

灌溉方式对红富士苹果根系活力和新梢生长及果实产量质量的影响

杨素苗, 李保国, 齐国辉, 张雪梅, 郭素萍

(河北农业大学林学院, 河北保定 071000)

摘要: 为了筛选适合太行山片麻岩山地果园的节水灌溉方式, 以长富2苹果为试材, 研究了滴灌、微喷、小管出流、大水漫灌和不灌5个灌溉方式下红富士苹果根系活力、新梢生长、果实产量和品质。结果表明, 在滴灌、微喷和小管出流的灌溉总量比大水漫灌减少了54.2%、53.1%、54.8%的情况下, 小管出流根系活力在6月22日达到最高, 为276.20 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 滴灌、大水漫灌和微喷根系活力在7月21日达到最高, 不灌根系活力在5月20日最高, 以后随处理时间的延长逐渐降低, 小管出流根系活力均值为260.19 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 显著高于其它处理; 大水漫灌、微喷、滴灌、小管出流、不灌5个处理在9月底新梢长度分别为60.86、48.25、40.84、41.65、31.81 cm; 大水漫灌的单株产量最高, 为50.33 kg, 与小管出流和滴灌无显著差异, 小管出流的糖酸比最高, 为44.28, 极显著高于其它处理。说明在太行山片麻岩山地果园, 小管出流灌溉是能够使树体维持较高根系活力、平衡生长和保持较高产量和品质的较优节水灌溉方式。

关键词: 灌溉方式; 红富士苹果; 根系活力; 新梢生长; 果实产量

中图分类号: S275 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0181-04

在我国全部水资源中, 有70%左右消耗于农业, 而全国95%的农田灌溉使用传统的漫灌和沟灌, 水的利用率仅为30%~40%^[1]。苹果是世界上栽培面积最大的四大水果之一, 我国是世界上最大的苹果生产国^[2]。但我国的苹果产区主要分布在干旱半干旱地区, 干旱缺水是影响苹果高产优质的因素。因此, 研究适合干旱地区苹果园的节水灌溉技术是苹果产业可持续发展的关键。

随着节水灌溉技术在我国农业领域的迅速发展, 滴灌、微喷、管灌等技术在草坪、花卉、蔬菜、小麦和玉米等农作物上的应用和研究较多^[3-5], 均表现出良好的节水效果, 应用于果树的主要集中于单项灌溉技术的研究^[6-8]。根系是植物吸收水分、养分的重要器官, 果树根系方面的研究已经越来越被人们所重视^[9-11], 而综合几种节水灌溉方式对苹果根系活力、新梢生长和果实产量、质量影响的研究尚未见报道。为此, 以长富2苹果为试材, 研究了滴灌、微喷、小管出流、大水漫灌和不灌5种灌溉方式对红富士苹果根系活力、新梢生长和果实产量质量的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况与试验材料

试验于2008年3月~10月在位于河北省太行

山南段东麓片麻岩山区的邢台市内丘县岗底村进行, 该村位于内丘县西65 km处, 海拔518~1134 m。气候条件属于大陆性季风气候, 年均降水量523 mm, 年均气温11.6℃, 气候干燥, 无霜期180 d。10月份平均昼夜温差10℃~12℃。土壤为多砾质壤土, 施肥以有机肥为主, 配合施用化肥。冬季绝对最低温度一般不低于-15℃, 是红富士苹果的适宜栽培区。试验材料为7a生生长良好, 基本一致长富2苹果, 株、行距为2 m×4 m。

1.2 试验方法

试验设滴灌、微喷、小管出流、大水漫灌和不灌5个处理, 每个处理自成一个小区, 所有试验小区耕作、施肥、病虫害防治均相同。试验小区随机分布。2008年3月20日完成试验布设, 分别在每棵树下安装灌溉设备, 红富士苹果生育期内灌水日期和单株灌溉水量如表1所示。

分别于5月20日、6月22日、7月21日、8月20日、10月18日挖取各处理的新鲜根样, 每次从每株的东、西、南、北四个方向距离树干约1 m处挖取吸收根, 用土壤剖面法挖取, 选取根尖部分测定根系活力。另外, 选取各处理东、南、西、北四个方向新梢8个, 挂牌标记, 新梢生长动态观测分别于4月20日、

收稿日期: 2010-04-11

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAD69B07); 河北省科技厅科技攻关项目(06230202D)

作者简介: 杨素苗(1982-), 女, 河北平山人, 在读博士生, 主要从事果树水分生理研究。E-mail: ysm613@126.com。

通讯作者: 李保国(1958-), 男, 河北武邑人, 教授, 博士生导师, 主要从事经济林栽培生理及山区开发技术研究。

5月25日、7月1日、7月19日、8月3日、8月22日、9月5日、9月15日、9月21日进行。果实成熟后,调查各处理产量,于每棵树的东、南、西、北四个方向采果8个,测定果实单果重、果实硬度、可溶性糖、可滴定酸、淀粉。

