

王 泽,田义新,林星辰,等. 干旱胁迫对薏苡光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(9):186–189.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2019.09.042

干旱胁迫对薏苡光合特性的影响

王 泽,田义新,林星辰,牛林飞,年宇娇

(吉林农业大学中药材学院,吉林长春 130118)

摘要:采用盆栽法在薏苡生长季节设 3 种水分处理(312、468 和 624 mm),研究干旱胁迫对薏苡净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)、气孔限制值(L_s)和水分利用率(WUE)日变化的影响。结果表明,3 种处理 P_n 日均值分别为 0.56、0.64 和 0.82 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; T_r 日平均值分别为 0.224、0.247、0.355 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; WUE 日平均值分别为 2.773、2.696、2.323 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ 。 P_n 、 T_r 、 WUE 值经统计分析均显示处理间差异显著($P < 0.05$),表明干旱显著降低了薏苡的光合能力。但是, G_s 、 C_i 和 L_s 日平均值均未达到显著差异($P > 0.05$),表明这 3 项光合参数与干旱关系不密切。

关键词:薏苡;水分供给量;干旱胁迫;光合特性

中图分类号: S519.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2019)09–0186–03

中药是我国一项具有自主知识产权的瑰宝,具有悠久的历史。随着中药现代化的发展,中药的相关知识也受到了世界上更多国家的关注,中药的发展趋势也越来越好。野生药材已经远远不能满足人们对药材日益增长的需求,因此中药材的栽培研究也日益重要。水分是能够影响植物生长的重要条件,但随着近些年来自然环境的变化,全球变暖问题加剧,干旱问题频繁出现以及水资源短缺等问题,研究干旱胁迫对植物的影响受到人们的重视^[1–45],如何能够最大限度地合理利用水资源也已经成为人们关注的热点。

薏苡(*Coix lacroyma-jobi* L.)为禾本科一年生草本植物,全国多数地区均有出产。薏苡是一种适应性较强的植物,适宜在温暖湿润的环境下生长,耐涝、不耐旱。长江以南各地有野生,其干燥的成熟种仁入药称为薏苡仁,性甘、淡、凉;归脾、胃、肺经。有利水渗湿,健脾止泻,除痹,排脓,解毒散结功效^[5]。随着社会的进步,人民生活品质的提高,对养生也越来越重视。作为一种药食两用的植物,薏苡具有很高的营养价值,且可以制成多种食物供人们日常食用,因此在近年来需求甚大。

根据之前的报道,干旱胁迫对植物光合作用的影响较大。马富举等发现,干旱胁迫明显抑制了小麦幼苗的干物质积累^[6]。周宇飞等研究表明干旱胁迫下高粱的气孔导度和光合速率均显著降低^[7]。敖茂宏等研究表明干旱胁迫降低了薏苡的产量^[8]。作为一种喜湿润的常用作物,研究干旱胁迫对薏苡产量的影响极其重要,而植物体中 90%~95% 的干物质来自光合作用,且干旱胁迫对薏苡光合特性的影响研究少

见报道,因此本研究采用盆栽模拟控水法研究干旱胁迫对薏苡光合特性的影响,以期为提高薏苡的品质、产量及水分利用效率和节水栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地设在吉林农业大学药用植物科技示范园。试验材料薏苡种子由吉林同仁堂 2017 年 4 月提供,经吉林农业大学田义新教授鉴定为薏苡。试验主要使用设备为便携式光合作用仪(LCi-SD),厂家为上海泽泉科技有限公司。

1.2 试验设计

试验采用盆栽模拟控水法。吉林省长春市年均降水量 570.3 mm,其中 6—9 月为薏苡生长季节,降水量为 434.3 mm,占全年降水量的 76.15%。6、7、8、9 月降水量分别占全年的比例为 17.48%、28.24%、21.31%、9.10%。本试验模拟自然降水按月降水量进行施水,分别设计了 3 个水分处理:处理 1(D_1)312 mm、处理 2(D_2)468 mm、处理 3(D_3)624 mm,以长春市降水量为标准, D_1 属重度干旱、 D_2 属轻度干旱、 D_3 属正常供水。每个处理 20 盆,按水分处理要求每隔 5 d 给水 1 次,给水时间为 17:00—18:00,给水时模拟自然降水,用喷壶将水喷洒在植株上。根据花盆的口径(20 cm)算出面积进而算出每次给水量多少,具体见表 1。试验用土为沙壤土,在 4 月末进行播种,苗出后进行间苗,每盆保留 3 株,6 月 1 日开始进行水分处理试验,9 月 30 日结束。试验在可移动透明挡雨棚内进行,晴天打开棚布,阴雨天和晚上把棚布盖好,防止自然降水。

