

贾文君, 万景刚, 徐冰, 等. 根际交替灌溉技术在荔枝上的应用效果研究 [J]. 福建农业学报, 2013, 28 (2): 129-133.

JIA W-J, WAN J-G, XU B, et al. A Preliminary Study on Partial Rootzone-drying Irrigation for Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2013, 28 (2): 129-133.

## 根际交替灌溉技术在荔枝上的应用效果研究

贾文君, 万景刚, 徐冰, 何欣, 王永梅, 周开兵

(海南大学热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室, 海口 570228)

**摘要:**以南岛无核荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn. cv Nandao seedless fruit) 成年树为试材, 研究根际交替灌溉技术 (PRD) 对树体生长、结果和叶片碳水化合物积累的影响。结果显示: PRD 的新梢生长量显著小于正常灌溉对照 (CK) 的, 而大于灌水量减半处理 (HN) 的。PRD 的株产最高, HN 的最低。PRD 的果实品质因素中除出汁率显著低于 CK 的外, 其余各因素则显著高于 CK 的或与其无显著差异; HN 的除果形指数显著高于 PRD 和 CK 的外, 其余品质因素则显著低于 PRD 和 CK 的或与其无显著差异; 可见, 以 PRD 的果实综合品质表现最佳。PRD 叶片的叶绿素 a、14 d 后的叶绿素 a/b 值和可溶性糖含量、净光合速率、淀粉含量均呈现最高趋势, 其呼吸速率呈现低于 HN 的趋势, 表明 PRD 能增强叶片光合作用和促进叶片碳水化合物积累。

**关键词:** 根际交替灌溉 (PRD); 南岛无核荔枝; 生长; 结果; 碳水化合物积累

**中图分类号:** S 667

**文献标识码:** A

### A Preliminary Study on Partial Rootzone-drying Irrigation for Litchi (*Litchi chinensis* Sonn)

JIA Wen-jun, WAN Jin-gang, XU Bing, HE Xin, WANG Yong-mei, ZHOU Kai-bing

(Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources,  
Hainan University, Ministry of Education, Haikou, Hainan 570228, China)

**Abstract:** Nandao seedless litchi (*Litchi chinensis* Sonn) trees were used to study the effect of the partial rootzone-drying (PRD) irrigation method on the growth, fruit-bearing and carbohydrate accumulation in leaves of the trees. The results showed that PRD retarded the shoot growth as compared with the normal irrigation (CK), but did not in comparison with that when the irrigation was done by reducing half of the regular amount of water in the rootzone (HN). The fruit yield under PRD irrigation was significantly the highest, and significantly the lowest under HN, among the treatments and control. On fruit quality, except for juiciness, PRD produced better or similar characteristics in comparison to CK. Other than shape of the fruits, HN yielded considerably inferior fruits to CK or PRD. Overall, PRD was considered the most desirable irrigation method. The contents of chlorophyll a and starches in leaves, net photosynthetic rate of leaves, leaf chlorophyll a/b ratio, and sugar content after 14d were highest among the three methods when PRD was applied. Furthermore, the respiratory rate of the tree leaves when PRD was used appeared lower than HN. It suggested that PRD could enhance the photosynthesis and improve the carbohydrate accumulation in leaves.

**Key words:** Partial rootzone-drying irrigation; Nandao seedless litchi; growth; fruit-bearing; carbohydrate accumulation

南岛无核荔枝是海南省特产荔枝品种, 其果实无核、可食率高、柔嫩多汁、较耐贮运, 是我国荔枝产区热推的新品种, 在海南省海口市火山口地区

实现了规模化商业栽培。但是, 南岛无核荔枝的抗旱性较差, 海口市火山口地区年降雨量低且水源不足, 致使南岛无核荔枝大量落花落果<sup>[1]</sup>。为了保证

收稿日期: 2012-12-04 初稿; 2013-01-08 修改稿

作者简介: 贾文君 (1977-), 女, 硕士, 讲师, 从事园艺植物栽培生理研究

通讯作者: 周开兵 (1969-), 男, 博士, 教授, 从事园艺植物栽培生理研究 (E-mail: kaibinzhou0528@163.com)

