

集雨保墒措施对陇东黄土旱塬区红富士苹果产量与品质的影响

赵刚^{1,2}, 樊廷录^{2,3}, 李尚中^{1,2}, 张建军^{1,2}, 党翼^{1,2}, 王磊^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省水土资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以长富 2 号为指示品种, 采用连续多年定位试验, 研究了集雨保墒措施对黄土旱塬苹果产量与品质的影响。通过对比分析常规果园管理方式(CK)、黑色宽膜覆盖集雨保墒及黑色宽膜覆盖+集雨立体入渗 3 个处理的产量与果实品质等性状。结果表明, 与常规果园管理方式相比, 黑色宽膜覆盖+集雨立体入渗处理平均单果质量增加 13.2%, 单株产量增产 17.2%, 果实硬度显著降低 4.9%; 含水量高 3.4 百分点, 可溶性固形物含量、有机酸含量、可滴定酸含量及总糖含量分别提高 7.2%、34.1%、182.1%、28.9%。说明在黄土旱塬苹果园采用黑色宽膜覆盖+集雨立体入渗技术能起到较好的土壤蓄水保墒作用, 使果实产量与品质增加明显。

关键词: 黑色宽膜覆盖集雨保墒; 黑色宽膜覆盖+集雨立体入渗; 红富士; 苹果园; 果实产量; 果实品质; 陇东黄土旱塬区

中图分类号: S661.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-1463(2018)09-0052-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2018.09.016

Effects of Rain-harvesting and Moisture-conserving Measures on Yield and Quality of Fuji Apple on the Loess Plateau

ZHAO Gang^{1,2}, FAN Tinglu^{2,3}, LI Shangzhong^{1,2}, ZHANG Jianjun^{1,2}, DANG Yi^{1,2}, WANG Lei^{1,2}

(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Key Laboratory of Ministry of Agriculture for Northwest Crop Drought-resistant Production and Farming System, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: With Changfu 2 as an indicator cultivar, the effects of rainwater harvesting and soil moisture conservation measures on the yield and quality of apples on Loess Plateau were studied through years of continuous positioning observation. The yield and fruit quality of conventional orchard management (CK), black wide-film mulching for rainwater harvesting and black wide-film mulching+three-dimensional infiltration of rain collection were compared and analyzed. The results showed that the average single fruit quality of black wide-film mulching+ three-dimensional infiltration of rain collection treatment increased by 13.2% compared with the control, the yield per plant increased by 17.2% compared with the control, and the fruit hardness was significantly reduced, which was 4.9% lower than the control; Water content was 3.4 % higher than that of the control group. Soluble solid content, organic acid content, titratable acid content and total sugar content were higher by 7.2%, 34.1% and 182.1%, respectively. The results showed that black wide-film mulching+ three-dimensional infiltration of rain collection technology could play a better role in soil water storage and moisture conservation in apple orchards on the Loess plateau, and increase the yield and quality of fruit significantly.

Key words: Black wide-film Mulching for rainwater harvesting; Black wide-film mulching+three-dimensional infiltration of rain collection; Fuji apple; Apple orchard; Fruit yield; Fruit quality; Loess Plateau of Eastern Gansu

陇东黄土旱塬区是中国苹果的优生区之一, 但该区 30 a 平均降水量仅为 503 mm, 有限且分散的雨水可被强烈的果树蒸腾作用快速消耗, 从而无法满足苹果树生长期的持续高强度耗水, 干旱问题导致果园生产力降低与果树衰败速度加快^[1-2]。土壤深层干燥化是旱塬区一种特殊的水

文现象, 持续干燥化最终导致土壤干层形成。有研究表明, 土地利用方式为苹果园时可明显提高土壤表层入渗速率, 减少地表径流, 但仍无法减缓生物利用性干层^[3]。近年来, 一些学者通过优化灌溉方式、补灌策略等对降低土壤水分蒸散措施进行了研究, 探讨了如何降低果园耗水与提高

收稿日期: 2018-06-12

基金项目: 甘肃省青年基金(1606RJYA215)。

作者简介: 赵刚(1981—), 男, 甘肃静宁人, 助理研究员, 主要从事农田土壤水分与苹果栽培方面的研究工作。
Email: 7635423@163.com。

果园水分利用率的问题^[4-6]。但这些研究均侧重于土壤贮水量与含水量分布方面,而对土壤深层干燥化程度的研究未见报道。我们通过连续 8 a 在黄土旱塬区进行较大树龄果树的定位观测,对深层立体化集雨入渗技术改善果园产量与果实品质进行分析,旨在为水资源匮乏及果园深层土壤干燥化的陇东黄土旱塬区苹果产业可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