1.3 指标测定

在 8 月中旬薏苡孕穗后期,在晴天使用光合仪测定 3 种干旱处理薏苡叶片的光合特性。08:00—16:00,每 2 h 进行 1 次测定,每个干旱处理测定已经标记好的 5 张叶片,选择大小相近、生长部位相同的叶片进行测定,3 次重复。测定的指标有净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸

收稿日期:2017–12–28

基金项目:吉林省重点科技攻关项目(编号:20160204001YY)。

作者简介:王 泽(1992—),男,吉林长春人,硕士研究生,主要从事药用植物栽培研究。E-mail:m15044154817@163.com。

通信作者:田义新,博士,教授,主要从事药用植物栽培研究。E-mail:y. x. tian2003@163.com。

表 1 薏苡不同供水处理每月及每次的供水量

处理	供水单位	供水量			
		6 月	7 月	8 月	9 月
D ₁	mm/月	54.53	88.11	66.52	28.39
	mm/次	9.08	14.68	11.08	4.73
	mL/次	285.11	460.95	347.91	148.50
D ₂	mm/月	81.80	132.16	99.78	42.59
	mm/次	13.63	22.03	16.63	7.10
	mL/次	427.90	691.74	522.18	222.94
D ₃	mm/月	109.08	176.22	133.04	56.78
	mm/次	18.18	29.37	22.17	9.46
	mL/次	570.85	922.22	696.14	297.04

腾速率(T_r)等。计算出水分利用率($WUE = P_n/T_r$)和气孔限制值($L_s = 1 - C_i/C_a$)。

1.4 统计方法

采用 SPSS 17.0 对所测得的数据进行统计分析,利用 Origin 8.0 作图。

2 结果与分析

2.1 干旱处理对薏苡净光合速率的影响

净光合速率指光合作用速率减去呼吸作用速率,体现了植物有机物的积累^[9]。由图 1 可以看出,D₂ 和 D₃ 处理在 08:00 后随着光照度的增加净光合速率也随之增加,12:00 后开始下降,属于单峰曲线,净光合速率在 12:00 时达到峰值;而 D₁ 处理的净光合速率呈现双峰曲线,分别在 10:00 和 14:00 达到峰值,表现出“光合午休”现象^[10]。分析原因可能是干旱导致植物气孔关闭以防止水分的流失,从而在 10:00 后净光合速率明显下降。D₁、D₂、D₃ 处理的日平均净光合速率分别为 0.56、0.64、0.82 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间差异显著($P < 0.05$),表明干旱对净光合速率的影响比较明显,由此可以推出干旱在很大程度上会抑制薏苡干物质的积累进而影响薏苡的产量。

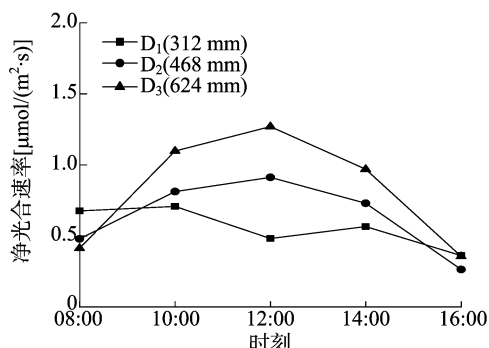


图 1 干旱处理对薏苡净光合速率日变化的影响

2.2 干旱处理对薏苡气孔导度日变化的影响

气孔导度反映了植物气孔传导水汽和 CO₂ 的能力,植物通过改变气孔的张开程度来控制与外界水汽和 CO₂ 的交换,进而调节植物的蒸腾速率和光合速率,以适应不同的环境条件^[11]。由图 2 可以看出,D₁ 和 D₂ 处理下薏苡的气孔导度很相近,08:00 达到最高,08:00—10:00 呈下降趋势,这是由于蒸腾作用失水增强,导致气孔关闭,气孔导度降低。而 D₃ 处理薏苡的气孔导度则明显高于 D₁ 和 D₂,且 08:00—10:00 呈

