

活化水灌溉对新疆嘎啦苹果生长、产量及品质的影响

魏雪松¹, 穆卫谊^{1*}, 王全九^{1,2}, 段晓显¹, 孙燕^{1,2}

(1.西安理工大学 西北旱区生态水利国家重点实验室, 西安 710048;

2.西安理工大学 水利水电学院, 西安 710048)

摘要:【目的】探讨不同活化水灌溉对新疆嘎啦苹果生长、产量及品质的影响。【方法】基于大田试验, 以淡水灌溉为对照(CK), 研究磁化水(M)、增氧水(A)及磁化增氧水(MA)3种活化水灌溉对苹果生长、产量及品质的影响。【结果】3种活化水灌溉均显著提高了苹果生长、产量及品质指标。在生长指标方面, 相比CK, MA处理对苹果最终新梢长度及果实大小的提升效果最优, 分别提升了24.6%及61.4%, A处理对苹果叶面积指数的提升效果最优, 增加了24.7%。在产量方面, 相比CK, M、A、MA处理下的苹果产量显著增加了19.2%~35.5%。其中, MA处理下的产量最高, 达到37 239.93 kg/hm²。在品质方面, 与CK相比, M、A、MA处理下的果实硬度、可溶性固形物量、可溶性糖量及Vc量分别增加了4.5%~7.9%、13.9%~15.98%、6.6%~28.2%、15%~19.7%, 可滴定酸量降低了7.08%~18.35%。以上品质指标均以MA处理为最佳。【结论】推荐在新疆地区采用磁化增氧水对苹果进行灌溉, 可有效促进苹果生长, 达到提质、增产的目的。

关键词: 活化水; 新疆; 苹果; 生长; 产量品质

中图分类号: S275.9

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2023134

OSID: 

魏雪松, 穆卫谊, 王全九, 等. 活化水灌溉对新疆嘎啦苹果生长、产量及品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(10): 9-14.
WEI Xuesong, MU Weiyi, WANG Quanjiu, et al. Effects of Aerated and Magnetized Irrigation Water on Growth, Yield and Fruit Quality of Gala Apple in Xinjiang[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(10): 9-14.

0 引言

【研究意义】新疆是我国优质苹果种植生产基地, 该地区地形、地貌复杂, 属于生态极度脆弱的干旱和半干旱地区。该地区水资源供需矛盾突出, 其中农业灌溉用水量超过了水资源使用总量的80%^[1], 人均单位土地面积水资源占有量的日益降低导致当地苹果存在产量和品质下降的趋势。因此, 探索提质、增产的新型灌溉水源对新疆苹果生产的可持续发展具有重要意义。

【研究进展】农业灌溉水处理技术已成为国内外的研究热点。活化水技术可使水的理化性质发生显著改变, 提升水分子活性。磁化、增氧等活化水技术能够提高作物的水分利用效率^[2]并增加产量^[3], 因此受到广泛关注^[4]。Moussa^[5]研究发现, 磁化水灌溉可显著促进豆科类作物的生长发育。王淦等^[6]研究表明, 采用磁化水灌溉可显著提高冬枣果实的有机酸量、维生素C量。雷宏军等^[7]研究指出, 增氧

灌溉有利于番茄增产, 且对品质具有改善效果。陈涛等^[8]研究发现, 增氧灌溉使马铃薯的产量增加了11.23%~16.05%。Zhu等^[9]研究发现, 增氧灌溉能显著改善土壤通气性, 提升土壤含氧量, 有助于提升水果产量。张玉方等^[10]发现, 适宜的增氧灌溉能促进植株对土壤中矿质营养元素的吸收, 对植株生长和果实品质的提高起到了促进作用。

【切入点】目前, 围绕活化水灌溉对作物生产的影响主要集中于表观分析, 且对多年生的果树类作物的研究较少。此外, 活化水促进作物生长、产量及品质的机制尚不明确, 在苹果生产中的推广应用程度较低。【拟解决的关键问题】鉴于此, 本研究以新疆“嘎啦”苹果为试验材料, 设置磁化水、增氧水、磁化增氧水3种典型的活化水灌溉处理, 分析不同活化水灌溉条件下的苹果生长、产量及品质特征, 阐明不同活化水灌溉对苹果生长、产量及品质的影响, 为新疆地区新型灌溉水的合理选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验在新疆阿拉尔市十团(E 80°51', N 40°34')进行, 海拔高度为1 011 m, 年平均气温为10.7℃, ≥10℃积温为4 113℃。年降水量介于40.1~82.5

