,吸水量单位为g.

光合生理指标的测定:采用LI-6400型便携式光合作用测定系统于09:00—11:00测定活体植株叶片的Pn、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $T_r$ )和胞间CO<sub>2</sub>浓度( $C_i$ ).光源为固定红蓝光源,光照度为300  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

数据采用Excel和DPS数据处理系统进行分析处理,图表中的数据均为5株人参的平均值.

2 结果与分析

2.1 不同生育期人参根系伤流液质量与叶片净光合速率的变化

从表1可以看出,人参根系 $m_{\text{伤流液}}$ 在开花期较低,绿果期 and 红果初期较高,红果中期最低.叶片净光合速率(Pn)表现为开花期较低,绿果期最高,红果初期较高,红果中期最低.在开花期和红果中期人参叶片Pn较低,气孔导度和蒸腾速率也较低,那么,这2个时期叶片Pn下降是否来自气孔的限制作用呢?从不同生育期胞间CO<sub>2</sub>浓度的变化来看,在开花期和红果中期CO<sub>2</sub>浓度最高,说明在开花期和红果中期叶片Pn较低并非来自气孔的限制作用.

表1 人参不同生育期根系伤流液质量( $m_{\text{伤流液}}$ )和某些叶片光合生理指标的变化<sup>1)</sup>  
Tab.1 Changes of root bleeding sap mass and some photosynthetic physiological indices in leaves at different growth stages of *Panax ginseng*

| 生育期      | $m_{\text{伤流液}} / \text{mg}$ | 净光合速率/<br>( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 气孔导度/<br>( $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 蒸腾速率/<br>( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 胞间CO <sub>2</sub> 浓度/<br>( $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) |
|----------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 开花期      | 15.81 ± 1.68Bb               | 3.18 ± 0.25BCb                                                        | 0.035 ± 0.005Bb                                                   | 0.532 ± 0.047Bb                                                    | 251 ± 21Bb                                                         |
| 绿果期      | 33.46 ± 2.17Aa               | 4.36 ± 0.36Aa                                                         | 0.042 ± 0.004Aa                                                   | 0.612 ± 0.046Aa                                                    | 245 ± 24Bb                                                         |
| 红果初期     | 31.16 ± 2.97Aa               | 3.26 ± 0.33Bb                                                         | 0.033 ± 0.004Bb                                                   | 0.505 ± 0.052BCb                                                   | 255 ± 23Bb                                                         |
| 红果中期     | 11.59 ± 1.47Bc               | 2.42 ± 0.29Cc                                                         | 0.025 ± 0.004Cc                                                   | 0.466 ± 0.059Cc                                                    | 301 ± 13Aa                                                         |
| 平均值 ± SD | 23.01 ± 10.92                | 3.31 ± 0.80                                                           | 0.034 ± 0.007                                                     | 0.528 ± 0.062                                                      | 263 ± 26                                                           |

1)表中各生育期数据为5株人参的平均值±标准差;同列数值后凡是有一个相同大、小写字母者,分别表示在0.01、0.05水平差异不显著(Duncan's法).

对根系  $m_{\text{伤流液}}$  与叶片  $P_n$  的相关分析表明,根系  $m_{\text{伤流液}}$  与叶片  $P_n$  呈极显著正相关(图 2). 但根系  $m_{\text{伤流液}}$  与叶片  $P_n$  的变化幅度不同,红果中期根系  $m_{\text{伤流液}}$  下降了 62.8%,而叶片  $P_n$  只下降了 25.8%. 图 3 是不同生育期人参叶片  $P_n$  与根系  $m_{\text{伤流液}}$  比值的变化,可以看出,叶片  $P_n$  与  $m_{\text{伤流液}}$  的比值在开花期和红果中期较高,而在绿果期和红果初期较低.