定位试验于 2009—2017 年连续 8 a 在位于甘肃省东部陇东地区镇原县上肖乡的农业部西北旱作营养与施肥科学观测实验站进行。试验区属北方典型的半湿润偏旱农业区。试验地海拔 1 254 m,近 30 年年均降水量 503 mm,年平均温度 8.3℃,无霜期 165 d,土壤为土层深厚的黑垆土。该区年降水量 500~600 mm,干燥度 1.5 左右,属稳定单向缺水农业区。据测定,降水量的 10%~15% 形成径流流失,60%~65% 的无效蒸发,仅有 25%~30% 被作物利用,而且 60% 的降水多集中在 7—9 月。陇东旱塬地区年平均日照时数为 2 300~2 500 h,日照百分率达 50%~55%,太阳年辐射量为 525~567 kJ/cm²。

1.2 试验材料

指示苹果品种为长富 2 号,树龄为 20 年生,株行距为 3 m×4 m。供试肥料为尿素(含 N 46%,甘肃刘家峡化学工业集团生产)、磷酸二铵(含 N 18%、P₂O₅ 48%,临沂中鲁大化肥业有限公司生产)、氯化钾(含 K₂O 62%,西安蓝宇化工原料有限公司生产)。

1.3 试验设计

定位试验所选试验树体生长健壮,树势整齐一致,树姿开张,树相整齐。试验共设 3 个处理,即常规果园管理方式处理(CK)。处理方法是在冬季或者次年春季进行果园修剪,春季旋耕整地,保持果园地面水平,便于降水入渗。6 月中下旬除草 1 次,施肥时期为秋季果实采收后,施肥方式采用传统的条施法,即在离树干 80 cm 处挖深宽长为 20 cm×20 cm×200 cm 的穴,施肥量为优质农家肥 75~90 kg/株,氮磷钾施入质量比例为 N:P₂O₅:K₂O=1:1:1,化肥施量为 1.5 kg/株。黑色宽膜覆盖集雨保墒处理(BF)。处理方法是分别

在离主树干 5 cm 两侧覆宽 120 cm 的黑色地膜,覆膜时以树干为中心,将树冠两侧向外围延伸 100 cm,做成向主树干外侧倾斜的斜面,覆盖黑色地膜,与地面贴紧压实,便于集水。肥料使用量同对照,采用沟施,顺地膜覆盖边缘挖深 20 cm 施入肥料后覆土,覆膜时间在春季即 4 月 20 日左右。黑色宽膜覆盖+集雨立体入渗处理(BF+R)。处理方法是果实采摘后,在离主树干 80 cm 树盘处,挖 50 cm×50 cm×40 cm 的大穴 3 个,每穴中埋设 30 cm×30 cm 的有盖入渗桶,入渗桶下部四周打上直径为 0.5 cm 的小孔,孔间距约为 5 cm,约 40 个/桶,作为集雨微灌。在果树树冠下 400 cm×300 cm 处做成浅盘状,即树干两侧各延伸 200 cm 和 150 cm,做成外高向内逐渐倾斜,便于降水流入入渗桶,将其分为 3 等分,分别埋设 3 个入渗桶,然后用宽 120 cm 黑色地膜将树盘全部覆盖,便于降水集水及保墒防止杂草。施肥量与埋设入渗桶及覆膜时间与处理 BF 相同。每处理 5 株树,单株重复。

1.4 样品的采集与分析

于每年 10 月中旬果实成熟后,按处理分别对每株果树从东南西北 4 个方位随机采收样果 12 个,混合后称其质量,计入单株产量,随后带回实验室于 7 d 内完成果实品质的测定。可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定,可测定酸含量采用氢氧化钠滴定法测定,Vc 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,可溶性固形物含量使用泉州光学仪器厂生产的 WYT-4 型糖量计测定,果实硬度采用 GY-1 型硬度仪测定,果实纵径与横径采用游标卡尺测量^[7]。根据果实纵、横径比值计算果型指数(V/H)。同时收获剩余果实并称重,统计单株产量。

1.5 数据处理

试验数据采用 Excel 2013 与 SPSS22.0 软件进行处理和分析^[8-9]。

2 结果与分析

2.1 不同集雨处理对苹果产量的影响

连续 8 a 的观察结果(表 1)表明,不同集雨处理的苹果平均单株产量较对照提高 12.6%~17.2%。其中以 BF+R 处理的单株产量最高,达到 43.7 kg,较对照增产 17.2%,说明黑色宽膜覆盖+深层立体化集雨处理可显著提高苹果平均单株产量。BF 处理的苹果平均单株产量次之,为 42.0

kg, 较对照增产 12.6%, 说明黑色宽膜覆盖集雨保墒处理可提高苹果平均单株产量, 但差异不显著。BF 处理和 BF+R 处理平均单果质量均显著高于对照, 分别较对照提高 9.7%、13.2%。