基金项目: 海南省教育厅高等学校科学研究项目 (Hjkj2011-14); 海南省星火产业带专项资金项目 (HNXH201224)

南岛无核荔枝充分表现出其优良品种特性,有必要解决其旱害问题。立足于海口市火山口地区的水资源条件,有必要对其开展节流灌溉技术的创新研究。

根际交替灌溉技术 (partial rootzone drying, PRD) 是一种较为广泛应用的节流灌溉技术,其以刺激植物根系吸水功能和改变根区剖面土壤湿润方式为核心,调节气孔开度,减少植株“奢侈”蒸腾,提高土壤水分利用效率,从而达到节水、高产、优质的目的<sup>[2]</sup>。在葡萄、梨和西红柿上,采用 PRD 技术可以提高产量、改善果实品质和避免旱害<sup>[3-5]</sup>。

笔者曾报道过 PRD 在南岛无核荔枝上的应用效果,表明 PRD 未引起减产、果实品质变劣和旱害;因降低生产成本,建议在水源不足的荔枝产区采用 PRD 技术来解决荔枝生产中水分管理问题<sup>[6]</sup>。在此基础上,本试验进一步探讨了 PRD 在南岛无核荔枝上的应用效果及其成因,从 PRD 对南岛无核荔枝叶片光合速率和碳水化合物积累的影响角度来探讨 PRD 具有良好生产效果的生理机理,为后续理论和灌溉技术创新的研究提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试验地

试验在海南省海口市秀英区永兴镇儒吴村荔枝园进行。该果园位于火山口地区,土壤由火山灰成土母质风化而成,土层薄;年降雨量低于海南省其他地区,在南岛无核荔枝花期和果实生长发育期(3~6月)经常出现干旱。果园铺设微喷系统,每单株离主干 20 cm 处安装微喷头(水压 250 kPa、流量 6.1 L·h<sup>-1</sup>)。样树选择以本砧作砧木、12 年生、生长势和树冠大小基本一致、无病虫害和机械伤的南岛无核荔枝 15 株。

### 1.2 试验设计

试验包含 3 个处理水平,即正常灌溉为对照(CK),根际交替灌溉 (PRD) 和灌溉量减半灌溉 (HN)。具体灌水方法为:在样树树盘覆盖农膜避雨,每周灌溉 1 次;CK 为每次从 8:00 至 16:00 全树盘灌溉;PRD 即主干两侧树盘在前后连续两次灌溉中轮流灌溉和干旱,每次从 8:00 至 12:00 对一侧半树盘灌溉;HN 为每次从 8:00 至 12:00 全树盘灌溉。CK 灌水量(约 50 kg·株<sup>-1</sup>)是依据业主多年灌溉经验而确定的,根据喷头流量确定每次正常灌溉时间为 8 h。单株小区,5 次重复,完全随机排列。

### 1.3 取样与样品处理

2012 年 5 月 12 日至 6 月 9 日止,每次灌溉处理(6 月 9 日停止处理)之前,在树冠中部外围当年生营养枝中部按每株 30 片随机采集选择叶样,在田间测定完其净光合速率和呼吸速率后,采摘叶片。6 月 9 日,在树冠外围中部按照每株 1 kg 随机采果样。所采集的全部叶样和果样及时就地液氮速冻,带回实验室储存在-80℃超低温冰柜中备用。

### 1.4 测定方法

在田间对每株树随机选取当年生春梢 30 支,采用卷尺测定各新梢生长量,以其平均值作为各重复的新梢生长量观测值;在田间对供试单株采果直接测定株产;单果重、果实可食率和出汁率采用 0.01 g 精度的电子天平测定;果径采用卡尺测定,然后计算果形指数;叶片叶绿素含量测定采用改良 Arnon 法<sup>[7]</sup>;果肉和叶片可溶性糖、叶片淀粉含量测定采用蒽酮比色法<sup>[7]</sup>;果肉总酸含量测定采用 NaOH 中和滴定法,按照柠檬酸换算总酸含量,计算糖酸比;Vc 含量采用 2,6-二氯酚靛酚染料法测定;叶片净光合速率和呼吸速率在田间采用北京雅欣理仪科技有限公司制造的 Yaxin-1100 光合呼吸测定仪测定,操作参照仪器说明书执行。单果重、果实可食率和出汁率、果形指数的观测,处理和对照的每次重复取 5 个果作为样果,以 5 个样果观测值的平均值作为各次重复的观测值;果肉和叶片可溶性糖、叶片淀粉、果肉酸和 Vc 等的含量测定,处理和对照的每次重复制备 3 个测样,以 3 个测样观测值的平均值作为各次重复的观测值。