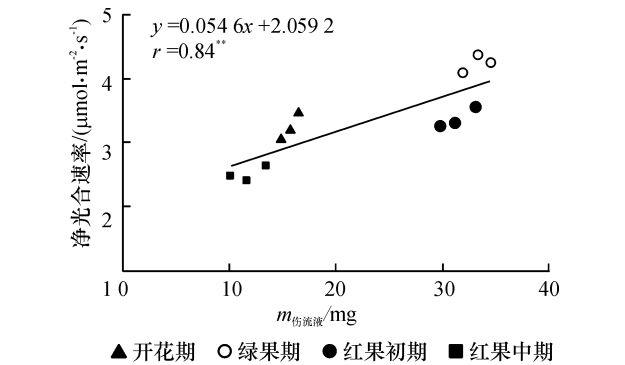


图 2 人参根系伤流液质量与叶片净光合速率的关系  
Fig. 2 Correlation of root bleeding sap mass and net photosynthetic rat of *Panax ginseng*

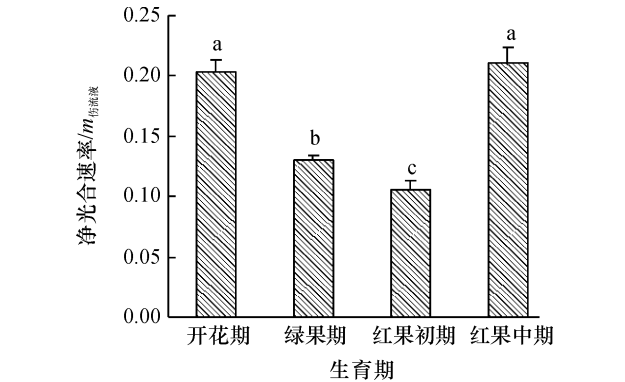


图 3 不同生育期人参叶片净光合速率与根系伤流液质量比值的变化  
Fig. 3 Changes of the ratio of net photosynthetic rate to root bleeding sap mass at different growth stages of *Panax ginseng*

### 2.2 不同生育期人参伤流液质量与植株地上部分吸水量的关系

为了进一步了解根系供水能力与植株地上部分需水量的关系,我们对不同生育期人参植株地上部分吸水量进行了研究. 从图 4 可以看出,吸水量绿果期最高,绿果期以后开始逐渐下降,吸水量的变化趋势与  $m_{\text{伤流液}}$  基本一致,但在红果中期,根系  $m_{\text{伤流液}}$  很低,而植株吸水量仍维持相对较高水平. 对植株吸水量与根系  $m_{\text{伤流液}}$  的比值分析表明,吸水量与  $m_{\text{伤流液}}$  的比值在开花期较高,绿果期和红果初期较低,红果中期最高(图 5). 但从根系  $m_{\text{伤流液}}$  与植株吸水量的相关分析来看,根

系  $m_{\text{伤流液}}$  与植株吸水量呈极显著正相关(图 6).

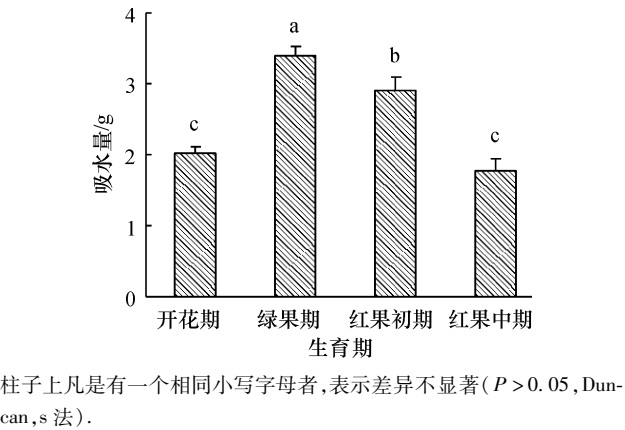


图 4 不同生育期人参地上部分吸水量的变化  
Fig. 4 Changes of aerial organs absorbing water mass at different growth stages of *Panax ginseng*