表 1 红富士苹果生育期内灌溉日期和单株灌溉量(m³)

Table 1 Irrigation date and individual irrigation volume during the growing period of red Fuji apple

日期 Date (M-d)	大水漫灌 Flood irrigation	滴灌 Drip irrigation	微喷 Micro- sprinkler	小管出流 Small-pipe flow	不灌 Non- irrigation
03-22	0.40	0.20	0.22	0.20	0
06-07	0.35	0.16	0.15	0.15	0
06-27	0.28	0.12	0.10	0.13	0
08-15	0.38	0.18	0.20	0.17	0
09-27	0.36	0.15	0.16	0.15	0
总量 Total	1.77	0.81	0.83	0.80	0

1.3 测定方法

土壤含水量采用时域土壤水分测定仪 (TRIME-T3 TDR)测定^[12];根系活力用 TTC(氧化三苯基四氮唑)法测定^[13];新梢长度用钢圈尺测定;果实硬度用 GY-1 型果实硬度计测定;果实可溶性糖用铁氰化钾滴定法测定;果实可滴定酸用标准 NaOH 溶液中和滴定法测定;果实淀粉含量用碘化钾法测定。

2 结果与分析

2.1 灌溉方式对红富士苹果根系活力的影响

根系活力指根系的吸收、合成、氧化和还原能力,是一种客观地反映根系生命活动的生理指标,根系活力的高低直接影响到地上部的生长和发育。不同灌溉方式下红富士苹果根系活力变化如图 1 所示。由图 1 可知,小管出流、滴灌、大水漫灌和微喷的根系活力均随处理时间的延长先升高后降低,在 6 月 22 日和 7 月 21 日达到最高,分别为 276.20、267.38、255.43、231.96 μg/(g·h);不灌的根系活力随处理时间的延长逐渐降低,降低幅度为 33.08%。小管出流、滴灌、大水漫灌、微喷、不灌 5 个处理根系活力均值分别为 260.19、253.24、240.19、218.31、176.69 μg/(g·h),小管出流根系活力均值最高,其次为滴灌,两者的根系活力均值均显著高于大水漫灌,而微喷的根系活力均值显著低于大水漫灌。另外,由表 1 知,滴灌、微喷和小管出流的灌溉总量比大水漫灌减少了 54.2%、53.1%、54.8%,因此认为,小管出流和滴灌是能够保持红富士苹果较高根系活力的有效节水灌溉方式。

万方数据

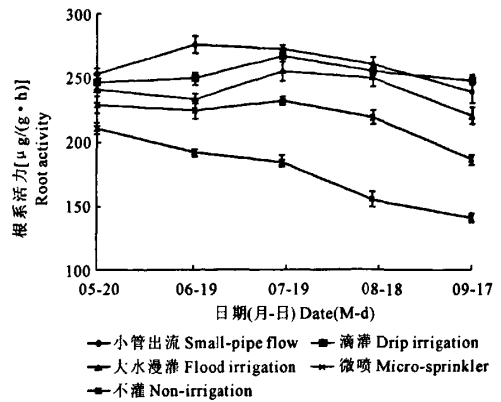


图 1 不同灌溉方式下红富士苹果根系活力

Fig.1 Root activity of red Fuji apple under different irrigation patterns

2.2 灌溉方式对红富士苹果新梢生长的影响

不同灌溉方式下红富士苹果新梢生长状况如图 2 所示。由图 2 可知,各处理新梢生长速率在 5 月底之前基本相同,大水漫灌新梢长度显著高于其它处理。以后不灌处理生长速率显著降低,到 7 月初以后新梢长度基本稳定;大水漫灌在各个时期新梢长度显著高于其它处理;小管出流、滴灌、微喷新梢生长速率在 7 月初以后显著低于大水漫灌,居于大水漫灌和不灌之间,三者的生长速率在各时期均无显著差异。大水漫灌、微喷、滴灌、小管出流、不灌 5 个处理新梢长度到 9 月底分别为 60.86、48.25、40.84、41.65、31.81 cm,其中滴灌和小管出流差异不显著。表明大水漫灌可促进红富士苹果新梢的快速生长,但冗余枝条增大了树体的郁闭度;不灌处理由于长期干旱造成后期枝条基本停止生长;因此认为,小管出流、微喷和滴灌是能够保证树体基本生长而又不会产生冗余枝条的有效节水灌溉方式。