收稿日期: 2023-03-29 修回日期: 2023-06-11 网络出版日期: 2023-09-15
基金项目: 自治区重大专项(2022A02003-3-4); 国家自然科学基金重点项目(41830754); 国家自然科学基金面上项目(52179042); 兵团重大科技项目(2021AA003-2); 中国工程院院地合作项目(202201SDZD01)
作者简介: 魏雪松(1999-), 男, 硕士研究生, 主要从事作物高效用水理论与技术研究。E-mail: weixuesong599@163.com
通信作者: 穆卫谊(1988-), 男, 讲师, 主要从事智能农业及装备技术研究。E-mail: weiyimu@xaut.edu.cn
©《灌溉排水学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议

mm 之间, 年蒸发量介于 1 876.6~2 558.9 mm 之间。试验地土壤类型为砂质壤土, 土壤电导率为 104.64 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 值为 9.45, 有机质量为 5.10 g/kg, 碱解氮量为 6.51 mg/kg、速效磷量为 17.31 mg/kg、速效钾量为 70.38 mg/kg。

1.2 试验材料

供试品种为 6 a 生“嘎啦”, 果树生育期划分为开花坐果期(4 月 15—30 日)、幼果发育期(5 月 1 日—6 月 1 日)、果实膨大期(6 月 2 日—7 月 31 日)、果实成熟期(8 月 1—15 日), 果树的株行距为 1 m $\times$ 3.5 m, 树形为主干形, 树干直径为 9.5~10.6 cm, 树高为 2.7~3.0 m, 树体长势均一, 个体间差异较小。

表 1 苹果各生育阶段灌水量

Table 1 Irrigation quantity of apple at various growth stages

生育期	日期	生育阶段时长/d	灌溉次数	灌水定额/mm	灌溉定额/mm
开花坐果期	0415—0430	16	4	15.0	60
幼果发育期	0501—0601	32	8	17.5	140
果实膨大期	0602—0731	60	15	20.0	300
果实成熟期	0801—0815	16	4	12.5	50
全生育期	0415—0815	124	31	-	550

1.4 测定项目与方法

1.4.1 新梢生长量

根据苹果树的实际生长状况, 在新梢生长初期选取苹果树东、南、西、北 4 个方位长势一致且具有代表性的新梢进行标记, 每隔 15 d 测量 1 次新梢长度。

1.4.2 果实生长量

苹果树坐果后, 在东、南、西、北 4 个方位选取长势一致的果实进行标记, 采用游标卡尺每隔 10 d 测量 1 次果实的横径和纵径, 根据式(1)计算果实体积:

$$V=\pi(R/2)^2H, \quad (1)$$

式中: V 为果实体积 (cm^3); R 为果实横径 (cm); H 为果实纵径 (cm)。

1.4.3 叶面积测定

采用手持叶面积仪(LI-3000C)每隔 20 d 在苹果树冠层上、中、下 3 个部位分别选取 10 片树叶测量其叶面积并取平均值, 标记苹果树新生枝条数以及新生枝条叶片数, 计算整株苹果树的叶片数, 计算单片叶面积与整棵苹果树叶片总数的乘积, 作为所标记苹果树的叶面积。

1.4.4 产量

在果实成熟期, 从每个处理中选取具有代表性的 3 株苹果树, 使用 CPA-1245 型电子天平测定其质量, 得到单株产量后换算为每公顷产量。

1.4.5 品质指标

在果实成熟期, 在树冠外围随机采果 10 个, 测

1.3 试验设计

本研究采用单因素完全随机区组设计, 以淡水灌溉作为对照(CK), 设置磁化水(M, 3 000 Gs)、增氧水(A, 含氧量 15.5 mg/L)、磁化增氧水(MA, 3 000 Gs, 含氧量 15.5 mg/L)3 种活化水灌溉处理, 每个处理重复 3 次, 每个小区种植 5 株果树。灌溉方式为滴灌, 滴头流量为 4 L/h, 全生育期共灌水 31 次, 生育期内每隔 4 d 灌水 1 次, 各生育阶段的灌水量见表 1。不同处理下的氮肥选用尿素(含 N 量为 46.7%) 112.5 kg/hm²; 磷肥选用过磷酸钙(含 P₂O₅ 量为 12%) 225 kg/hm², 钾肥选用生物活性钾(含 K₂O 量为 28%) 112.5 kg/hm²。其他农艺措施与当地常规管理保持一致。