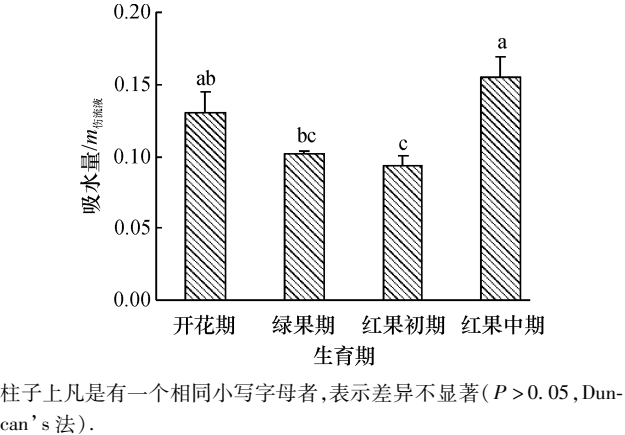


图 5 不同生育期人参地上部分吸水量与根系伤流液质量比值的变化  
Fig. 5 Changes of the ratio of aerial organs absorbing water mass to root bleeding sap mass at different growth stages of *Panax ginseng*

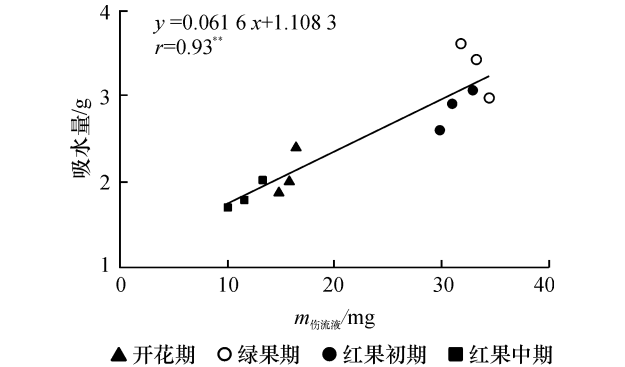


图 6 人参根系伤流液质量与地上部分吸水量的关系  
Fig. 6 Correlation of root bleeding sap mass and aerial organs absorbing water mass

### 3 讨论

关于人参叶片光合特性的生育期变化已有报道<sup>[2-3]</sup>. 王豫等<sup>[16]</sup>研究发现人参叶片叶绿素含量与

净光合速率在各生育期呈正相关变化,而比叶质量与净光合速率在红果期前呈负相关变化.本文对不同生育期根系  $m_{\text{伤流液}}$  与叶片 Pn 和人参地上部分吸水量的变化及其关系的研究表明,根系  $m_{\text{伤流液}}$  与叶片 Pn 和吸水量均呈极显著正相关.说明人参地上部分叶片的光合作用与根系的供水能力有密切关系.

根系  $m_{\text{伤流液}}$  在开花期较低,绿果期和红果初期最高,红果中期开始下降.这可能与叶片与根系之间光合产物的积累和分配有关.王用平等<sup>[1]</sup>研究表明,绿果期以前叶片光合同化产物主要用于地上部分营养生长和生殖生长,红果期后 50% 以上光合同化产物向根部运输.荆艳东等<sup>[17-18]</sup>研究发现在绿果期以前人参叶片中淀粉主要用于地上部分生长,绿果期后根中淀粉含量增加,在红果期淀粉含量达到最高.开花期根系  $m_{\text{伤流液}}$  较低可能是由于叶片光合产物主要用于地上部分生长,而根系作为库也在不断消耗自身所储藏有机物质,根系的生长受到了限制,从而影响了根系的供水能力.而随着绿果期和红果初期叶片光合产物向根系运输的不断增加,促进了根系的生长,提高了根系的供水能力.有研究表明,糖类物质的积累可诱发叶片的衰老<sup>[19]</sup>.人参根系为贮藏根,红果中期淀粉含量不断增加,淀粉含量的大量增加可能是红果中期根系活力下降的一个重要原因.

