

土壤水分变化对金银花叶片生理生态特征的影响

王建伟, 周凌云

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 在不同的土壤含水量条件下, 测定了金银花叶片的叶面积、叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、叶绿素总量、比叶重、光合日变化、日碳固定总量等多个指标。结果表明: 随着土壤含水量的降低, 金银花的叶面积降低, 而叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、叶绿素总量、比叶重都升高; 土壤干旱加剧了金银花叶片光合日变化的波动, 土壤相对含水量最低 (30.01%) 时, 光合速率谷底值比峰值降低了 89.47%; 但日碳固定总量变化不大。金银花通过减小叶面积, 增加叶绿素含量、比叶重来保持一定的碳积累以便适应土壤干旱。

关键词: 金银花; 土壤水分; 叶绿素; 比叶重; 光合作用

中图分类号: Q948.112.3

土壤水分是影响植物生长的重要环境因子。关于土壤水分对植物生理生态特征的影响, 前人已有很多报道, 但多集中在水分胁迫对光合作用、蒸腾作用、气孔导度、水分利用率、叶片水势、脯氨酸含量等方面的影响上^[1-7], 对植株叶片的叶面积、叶绿素、比叶重等能很好地反映叶片基本生长状况的性状关注不多。研究植株叶片的这些性质对土壤水分变化的适应有助于更全面深入地理解植物的抗旱机制。

金银花是我国传统清热解毒中药, 是河南省封丘县主要的经济作物。研究土壤水分变化对其生理生态特征的影响能为金银花生产中的水分管理提供一定的试验依据。因此, 本研究选取生长一致的 7 年生金银花为试验材料, 在叶片水平上就不同土壤水分状况对

金银花的某些生理生态特征的影响做了分析。

1 试验设计

试验在中国科学院封丘农业生态实验站的防雨棚内 (光照一致) 进行。选用生长一致的 7 年生金银花植株于 2004 年冬季移栽入直径 60 cm 盛有 100 kg 潮土的塑料盆中, 并将盆埋入土中。潮土的基本理化性质见表 1。试验采用随机区组设计, 4 个处理, 4 次重复。2005 年 4 月 11 日对各盆统一饱和灌溉, 之后每一周从第 4 组到第 1 组 (每组 4 盆) 依次停止供水, 于最后一组饱和灌溉后两天 (2005 年 5 月 4 日) 测定土壤相对含水量, 从而形成 4 个不同的土壤水分梯度 30.01%、41.25%、51.38%、71.37%。

表 1 土壤基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of the test soil

| 有机质 (g/kg) | 全 N (g/kg) | 全 P (g/kg) | 全 K (g/kg) | 碱解 N (mg/kg) | 速效 P (mg/kg) | 速效 K (mg/kg) | pH |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
| 13.1 | 0.7 | 2.3 | 20.1 | 29.00 | 100.80 | 23.44 | 8.26 |

2 测定项目与方法

叶面积: 选取每株中上部成熟展开叶片 8~10 片用美国产 CI-203 激光叶面积仪测定。**叶绿素含量:** 选取每株中上部成熟展开叶, 用乙醇提取比色法测定^[8]。**比叶重:** 取每株中上部成熟展开叶 4~5 片, 离体测定叶面积, 杀青烘干至恒重, 质量除以叶面积得比叶重。**光合日变化:** 用美国产 CI-301PS 光合作用测定仪, 于 5 月 5 号和 5 月 6 号 (两天的基本环境因子日变化基

本一致, 数据未列出) 连续两天从 06:30 到 18:30 每隔 2 小时测 1 次, 选每株中上部叶片 3 片, 每个叶片测 3 次。日碳固定总量: 估算光合日变化曲线下的面积^[9]。数据分析在 SPSS 软件下进行。