定果实硬度、可溶性固形物量。可滴定酸量采用 NaOH 中和滴定法测定; 可溶性糖量采用蒽酮比色法测定; 可溶性固形物量采用 WYT-32 手持折光仪测定; 果实硬度通过 HP-30 型果实硬度计测定; Vc 量采用 2,6-二氯酚钠法测定。

1.5 数据处理

使用 Microsoft Excel 2019 和 SPSS 24 软件分析数据。采用单因素方差分析和 Duncan 法进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 活化水灌溉对苹果生长指标的影响

不同活化水灌溉处理下的苹果树新梢生长随时间的变化见图 1。由图 1(a)可知, 不同处理下的苹果树新梢长度随时间的变化规律基本一致, 均呈“慢-快-慢”的变化趋势; 由图 1(b)可知, 在开花坐果期及幼果发育期, M、A、MA 处理下的新梢增长速度高于 CK。在膨大初期, 各处理下的新梢增长速度达到最大, 其中 M 处理下的新梢增长速度最高, 随着时间的推移, A 处理相比 CK 有所降低, 可能是在该时期, 过高的通气量抑制了新梢生长。在果实成熟期, M、A 处理下的新梢增长速度与 CK 差异较小, 而 MA 处理下的新梢增长速度高于其他处理。

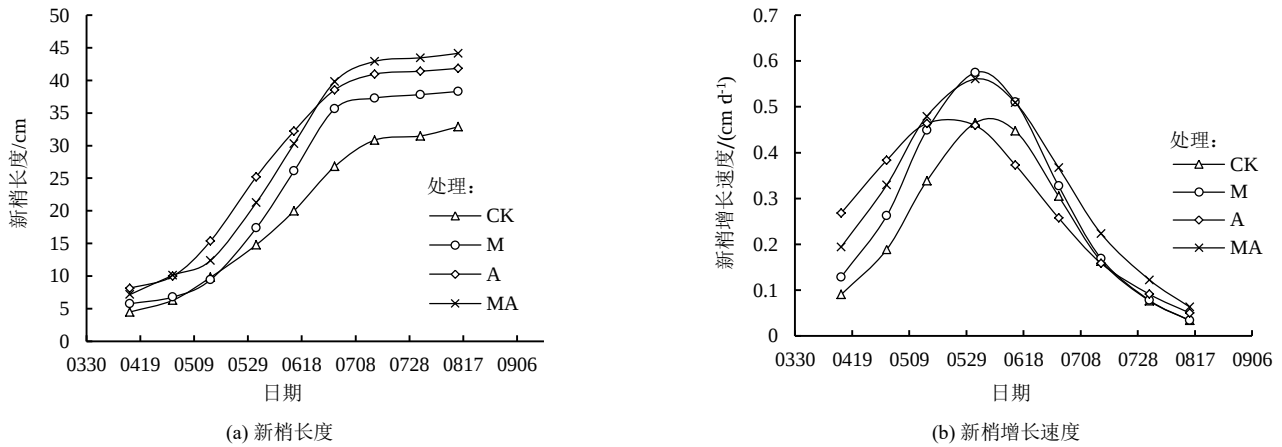


图 1 不同活化水灌溉对苹果新梢生长的影响

Fig.1 Effect of different activated water irrigation on the growth of apple new shoots

由图 2 可知，不同活化水灌溉条件下的苹果树新梢最终长度存在显著差异，M、A、MA 处理下的苹果树新梢最终长度分别比 CK 显著增加了 14.1%、21.0%及 24.6%。其中，MA 处理下的苹果树新梢最终长度最高。

由图 3 可知，不同处理下的苹果横、纵径随时间的变化趋势基本一致。在开花坐果期及幼果发育期，由于果树的需水量不大，树体养分供给能力有限且主要以营养生长为主，各处理间苹果横、纵径差异不大；在果实生长至膨大期及成熟期阶段，树体叶片、新梢等营养器官发育趋于健全，树体生理代谢活性逐渐提高，这一阶段果实生长消耗了大量水分，MA 处理下的果实横、纵径快速生长，最终横、纵径高于其他处理。从全生育期来看，采用磁