上升趋势,分析原因可能是 D₃ 处理薏苡的水分充足,导致蒸腾作用增强,气孔打开,气孔导度升高。D₁、D₂、D₃ 处理的日平均气孔导度分别为 0.009、0.009、0.012 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间差异不显著,表明干旱对薏苡的气孔导度的影响不显著。

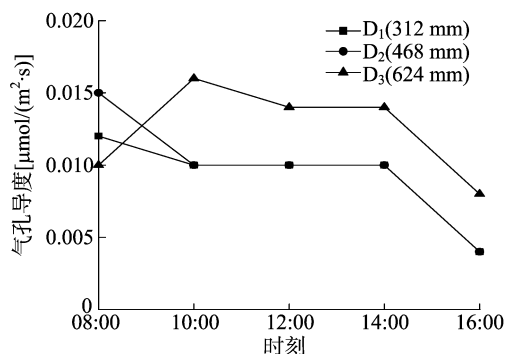


图 2 干旱处理对薏苡气孔导度日变化的影响

2.3 干旱处理对薏苡胞间 CO₂ 浓度日变化的影响

胞间 CO₂ 浓度是光合生理研究中非常重要的参数,特别是在光合作用的气孔限制分析中,是判断光合速率变化的主要原因和是否为气孔因素的必不可少的依据^[12]。由图 3 可以看出,08:00—10:00 时 3 种干旱处理薏苡的胞间 CO₂ 浓度均快速下降,这是由于温度升高,导致净光合速率升高,胞间 CO₂ 浓度降低^[10-11]。D₁ 处理薏苡的胞间 CO₂ 浓度在 10:00 后明显上升后下降也与净光合速率的变化有关,D₂ 和 D₃ 处理薏苡的胞间 CO₂ 浓度很相近。D₁、D₂ 和 D₃ 处理薏苡的日平均胞间 CO₂ 浓度分别为 257.76、237.23、238.14 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,处理间差异不显著,表明干旱对薏苡的胞间 CO₂ 浓度影响不显著。

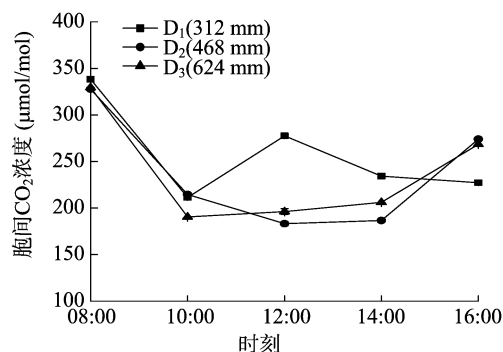


图 3 干旱处理对薏苡胞间 CO₂ 浓度日变化的影响

2.4 干旱处理对薏苡蒸腾速率日变化的影响

蒸腾作用是植物重要的生理过程之一,植物通过蒸腾作用来调节叶面温度、运输所需的矿物质和光合所需的水分^[13]。由图 4 可以看出,3 种干旱处理薏苡的蒸腾速率变化趋势几乎一致,08:00—10:00 时 3 种干旱处理薏苡的蒸腾速率快速上升,这是由于温度升高导致植物需要蒸腾作用以降低植物体的温度^[12];10:00—14:00 蒸腾速率几乎不变,这是由于植物要保持自身水分。D₁、D₂ 和 D₃ 处理薏苡的日平均蒸腾速率分别为 0.224、0.247、0.355 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间差异显著($P < 0.05$),表明干旱对薏苡的蒸腾速率影响显著。