3 结果与分析

3.1 叶面积

合理的叶面积是植物能进行正常光合作用和形成

一定的经济产量的必要基础。从表 2 可以看出,不同土壤水分含量对金银花叶片叶面积的影响很大。当土壤相对含水量达到 51.38% 时叶面积最大,与其他 3 组相比都有显著差异,分别比第 1 组、第 3 组、第 4

组高出 24.55%、32.51% 和 51.35%。极度的土壤干旱很大程度上影响了细胞的扩大和增殖,从而限制了金银花叶片的扩展,大大降低了金银花叶片的叶面积。

表 2 不同土壤含水量下金银花叶片参数

Table 2 Leaf characteristics of the plants growing in soils different in moisture

| | W1 | W2 | W3 | W4 |
|---|---------|---------|----------|---------|
| 叶绿素 a (mg/g) | 0.923d | 1.118c | 1.458b | 1.703a |
| 叶绿素 b (mg/g) | 0.305c | 0.332c | 0.494b | 0.604a |
| 类胡萝卜素 (mg/g) | 0.235c | 0.294b | 0.362a | 0.408a |
| 叶绿素总量 (mg/g) | 1.228c | 1.450b | 1.952a | 2.307a |
| 叶面积 (cm ²) | 11.172b | 13.915a | 10.501bc | 9.194c |
| 比叶重 (mg/cm ²) | 12.981d | 14.443c | 15.649b | 17.178a |
| 日碳固定总量 (CO ₂ mmol/(m ² ·12h)) | 15.472 | 14.024 | 16.562 | 18.411 |

注:每一行数据后不同字母代表差异显著 ($P < 0.05$), W1 ~ W4 分别代表第 1 ~ 4 组。

3.2 叶绿素及类胡萝卜素含量

从表 2 可以看出,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量都随着土壤含水量的降低而升高。第 4 组的叶绿素总量最高,分别比第 1、2、3 组高出 46.80%、37.14%、15.37%。土壤含水量高,叶绿素含量反而低,这与李林锋和刘新田^[10]、蔡锡安等^[11]在桉树和单性木兰上的报道结果正好相反,与王磊等^[12]在番茄上的报道结果类似。可能是因为土壤水充足时金银花长势较好,叶面积扩展快,不利于叶绿素的积累。较高的叶绿素含量可能对金银花在土壤干旱条件下保持一定的光合速率有帮助。

类胡萝卜素的含量也随着土壤含水量的降低而升高,第 4 组分别比第 1、2、3 组高出 11.21%、28.02%、42.38%。类胡萝卜素是一种重要的天然抗氧化剂,有较强的清除自由基的能力^[13]。金银花叶片中类胡萝卜素随土壤干旱加剧而增加可能对减轻因干旱产生的自由基对细胞膜的伤害有一定帮助。

3.3 比叶重

比叶重是反映叶片厚薄程度、叶密度充实度和干物质积累状况的综合指标,与光合作用密切相关。从表 2 可以看出,金银花的比叶重随着土壤含水量的降低而升高,且各组之间差异都达到显著水平。第 4 组分别比第 1、2、3 组高出 24.43%、15.92%、8.90%。许多研究表明比叶重与叶片的光合能力是呈正相关^[14-15]。因此,金银花比叶重随着土壤水分含量降低而

升高可能也是植株在土壤干旱条件下为了保持一定光合能力的一种适应。

3.4 光合日变化

不同土壤水分条件下金银花的光合速率日变化见图 1。从图 1 中可以看出,除第 4 组外,其他 3 组的光合日变化都呈双峰曲线,其中第 3 组的波谷出现在 12:30,而其他 2 组出现在 14:30。第 4 组的光合速率的峰值出现在清晨和傍晚,整个光合速率的日变化呈现“V”字形,谷底出现在 12:30。结果表明,金银花的“午休”程度随着土壤水分含量的减少而加剧,各组波谷分别比波峰降低了 44.57%、54.67%、87.55%、9.47%。这说明土壤水分含量极大地影响了金银花光合速率日变化的进程,较充足的土壤水分含量有助于金银花保持较平稳的光合速率,而土壤干旱则加剧了金银花光合速率的波动。对光合有效辐射与光合速率的回归分析也表明,第 4 组光合速率与光合有效辐射呈显著负相关,相关系数为-0.861。这说明,在土壤极度干旱条件下,金银花叶片极大降低了对光的利用能力,即使在较低的光强下,叶片的光合能力已经受到了限制。