表 1 不同集雨处理对苹果平均单株产量的影响^①

处理	平均单果质量 /g	平均单株产量 /kg	较CK增产 /%
CK	167.0 b	37.3 b	
BF	183.2 a	42.0 ab	12.6
BF+R	189.0 a	43.7 a	17.2

①表中数据为 2009—2017 年平均值。

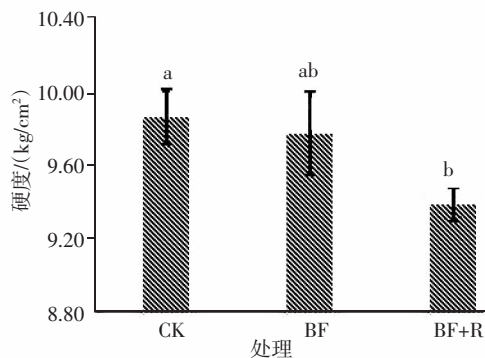
2.2 不同集雨处理对苹果品质的影响

由图 1-a 可以看出, BF 处理和 BF+R 处理的

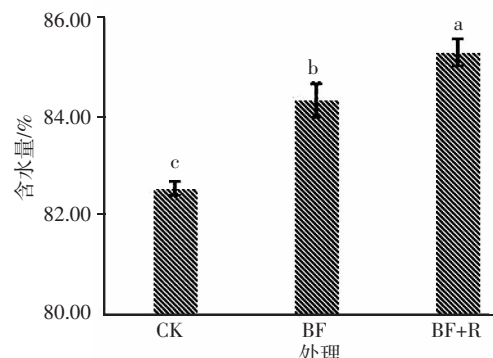
果实硬度均低于对照, 其中 BF+R 处理为 9.38 kg/cm², 较对照低 4.9%, 与对照差异显著; BF 处理果实硬度较对照低 0.9%, 与对照差异不显著。

由图 1-b 可以看出, 2 个集雨处理的果实含水量均高于对照, 从高到低依次为 BF+R、BF、CK, 且 3 个处理间均表现出显著差异。与对照相比, BF+R 处理和 BF 处理果实含水量分别较对照高出 3.4 个百分点和 2.2 个百分点。

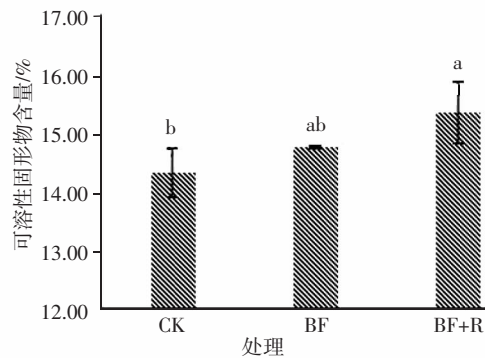
由图 1-c 可以看出, BF 处理、BF+R 处理的可溶性固形物含量均高于对照, BF+R 处理可溶性固形物含量达 15.34%, 较对照增加 7.2%, 与对照差异显著; 而 BR 处理仅比对照高 3.0%, 与对照



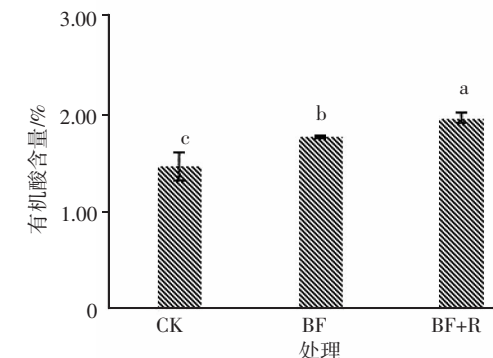
a. 对果实硬度的影响



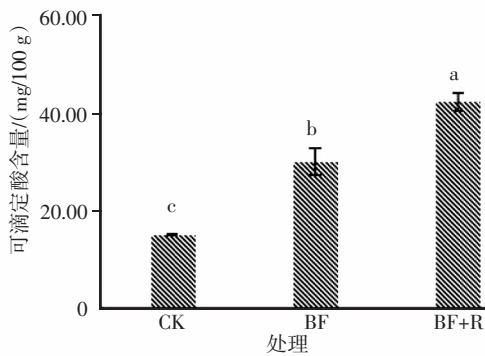
b. 对果实含水量的影响



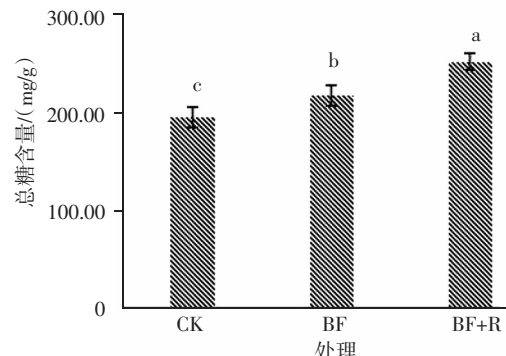
c. 对果实可溶性固形物的影响



d. 对果实有机酸含量的影响



e. 对果实可滴定酸含量的影响



f. 对果实总糖含量的影响

图 1 不同集雨处理对苹果果实平均品质的影响 (图中数据为 2009—2017 年平均值)