### 1.5 统计方法

采用 SAS 软件 ANOVA 过程作处理的差异显著性分析;采用 DUNCAN 法作多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对新梢生长量的影响

不同处理对新梢生长量的影响如图 1 所示。PRD 的新梢生长量小于 CK 的,但大于 HN 的,相互间差异显著 ( $P<0.05$ )。说明 PRD 和 HN 均不同程度地抑制树体新梢生长。

### 2.2 对株产的影响

不同处理对株产的影响如图 2 所示。CK 的株产低于 PRD 的而高于 HN 的,相互间差异显著。说明 PRD 能提高产量而 HN 则引起减产。

### 2.3 对果实品质的影响

不同处理对果实品质的影响如表 1 所示。PRD 除其出汁率极显著低于 CK 的外,其余各品质因素

极显著 ( $P<0.01$ ) 或显著高于 CK 的或与 CK 的差异不显著 ( $P<0.05$ )。HN 的果形指数显著高于 PRD 的而与 CK 的无显著差异,糖酸比显著高于 CK 的而与 PRD 的无显著差异, Vc 含量极显著高于 CK 的而极显著低于 PRD 的, 其余品质因素则显著低于 CK 和 PRD 的或与 CK 和 PRD 的差异不显著。可见, PRD 改善了果实的综合品质, 而 HN 引起果实综合品质劣变。

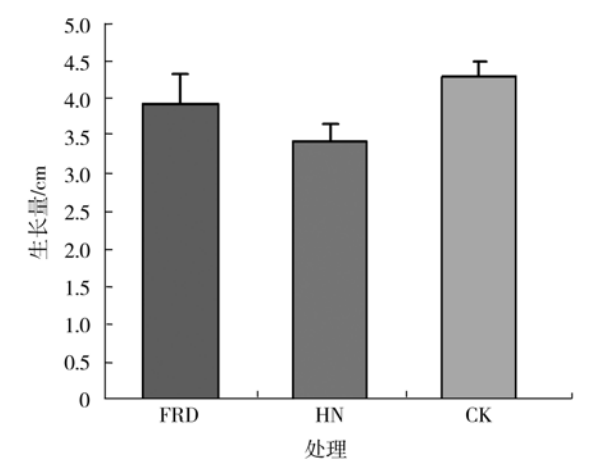


图 1 不同处理对新梢生长量的影响  
Fig. 1 Effect of irrigation methods on shoot growth

2.4 对叶片叶绿素 a 含量和叶绿素 a/b 值的影响

不同处理对叶片叶绿素 a 含量的影响如图 3 所示。PRD 的叶片叶绿素 a 含量除第 0 d 外一直高于 CK 和 HN 的, 差异显著或极显著。在前 7 d, HN 的叶片叶绿素 a 含量与 CK 的差异不显著, 自第 14 d 至第 21 d, 极显著或显著低于 CK, 第 28 d 又与 CK 差异不显著。

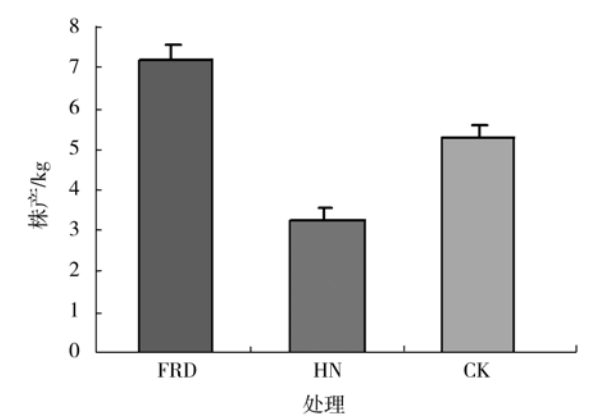


图 2 不同处理对株产的影响  
Fig. 2 Effect of irrigation methods on fruit yield of a single tree