2.5 干旱处理对薏苡气孔限制值日变化的影响

气孔限制是指气孔导度降低,进入气孔的 CO₂ 减少,不

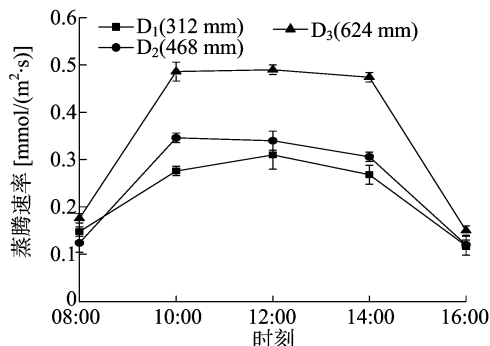


图4 干旱处理对薏苡蒸腾速率日变化的影响

能满足光合作用的要求^[12,14]。由图5可以看出,3种处理薏苡气孔限制值08:00—10:00均升高。D₁处理薏苡的气孔限制值在10:00—12:00下降,这与其胞间CO₂浓度的变化有关。因为10:00—12:00净光合速率下降导致其胞间CO₂浓度升高进而导致气孔限制值降低。D₂和D₃处理薏苡的气孔限制值早晚较低,峰值均出现在10:00—14:00。D₁、D₂和D₃处理薏苡的日平均气孔限制值分别为0.356、0.407、0.405,处理间差异不显著,表明干旱对薏苡的气孔限制值影响不显著。

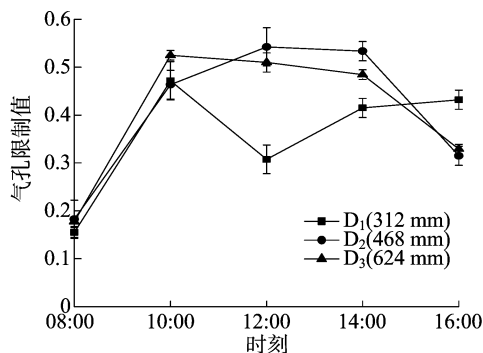


图5 干旱处理对薏苡气孔限制值日变化的影响

2.6 干旱处理对薏苡水分利用效率日变化的影响

水分利用效率指植物每消耗单位含水量生产干物质的量(或同化二氧化碳的量)^[15]。由图6可以看出,D₂和D₃处理薏苡的水分利用率变化趋势基本一致;而D₁在12:00水分利用率最低,且重度干旱薏苡的水分利用率日变化幅度比较大,而正常供水处理薏苡的水分利用率变化幅度则较小,说明干旱对其影响很大^[13]。D₁、D₂和D₃处理薏苡的日平均水分利用率分别为2.773、2.696、2.323 mmol/mol,处理间差异显著($P < 0.05$),表明干旱处理对薏苡的水分利用率影响显著。

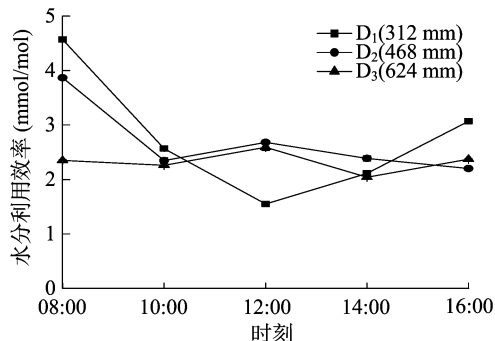


图6 干旱处理对薏苡水分利用率日变化的影响

3 结论与讨论

植物在干旱条件下,通常是首先关闭气孔减少蒸腾作用,阻止CO₂进入,通过气孔和非气孔限制因素抑制植物的光合作用。通常认为植物在受到干旱胁迫后光合作用降低的原因主要是气孔导度降低,进入气孔的CO₂不能满足光合作用的要求,称为光合作用的气孔限制,用气孔限制值(L_s)表示;另一方面由于温度升高,核酮糖二磷酸(RuBP)羧化酶再生能力下降,RuBP羧化酶与叶绿体活性下降,导致光合作用能力显著降低称为光合作用的非气孔限制。 L_s 和 C_i 是判断是否为气孔限制因素的主要依据,当 L_s 降低并且 C_i 升高时,光合作用的限制因子是非气孔因素,即叶肉细胞的光合能力^[16-17]。本研究处理D₁中薏苡出现了“光合午休”现象,在气孔导度和净光合速率下降的情况下胞间CO₂浓度升高,由此可知D₁处理薏苡的光合能力降低是由非气孔因素造成的。而D₂、D₃处理中薏苡没有表现出“光合午休”现象,反而随着温度的升高净光合速率升高,这是由于薏苡属于C₄类植物并且水分达到了光合作用的要求,因此通过调控土壤水分促使蒸腾速率和气孔导度向有利于提高植物光合速率方向变化是提高薏苡净光合速率的有效措施。

