

# 不同栽培密度对猫爪草果期光合蒸腾特性的影响

张艳玲, 齐 丹, 吴月红, 高致明<sup>\*</sup>  
(河南农业大学 农学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 在不同栽培密度条件下, 利用 CI-340 便携式光合系统, 对猫爪草果期的净光合速率、蒸腾速率及相关的生理因子(叶温、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度)和生态因子(光合有效辐射、大气 CO<sub>2</sub> 浓度、气温、大气相对湿度)进行了测定分析, 结果表明, 随着密度的增加, 净光合速率和气孔导度先缓慢增加后显著降低, 蒸腾速率呈现高一低一高趋势, 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度随密度增加显著升高。经过相关性分析, 影响猫爪草光合蒸腾特性的主要因子为大气相对湿度(RH)、大气 CO<sub>2</sub> 浓度(Ca)、气孔导度(Gs)和叶温(Tl)。在高密度条件下非气孔因素影响净光合速率(Pn)的变化, 在中低栽培密度条件下, 气孔因素影响净光合速率(Pn)的变化。

**关键词:** 猫爪草; 光合速率; 蒸腾速率; 果期; 生理因子; 生态因子

**中图分类号:** S567.9      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2008)12-0104-03

## Effects of Different Cultivation Density on Photosynthesis and Transpiration of *Ranunculus ternatus* Thunb. during the Fruiting Stage

ZHANG Yan-ling, QI Dan, WU Yue-hong, GAO Zhi-ming<sup>\*</sup>  
(Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Under different cultivation density, net photosynthetic rate, transpiration rate and related physiological factors (leaf temperature, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration) and ecological factors (PAR radiation, atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations, temperature and relative humidity of the atmosphere) of *Ranunculus ternatus* Thunb. during the fruiting stage were measured and analyzed by using CI-340 portable photosynthesis system. The results showed that with the increase of the cultivation density, the net photosynthesis and stomatal conductance were increased slowly firstly, and then decreased significantly. While the transpiration rate showed a trend of high-low-high, internal CO<sub>2</sub> concentration significantly increased with the increase of density. Coefficient analysis showed that the atmosphere relative humidity (RH), CO<sub>2</sub> concentration in the field, stomatal conductance (Gs) and leaf temperature (Tl) were the main factors influencing the characteristics of photosynthesis and transpiration. Non-stoma-related factors affected net photosynthetic rate (Pn) changes under high-density conditions, while under low-density conditions stomatal factors affected net photosynthetic rate (Pn) changes.

**Key words:** *Ranunculus ternatus* Thunb.; Photosynthetic rate; Transpiration rate; Fruiting period; Physiological factor; Ecological factor

收稿日期: 2008-08-01

作者简介: 张艳玲(1973-), 女, 河南信阳人, 在读硕士研究生, 研究方向: 药用植物栽培。

通讯作者: 高致明(1960-), 男, 河南南召人, 教授, 硕士生导师, 主要从事药用植物资源和栽培方面的研究。

猫爪草为毛茛科植物小毛茛(*Ranunculus ternatus* Thunb.)的干燥块根。其性味甘、辛、温,归肝、肺经,具有散结、消肿之功效,用于瘰疬未溃,淋巴结结核。《中华人民共和国药典》1977年开始收载,是《中国药典》唯一收载的毛茛属植物。周立等<sup>[1]</sup>在对7科36种抗肿瘤中药研究中发现,其有较好的抗肿瘤效果。20世纪80年代后期至90年代,猫爪草被列为国家药品监督管理局63种紧缺中药材之一<sup>[2]</sup>。在以往猫爪草的研究中,多集中在化学成分、理化性状和临床应用上,在栽培研究方面,仅钟任强等<sup>[3]</sup>认为,适当密植可增加单位面积产量,关于密度对猫爪草光合及蒸腾作用的研究未见报道。本试验以信阳野生猫爪草为材料,探讨在果期密度处理对光合蒸腾特性的影响及其与相关生理、生态因子之间的关系,以期对猫爪草的规范化栽培与开发利用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料为信阳野生猫爪草。试验在信阳农专园林系试验场进行,试验地四季分明,气候温和,光、热、水资源丰富。年均温14.3℃,年日平均气温20~30℃和年日平均气温20~25℃的持续天数分别为130.2d和63.9d,年降雨量1000~1200mm,月平均空气湿度大多在77%~81%,活动积温(≥10℃)3987℃,无霜期220d。试验地土壤为砂泥质黄棕壤,养分含量为有机质38mg/g,全N1.51mg/g,全P0.98mg/g,速效P11.9mg/kg,速效K76.7mg/kg。

