减量化肥配施腐殖酸肥对红枣农艺性状、产量及品质的影响

赵满兴[1,2],刘　慧[1],白二磊[1],崔亚荣[1]
(1.延安大学 生命科学学院,陕西 延安　716000;
2.陕西省红枣重点实验室(延安大学),陕西 延安　716000)

摘　要:研究通过枣树常规施用化肥(CF)减量(20%、40%和60%),配施腐殖酸肥试验,探索化肥减量配施腐殖酸肥对枣树农艺性状、产量和枣果品质的影响。结果表明:与常规施用化肥比较,化肥减量配施腐殖酸肥能够显著增加枣果周长、枣吊长度和枣果长轴;同时,化肥配施生物有机肥较常规施用化肥红枣产量分别增加了31.2%、24.6%和5.6%,单枣重增加26.8%、9.0%和14.8%,灰分含量增加49.9%、37.5%和9.4%,可食率增加0.7%、1.3%和0.9%,出干率增加20.9%、16.7%和19.8%;化肥减量20%、40%和60%的处理分别使蛋白质含量增加1.3%、29.8%和4.9%,维生素C含量增加2.7%、12.1%和19.0%,还原糖增加7.6%、13.0%和28.5%,可溶性总糖增加22.1%、44.3%和34.5%,有机酸增加7.5%、3.5%和2.9%,黄酮增加53.3%、50.6%和15.7%。在笔者试验条件下,综合考虑农艺性状、产量因素,化肥减量20%配施生物有机肥每株0.5 kg处理(80%CF＋BF1)效果最好;从红枣品质角度考虑,化肥减量40%～60%配施生物有机肥每株1.0～1.5 kg处理(60%CF＋BF2,40%CF＋BF3)最佳。

关键词:红枣;品质;腐殖酸肥;农艺性状

红枣作为重要的经济树种,不仅具有较高的营养价值[1～2],同时也兼具水土保持的作用,在我国西北地区广泛种植。然而近年来由于盲目追求产量,导致化肥过量问题普遍存在[3]。化肥的过量使用不仅会使土壤板结,通气透水性降低,同时也会降低其有机质含量和生物活性[4],对土壤造成一系列的负面影响,最终使红枣产量和品质降低,农民经济收入减少。因此,如何减少化肥的施用,修复受损土壤结构、提高土壤肥力,已成为目前红枣种植生产中亟需解决的问题之一。鉴于有机肥具有增加土壤有机质含量、改善土壤结构、提高土壤酶活性,且可提高作物产量和品质的特点[5～7],增施有机肥或使用有机肥部分替代化肥可能是减少化肥使用的有效途径。

腐殖酸肥是目前广泛使用的一种有机肥料,其不仅可以改善土壤结构,同时可为植物生长长期提供肥力,促进各种蔬菜、作物和果树的生长以及品质提高[8～9]。如有研究表明施用腐殖酸肥可显著提高玉米[10]、草莓[11]和番茄[12]等的肥料利用效率,促进其生长,从而大幅提高上述作物的产量。然而,目前关于上述有机肥料对红枣影响的研究尚显不足,且多数局限于分析完全替代化肥或增施腐殖酸肥的影响,而对采用腐殖酸肥部分替代化肥对枣树生长、产量和品质影响的研究则尚少报道。而限于有机肥肥效缓慢、供肥持久和后期养分充足的特点,生产实践难以使用上述有机肥完全替代化肥。因此,如何根据枣树养分需求合理使用有机肥部分替代化肥尚需加以研究。

红枣种植是延安市农业经济的主导产业之一,长期以来的过施化肥现象已经造成当地枣园土壤性质有所恶化,成为当地红枣产业可持续发展的潜在威胁之一。因此,笔者研究以延安市延川县白家圪崂村大棚内骏枣为研究对象,以常规施肥为对照,研究化肥减量配施腐殖酸肥和生物有机肥对当地红枣生长、产量和品质的影响,以期在保证红枣产量稳定的条件下减少化肥施用,提高枣果品质,为陕北地区枣园合理施肥提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

