

逐渐干旱对绵毛水苏光合特性的影响

付彦彦, 周清, 司哺春, 史莹

(中国农业大学, 农业部设施农业生物环境工程重点开放实验室, 北京 100083)

摘要:以绵毛水苏为试材, 研究其在 4 种土壤相对含水量(100%、75%、50%、25%)条件下, 即在逐渐干旱条件下土壤含水量、光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度及蒸腾速率等的变化规律。结果表明:随着水分胁迫的加剧, 叶片的净光合速率(Pn)和气孔导度(Gs)下降, 胞间 CO_2 浓度(Ci)呈现在轻度和重度胁迫的条件下升高, 在中度胁迫的条件下下降的现象。表明适度的轻度水分胁迫不会显著降低绵毛水苏的净光合作用和气体交换。75%~50%的土壤相对含水量最适合绵毛水苏的生长;同时发现与干旱胁迫相比, 水分过多也不利于绵毛水苏的生长。

关键词:绵毛水苏;逐渐干旱;光合作用;蒸腾速率

中图分类号:S 682.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)02-0079-03

水分是植物生活的必要条件, 21 世纪水资源短缺和全球干旱问题越来越突出, 全球性的干旱日趋明显^[1]。因此, 加强有关植物水分需求研究对高效管理水分具有较强的现实和理论意义。光合作用是植物体内重要的代谢过程, 可以作为判断植物生长和抗逆性强弱的指标^[2]。水分胁迫与植物光合作用之间的关系在国内外已得到广泛研究。水分胁迫和干旱可以使作物从内到外发生一系列生理生态、生化及形态上的响应, 这方面已有大量研究^[3]。以往的研究发现, 高等植物叶片的光合速率随着土壤水分含量的下降而下降^[4], 随着干旱程度的逐渐加剧, 水分胁迫对苹果光合作用和光合器官的影响逐渐加强^[5]。由于不同植物间表现差异巨大, 对很多植物来说, 水分胁迫期间植物的响应还有待进一步研究。

绵毛水苏(*Stachys lanata*)为唇形科水苏属观赏花卉。近年来逐渐受到我国普通百姓和一些大型园林管理者的喜爱, 市场销售量也逐年加大。目前国内外对绵毛水苏水分胁迫与光合特性之间关系的相关研究几乎处于空白状态, 基础数据少, 影响了其市场的发展和高品质绵毛水苏植物的生产。该试验通过对水分逐渐干旱过程中绵毛水苏光合特性、气体交换、光系统的变化进行跟踪测定, 分析和阐明干旱胁迫对光合影响的机理, 为生产上绵毛水苏的节水灌溉提供理论依据。

第一作者简介:付彦彦(1989-), 女, 山西晋城人, 在读本科, 研究方向为农业生物质与能源工程。

通讯作者:周清(1969-), 女, 江苏无锡人, 硕士, 副教授, 研究方向为生态农业与有机农业及设施园艺。

收稿日期:2010-10-22

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2009 年 3~5 月在中国农业大学水利与土木工程学院屋顶智能温室中进行。选用实验室自行培育的绵毛水苏种苗为研究对象, 试验选用苗盆的规格为: D=20 cm, H=15 cm, 种苗叶片数为 6~8 片。采用预备试验选配的基质比例(膨化鸡粪:蛭石:草炭=1:2:4), pH 6.5~7.0, 在移栽时保证每盆的土重均一致, 试验材料均进行常规田间管理。

1.2 试验方法

2009 年 4 月 15 日选择植株健壮、生长一致的 4 组植株(每组植株 5 株), 充分浇水, 使土壤相对水分含量达到 100%, 然后放置温室中使其自然干旱, 每日上午 9:00 时称重, 计算土壤实际相对含水量, 在达到预期相对含水量(100%、75%、50%、25%)的日期^[3], 测定光合和叶绿素指标, 比较其差异。

叶片光合参数的测定用 Li-6400 便携式光合测定仪。在上午 9:30~10:30 统一选取绵毛水苏的顶部新梢的相邻对生叶片为测定对象挂牌标记测定, 每盆测 2 片叶, 每个处理去掉最高与最低光合速率值, 剩余 6 个光合速率的平均值即为此处理光合速率。

叶绿素含量测定采用叶绿素含量测定仪 SPAD 502 进行。选取紧邻新叶的进行测定, 每个叶片测定 3 次, 取其平均值作为该叶片叶绿素含量的最终值。

2 结果与分析

2.1 土壤相对含水量(SRWC)的变化

盆内土壤含水量用称重法进行控制, 在预备试验中测得的盆重是 0.10 kg, 田间持水量为 58.2%, 土壤干重

为 0.64 kg。由图 1 可看出,4 月 15 日对绵毛水苏植株浇透水,4 月 16 日测土壤相对含水量达 98%,然后放置于温室中使其自然失水。土壤相对含水量(SRWC)变化如图 1 所示,处理第 4 天(4 月 20 日)土壤相对含水量下降到对照 CK 组(75%左右);处理第 8 天(4 月 24 日)下降到 55%左右,达到轻度胁迫;处理第 10 天(4 月 27 日)下降到 40%左右,达到中度胁迫;处理第 13 天(4 月 29 日)下降到 30%左右,达到重度胁迫。