化增氧水灌溉对于苹果横、纵径的提升效果最优。

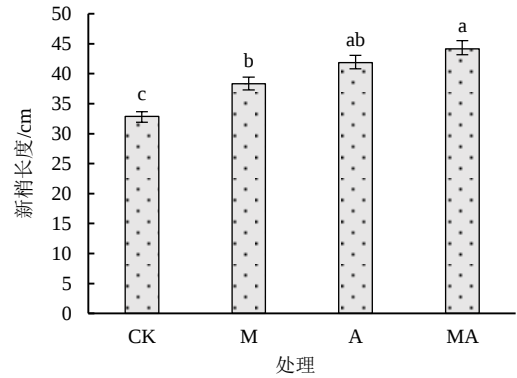


图 2 不同活化水灌溉对苹果树新梢最终长度的影响

Fig.2 Effect of different activated water irrigation on the length of apple new shoots

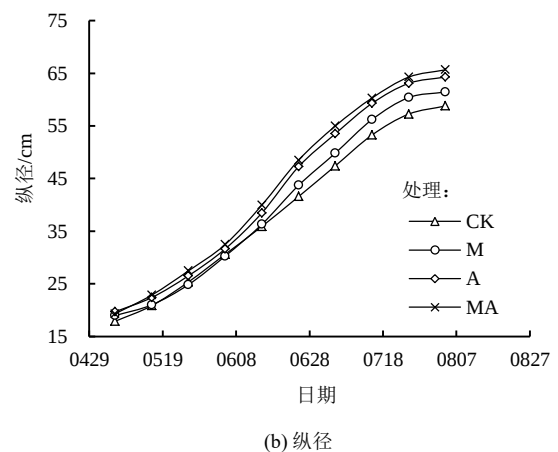
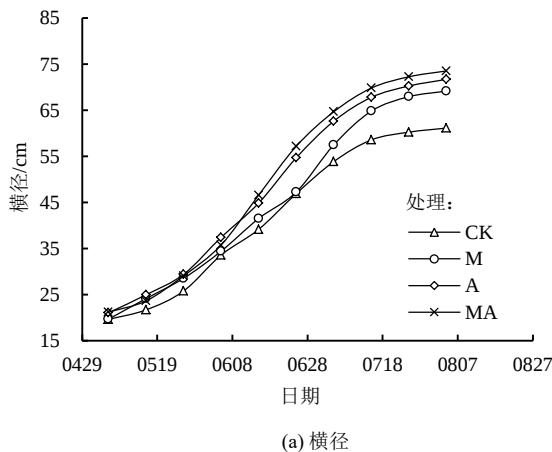


图 3 不同活化水灌溉对苹果横、纵径的影响

Fig.3 Effect of different activated water irrigation on fruit diameter

由图 4 可知，不同活化水灌溉对苹果横、纵径及果实体积的影响显著。M、A、MA 处理下的横径与 CK 相比分别增加了 13.1%、17.3%和 20.3%；M、A、MA 处理下的纵径相比 CK 增加了 4.5%、9.4%和 11.7%，但仅有 A、MA 处理与 CK 差异显著。M、A、MA 处理下的果实体积与 CK 之间具有显著差异，

相比 CK 分别增加了 33.5%、50.4%和 61.4%。

由图 5 可知，各处理下的苹果树叶面积指数随时间的变化趋势基本一致，均呈先增大后减小的变化规律。在开花坐果期，植株正处于萌芽展叶阶段，当地气温较低，不利于叶面积的增长，但 A 处理下的叶面积指数高于其他处理；在幼果发育期，气温

回升, 树体生理代谢速率加快, 叶面积生长速度加快, 处理之间差异逐渐增大, A、MA 处理在此时期的叶面积指数显著高于 CK, 而 M 处理相比 CK 无明显差异; 至果实成熟期, 各处理下叶面积指数均开始缓慢下降。从全生育期来看, 采用增氧水灌溉最有利于提升果树叶面积指数, 增强果树光合性能。