3.5 日碳固定总量

日碳固定总量由估算光合日变化曲线下围成的图形面积而得,结果见表 2。4 种土壤水分处理下金银花叶片的日碳固定总量相差不大,但以第 4 组为最高,分别比第 1、2、3 组高出 15.96%、23.82%、10.04%。

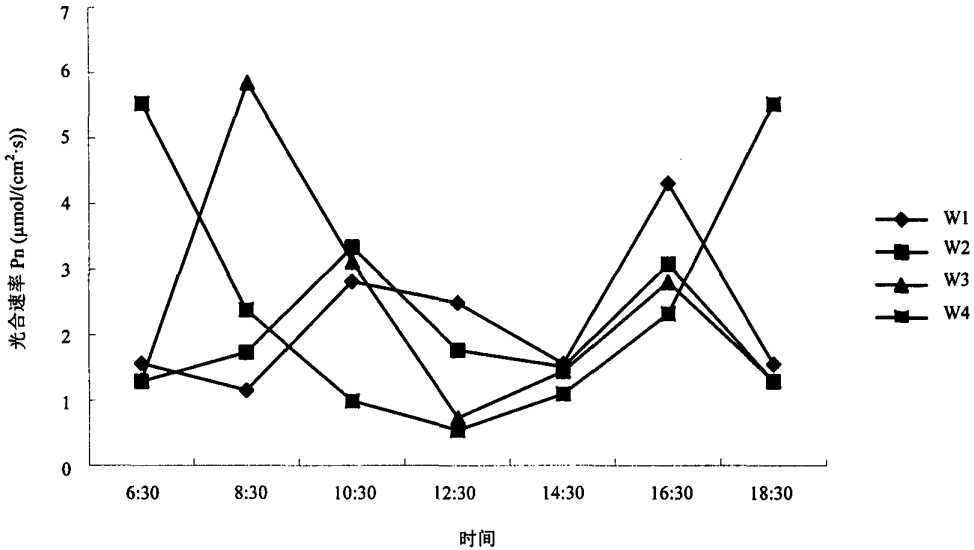


图1 不同土壤含水量下金银花叶片的光合日变化

Fig. 1 Daily variation of photosynthesis in leaves of *Lonicera japonica* Thunb growing in soils different in moisture

4 讨论

金银花叶片的叶面积随着土壤含水量的降低而减小,这与在其他植物上的报道^[16]的结果相似,表明土壤干旱极大地限制了叶片的扩展。而叶绿素含量和比叶重都是随着土壤干旱的加剧而增加,并且两者之间呈极显著正相关($R^2 = 0.987$)。但曾小平等^[1]的报道表明,随着土壤水分含量的降低焕镡木的比叶面积增高即比叶重降低,认为土壤含水量高的条件下叶片干物质积累大,这与本文的结果恰恰相反。这可能是焕镡木和金银花对土壤水分含量变化的适应性不同造成的,也从一个方面解释了焕镡木是濒危植物而金银花却适应性极强的事实。

金银花叶片的光合速率日变化波动随着土壤含水量的降低而加剧,表明土壤干旱不利于金银花保持较平稳的光合速率。但对日碳固定总量的分析表明,土壤干旱更有利于金银花的日碳固定。当土壤含水量较低时,金银花能通过在光强较弱时的较大的光合速率(图1)来维持一定的碳积累,表现出了对土壤干旱的适应,这可能得益于土壤干旱条件下较大的叶绿素总量和比叶重。

