

根系分区灌溉对果树生长发育的影响研究

张 卿, 杜国强

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘要: 根系分区灌溉(PRI) 不仅影响果树的营养生长、光合反应等一系列指标, 而且影响树体内源激素含量、酶种类及含量、以及果实产量和品质。本文对 PRI 技术在果树上的研究进行了综述, 并指出了 PRI 技术对果树生产的意义及其进一步的研究方向。

关键词: 果树; 根系分区灌溉; 生长发育

中图分类号: S66.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)增刊-0086-04

Research Advance of Partial Rootzone Irrigation on Growth and Development of Fruit Trees

ZHANG Qing, DU Guo-qiang

(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: The partial root irrigation(PRI) not only affected the vegetative growth and the series of parameters of photosynthesis, but also the internal hormone, enzyme, yield and quality of fruit trees. This article reviewed the research advance of PRI on fruit trees, and indicated the significance of PRI on fruit production and the direction of future researches.

Key words: Fruit trees; Partial rootzone irrigation(PRI); Growth and development

我国的水资源十分短缺, 因此节水灌溉一直是生产中面临的重要问题, 也是果树研究中的重要课题。根系分区灌溉(Partial rootzone irrigation, PRI) 是一种新型节水灌溉技术, 是指仅对植株部分根系灌水, 其余根系受到人为的干旱, 湿区根系吸水维持植株正常的生理活动, 干区根系感知、传递土壤干旱信息, 植株在水分状况未发生明显变化时减小气孔开度, 降低蒸腾速率, 使植株由奢侈型用水转为节约型^[1-3]。近年来, 国内外果树工作者在这方面的研究取得了很大进展, 主要表现在 PRI 技术对果树根系生理、枝条及叶片生长、内源激素、光合作用、产量和品质、水分利用率等方面的影响。

1 PRI 技术对果树根系生理变化的影响

根系是土壤干旱的最早感知者, Cadenas 等^[4]报道根系受到干旱胁迫时能够合成大量的 ABA, 并通过木质部蒸腾流将其输送到地上部, 导致叶片气孔

开度变小, 从而调节叶片的生理变化。在苹果^[5]、柑橘^[6,7]、葡萄^[8,9]等果树上的研究发现, 当土壤干旱时, 根系中 ABA 含量增加。根系不同部位及不同类型的根合成 ABA 能力不同^[10], 苹果在水分胁迫时吸收根内的 ABA 浓度和积累量均高于延长根^[11]。

2 PRI 技术对果树枝条和叶片生长的影响

根系分区灌溉是通过人为控制果树不同部位水分供应, 影响果树地上部分的营养生长。Loveys 等^[12]成功利用根系分区交替灌溉抑制了葡萄枝叶的生长, 减少了修剪工作量。毕彦勇等^[13]在设施油桃上的研究表明, 根系分区灌溉抑制新梢生长量。叶原基的发生对水分胁迫的反应十分敏感, 水分胁迫会显著减少新叶的数量, 导致总叶面积和叶面积系数减小; 而叶片发育过程中其大小对于水分胁迫比较迟钝, 一般的水分胁迫不影响叶片的大小, 但水