本研究首次以长春市降水量为参照设置的供水处理条件。研究结果表明,3种处理 P_n 日均值分别为0.56、0.64和0.82 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,干旱胁迫下薏苡的 P_n 值较正常供水处理低,但干旱胁迫薏苡的 P_n 较正常条件下差距更大。 P_n 、 T_r 、 WUE 值经统计分析均显示处理间差异显著($P < 0.05$),表明干旱胁迫明显降低了薏苡的光合能力,进而可能影响薏苡的产量和营养价值。

干旱胁迫对植物的多种生命活动存在影响,是对植物影响最大的逆境因子。根据先前的报道,通过植物多种生理指标的影响可以判断干旱胁迫对植物的影响。由于本试验没有检测薏苡有效成分和产量,因此未能说明干旱胁迫对植物有效成分有影响,因此同分析化学、分子生物学等多学科结合判定生理指标和成分有无变化将成为后续试验的研究重点。为了最大限度地提高薏苡的产量和水分利用效率,建议吉林省薏苡的规模种植区应选择在水分充足生长季节降水量达600 mm以上的地区。

参考文献:

- [1] Ehlers W, Goss M. Water dynamics in plant production [M]. Wallingford: CABI Publishing, 2016: 25-27.
- [2] Ghobadi M, Taherabadi S, Ghobadi M E, et al. Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in response to drought stress [J]. Industrial Crops and Products, 2013, 50(1): 29-38.
- [3] 刘国庆, 李伟, 李海权, 等. 薏苡生物学研究进展 [J]. 河北农业科学, 2015, 17(4): 1-5, 28.
- [4] 周祥, 周蓉, 马臣丰, 等. 不同育苗方式对薏苡生长与产量的影响 [J]. 热带农业科学, 2014, 34(6): 20-23.
- [5] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 316-317.
- [6] 马富举, 李丹丹, 蔡剑, 等. 干旱胁迫对小麦幼苗根系生长和叶片光合作用的影响 [J]. 应用生态学报, 2012, 23(3): 724-730.

徐 阳, 龚榜初, 江锡兵, 等. 不同栗药模式中板栗产量与品质分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(9): 189–193.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.043

不同栗药模式中板栗产量与品质分析

徐 阳¹, 龚榜初¹, 江锡兵¹, 胡卫滨², 陈喜良³, 吴开云¹, 孙维敏¹

(1. 中国林业科学院亚热带林业研究所/浙江省林木育种技术研究重点实验室, 浙江富阳 311400;

2. 浙江省金华武义县林业科技推广站, 浙江武义 321200; 3. 浙江万寿康生物科技有限公司, 浙江武义 321200)

摘要:为筛选高效栗药种植模式, 构建板栗-覆盆子、板栗-铁皮石斛、板栗-三叶青、板栗-白芨 4 种栗药种植模式, 并进行板栗产量与品质分析。结果表明, 栗药模式单株板栗及栗仁产量分别比板栗纯林显著提高 10%~40% 与 24.31%~71.10%。板栗-铁皮石斛、板栗-三叶青模式单栗质量比板栗纯林分别显著提高 19.24%、10.79%, 但板栗-覆盆子模式单栗质量只相当于板栗纯林的 86.10%。去除栗壳影响, 各栗药模式单栗仁质量增幅加大, 其中板栗-三叶青模式单栗仁显著提高 42.91%。栗仁主要矿质元素含量也显著提升, 栗仁磷、钾含量分别提高 34.78%~81.62%、64.37%~82.30%; 栗仁钙、镁元素含量分别提高 135.64%~238.14%、36.54%~54.45%。而营养成分指标存在较大分化, 栗仁可溶性总糖含量、脂肪含量等指标反而显著低于板栗纯林, 板栗-三叶青模式中栗仁淀粉含量比纯林提高 3.51%。依据品质性状模糊分析, 板栗-三叶青栗仁综合品质最佳, 板栗-铁皮石斛模式栗仁综合品质反而低于板栗纯林。表明板栗-三叶青种植模式中板栗产量与品质表现最佳。