在开花期、绿果期和红果初期根系供水量与人参地上部分需水量变化基本一致.但红果中期根系供水能力明显下降,而植株地上部分需水量下降则较少,这可能是导致红果中期叶片气孔导度和蒸腾速率下降的原因.那么,是不是由于根系的  $m_{\text{伤流液}}$  下降使气孔导度和蒸腾速率下降进而导致了叶片 Pn 的下降呢?从不同生育期胞间  $\text{CO}_2$  浓度的变化来看,在红果中期  $\text{CO}_2$  浓度最高,说明红果中期叶片 Pn 下降并非来自气孔限制,红果中期根系供水能力的下降可能不是叶片光合作用下降的主要原因.人参根系活力与叶片光合的关系仍不是很清楚,有待进一步研究.同时,根系伤流液中化学成分的分析,特别是激素类物质的研究将有助于进一步了解根系活力与叶片光合的关系.

#### 参考文献:

- [1] 王用平,张连学,刘铜,等.人参光合同化产物分配[J].特产研究,1996(1):6-8.
- [2] 徐克章,曹正菊,修立军.人参叶片的叶龄对光合作用和呼吸作用的影响[J].植物学通报,1988,5(4):217-219.
- [3] 徐克章,张美善,武志海,等.人参不同生育期叶片光合作用变化的研究[J].作物学报,2006,32(10):1519-1524.
- [4] SVEN-ERIK J,LIU Fulai,JENSEN C R. Does root-sourced

ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Sci Hortic, 2009,122(2):281-287.

- [5] DE DORLODOT S, FORSTER B, PAGÈS L, et al. Root system architecture: Opportunities and constraints for genetic improvement of crops[J]. Trends Plant Sci, 2007,12(10):474-481.
- [6] 杨建昌,常二华,张文杰,等.根系化学讯号与稻米品质的关系[J].中国农业科学,2006,39(1):38-47.
- [7] SHI Kai,DING Xiaotao,DONG Dekun, et al. Root restriction-induced limitation to photosynthesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) leaves[J]. Sci Hortic, 2008,117(3):197-202.
- [8] ZHANG X,WU N,LI C. Physiological and growth responses of *Populus davidiana* ecotypes to different soil water contents[J]. J Arid Environ, 2005,60(4):567-579.
- [9] 沈波,王熹.粳籼亚种间杂交稻根系伤流强度的变化规律及其与叶片生理状况的相互关系[J].中国水稻科学,2000,14(2):122-124.
- [10] 孙庆泉,胡昌浩,董树亭,等.我国不同年代玉米品种生育全程根系特性演化的研究[J].作物学报,2003,29(5):641-645.
- [11] KATO C, OHSHIMA N, KAMADA H, et al. Enhancement of the inhibitory activity for greening in xylem sap of squash root with waterlogging [J]. Plant Physiol Bioch, 2001,39(6):513-519.
- [12] GOODGER J Q, SHARP R E, MARSH E L, et al. Relationships between xylem sap constituents and leaf conductance of well-watered and water-stressed maize across three xylem sap sampling techniques [J]. J Exp Bot, 2005, 56(419):2389-2400.
- [13] SCHACHTMAN D P, GOODGER J Q. Chemical root to shoot signaling under drought[J]. Trends Plant Sci, 2008, 13(6):281-287.
- [14] 姚万山,宋连启,郭宏敏,等.夏玉米高产群体生理动态质量指标的研究[J].华北农学报,1999,14(4):55-59.
- [15] 邓宏中,李鑫,徐克章,等.不同年代大豆品种根系伤流液中可溶性糖含量的变化及与叶片光合的关系[J].华南农业大学学报,2013,34(1):197-202.
- [16] 王豫,荆艳东,徐克章,等.人参叶片光合特性的生育期变化研究[J].吉林农业大学学报,2006,28(4):355-357.
- [17] 荆艳东,谷铁实,徐克章.人参根品质指标的相关分析及数学模拟[J].辽宁农业职业技术学院学报,2003,5(3):3-5.
- [18] 荆艳东.人参生长发育规律及皂苷积累环境条件的研究[D].长春:吉林农业大学,2003.
- [19] WINGLER A, PURDY S, MACLEAN J A, et al. The role of sugars in integrating environmental signals during the regulation of leaf senescence[J]. J Exp Bot, 2006,57(2):391-399.