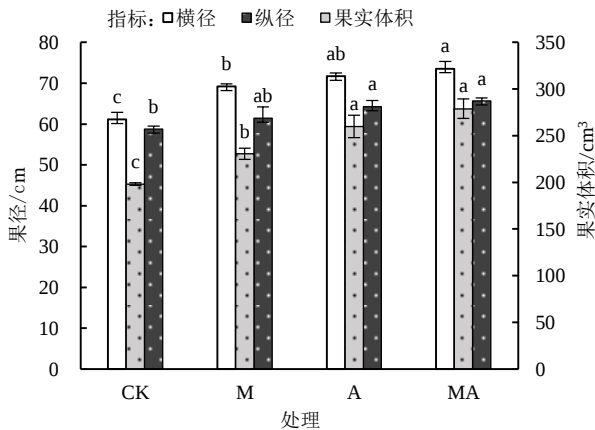


图 4 不同活化水灌溉对苹果生长的影响

Fig.4 Effect of different activated water irrigation on apple fruit growth

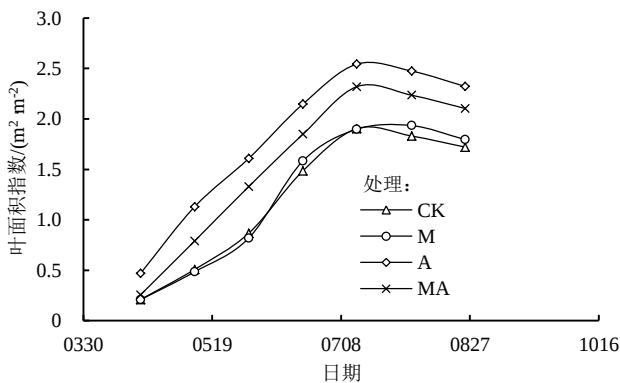


图 5 不同活化水灌溉对苹果树叶面积生长的影响

Fig.5 Effect of different activated water irrigation on apple leaf area growth

由图 6 可知, MA、A 处理下的最大叶面积指数相比 CK 分别显著增加了 24.7%及 23.2%, 但 M 处理下的最大叶面积指数与 CK 相比无明显差异。

2.2 活化水灌溉对苹果产量指标的影响

由图 7 可知, 活化水灌溉显著提高了苹果产量。

MA 处理下的产量最高, 相比 CK 增加了 35.5%; M、A 处理下的产量分别相比 CK 增加了 19.2%和 22.5%。

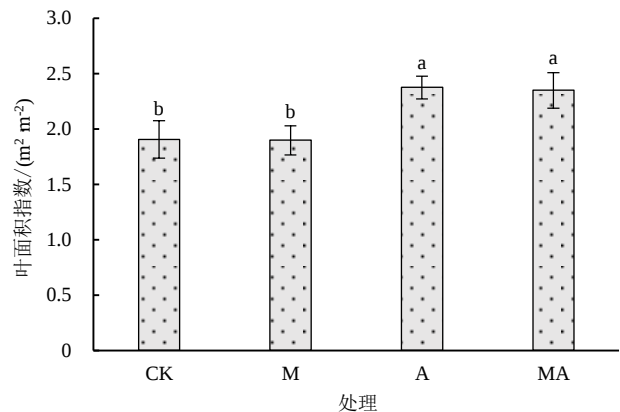


图 6 不同活化水灌溉对苹果树最大叶面积指数的影响

Fig.6 Effect of different activated water irrigation on apple maximum leaf area index