关键词:栗药模式; 板栗产量; 板栗品质

中图分类号: S664.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0189-05

板栗(*Castanea mollissima* Blume)栽培面积广, 涉业人员众多^[1], 但目前板栗园普遍出现低产低效现象, 导致部分栗农生产积极性不高, 出现许多放弃板栗园管理现象, 严重阻碍了板栗产业发展。如何提高板栗林地产出率 and 经济效益, 增加山区栗农收入, 是目前亟待解决的问题^[1-4]。

板栗林下进行有机耐阴中草药种植, 短期内能产生较高的经济效益^[4-5], 如中原地区板栗-天麻(*Gastrodia elata* Bl.)^[6]与辽东地区板栗-关玉竹[*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce] 模式^[7]可帮助当地栗农产生最高收益

15 万元/hm² 左右。因此, 充分利用板栗林地空间、土壤、水源条件, 改变单一种植模式, 将板栗林培育和中草药生产有机结合, 科学发展栗药套种是增加栗农收入可行且有效的途径^[5-7]。

中原地区板栗-天麻与辽东地区板栗-关玉竹模式, 缺乏在各地应用的科学经验, 且考虑到药材道地性原则, 这些模式在华东地区推广时尚需详细的可行性论证。与此同时, 我国华东地区特色的三叶青、铁皮石斛、覆盆子等林药模式^[8-9]效益极为可观, 但相应栗药模式尚未建立, 也缺乏系统研究。

总之, 栗农急切的增收需要与目前匮乏的栗药模式之间的矛盾日益突出, 亟需建立多种栗药模式, 进行系统评价, 筛选各地适宜的栗药模式。而开展栗林下中药材种植对板栗产量和品质影响的评估是栗药模式筛选的基础。本研究以三叶青(*Tetrastigma hemsleyanum*)、铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)、覆盆子(*Rubus chingii*)、白芨(*Bletilla striata*)材料, 构建多种栗药种植模式, 对不同种植模式中板栗产量与品质进行测定分析, 为高效栗药种植模式的筛选提供基础, 以期更好地服务新农村建设, 促进板栗产业快速发展。

收稿日期: 2018-03-07

基金项目: 浙江省公益技术研究农业项目(编号: 2015C32072)。

作者简介: 徐 阳(1986—), 男, 安徽阜阳人, 博士, 助理研究员, 主要从事经济林高效栽培技术研究。E-mail: xuyang198610@163.com。

通信作者: 龚榜初, 博士, 研究员, 主要从事经济林良种选育与高效栽培技术研究。E-mail: gongbc@126.com。

[7] 周宇飞, 王德权, 陆樟镛, 等. 干旱胁迫对持绿性高粱光合特性和内源激素 ABA、CTK 含量的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(4): 655–663.

[8] 敖茂宏, 宋智琴, 申 刚, 等. 干旱胁迫对薏苡叶片生理指标及产量和籽粒品质的影响[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(1): 213–214.

[9] 王俊侠, 范惠菊. 水分和钾肥对冬小麦旗叶光合特性的影响[J]. 河北农业科学, 2006, 10(3): 43–45.

[10] 刘蔚漪, 辉朝茂, 陆燕元, 等. 牡竹属 3 种竹种光合特性及其影响因子分析[J]. 热带作物学报, 2016, 37(9): 1781–1786.

[11] 刘 婧, 王宝山, 谢先芝. 植物气孔发育及其调控研究[J]. 遗传, 2011, 33(2): 131–137.

[12] 徐俊增, 彭世彰, 魏 征, 等. 节水灌溉水稻叶片胞间 CO₂ 浓度

及气孔与非气孔限制[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 76–80.

[13] 廖 行, 王百田, 武 晶, 等. 不同水分条件下核桃蒸腾速率与光合速率的研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(4): 30–34.

[14] 叶子飘, 于 强. 植物气孔导度的机理模型[J]. 植物生态学报, 2009, 33(4): 772–782.

[15] 张 娟, 张正斌, 谢惠民, 等. 小麦叶片水分利用效率及相关生理性状的关系研究[J]. 作物学报, 2005, 31(12): 1593–1599.

[16] 韩 梅, 林春新, 杨利民, 等. 水因子对东北铁线莲光合特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(10): 213–217.

[17] 李慧玲, 白 岩, 李雁鸣. 薏苡生育期中叶片光合性能的研究[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(5): 9–14.