表 1 不同处理对果实品质的影响  
Table 1 Effect of irrigation methods on fruit quality

处理	单果重 /g	果形指数	可食率 /%	出汁率 /%	可溶性糖含量 /%	可滴定酸含量 /%	糖酸比	Vc 含量 / (mg · 100mL <sup>-1</sup> )
PRD	29.20±0.83a	0.93±0.07b	78.19±0.61a	56.15±0.64B	30.80±0.28A	0.32±0.03ab	95.78±11.53ab	24.83±1.48A
HN	26.83±0.56b	1.04±0.01a	76.64±0.51b	55.73±0.56B	30.00±0.48B	0.27±0.06b	114.52±14.84a	17.28±3.28B
CK	29.75±1.31a	0.98±0.02ab	79.41±1.02a	57.24±0.29A	29.41±0.30B	0.37±0.03a	79.84±7.74b	11.45±1.15C

注: 同列数据后不同大小写字母分别表示差异在极显著水平 ( $P<0.01$ ) 和显著水平 ( $P<0.05$ )。

不同处理对叶片叶绿素 a/b 值的影响如图 4 所示。在第 7 d, PRD 叶片叶绿素 a/b 值显著低于 CK 和 HN 的, 但在第 14 d 后, 则极显著或显著高于 CK 和 HN 的。HN 的则一直与 CK 的无显著差异。

可见, PRD 促进叶绿素 a 含量和叶绿素 a/b 值提高而可能促进光能转化, 而 HN 在中后期则引起叶绿素 a 含量下降而表现出早害。

2.5 对叶片净光合速率和呼吸速率的影响

不同处理对叶片净光合速率的影响如图 5 所示。PRD 的净光合速率除第 0 和 28 d 与 CK 无显著差异外, 其余时间则一直极显著高于 CK 和 HN 的。HN 的净光合速率除第 0 d 与 CK 差异不显著外, 在其余时间则均极显著低于 CK 的。

不同处理对叶片呼吸速率的影响如图 6 所示。PRD 的呼吸速率一直极显著低于 HN 的; 14 d 前极显著高于 CK 的, 第 21 d 后, 极显著低于 CK 的或与 CK 的无显著差异。HN 的叶片呼吸速率除在第 0 d 与 CK 和 PRD 的、第 21 d 与 CK 的无显著差异外, 在其余时间则一直极显著高于 PRD 和 CK 的。