1.2 试验方法

2007年11月20—22日选取同一片野生信阳猫爪草采挖,挑选大小基本一致的猫爪草做为试验材料,2007年11月23日进行大田栽培。栽培密度处理采用单因素三水平,随机区组排列,小区面积为2m×6m,间距为30cm,四周保护行为1m,3次重复。M1:22cm×10cm(45万株/hm<sup>2</sup>);M2:25cm×

10cm(37.5万株/hm<sup>2</sup>);M3:25cm×13cm(30万株/hm<sup>2</sup>)。中等肥力水平施肥,田间管理依据当地常规管理措施。

2008年4月下旬,选择晴朗无风天气,在10:00左右,用美国产CI-340光合测定系统的群体叶室进行闭路系统测量,在田间测定3个密度条件下猫爪草的光合蒸腾指标及相关生理、生态指标。测定指标包括叶片净光合速率(Pn)和蒸腾速率(Tr);生态因子指标有光合有效辐射(PAR)、大气CO<sub>2</sub>浓度(Ca)、气温(Ta)和大气相对湿度(RH);生理因子指标包括叶温(Tl)、气孔导度(Gs)、胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)。每个处理随机测5株,每株读数5次,结果取平均值。

1.3 数据处理

试验数据使用SPSS13.0与Excel进行整理与统计。

2 结果与分析

2.1 不同密度处理猫爪草 Pn 和 Tr 与生理生态因子的关系

3个密度水平下猫爪草Pn与Tr与主要生理生态指标的相关分析结果(表1)表明,密度M1水平下,Pn与PAR,RH呈正相关,与RH呈极显著正相关,与Ca,Gs,Tl和Ci呈负相关,与Ca,Gs达到极显著和显著水平,Tr与PAR,RH和Tl呈正相关,与RH呈极显著正相关,与Ca,Gs和Ci呈负相关,与Ca,Gs达到极显著和显著水平。Pn和Tr与Ta几乎没有相关性。在密度M2水平下,Pn和Tr与PAR,Ta,Ca和RH呈负相关,Pn与PAR和RH达到显著或极显著水平,Tr与RH达到显著水平,Pn和Tr与Gs,Tl呈正相关,与Ci无相关性,Tr与Gs达到显著正相关。在M3水平下,Pn与Tl呈显著负相关,与PAR,Ta呈负相关,与Ca,Gs,Ci,RH呈正相关,没达到显著水平。从以上结果可看出,影响猫爪草Pn和Tr的主要因子为RH,Ca,Gs和Tl。

表1 不同密度处理猫爪草 Pn 和 Tr 与生理生态因子的相关系数

处理	项目	生态因子				生理因子		
		PAR	Ta	Ca	RH	Tl	Gs	Ci
M1	Pn	0.493	0.000	-1.000**	1.000**	-0.945	-0.999*	-0.975
	Tr	0.496	0.003	-1.000**	1.000**	0.946	-0.999*	-0.975
M2	Pn	-0.994*	-0.500	-0.189	-1.000**	0.381	0.987	0.000
	Tr	-0.981	-0.569	-0.268	-0.997*	0.305	0.997*	0.082
M3	Pn	-0.924	-0.069	0.967	0.439	-0.998*	0.074	0.295
	Tr	0.460	1.000**	0.174	0.858	0.015	-1.000**	0.927

注: \* 和 \*\* 分别代表在 0.05 和 0.01 水平上差异显著

2.2 不同密度处理猫爪草主要光合参数

2.2.1 净光合速率 由表 2 可以看出, M2 处理的 Pn 最高, 不同密度处理对猫爪草 Pn 的影响达到极显著水平 ( $F=2536.303, P=0.0001$ ), 果期猫爪草 Pn 呈先上升后下降趋势。

2.2.2 气孔导度 由表 2 可以看出, 随密度增加, 果期猫爪草 Gs 呈先上升后下降趋势, M2 处理的 Gs 最高, 方差分析表明, 处理间对 Gs 的影响没有达到显著水平。

2.2.3 蒸腾速率 由表 2 可以看出, M1 处理下的果期猫爪草 Tr 最高, M2 最低, Tr 呈高一低一高趋势, 方差分析表明, 处理间对 Tr 的影响没有达到显著水平。

2.2.4 胞间 CO<sub>2</sub> 由表 2 可以看出, Ci 随密度的增加呈下降趋势, M1 处理的果期猫爪草 Ci 最高, 方差分析表明不同密度处理对猫爪草果期 Ci 的影响达到显著水平, 但并没有达到极显著水平 ( $F=5.320, P=0.047$ )。