试验于2017年4月至12月在延川县白家圪崂村(109°36′20″～110°26′44″E,36°37′15″～37°5′55″N)红枣实验基地大棚内进行,当地属黄土高原丘陵沟壑区,温带大陆性季风气候,平均海拔850 m,年平均气温10.6℃,年降水量500 mm,无霜期185 d。试验区土壤为黄绵土,土壤容重1.26 mg·kg^{-1},土壤有效N、P、K含量分别

收稿日期:2019-01-10　　**修回日期**:2019-01-18
基金项目:国家自然科学基金项目(41761068);延安市科学技术研究发展计划项目(2013－KN11);延安大学引导项目(YD2016－08)。
第一作者简介:赵满兴(1971-),男,陕西合阳人,博士,副教授,主要从事植物养分调控研究。

为 48.29 mg·kg^{-1}、5.72 mg·kg^{-1} 和 86.3mg·kg^{-1}，土壤有机质含量为 10.37 g·kg^{-1}，土壤 pH 为 8.42，土壤类型为砂质壤土。

1.2 施肥试验

试验红枣品种为“闯王”骏枣，设置 4 个处理：①CF（2016 年施肥试验产量较好的处理，每株施尿素 1.5 kg，施过磷酸钙 1.5 kg，硫酸钾 1.0 kg；②80%CF＋HF1（80%CF＋腐殖酸肥每株 0.5 kg）；③60%CF＋HF2（60%CF＋腐殖酸肥每株 1.0 kg）；④40%CF＋HF3（40%CF＋腐殖酸肥每株 1.5 kg）。随机区组设计，3 株视为一个处理，各处理重复 3 次（表 1）。腐殖酸肥各处理的替代率均为 27.8%。所有处理的基肥均为枣农堆制的腐熟羊粪，有机质含量 126.07 g·kg^{-1}，全碳 51.38 g·kg^{-1}，全氮 4.83 g·kg^{-1}，无机氮 402.64 mg·kg^{-1}，全磷 4.05 g·kg^{-1}，全钾 3.27 g·kg^{-1}，碳氮比 10.64。腐熟羊粪施用量均为每株 20 kg，试验氮肥、磷肥和钾肥分别为尿素（含 N 量 46%）、过磷酸钙（含 P 量 12%）和硫酸钾（含 K 量 50%）。腐殖酸肥中腐殖酸≥45%，pH 7.50。所有肥料作为基肥一次性施入，于春季枣树萌芽前（4 月 25 日），在树冠投影外围以树干为中心，挖宽 40 cm 深 35 cm 的圆形环状沟，均匀地将试验所用的肥料施入沟内然后覆土。

表 1 试验各处理每株肥料用量 (kg)

处理	腐殖酸肥	尿素	过磷酸钙	硫酸钾	腐熟羊粪
CF	0	1.5	1.5	1.0	20
80%CF＋HF1	0.5	1.2	1.2	0.8	20
60%CF＋HF2	1.0	0.9	0.9	0.6	20
40%CF＋HF3	1.5	0.6	0.6	0.4	20

1.3 指标测定

于 9 月底采摘红枣并计算产量，对单枣重、枣果长轴、周长和枣吊长度进行测定。其中，在每棵树的东、南、西、北四个方向分别选取长势完好的枣吊，用卷尺测定枣吊长度，并采集 10 个枣用游标卡尺测定枣果长轴和周长，用千分之一天平测定单果重。采集的鲜枣带回实验室保存于 4℃冰箱内，并于 10 月至 12 月在实验室内测定枣果可食率、出干率、以及总糖、还原性糖、Vc、有机酸、蛋白质、灰分和黄酮含量。其中，出干率采用重量法测定；总糖含量采用蒽酮比色法测定；还原性糖含量采用 3,5－二硝基水杨酸比色法测定；Vc 含量采用 2,6－二氯靛酚滴定法测定；有机酸含量采用酸碱滴定法测定；蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G－250 染色法测定；灰分采用重量法测定；黄酮含量采用比色法测定[13]。

1.4 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件处理数据，采用单因素方差分析 one－way ANOVA 检测不同处理间指标差异显著性，多重比较采用 Duncan 新复极差法，$\alpha=0.05$。