可见, PRD 能提高叶片净光合速率和抑制呼吸速率, 能促进碳水化合物积累; HN 则抑制叶片净光合速率, 提高叶片呼吸速率, 不利于叶片碳水化合物积累。

2.6 对叶片可溶性糖和淀粉含量的影响

不同处理对叶片可溶性糖含量的影响如图 7 所示。PRD 的叶片可溶性糖含量在第 0~14 d 与 HN

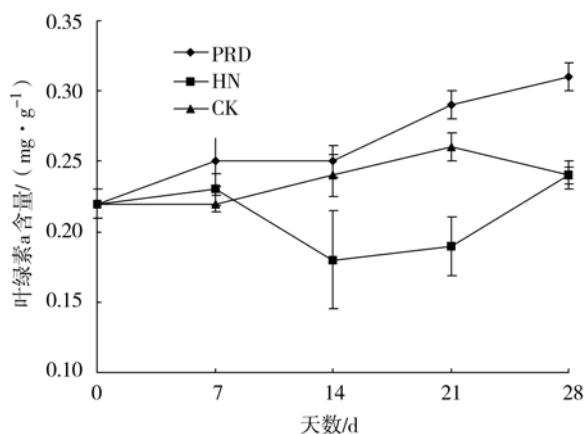


图 3 不同处理对叶片叶绿素 a 含量的影响

Fig. 3 Effect of irrigation methods on chlorophyll a in leaves

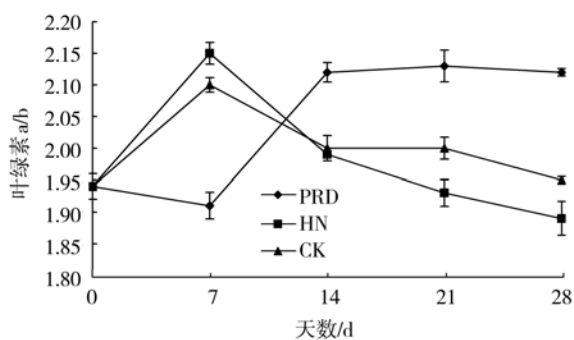


图 4 不同处理对叶片叶绿素 a/b 的影响

Fig. 4 Effect of irrigation methods on chlorophyll a/b ratio in leaves

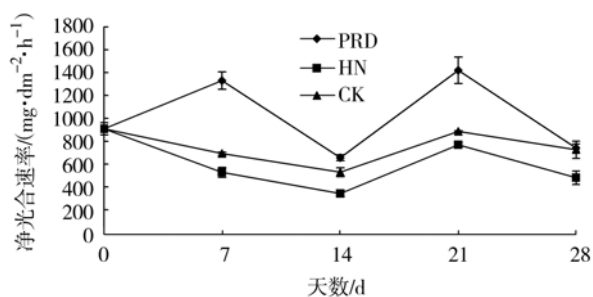


图 5 不同处理对叶片净光合速率的影响

Fig. 5 Effect of irrigation methods on net photosynthetic rate of leaves

的无显著差异；第 21、28 d，则极显著高于 HN 的。在第 7 d，PRD 的可溶性糖含量显著低于 CK，第 0、14 和 28 d，与 CK 的无显著差异，第 21 d 极显著高于 CK。HN 的叶片可溶性糖含量在第 7、21 和 28 d 极显著低于 CK；在第 0 和 14 d，与 CK 无显著差异。

不同处理对叶片淀粉含量的影响如图 8 所示。

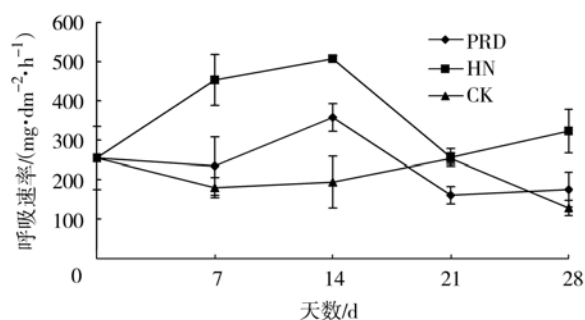


图 6 不同处理对叶片呼吸速率的影响

Fig. 6 Effect of irrigation methods on respiratory rate of leaves

PRD 的叶片淀粉含量一直极显著高于 HN 的；第 14 d 时显著高于 CK 的，其余时间里与 CK 的无显著差异。第 0 和 14 d，HN 的叶片淀粉含量与 CK 的无显著差异，在其余时间里极显著低于 CK 的。

可见，PRD 能提高叶片可溶性糖和淀粉含量，促进碳水化合物积累；HN 的叶片可溶性糖和淀粉含量则一直处于最低趋势，碳水化合物积累最少。

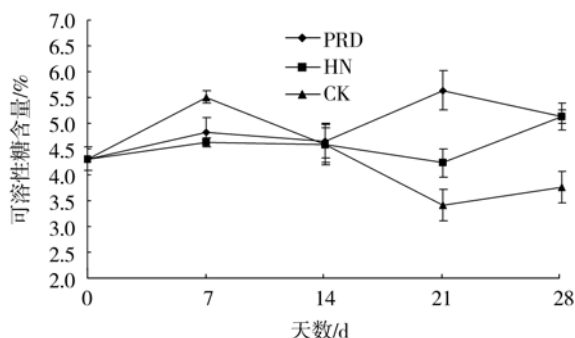


图 7 不同处理对叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 7 Effect of irrigation methods on sugar content in leaves