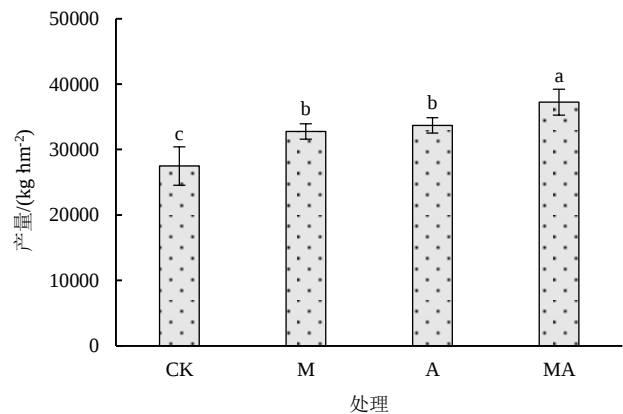


图 7 不同活化水灌溉对苹果产量的影响

Fig.7 Effect of different activated water irrigation on apple yield

2.3 活化水灌溉对苹果品质指标的影响

由表 2 可知, MA 处理下的果实硬度最大, 为 7.848 kg/cm³, 相比 CK 增加了 7.9%; M、A、MA 处理下的可溶性固形物量分别相比 CK 增加了 9.65%、9.36%、22.5%, 而 M、A、MA 处理下的可滴定酸量分别相比 CK 显著降低了 10.79%、7.08%、18.35%; M、A、MA 处理下的可溶性糖量分别相比 CK 显著增加了 6.6%、9.5%及 28.2%; Vc 量的最大值出现在 MA 处理, 为 10.388 mg/100 g。总体而言, 采用活化水灌溉能一定程度上提升果实品质, MA 处理下的提升效果最佳。

表 2 活化水灌溉对苹果品质指标的影响

Table 2 Effects of different activated water irrigation on quality indexes of apple

处理	果实硬度/(kg·cm ⁻²)	可溶性固形物量/%	可滴定酸量/%	可溶性糖量/(g·kg ⁻¹)	Vc 量/(mg·100g ⁻¹)
CK	7.268±0.12c	14.350±2.31c	0.621±0.01a	129.658±0.29d	8.609±0.05c
M	7.671±0.07ab	15.980±0.36ab	0.554±0.02b	138.259±0.48c	9.890±0.02b
A	7.593±0.04b	15.753±1.81b	0.577±0.01b	142.008±0.10b	9.923±0.03ab
MA	7.848±0.10a	16.350±0.58a	0.507±0.01c	166.197±0.16a	10.388±0.04a

注 表中不同小写字母表示各处理在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

3 讨论

活化水可在一定程度上改变水的理化特性, 因此必然会对植物生长产生一定影响^[4]。新梢是反映果树生长的重要指标, 与其他指标相比, 其对不同灌溉水质的敏感性更高。以往研究发现水分是影响幼苗生长的关键因素^[11-12]。经磁化处理后的水增强了金属离子的水合能力, 调节离子的选择性吸收, 提高离子的转运能力, 促进果树对水分和养分的吸收, 进而促进新梢生长^[13], 这与本研究结论基本一致。此外, 在生育中期使用增氧水灌溉的新梢生长速度相比淡水略有下降, 原因可能是过多的通气量导致根系吸水效率下降, 进而影响了新梢的生长发育^[14]。磁化处理后的活化水可以增加细胞内的线粒体数量, 为细胞呼吸、氧化还原提供条件^[15], 有利于细胞分裂, 进而影响果实大小。叶面积指数是果树群体结构及果树生长发育的重要表征指标, 反映了果树对光能的利用情况^[16]。磁化增氧水及增氧水灌溉能显著提升苹果叶面积指数, 但在生育中期, 磁化水灌溉与淡水灌溉相比无明显差异。这与李娟等^[17]的结论一致, 可能是在该阶段磁化水影响了光合色素和蛋白质合成, 从而导致叶面积的生长发育受阻^[18]。磁化水有利于维持根系功能, 促进根系对营养物质的吸收, 进而提升果实产量^[19]。灌溉可通过影响淀粉分解水平从而影响果实糖浓度; 苹果成熟时, 可滴定酸量迅速下降, 可能是酸性物质在活化水作用下被用于呼吸或转化为其他代谢产物^[20]。果实中可溶性固形物量直接影响果实风味、营养价值及贮运性能。Wang 等^[21]发现, 在“嘎啦”苹果生长期间, 水分胁迫会明显增加可溶性固形物量。在水分胁迫条件下, 活化水灌溉可能与环境产生交互机制, 进一步提升果实的可溶性固形物量。

4 结论

1) 活化水灌溉能有效促进苹果树新梢、果径及叶片的生长。生育初期采用增氧水灌溉, 生育中期采用磁化水灌溉, 生育后期采用磁化增氧水灌溉可显著促进苹果树新梢生长; 全生育期采用磁化增氧水灌溉及增氧水灌溉可有效促进果径及叶片的生长。

2) 与淡水相比, 活化水灌溉可显著增产 19.2%~35.5%, 磁化增氧水灌溉下的增产效果最佳。

3) 磁化增氧水灌溉下的苹果品种提质效果最佳。

(作者声明本文无实际或潜在利益冲突)

参考文献:

[1] 邓铭江. 新疆十大水生态环境保护目标及其对策探析[J]. 干旱区地理, 2014, 37(5): 865-874.