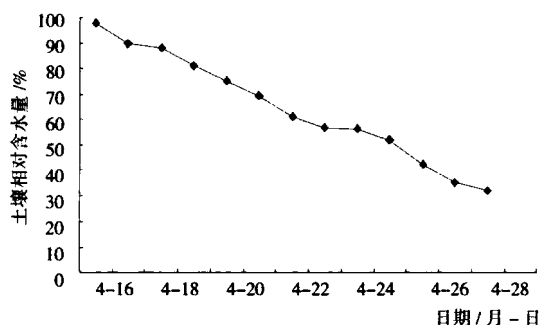


图 1 土壤相对含水量的变化

2.2 Pn 在逐渐干旱下的响应

由图 2 可看出,随着土壤相对含水量的逐渐降低,Pn 值不断下降。相对含水量由 75%到 55%(轻度干旱胁迫)的过程中,Pn 值变化不明显。随着干旱程度的加剧,Pn 不断下降,当相对含水量下降到 30%左右时(即严重干旱胁迫),Pn 值在 $6.5 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。可见,轻度水分胁迫对绵毛水苏的净光合速率影响不大。

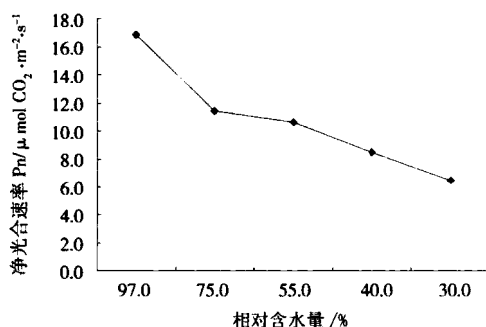


图 2 逐渐干旱过程中净光合速率的变化

2.3 Gs 在逐渐干旱下的响应

由图 3 可看出,在土壤相对含水量为 97%时,绵毛水苏的气孔导度为 $0.285 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右;到土壤相对含水量为 75%时,Gs 基本达到最大,随着水分下降,到相对含水量为 55%(轻度胁迫)左右时,Gs 为 $0.26 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,下降幅度不大;此后,Gs 的下降速度加快,到相对含水量 35%左右时(中度干旱胁迫),Gs 为 $0.07 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;到严重干旱胁迫 30%左右时,Gs

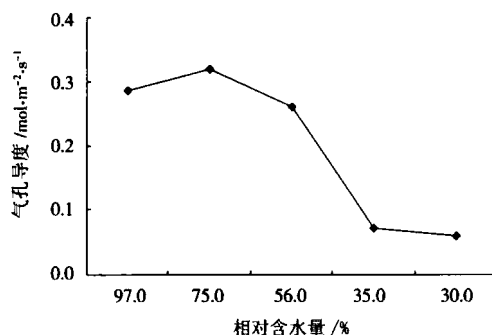


图 3 逐渐干旱时气孔导度(Gs)的变化

也略有下降。

2.4 Ci 在逐渐干旱下的响应

由图 4 可看出,Ci 值的变化趋势与 Pn 值变化趋势相比,从相对含水量为 98%(饱和含水量)降低至 75%(对照含水量时),Ci 值的变化随 Pn 变化而变化;而从相对含水量 75%减低到轻度胁迫(56%)时,Ci 值的变化随 Pn 降低而升高。当相对含水量从 35%(中度胁迫)减低到重度胁迫(30%)时,Ci 值的变化也随 Pn 降低而升高。研究发现,在水分降低初期 Ci 值的变化随 Pn 变化而变化,说明此时气孔关闭导致 CO_2 供应不足,造成 Ci 值低,在对照含水量-轻度胁迫期间,Ci 值反而升高,此时的气孔导度 Gs 也较大,说明可能是其它因素造成 Pn 降低,原因有待进一步分析。在中度至重度胁迫期间,Ci 值升高,此时的气孔导度 Gs 较小,说明非气孔限制可能已成为主要因子。

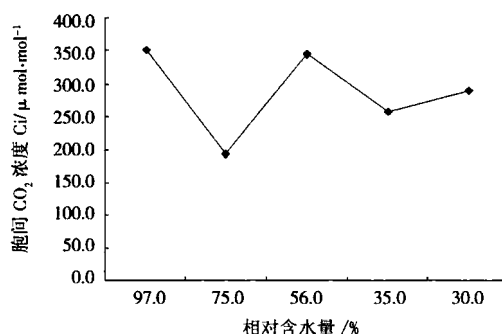


图 4 逐渐干旱时胞间 CO_2 浓度(Ci)的变化

2.5 蒸腾速率在逐渐干旱下的响应

水分胁迫可导致绵毛水苏叶气孔导度下降,同时亦可以导致绵毛水苏叶蒸腾速率的变化。影响绵毛水苏叶片蒸腾速率的因素有很多,叶片水分状况、叶片气孔开闭程度都可引起叶片的变化。从图 5 可看出,在胁迫阶段蒸腾速率均呈下降趋势,其中从对照组到轻度胁迫阶段最为显著。