收稿日期: 2007-04-01

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金资助项目; 河北省教委基金项目

作者简介: 张 卿(1981-), 女, 河北邢台人, 在读硕士, 主要从事果树生理研究

通讯作者: 杜国强(1966-), 男, 河北石家庄人, 博士, 教授, 主要从事果树遗传育种和生物技术研究。

分胁迫不利于叶片厚度的增加^[14, 15]。邹养军等^[16]对苹果进行分根区灌水研究认为, 减少根系灌水体积具有减小新梢长度的效应。

3 PRI 技术对果树光合作用的影响

水分胁迫对果树光合作用的影响既存在气孔因素, 也存在非气孔因素, 通常气孔因素比非气孔因素对胁迫更敏感。当土壤含水量下降时, 首先引起叶片气孔的关闭, 胁迫程度进一步加重时, 非气孔因素才开始起作用^[17, 18]。土壤水分胁迫对气孔因素的影响是通过叶片水势起作用的, 叶水势对气孔的调节作用有一个水势“域值”, 不同植物的水势域值是不同的, 柑橘为 $-1.4 \sim -1.7$ MPa; 苹果为 $-1.8 \sim -2.2$ MPa; 葡萄为 -1.3 MPa^[19, 20]。与草本植物相比, 果树的根系扩展度较大, 密度较小, 根系吸收水分的阻力较大, 气孔导度对叶片内外水汽压差 (VPD) 的变化能做出快速响应, 这些特点使果树的气孔导度对叶水势具有更大的依赖性^[19, 21]。牟云官^[22]研究认为, 水分胁迫对苹果叶片光合速率的影响因胁迫程度而异, 过低的空气湿度和过高的叶温是苹果光合速率降低的主要生态因子并导致在中午时光合“午休”的发生。程来亮等^[23]研究了短期土壤干旱对苹果叶片光合速率日变化的影响, 结果表明短期、中度土壤干旱明显改变了苹果叶片光合速率的日变化进程, 短期、轻度干旱与正常、充足供水的植株气孔导度和光合速率的日变化一致; 夏、秋季短期、中度土壤干旱导致叶片产生“午休”现象。国内外已在多种作物上研究证实, 部分根系灌水可降低叶片净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、气孔导度 (G_s) 等光合指标^[24-26]。但在果树的不同生育期, 根系分区灌水对光合指标影响的程度有所不同, 邹养军等^[16]认为在春梢和秋梢生长期 1/4 和 2/4 根系体积灌水, 使苹果的 P_n 下降 12% ~ 20%, T_r 下降 30% ~ 50%, 因此 WUE 显著提高; 在春梢停长期 1/4 根系体积灌水, P_n 、 T_r 均下降约 50%, WUE 低于其他处理。

4 PRI 技术对果实产量和品质的影响

果实产量受坐果数量和单果重 2 个因子制约。在幼果形成期承受水分胁迫可引起严重落果而减产, 在果实迅速生长的后期承受水分胁迫可显著减小果实的单果重而减产^[14]。果实迅速生长期至成熟前是果实品质对水分胁迫反应的敏感时期。采收时果实的可溶性固形物含量比较容易受到水分胁迫的影响。在一定限度内, 灌溉量越小, 果实的可溶性

固形物含量越高, 但这种影响又同果树承受水分胁迫的时期密切相关。Loler^[27]在苹果上的研究显示, 苹果果实细胞膨大期和后期承受水分胁迫都增加采收时果实的可溶性固形物含量, 果实迅速生长期承受严重的土壤水分胁迫显著降低果实的汁液含量而增大果实的硬度, 采收时苹果果实的含酸量对各个时期土壤水分胁迫的反应不敏感。Dry 等^[25]在酿酒葡萄上进行 PRI 田间应用研究, 采用交替控制部分根区湿润、部分根区干旱灌溉, 研究结果表明, 部分根区干旱的处理修剪量明显减少, 而葡萄产量所受影响不大, 葡萄口感、颜色有所改善, 酿制的葡萄酒色泽、口感、品评等级也都有所提高。Loveys 等^[12]采用塑料膜垂直埋入的方法将田间葡萄根系分成两部分, 随后进行根系分区灌水的田间试验, 经过 5 年的试验认为, 干湿交替灌水条件下葡萄的营养生长明显受到抑制, 但葡萄的产量、果个大小同全根系灌水相比没有变化。由于枝叶量减少, 冠层密度降低, 光照条件得到改善, 所以果实品质有所提高, 特别是红色品种的果皮花青苷含量提高, 外观品质显著改善。目前利用分根盆栽试验进行果树水分与树体生长关系的研究较多, 而在生产条件下的应用研究报道仍较少, 今后应加强此项技术在不同树种上田间应用效果研究。

5 PRI 对果树内源激素和酶的影响

苹果受到水分胁迫时, 激素和酶均发生重要变化^[28, 29]。在果树对水分胁迫的生理反应研究中, 研究较多的激素种类是脱落酸 (ABA), ABA 可调控气孔开度, 此外 ABA 的积累也促进脯氨酸的积累和蔗糖的降解^[30, 31]。其次为对乙烯 (ETH) 的研究。伏健民等^[32]报道, 轻度干旱使金冠所有叶片的 ETH 生成速率降低, 严重干旱使植株上部叶的 ETH 生成速率显著降低, 而中部叶 ETH 生成速率上升, 基部叶和短枝叶的 ETH 生成速率极显著地提高。