DENG Mingjiang. Top ten ecological environment protection targets and its solutions in Xinjiang, China[J]. Arid Land Geography, 2014, 37(5): 865-874.

[2] 张莹莹, 宋妮, 单志杰, 等. 磁化水灌溉对冬小麦产量和水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(6): 60-66.

ZHANG Yingying, SONG Ni, SHAN Zhijie, et al. Effects of magnetic treatment of irrigation water on yield and water use efficiency of winter wheat[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(6): 60-66.

[3] 王晓帆, 吴勇, 张钟莉莉, 等. 不同水源磁化处理对生菜光合和矿物质元素及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2021, 40(3): 40-47.

WANG Xiaofan, WU Yong, ZHANG Zhonglili, et al. Effects of magnetization irrigation on photosynthesis, mineral elements and yield of lettuce vary with water sources[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(3): 40-47.

[4] 王全九, 孙燕, 宁松瑞, 等. 活化灌溉水对土壤理化性质和作物生长影响途径剖析[J]. 地球科学进展, 2019, 34(6): 660-670.

WANG Quanjie, SUN Yan, NING Songrui, et al. Effects of activated irrigation water on soil physicochemical properties and crop growth and analysis of the probable pathway[J]. Advances in Earth Science, 2019, 34(6): 660-670.

[5] MOUSSA Helal Ragab. The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production[J]. New York Science Journal, 2011, 4(6): 15-20.

[6] 王录, 郭建耀, 刘秀梅, 等. 磁化水灌溉对冬枣生长及品质的影响[J]. 园艺学报, 2016, 43(4): 653-662.

WANG Lu, GUO Jianyao, LIU Xiemei, et al. Effects of magnetized water irrigation on growth and quality of ziziphus jujuba 'Dongzao'[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(4): 653-662.

[7] 雷宏军, 臧明, 张振华, 等. 循环曝气地下滴灌的温室番茄生长与品质[J]. 排灌机械工程学报, 2015, 33(3): 253-259.

LEI Hongjun, ZANG Ming, ZHANG Zhenhua, et al. Growth and quality of greenhouse tomato under cycle aerated subsurface drip irrigation[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2015, 33(3): 253-259.

[8] 陈涛, 姚帮松, 肖卫华, 等. 增氧灌溉对马铃薯产量及水分利用效率的影响[J]. 中国农村水利水电, 2013(8): 70-72.

CHEN Tao, YAO Bangsong, XIAO Weihua, et al. Effect of aerobics irrigation on potato yield and water use efficiency[J]. China Rural Water and Hydropower, 2013(8): 70-72.

[9] ZHU Y, DYCK M, CAI H J, et al. The effects of aerated irrigation on soil respiration, oxygen, and porosity[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(12): 2 854-2 868.

[10] 张玉方, 孙志龙, 张雁南, 等. 增氧滴灌对设施栽培枣树果实品质的影响[J]. 节水灌溉, 2016(3): 38-40.

[11] 钟韵, 费良军, 曾健, 等. 根域水分亏缺对涌泉灌苹果幼树产量品质和节水的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(21): 78-87.

ZHONG Yun, FEI Liangjun, ZENG Jian, et al. Effects of root-zone water deficit on yield, quality and water use efficiency of young apple trees under surge-root irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(21): 78-87.

[12] 李中杰, 费良军, 郝琨, 等. 涌泉根灌下水氮耦合对陕北山地苹果光合特性、产量和水氮利用的影响[J]. 应用生态学报, 2021, 32(3): 967-975.

LI Zhongjie, FEI Liangjun, HAO Kun, et al. Effects of water-nitrogen coupling on photosynthetic characteristics, yield, water and nitrogen use efficiency for mountain apple trees under surge-root irrigation in Northern Shaanxi area of China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2021, 32(3): 967-975.

[13] 李冠成, 康永林, 李明, 等. 水在电场、磁场作用下物理性质变化及其影响[J]. 现代物理知识, 2001, 13(2): 30-31.