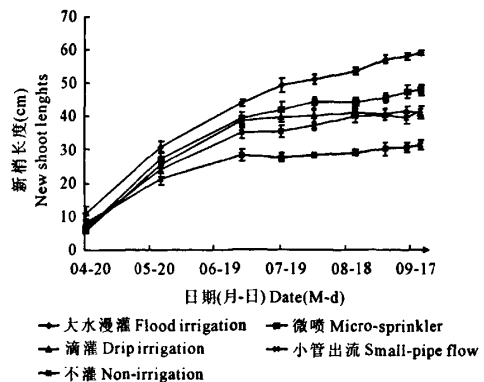


图 2 不同灌溉方式下红富士苹果新梢生长状况

Fig.2 New shoot growth status of red Fuji apple under different irrigation patterns

2.3 灌溉方式对红富士苹果果实产量和品质的影响

不同灌溉方式下红富士苹果果实产量和品质状况如表2所示。由表2可知,小管出流的单果重最大,为232.5 g,与大水漫灌、滴灌和微喷无显著差异,极显著高于不灌处理;大水漫灌的单株产量最高,为50.33 kg,与小管出流和滴灌无显著差异,极显著高于微喷和不灌;小管出流的可溶性糖含量最高,为13.90%,与滴灌和不灌无显著差异,极显著高于微

喷和大水漫灌;滴灌的可滴定酸含量最高,为0.3673%,极显著高于其它处理;大水漫灌、小管出流、滴灌、微喷、不灌5个处理糖酸比分别为40.74、44.28、36.37、39.51、39.28,小管出流的糖酸比最高,极显著高于其它处理。因此认为,在5个处理中小管出流是能保持较大单果重和硬度、较高产量和糖酸比的最优节水灌溉方式。

表2 不同灌溉方式下红富士苹果果实产量和品质

Table 2 The yield and quality of red Fuji apple under different irrigation patterns

灌溉方式 Irrigation method	单果重 Single fruit weight (g)	单株产量 Yield per plant (kg)	可滴定酸 Titratable acid (%)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	淀粉 Starch (%)	硬度 Firmness (kg/cm ²)
大水漫灌 Flood irrigation	227.0ABa	60.33A	0.3117BC	12.70BCb	0.0110BCb	7.525B
小管出流 Small-pipe flow	232.5Aa	58.77A	0.3139BC	13.90Aa	0.0129ABa	8.120A
滴灌 Drip irrigation	228.4ABa	56.55AB	0.3673A	13.36ABab	0.0089Cc	7.884A
微喷 Micro-sprinkler	216.8ABab	49.96B	0.2994C	11.83Cc	0.0138Aa	7.983A
不灌 Non-irrigation	193.4Bb	42.89C	0.3343B	13.13ABb	0.0131ABa	8.183A

注:同一列中不同字母表示差异显著,小写和大写字母分别表示0.05和0.01显著水平。

Note: Different letters in the same row indicate significant differences, and lowercase and capital letters indicate significance at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

3 结论与讨论

1) 本研究表明,微喷、滴灌和小管出流灌溉的新梢长度均极显著大于不灌处理,极显著低于大水漫灌。这与马文涛^[14]等对脐橙研究的微喷和滴灌的新梢长度大于不灌的结果一致,而与安华明^[15]等对柑橘研究的微喷处理的新梢长度大于常规漫灌处理的结果相反。李巧珍^[16]等在密云水库上游苹果园的研究表明,不同灌溉方式下单株苹果的果实数量、单株产量以及单果重由大到小的顺序是:微喷、滴灌、管灌和不灌,认为微喷是果园应用较好的节水灌溉方式。本研究表明,小管出流的果实产量和品质均高于滴灌和微喷处理。造成上述结果的原因可能与试验地山地地形和土壤物理性质有关。

2) 小管出流灌溉是针对微灌系统使用过程中,灌水器易被堵塞的难题和农业生产管理水平不高的现实,采用超大流道的PE塑料小管替代滴头,并辅以田间渗水沟,形成的一套以小管出流为特色的微灌系统,小管出流比传统的地面灌溉节约用水30%~60%,可在高原、丘陵山地等地形较复杂的地区应用^[17]。本研究表明,小管出流和滴灌是维持较高根系活力的有效节水灌溉方式,同时微喷、滴灌和小管出流被认为是能够保证树体基本生长又不会产生冗

余枝条的有效节水灌溉方式。滴灌、喷微和小管出流设备投资每667 m²地均为400元左右,但由于滴灌和微喷灌溉具有滴头和喷头易堵塞,对水质要求高的缺点,使得年维护费用为160元左右;另外微喷灌溉的水滴会受到温度、风力等的影响而造成无效损失,降低水分利用效率。而小管出流的产量和品质均高于滴灌和微喷灌溉。因此认为,在太行山片麻岩山地果园,小管出流灌溉是能够使树体维持较高根系活力,平衡生长和保持较高产量和品质的较优节水灌溉方式,比大水漫灌节约54.8%水资源。

参考文献:

- [1] 杨路华,宗金辉.关于农业用水转化的认识[J].中国农村水利水电,2003,(2):14—15.
- [2] 丁三姐.苹果根系分区灌溉的节水效应研究[D].合肥:安徽农业大学,2006.
- [3] 荣浩,刘艳萍.干旱半干旱牧区灌溉草地发展模式及技术研究[J].中国农村水利水电,2005,9(3):9—11.
- [4] 陶海明,牛俊义,秦舒浩.陇中半干旱区小麦和玉米补灌效应研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(4):80—86.
- [5] 尹光华,陶海明.旱地春小麦集雨补灌增产机制初探[J].干旱地区农业研究,2001,19(2):55—60.
- [6] Mitchell P D, Goodwin I. Irrigation of Vines and Fruit Trees[M]. Melbourne: AGMEDIA, 1996.
- [7] 黄兴发,李光永,王小伟,等.充分灌与调亏灌溉条件下苹果树

- 微喷灌的耗水量研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(5): 43—47.
- [8] 李传杰, 尚明宝, 孙爱华, 等. 苹果密植园微喷灌溉技术研究[J]. 河南林业科技, 2000, 20(3): 32—41.
- [9] Draye X, Delvaux B, Swennen R. Distribution of lateral root primordia in root tips of musa[J]. Annals of Botany, 1999, 84: 393—400.
- [10] Bibikova T, Gilroy S. Root hair development[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2002, 21: 383—415.
- [11] Zhu J, Kaeppeler S M, Lynch J P. Mapping of QTL controlling root hair length in maize (*Zea mays* L.) under phosphorus deficiency[J]. Plant and Soil, 2005, 270: 299—310.
- [12] 逢春浩. 土壤水分测定方法的新进展——TDR 测定仪[J]. 干旱区资源与环境, 1994, 8(2): 69—76.
- [13] 郑 坚, 陈秋夏, 金 川, 等. 不同 TTC 法测定枫香等阔叶树容器苗根系活力探讨[J]. 浙江农业科学, 2008, (1): 39—42.
- [14] 马文涛, 樊卫国, 李庆宏, 等. 不同节水灌溉方式对脐橙幼树生长及产量的影响[J]. 山地农业生物学报, 2007, 26(6): 524—526.
- [15] 安华明, 樊卫国, 王启勇, 等. 不同灌溉方式下柑橘生长·产量和品质表现[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(5): 1798—1799.
- [16] 李巧珍, 郝卫平, 龚道枝, 等. 不同灌溉方式对苹果园土壤水分动态、耗水量和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(2): 128—133.
- [17] 李授农, 马孝义. 节水灌溉新技术——喷灌、微灌技术[J]. 节水农业, 2002, (12): 13—15.

Effects of different irrigation patterns on root activity, new shoot growth, fruit yield and quality of red Fuji apple

YANG Su-miao, LI Bao-guo, QI Guo-hui, ZHANG Xue-mei, GUO Su-ping
(College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: In order to screen out the most effective water-saving irrigation patterns suitable for orchards in gneiss areas of the Taihang Mountains, a field experiment was conducted there with Changfu - 2 apple as tested material to evaluate the effects of different irrigation patterns, i. e, drip irrigation, micro-sprinkler, small-pipe flow, flood irrigation and non-irrigation on roots activity, new shoot growth, fruit yield and quality of red Fuji apple. The results showed that, in the case that the total irrigation amount of drip irrigation, micro-sprinkler and small-pipe flow were respectively reduced by 54.2%, 53.1% and 54.8% compared to that of flood irrigation, the root activity under small-pipe-flow irrigation reached the highest in June 22 that was up to 276.20 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, and the root activity under drip irrigation, flooding irrigation and micro-sprinkler irrigation reached the highest in July 21, while that of non-irrigation reached the highest in May 20 then decreased gradually with the treated time going on. And the average root activity under small-pipe flow was the highest that up to 260.19 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, which was significant higher than that of other treatments; in the end of September new shoot lengths under flood irrigation, micro-sprinkler irrigation, drip irrigation, small-pipe flow and non-irrigated were respectively up to 60.86 cm, 48.25 cm, 40.84 cm, 41.65 cm and 31.81 cm; the maximum of yield per plant was appeared at flood irrigation treatment and the amount was 50.33 kg, there was no significant difference with small-pipe flow and drip irrigation, the maximum of sugar-acid ratio was appeared at small-pipe flow and the number was 44.28, significantly higher than under other treatments. The experiment demonstrated that small-pipe flow irrigation was a high-quality efficient irrigation pattern in gneiss mountainous orchards, which could maintain higher root activity, balance growth and keep higher yield and quality of fruit.

Keywords: irrigation pattern; red Fuji apple; root activity; new shoot growth; fruit yield and quality