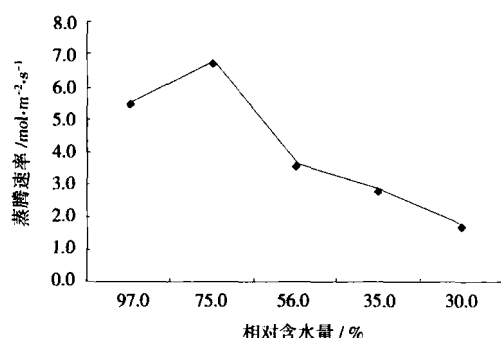


图5 逐渐干旱时蒸腾速率的变化

3 结论

试验结果表明,不同干旱条件下绵毛水苏的光合速率出现了明显的变化。在轻度胁迫和对照含水量之间(土壤相对含水量 75%~55%),光合速率下降较小,显示轻度胁迫对绵毛水苏的净光合速率影响不大。刘长利等^[6]也发现,在土壤相对含水量高于 65%的处理中,甘草的叶片光合速率与蒸腾速率有所下降,但下降的不显著。王磊等^[7]在研究干旱和复水对大豆叶片光合影响的论文中,也提到相同的论点,与该研究结论一致。说明轻度的水分胁迫为绵毛水苏较适宜的生长环境。轻度胁迫后光合速率显著下降,显示在轻度胁迫含水量至重度胁迫含水量区间,绵毛水苏的净光合速率显著降低。在基质逐渐干旱过程中,Gs 从土壤含水量 98%(水分过量)到土壤含水量 30%(对照)变化过程中,出现了先上升又下降的过程,与以往的研究类似^[8-10]。表明逐渐干旱对绵毛水苏的光合生理产生了显著的影响。

绵毛水苏植株对不同梯度水分胁迫的反应不同,在

轻度胁迫下,胞间 CO₂ 浓度值与光合速率变化趋势相反,此时的气孔导度 Gs 也较大,说明可能是其它因素造成 Pn 降低,原因有待进一步分析;在中度干旱胁迫期间,胞间 CO₂ 值与气孔导度,光合速率变化趋势相同,表明此时的光合速率降低为气孔限制;在重度干旱胁迫期间,胞间 CO₂ 值与光合速率变化趋势相反,为非气孔限制。

参考文献

- [1] SHAN L, XU M. Water-saving agriculture and its physio-ecological bases[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1991, 2(1): 70-76.
- [2] Marshall B, Roberts J A. Leaf development and canopy growth[M]. England: Sheffield Academic Press, UK, 2000.
- [3] Chaves M M, Pereira J S, Maroco J, et al. How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth[J]. Annals of Botany, 2002, 89: 907-916.
- [4] Lawlor D W, Comic G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants[J]. Plant, Cell and Environment, 2002, 25(2): 275-294.
- [5] 曹慧, 兰彦平, 高峰, 等. 土壤水分胁迫对短枝型苹果树光合速率的影响[J]. 山西农业大学学报, 2000, 20(4): 356-359.
- [6] LIU C L, WANG W Q, CUI J R, et al. Effects of drought stress on photosynthesis characteristics and biomass allocation of Glycyrrhiza uralensis [J]. Journal of Desert Research, 2006, 26(1): 42-145.
- [7] 王磊, 胡楠, 张彤, 等. 干旱和复水对大豆叶片光合及叶绿素荧光的影响[J]. 生态学报, 2007, 20(9): 3630-3636.
- [8] 王忠, 王二根, 李合生, 等. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 170.
- [9] WANG L, ZHANG T, DING S Y. Effect of drought and rewatering on photosynthesis of soybean[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(7): 2072-2078.
- [10] YANG P H, LI G Q, GUO L, et al. Effect of drought stress on plasma membrane permeability of soybean varieties during flowering-podding stage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3): 127-130.

Effects of Gradual Drought on Photosynthesis Characteristics of the *Stachys lanata*

FU Yan-yan, ZHOU Qing, SI Bu-chun, SHI Ying

(Key Laboratory of Agricultural Engineering in Structure and Environment, Ministry of Agriculture, China Agricultural University, Beijing 100083)

Abstract: Physical characteristics represented by the *Stachys lanata*, including net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), intercellular CO₂ concentration (Ci) and transpiration rate (TRN) were experimentally studied under the condition of 100%, 75%, 50% and 25% relative soil moisture contents. The results showed that Pn and Gs declined with the increase of water stress. Ci increased under the lower and higher water stress conditions, while it declined with the medium soil water stress. It states Pn and Gs of *Stachys lanata* does not significantly decline under light water stress condition. The most suitable relative-soil moisture content for the *Stachys lanata* was in the range of 50%~75%. Comparing with the drought stress, too much moisture would negatively affect the to the growth of the *Stachys lanata*.

Key words: *Stachys lanata*; gradual drought; photosynthetic rate; transpiration rate