虽然土壤干旱对叶片水平的碳积累有帮助,但对植株水平上的同化能力以至于金银花产量的形成的影响还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 曾小平,赵平,蔡锡安,孙谷畴,彭少麟. 不同土壤水分条件下焕镡木幼苗的生理生态特性. 生态学杂志, 2004,23 (2): 26-31
- [2] Horton JI, Kolb TE, Hart SC. Response of riparian tree to interannual variation in ground water depth in a semi-arid river basin. *Plant, Cell and Environment*, 2001, 24: 293-304
- [3] 王克勤,王斌瑞. 土壤水分对金矮生苹果光合速率的影响. 生态学报, 2002, 22: 206-214
- [4] 常杰,刘珂,葛滢,秦国强. 杭州石芥的光合特性及其对土壤水分的响应. 植物生态学报, 1999, 23: 62-70
- [5] 汪立刚,武继承,王林娟. 保水剂有效施用的土壤水分条件及对小麦的增产效果. 土壤, 2003, 35 (1): 80-82
- [6] 刘晚荷,山仑,邓西平. 干湿条件下土壤容重对玉米根系导水率的影响. 土壤学报, 2003, 40 (5): 779-782.
- [7] Hu JC, Cao WX, Zhang JB, Jiang D, Feng J. Quantifying responses of winter wheat physiological processes to soil water stress for use in growth simulating modeling. *Pedosphere*, 2004, 14 (4): 509-518
- [8] 李合生,孙群,赵世杰,章文华. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 134-137
- [9] 余华, Bee Lian ONG. 马占相思的日光合作用和日碳固定总量研究. 植物生态学报, 2003, 27 (5): 624-630
- [10] 李林锋,刘新田. 干旱胁迫对桉树幼苗的生长和某些生理生态特性的影响. 西北林学院学报, 2003, 19 (1): 14-17

- [11] 蔡锡安, 孙谷畴, 赵平, 曾小平. 土壤水分对单性木兰幼苗光合特性的影响. 热带亚热带植物学报, 2004, 12 (3): 207-212
- [12] 王磊, 任树梅, 毕勇刚, 刘洪禄, 吴文勇. 土壤水分及有机肥料对番茄叶片光合特性及叶绿素含量影响的试验研究. 灌溉排水学报, 2004, 23 (2): 66-68
- [13] 威向阳, 陈维军, 彭光华, 谢小浩. 类胡萝卜素清除 OH 效果的研究. 食品科技, 2003, 3: 39-41
- [14] 李青苗, 杨文钰. 烯效唑浸种对玉米苗期某些光合特性的影响. 植物生理学通讯, 2004, 40 (1): 31-33
- [15] Buttey BR, Buzzel RI. Relationships among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field-grown cultivars of soybean. Can. J. Plant Sci., 1981, 61: 191-198
- [16] 钟继洪, 廖观荣, 郭庆荣, 廖新荣, 李淑仪, 蓝佩玲. 不同土壤水分条件下幼龄桉树生理生态特点分析. 水土保持学报, 2003, 17 (5): 126-128

Effects of Soil Moisture Content on Physio-Ecological Characteristics of *Lonicera Japonica* Thunb Leaves

WANG Jian-wei, ZHOU Ling-yun

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

Abstract: Physio-ecological characteristics of the leaves of *Lonicera japonica* thunb growing in soils during the inspection in soil moisture content were measured and compared. Results showed that with the decrease in soil water content, the contents of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and specific weight of the leaves increased, but leaf area decreased. Drought of the soil exacerbated fluctuation of daily photosynthesis. When the relative soil moisture content was 30.01%, the valley value was 89.47% lower than the peak value. However, the total diurnal carbon fixation varied slightly. *Lonicera japonica* thunb adapted to drought by decreasing leaf area and increasing chlorophyll content and specific leaf weight.

Key words: *Lonicera japonica* thunb, Soil moisture content, Chlorophyll, Specific leaf weight, Photosynthesis