在多种酶中, 过氧化物酶 (CTA) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 的活性对水分胁迫的反应尤为敏感。当受到轻度水分胁迫时, 苹果叶片中 CTA 和 SOD 的活性提高, 但随着胁迫的加剧和发展, 其活性达到高峰后迅速下降, 尤其是下部叶和基部叶表现明显^[30, 31]。

6 PRI 技术对果树水分状态与水分利用率的影响

Gowing 等^[26]在苹果分根试验研究中发现, 一半根系干旱和全根系灌水相比, 叶片细胞的膨压、水

势、渗透势的变化没有显著差异,而蒸腾速率却下降了30%,蒸腾下降同气孔导度变小有很大关系。当把干旱部分的根系剪掉后,蒸腾速率又恢复,这说明干旱根系提供了使蒸腾速率降低的信号物质^[26]。Loveys等^[33]在葡萄上的研究证实采用干湿交替分根灌水的方式,使叶片气孔导度维持在较低水平,气孔蒸腾速率下降,提高了植物的水分利用率;同时采用这种交替灌水方式,总灌水量节约一半,但葡萄的产量没有下降,水分利用率增加了一倍。Claudia等^[34]研究了大田酿酒葡萄在部分根系灌水与不灌溉、充分灌溉、亏缺灌溉条件下的茎液流以及气孔导度与光合、蒸腾作用状况,表明采用部分根系灌水技术能保持植株水势,且与充分灌溉相当,降低气孔开度而不明显降低光合产物积累,使水分利用效率提高1倍。Tiago等^[35]的研究结果也表明部分根系灌水可使葡萄水分利用效率提高80%,而产量基本不变。

7 结语

果树在一年的生长、开花、结果过程中,对供水量的需求有一定的节奏,过旺的营养生长并不利于产量和品质的提高。根系分区灌水可以平衡果树营养与生殖生长的矛盾,在取得一定产量的同时,又限制了过多的营养生长,不仅可提高水分利用率,降低修剪强度,还因树体通风透光性加强而有利于提高果实品质。

但目前根系分区灌水作为一种新型的灌水制度,在田间状态下的应用研究多集中在葡萄树种上,而在其他树种如苹果、梨、柑橘等研究上尚缺少足够的相关报道。因不同树种果树在生长、发育过程中对水分的需求特性差异较大,因此今后应加强该制度在多个树种上的应用研究,以完善根系分区灌水理论和在果树生产中的实施方法。

参考文献:

- [1] 张建华,贾文锁,康绍忠.根系分区灌溉和水分利用效率[J].西北植物学报,2001,21(2):191-197.
- [2] Loveys B R, Grant J, Dry P R, *et al.* Progress in the development of partial root zone drying [J]. The Australian Grape Grower and Winemaker, 1997, 404: 18-20.
- [3] 康绍忠,张建华,梁宗锁.控制性交替灌溉——一种新的农田节水调控思路[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):1-5.
- [4] Cadenas A, Tadeo F R, Talon M, *et al.* Leaf abscission induced by ethylene in water stressed intact seedling of *Cleopatra Mandarin* requires previous abscisic acid accumulation in

root [J]. Plant Physiol, 1996, 112: 401-408.