2 结果与分析

2.1 化肥减量配施腐殖酸肥对红枣农艺性状的影响

由图 1 知，与化肥常规用量处理相比，化肥减量配施腐殖酸肥处理均增加枣果长轴。减量 20%、40% 和 60% 的处理分别使枣果长轴增加 9.2%、4.7%和 4.7%。减量 20%和 60%的处理均能增加枣果周长和枣吊长度，但是没有达到显著差异水平。化肥减量 40%配施腐殖酸肥每株 1.0 kg 处理（60%CF＋BF2）反而降低了枣果周长和枣吊长度，但是没有达到显著差异水平。总体来看，化肥减量配施腐殖酸肥对枣树农艺性状影响不大。

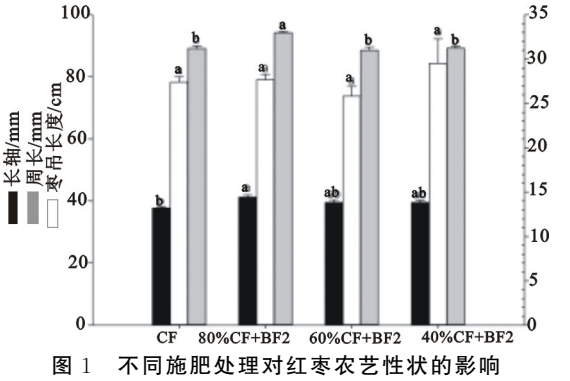


图 1 不同施肥处理对红枣农艺性状的影响

注：相同颜色柱子上的不同字母表示处理间差异显著。

2.2 化肥减量配施腐殖酸肥对红枣品质的影响

如表 2 所示，与化肥常规用量处理相比，化肥减量配施腐殖酸肥处理均增加了蛋白质含量、维生素 C 含量、还原糖含量、可溶性总糖含量、有机酸含量和黄酮含量。这与腐殖酸肥中含有的腐殖酸具有促进品质的作用有关。减量 20%、40%和 60%的处理分别使蛋白质含量增加 1.3%、29.8%和 4.9%，维生素 C 含量增加 2.7%、12.1%和 19.0%，还原糖增加 7.6%、13.0%

和28.5%，可溶性总糖增加22.1%、44.3%和34.5%，有机酸增加7.5%、3.5%和2.9%，黄酮增加53.3%、50.6%和15.7%。不同化肥减量之间比较，化肥减量20%配施腐殖酸肥每株0.5 kg处理(80%CF+BF1)在蛋白质、可溶性总糖方面均增加幅度最高，化肥减量60%配施腐殖酸肥每株1.5 kg处理(40%CF+BF3)在维生素C、还原糖方面均增加幅度最高。综合考虑，在常规施用化肥的基础上，化肥减量40%～60%配施生物有机肥每株1.0～1.5 kg处理(60%CF+BF2，40%CF+BF3)对红枣品质提升效果最好。可见，腐殖酸在红枣品质提升方面具有一定作用。

表2　不同施肥处理对红枣品质的影响

处理	蛋白质/($mg \cdot g^{-1}$)	维生素C/($mg \cdot 100g^{-1}$)	还原糖/($g \cdot 100g^{-1}$)	可溶性总糖/($mg \cdot g^{-1}$)	有机酸/($mg \cdot kg^{-1}$)	黄酮/($mg \cdot 100g^{-1}$)
CF	6.72±0.14b	345.84±20.12b	32.58±1.31b	60.64±4.35b	1.73±0.01a	79.96±8.89c
80%CF+HF1	6.81±0.54b	355.63±23.86b	35.06±3.48b	74.06±17.02a	1.86±0.06a	122.57±2.79a
60%CF+HF2	8.72±0.49a	387.71±18.04a	36.82±2.77b	87.50±4.55a	1.79±0.03a	120.39±10.45a
40%CF+HF3	7.05±0.98b	411.67±12.82a	41.87±2.01a	81.55±0.24a	1.78±0.10a	92.55±5.43b