无显著性差异。

从图 1-d、图 1-e、图 1-f 可以看出, 3 个处理的有机酸含量、可滴定酸含量以及总糖含量的变化趋势一致, 均为 BF+R>BF>CK, 3 个处理间表现出显著性差异。其中, BF+R 处理有机酸含量、可滴定酸含量以及总糖含量分别较对照高 34.1%、182.1%、28.9%; BF 处理有机酸含量、可滴定酸含量以及总糖含量则分别较对照高 20.9%、100.6%、11.3%。

3 小结与讨论

苹果树冠层较大, 为高耗水多年生植物, 其果实于生长期需要充足水分, 只有满足果实生长所需水量果实品质才能正常形成。但果实生长期黄土旱塬土壤水分亏缺增加, 致使土壤深层有效持水减少, 干燥化程度因苹果树龄增长而加重^[10], 严重影响果园产量与果实品质。地膜覆盖可降低土壤容重, 增加土壤孔隙度, 扩大土壤对水分保蓄能力, 从而提高苹果果实单果质量^[11-12]。本试验对果实平均单果质量与单株产量的结果分析表明, 黑色宽膜覆盖集雨保墒处理(BF处理)与黑色宽膜覆盖+深层立体化集雨处理(BF+R处理)均能显著提高平均单果质量, 深层立体化集雨处理(BF+R处理)则使单株产量得到显著提高。这两个处理通过覆膜措施有效改善了土壤微环境, 使根层以下土壤含水量提高, 进而缓解干旱季节由于缺水而造成的干旱胁迫, 而立体集雨措施则能更好地使水分进入土壤深层, 使果树深层根系吸收水分。

在果实品质方面, 黑色宽膜覆盖+深层立体化集雨处理(BF+R处理)各品质指标与对照相比均表现出显著差异, 其中果实硬度低于对照, 果实含水量、可溶性固形物含量、有机酸含量、可滴定酸含量及总糖含量均是高于对照的。这与张坤等^[13]对果园地面覆盖的研究结果相一致。赵长增等^[14]对果园覆盖条件下的果实可溶性固形物含量进行了研究, 发现覆盖技术可显著提高果实可溶性固形物含量, 这也与本研究相同。众多相关研究表明不同覆盖集雨保墒措施对果实品质的影响呈正效应^[8-11], 这与研究结果也一致。我们研究提出的集雨立体入渗保墒技术, 能有效减少土壤无效蒸发, 将收集到的地表降水用于土壤深层灌溉, 实现降水跨季节利用, 从而缓解果园土壤深

层干燥化。

参考文献:

- [1] 张社红, 李军, 王学春, 等. 渭北旱塬苹果园地量和深层土壤水分效应模拟[J]. 生态学报, 2011, 31(13): 3767-3777.
- [2] 张义, 谢永生, 郝明德, 等. 不同地表覆盖方式对苹果园土壤性状及果树生长和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 279-286.
- [3] 李玉山, 黄明斌, 杨新民. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 7-13.
- [4] FERERES E, SORIANO M A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use[J]. J. exp. bot., 2007, 58(2): 147.
- [5] GEERTS S, RAES D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(9): 1275-1284.
- [6] SUN H, SHAO L, LIU X, et al. Determination of water consumption and the water-saving potential of three mulching methods in a jujube orchard[J]. European Journal of Agronomy, 2012, 43(1): 87-95.
- [7] 邹琦, 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 温健, 陈光荣, 樊廷录, 等. 兰州地区玉米/大豆带状复合种植品种配置试验[J]. 甘肃农业科技, 2017(7): 25-30.
- [9] 何万春, 谭伟军, 王娟, 等. 6种微生物苗剂对全膜马铃薯生长发育和产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(11): 54-59.
- [10] 殷淑燕, 黄春长. 黄土高原苹果基地土壤干燥化原因及其对策[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(2): 76-80.
- [11] 董铁, 刘小勇, 张坤, 等. 旱塬区地面覆盖对苹果园土壤性状和树体生长的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23(2): 155-160.
- [12] 刘小勇, 李红旭, 李建明, 等. 不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(3): 746-754.
- [13] 张坤, 王发林, 刘小勇, 等. 地面覆盖对果园土壤水热分布和果实品质的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(11): 125-130.
- [14] 赵长增, 陆璐, 陈佰鸿. 干旱荒漠地区苹果园地膜及秸秆覆盖的农业生态效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(1): 155-158.

(本文责编: 郑立龙)