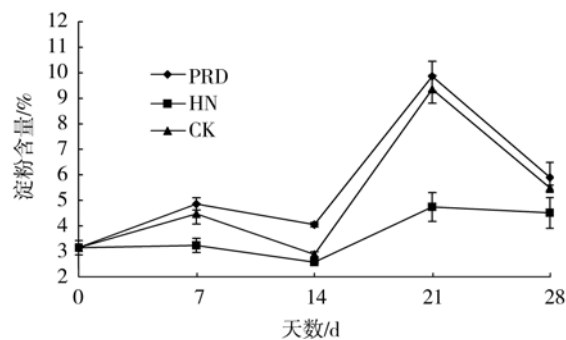


图 8 不同处理对叶片淀粉含量的影响

Fig. 8 Effect of irrigation methods on starch content in leaves

### 3 讨论与结论

#### 3.1 PRD在南岛无核荔枝上的应用效果

本试验结果表明,与CK相比,PRD抑制新梢生长,提高产量,改善果实品质,树体未发生旱害现象。这与前人在酿酒和鲜食葡萄、梨上的试验结果一致<sup>[3-5]</sup>。与笔者此前在同一果园试验的试验结果出现不同点,以前报道PRD产量和果实品质与CK的均无显著差异<sup>[6]</sup>,本试验结果则表明PRD能提高产量和改善品质。这可能是年际间差异,但均能肯定PRD不会引起减产和果实品质劣变。PRD还能减少灌水量,节省人工,从而降低生产成本,值得在干旱且水源不足的荔枝产区推广应用的。

#### 3.2 PRD具良好效果的成因分析

本试验结果表明,PRD能提高叶片光合能力,抑制叶片呼吸作用,因而,叶片碳水化合物积累比HN和CK多;又由于PRD的新梢生长也受到一定程度抑制,相比较CK,其更有利于果实生长发育,从而增产和改善果实品质。可见,从碳水化合物代谢角度看,这就是PRD增产和改善果实品质的成因。

本试验结果也从光合作用和呼吸作用角度反映HN出现了一定程度的旱害,与笔者此前的报道HN引起叶片旱害的结果是一致的<sup>[6]</sup>。干旱能抑制植物营养生长,破坏叶绿素,抑制叶片光合作用,加强呼吸作用<sup>[8-12]</sup>,本试验结果在这些方面均得到清晰体现。由于HN单叶光合能力下降,呼吸作用加强,决定叶片碳水化合物积累减少;由于其新梢生长量最小,其叶片总面积大幅度减小,导致树体生物产量低。从碳水化合物代谢角度看,这就

是HN减产和果实品质变劣的成因。

#### 参考文献:

- [1] 周开兵,李海兰,张伟英,等.南岛无核荔枝抗旱性和旱害表现初探[J].山地农业生物学报,2009,28(3):198—202.
- [2] 丁三姐,魏钦平,徐凯.果树节水灌溉研究进展[J].北方园艺,2006,(4):69—71.
- [3] 杜太生,康兆忠,胡笑涛,等.果树根系分区交替灌溉研究进展[J].农业工程学报,2005,21(2):172—178.
- [4] ZEBE-DOMINGUEZ J A, BEHBOUDIAN M H, LANG A, et al. Deficit irrigation and partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in ‘Petopride’ processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) [J]. Scientia Horticultureae, 2003, 98: 505—510.
- [5] 孙景生,康绍忠,蔡焕杰,等.控制性交替灌溉技术研究进展[J].农业工程学报,2001,17(4):1—5.
- [6] 周开兵,符方杰,陈小亮,等.根际交替灌溉技术在荔枝上的应用效果初探[J].山地农业生物学报,2008,27(6):498—502.
- [7] 韩振海,陈昆松.实验园艺学[M].北京:高等教育出版社,2006:349—351,389—392.
- [8] ALBERTE R S, THORNBUR J P, FISCUS E L. Water stress effects in the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplasts of maize [J]. Plant Physiology, 1977, 59: 381—383.
- [9] 李清明,刘彬彬,邹志荣. CO<sub>2</sub>浓度倍增对干旱胁迫下黄瓜幼苗光合特性的影响[J].中国农业科学,2011,44(5):963—971.
- [10] 马飞,姬明飞,陈立同,等.油松幼苗对干旱胁迫的生理生态响应[J].西北植物学报,2009,29(3):548—554.
- [11] 任庆成,杨铁钊,刘培玉,等.植物抗旱性研究进展[J].中国农学通报,2009,25(15):76—79.
- [12] 孙景宽,李田,夏江宝,等.干旱胁迫对沙枣根茎叶生长及光合色素的影响[J].水土保持通报,2011,31(1):68—71.

(责任编辑:林海清)