[14] 张璇, 牛文全, 甲宗霞. 根际通气量对盆栽番茄生长 蒸腾量及果实产

- 量的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(28): 286-290.
- ZHANG Xuan, NIU Wenquan, JIA Zongxia. Effect of rhizosphere ventilation volume on plant growth, transpiration and fruit yield of potted tomato[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(28): 286-290.
- [15] 徐卫辉, 石歆莹, 邓国础, 等. 核磁共振对水稻胚超微结构的影响[J]. 激光生物学, 1994, 3(1): 400-403.
- XU Weihui, SHI Xinying, DENG Guochu, et al. Effects of nuclear magnetic resonance on ultrastructure of embryo in rice seeds[J]. Laser Biology, 1994, 3(1): 400-403.
- [16] 李丹, 赵经华, 洪明, 等. 梨树冠层光分布特性与叶面积指数关系的研究[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(3): 227-230.
- LI Dan, ZHAO Jinghua, HONG Ming, et al. Study on relationship between light distribution characteristics and leaf area index for pear tree canopy[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2015, 26(3): 227-230.
- [17] 李娟, 樊军, 朱志梅. 干旱胁迫下活化水灌溉对大豆生长特征的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(11): 3 711-3 718.
- LI Juan, FAN Jun, ZHU Zhimei. Effects of activated water irrigation on growth characteristics of soybean under drought stress[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(11): 3 711-3 718.
- [18] 蔡明蕾, 李秧秧, 樊军. 磁化水对不同土壤水分下黄瓜幼苗生长、光合和养分吸收的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38(5): 94-100, 115.
- CAI Minglei, LI Yangyang, FAN Jun. Effects of magnetized water on growth, photosynthesis and nutrient uptake of cucumber seedlings under different soil moisture contents[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2020, 38(5): 94-100, 115.
- [19] 周浩, 邱先进, 徐建龙. 磁化水灌溉对农作物生长发育影响的研究进展[J]. 作物杂志, 2022(6): 1-6.
- ZHOU Hao, QIU Xianjin, XU Jianlong. Advance in effects of magnetized water irrigation on crop growth and development[J]. Crops Journal, 2022(6): 1-6.
- [20] 刘国银, 魏军亚, 刘德兵, 等. 水分对芒果叶片、产量及果实品质影响的研究进展[J]. 热带农业科学, 2015, 35(10): 1-5.
- LIU Guoyin, WEI Junya, LIU Debing, et al. Research advances on effect of water on leaves, yields and fruit quality of mango[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2015, 35(10): 1-5.
- [21] WANG Y J, LI L, WANG Y, et al. Effects of soil water stress on fruit yield, quality and their relationship with sugar metabolism in 'Gala' apple[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 258: 108 753.

Effects of Aerated and Magnetized Irrigation Water on Growth, Yield and Fruit Quality of Gala Apple in Xinjiang

WEI Xuesong¹, MU Weiyl^{1*}, WANG Quanjiu^{1,2}, DUAN Xiaoxian¹, SUN Yan^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. School of Water Resources and Hydropower, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: 【Objective】Pre-treating water prior to irrigation is an innovative technology increasingly used in modern irrigation. This paper compares the effect of irrigation using aerated (A) and magnetized (M) water on growth, yield and fruit quality of Gala apple in Xinjiang province. 【Method】The experiment was conducted in an apple orchard, with freshwater irrigation treated as the control (CK). In each treatment, we measured the growth of the apple in different growth stages, as well as its ultimate fruit yield and quality. 【Result】All irrigations significantly improved growth, fruit yield and quality of the apple. Compared with CK, aeration combined with magnetization increased the final shoot length and fruit size by 24.6% and 61.4%, respectively, while aerating the water alone increased leaf area index by 24.7%. Compared to CK, Magnetization and aeration working separately or in combination increased fruit yield by 19.2%~35.5%; their combination increased the fruit yield up to 37 239.93 kg/hm². Compared with CK, magnetization and aeration working alone or in combination increased fruit hardness, soluble solid content, soluble sugar and Vc contents by 4.5%~7.9%, 13.9%~15.98%, 6.6%~28.2% and 15%~19.7%, respectively, and reduced detectable acid by 7.08%~18.35%. On average, magnetization- aeration combination was most effective in improving fruit yield and quality. 【Conclusion】Irrigating the apple using the combination of magnetized and oxygenated water in Xinjiang can promote apple growth and improve its fruit yield and quality.

Key words: activating water; Xinjiang; apple; growth; yield and quality

责任编辑: 韩 洋