注：同列不同字母表示处理间差异显著，下同。

2.3　化肥减量配施腐殖酸肥对红枣产量的影响

由表3知，与化肥常规用量处理相比，化肥减量配施腐殖酸肥处理均增加红枣产量、单枣重、灰分含量、可食率和出干率。减量20%、40%和60%的处理分别使红枣产量增加31.2%、24.6%和5.6%，单枣重增加26.8%、9.0%和14.8%，灰分含量增加49.9%、37.5%和9.4%，可食率增加0.7%、1.3%和0.9%，出干率增加20.9%、16.7%和19.8%。由此可见，化肥减量20%配施腐殖酸肥每株0.5 kg处理(80%CF+BF1)增产效果最好。化肥减量60%配施生物有机肥每株1.5 kg处理(40%CF+BF3)产量和单枣重反而低于化肥减量40%配施生物有机肥每株1.0 kg处理(60%CF+BF2)，说明化肥和腐殖酸肥配施比例对于红枣产量有显著影响，适当比例配施可以促进产量增加。不同化肥减量之间比较，化肥减量20%配施腐殖酸肥每株0.5 kg处理(80%CF+BF1)在单枣重、灰分、可食率及出干率方面均增加幅度最高。

表3　不同施肥处理对红枣产量的影响

处理	每株产量/kg	单枣重/g	灰分/($g \cdot 100g^{-1}$)	可食率/%	出干率/%
CF	17.23±0.67c	14.24±0.3c	2.67±0.40b	95.76±0.47a	49.92±3.39b
80%CF+HF1	22.60±1.03a	18.06±2.4a	3.98±0.27a	96.98±0.20a	60.35±3.58a
60%CF+HF2	21.47±0.52b	15.52±1.6b	3.67±0.28a	96.44±0.30a	58.24±3.20a
40%CF+HF3	18.20±0.61c	16.35±2.0b	2.92±0.21b	96.62±0.55a	59.82±1.75a

3　讨论

腐殖酸肥能够直接补充土壤腐殖质含量，从而改善土壤营养状况，提高作物产量和改善品质[8]。笔者研究结果表明，腐殖酸肥处理显著增加枣果长轴、产量和单枣重，且H1(每株0.5 kg)处理效果最好。Yildirim等[14]的研究表明腐殖酸肥能够显著增加番茄果实直径、果实长度和果实重量，Unlu等[15]也报道其可显著增加黄瓜果实直径和果实重量，从而提高作物产量。笔者研究结果与上述结果相似，其原因可能是腐殖酸增加土壤中有机酸含量，使土壤中难溶的养分得到释放，从而增加土壤中养分有效性，促进植株的生殖生长和营养生长[16]。同时，有研究表明腐殖酸可以促进枣树对K的吸收，而K可促进植物的光合作用，增加光合产物(碳水化合物)的积累，促进果实的膨大[17～18]，因此，笔者研究中枣果长轴以及周长(H1)的显著增加可能是由于腐殖酸促进枣树K素的吸收所致。此外，有研究表明，腐殖酸肥可以增加植物中细胞分裂素含量、促进细胞的伸长[11,18]，研究中枣果果实的显著膨大也可能是植物激素调节导致果实中细胞数量和体积的增加，最终使得枣果长轴和周长的显著增加。对于枣果品质而言，腐殖酸肥处理总体上使蛋白质、Vc和可溶性总糖含量显著提高，使黄酮含量由显著提高过渡到显著降低。这与李小玉等[12]在腐殖酸肥使番茄果实Vc和可溶性总糖含量显著提高的研究结果相似，而与Aminifard等[19]关于腐殖酸肥对辣椒果实黄酮和Vc含量无显著影响的结果不同。这可能是由于腐殖酸肥导致的光合产

物(特别是碳水化合物)增加积累在果实中,从而提高果实中糖含量[16],当然鉴于所研究的植物种类、生长环境以及施肥方式的不同导致研究结果之间存在一定差异。此外,有研究表明,腐殖酸可以促进蛋白质合成,提高蔗糖合成酶和 Vc 合成酶的活性[18~20],这也是笔者研究中枣果品质提高的重要原因。值得注意的是腐殖酸肥过量将导致黄酮含量降低,在实际应用中因采取适宜的腐殖酸肥用量进行红枣的生产。

4 结论

(1)与常规施用化肥比较,化肥减量配施腐殖酸肥能够显著增加枣果周长、枣吊长度和枣果长轴、产量及改善品质。化肥配施腐殖酸肥较常规施用化肥红枣产量分别增加了 31.2%、24.6%和 5.6%,单枣重增加 26.8%、9.0%和 14.8%,灰分含量增加 49.9%、37.5%和 9.4%,可食率增加 0.7%、1.3%和 0.9%,出干率增加 20.9%、16.7%和 19.8%。