表 2 不同密度条件下猫爪草主要光合参数

处理	Pn [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	Gs [ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	Tr [ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	Ci (mg/L)
M1	26.47 cC	201.22a	4.12a	1514.00 a
M2	108.06 aA	205.63a	1.01a	1505.70 ab
M3	55.33 bB	204.68a	2.85a	1492.03 b

注: 不同大小写字母分别代表在 0.01 和 0.05 水平上显著

3 小结与讨论

药用植物有效成分多属于植物次生代谢产物, 其生物合成和积累与外界环境条件有密切的关系, 栽培密度主要通过影响作物群体结构, 引起个体间对光照、水分、养分等不同程度的竞争, 改变群体内的内部环境条件, 最终影响药材的产量和质量。合理密植可以有效提高土地覆盖率和叶面积指数, 从而提高单位面积的生物产量和经济产量。但如果密度超过某一限度, 将导致群体结构内光照和通风状况恶化, 反而会削弱光能利用率, 降低生物产量和经济产量。植物光合蒸腾指标的变化是各主要生理生态因子综合作用的结果<sup>[4]</sup>, 所以探讨不同密度水平下植物光合蒸腾特性, 选择合适的栽培密度, 对提高药用植物品质和产量有重要的意义。

猫爪草属于阴生植物, 具有夏眠的特点。本试验不同密度条件下 Pn 与相关生态生理因子的不同相关性表明了大田郁闭度对猫爪草的光合性能影响比较明显, M1 (45 万株/hm<sup>2</sup>) 条件下, 猫爪草枝叶间

互相遮盖, 大田郁闭度较高, 田间持水量和空气湿度较高; 而 M2 (37.5 万株/hm<sup>2</sup>), M3 (30 万株/hm<sup>2</sup>) 条件下猫爪草枝叶间没有达到互相遮盖, 大田郁闭度低, 田间持水量和空气湿度也相对较低。

阎秀峰等<sup>[5]</sup> 研究认为, 土壤供水状况和大气相对湿度是调节光合蒸腾的关键因素。试验表明, 在果期影响 Tr 的主要生态因子是 RH, 大田相对湿度越大, 蒸腾速率越大, 主要生理因子是 Gs 和 Tl, 温度越高 Tr 反而下降, 这与野生猫爪草多生长在湿润阴凉的环境中的特点一致。

引起叶片 Pn 降低的原因有气孔因素和非气孔因素<sup>[6,7]</sup>, 当 Pn 下降时, 如果 Ci 含量和 Gs 同时下降, 说明 Pn 的降低主要是由于 Gs 下降, 阻止了 CO<sub>2</sub> 的供应所至。如果 Gs 下降, 而 Ci 含量却在上升, 表明此时 Pn 下降的主要原因是叶肉细胞光合能力降低, 使叶肉细胞利用 CO<sub>2</sub> 的能力下降, 从而使 Ci 含量升高。本试验 M1 处理下, Pn 与 Ca, Gs, Tl, Ci 呈负相关, 说明其影响原因为非气孔因素; 在 M2, M3 处理下, Pn 与 Gs, Ci 呈正相关, 说明其影响原因为气孔因素。试验初步看出在高栽培密度, 田间郁闭度大的条件下, 非气孔因素影响 Pn 的变化; 在中低栽培密度, 田间郁闭度小的条件下, 气孔因素影响 Pn 的变化。试验表明, 密度对 Pn 的影响极为显著, M2 处理显著高于 M1 和 M3 处理, 有待于密度处理对产量和品质的影响试验, 来确定适合的栽培密度。

参考文献:

[1] 周立, 张伟, 许津. 猫爪草有效成分诱生肿瘤坏死因子的作用[J]. 中国医学科学院学报, 1995, 17(6): 456.  
[2] 张振凌, 董呈明, 房方. 重视和加快猫爪草的研究与开发[J]. 中国中医药信息杂志, 2003, 10(1): 25-26.  
[3] 钟任强, 冯世鑫. 摘除分枝对提高猫爪草产量的研究[J]. 时珍国药研究, 1998, 9(1): 28.  
[4] 邵玺文, 韩梅, 韩忠明, 等. 黄芩光合作用日变化及其与环境因子关系的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(6): 634-638.  
[5] 阎秀峰, 孙国荣, 李敬兰, 等. 羊草和星星草光合蒸腾日变化的比较研究[J]. 植物研究, 1994, 14(3): 287-291.  
[6] 刘东焕, 赵世伟, 高荣孚, 等. 植物光合作用对高温的响应[J]. 植物研究, 2002, 22(2): 205-210.  
[7] 孔红岭, 孙明高, 孙方行, 等. 盐、旱及其交叉胁迫对紫荆光合性能的影响[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(5): 42-44.