- [5] Zhang J, Davies W J. Does ABA in the xylem control the rate of leaf growth in soil-dried maize and sunflower plants [J]. J Exp Bot, 1990(41): 1125-1132.
- [6] Mongi Z, Lawrence R P. Response of split-root sour orange seedlings to NaCl and Polyethylene Glycol stresses [J]. J Exp Bot, 1990, 41(222): 35-40.
- [7] 唐晓蕴.部分根系干旱对柑橘光合作用的影响[J].园艺学进展,1994(1):374-377.
- [8] Dry P R, Loveys B R. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried [J]. Vitis, 1999, 38(4): 151-156.
- [9] Stoll M, Loveys B R, Dry P R. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine [J]. J Exp Bot, 2000, 51(350): 1627-1634.
- [10] Davies W J, Zhang J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil [J]. Ann Rev Plant physio, 1991, 42: 55-76.
- [11] 杨洪强,贾文锁,张大鹏.失水对苹果新根ABA含量和蛋白激酶活性的影响[J].园艺学报,2000,27(2):79-84.
- [12] Loveys B R, Stoll M, Dry P R, *et al.* Partial root-zone drying stimulates stress responses in grapevine to improve water use efficiency while maintaining crop yield and quality [J]. Australian Grape Grower and Winemaker, 1998, 414: 108-114.
- [13] 毕彦勇,高东升,王晓英,等.根系分区灌溉对设施油桃生长发育、产量及品质的影响[J].中国生态农业学报,2005,13(4):88-90.
- [14] 李绍华.果树生长发育、产量和果实品质对水分胁迫的敏感期及节水灌溉[J].植物生理学通讯,1993,29(1):10-16.
- [15] 杨文衡,陈景新.现代果树集论[A]//果树生长与结实.上海:上海科学技术出版社,1986.
- [16] 邹养军,魏钦平,李嘉瑞,等.苹果不同生育期根系分区灌水的生理效应研究[J].中国农学通报,2005,21(8):286-291.
- [17] Florc J A, Lakso A N. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops [J]. Hort Rev, 1989, 11: 111-157.
- [18] Kriedeman P E. Some photosynthetic characteristics of citrus leaves [J]. Aust J Biol Sci, 1986, 21: 895-905.
- [19] Hsiao T C. Plant response to water stress [J]. Ann Rev Plant physio, 1973, 24: 519-570.
- [20] Schulze E D. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil [J]. Ann Rev Plant physio, 1986, 13: 247-254.
- [21] Atkinson D. The distribution and effectiveness of root of tree crops [J]. Hort Rev, 1980, 2: 424-490.
- [22] 牟云官.几种落叶果树光合特性的探索[J].园艺学

报, 1986, 13(3) : 252– 257.

[23] 程来亮, 罗新书. 短期土壤干旱对苹果叶片光合速率日变化的影响研究[J]. 果树科学, 1990, 7(4) : 193– 200.

[24] 梁宗锁, 康绍忠, 张建华. 控制性分根灌水对作物水分利用率的影响及节水效应[J]. 中国农业科学, 1998, 31(5) : 88– 90.

[25] Dry P R, Loveys B R. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried [J]. Vitis, 1999, 38: 151– 156.

[26] Gowing G, Davies W J, Jones H G. A positive root– sourced signal as an indicator of soil drying in apple *Malus x domestica* Borkh [J]. J Exp Bot, 1990, 41(233) : 1535– 1540.

[27] Loler. Growth and quality of apples as affected by different irrigation treatments [J]. Hort Sci, 1985, 60: 176– 181.

[28] 潘瑞炽. ABA 与植物的抗旱和耐旱[J]. 植物生理学报, 1992, (3) : 312– 316.

[29] 陈晓流. 苹果叶片衰老过程中部分生理指标的研究[J]. 园艺学报, 1995, 22(3) : 239– 243.

[30] Armstlang J W. Effect of water deficit on coxs orange pippin apple [J]. Journal of Horticultural Science, 1987(62) : 416 – 427.

[31] 曾 骧. 果树生理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.

[32] 伏健民, 束怀瑞. 春季干旱对金冠苹果不同部位叶片衰老和脱落的影响[J]. 果树科学, 1993, 10(2) : 110– 116.

[33] Loveys B R, Dry P R, Stoll M, *et al.* Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops [J]. Acta Hort, 2000, 537: 187– 197.

[34] Claudia R, Joao P, Tiago P, *et al.* Partial root zone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel) [J]. Functional Plant Biology, 2003, 30(6) : 653– 662.

[35] Tiago P, Carlos M L, Rodrigues M L, *et al.* Partial root zone drying effects on growth and fruit quality of field– grown grapevines(*Vitis vinifera*) [J]. Functional Plant Biology, 2003, 30(6) : 663– 671.