(2)化肥减量 20%、40%和 60%的处理分别使蛋白质含量增加 1.3%、29.8%和 4.9%,维生素 C 含量增加 2.7%、12.1%和 19.0%,还原糖增加 7.6%、13.0%和 28.5%,可溶性总糖增加 22.1%、44.3%和 34.5%,有机酸增加 7.5%、3.5%和 2.9%,黄酮增加 53.3%、50.6%和 15.7%。

(3)在本试验条件下,综合考虑农艺性状、产量因素,化肥减量 20%配施生物有机肥每株 0.5 kg 处理(80%CF+BF_1)效果最好;从红枣品质角度考虑,化肥减量 40%~60%配施生物有机肥每株 1.0~1.5 kg 处理(60%CF+BF2,40%CF+BF3)最佳。

参 考 文 献:

[1] Guo S, Duan J A, Zhang Y, et al. Contents changes of triterpenic acids, nucleosides, nucleobases, and saccharides in jujube (Ziziphus jujuba) fruit during the drying and steaming process[J]. Molecules, 2015, 20(12): 223-229

[2] Wang M, Gao Q H, Shen J, et al. The Jujube (Ziziphus jujuba Mill.) fruit: A review of current knowledge of fruit composition and health benefits [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(14): 3 351-3 363.

[3] 木合塔尔·扎热,吴正保,故丽米热·卡克什,等. 有机肥与化肥不同配施对土壤养分及骏枣光合特性和叶果比的影响[J]. 土壤通报, 2015, 46(02): 405-411.

[4] 李先,刘强,荣湘民,等. 有机肥对水稻产量和品质及氮肥利用率的影响[J]. 湖南农业大学学报(自科版), 2010, 36(03): 258-262.

[5] 吴慧,何永红,徐致远,等. 有机肥对砂梨果品及矿质营养含量的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2017, 38(04): 112-115.

[6] 于冰,宋阿琳,李冬初,等. 长期施用有机和无机肥对红壤微生物群落特征及功能的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017, 32(06): 58-65.

[7] 张超,周旭,张海,等. 苹果专用肥对旱地果园土壤酶活性以及微生物多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2017, 36(12): 3 485-3 492.

[8] 程亮,张保林,王杰,等. 腐植酸肥料的研究进展[J]. 中国土壤与肥料, 2011, 26(05): 1-6.

[9] 范丙全. 我国生物肥料研究与应用进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(06): 1 602-1 613.

[10] 裴瑞杰,袁天佑,王俊忠,等. 施用腐殖酸对夏玉米产量和氮效率的影响. 中国农业科学, 2017, 50(11): 2 189-2 198.

[11] Ullah I, Sajid M, Shah S T, et al. Influence of humic acid on growth and yield of strawberry cv. Chandler[J]. Pure and Applied Biology, 2017, 6(04): 1 171-1 176.

[12] 李小玉,赵群法,尚玉臣,等. 腐殖酸肥对温室番茄土壤微生物及产量品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2016, 50(02): 203-208.

[13] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001: 9-78.

[14] Yildirim E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato[J]. Soil and Plant Science, 2007, 57(02): 182-186.

[15] Unlu H O, Husnu U, Karakurt Y. Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber[J]. Scientific Research and Essays, 2011, 6(13): 2 800-2 803.

[16] 罗华,李敏,胡大刚,等. 不同有机肥对肥城桃果实产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(04): 955-964.

[17] Ling S S Li X L, Zhao P L. Effects of Na+/K+ on ion distribution in various organs and photosynthetic characteristics of Catharanthus roseus at the flowering stage under salt stress[J]. Acta Pedologica Sinica, 2011(04): 027.

[18] Zhang L, Zhou J, Zhao Y G, et al. Optimal combination of chemical compound fertilizer and humic acid to improve soil and leaf properties, yield and quality of apple (Malus domestica) in the Loess plateau of China[J]. Pakistan Journal of Botany, 2013, 45(04): 1 315-1 320.

[19] Aminifard M, Aroiee H, Nemati H, et al. Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality [J]. African Journal of Biotechnology, 2012, 11(68): 13 179-13 185.

[20] Kusvuran V S A, Babat S. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (Panicum miliaceum L.)[J]. Scientific research and essays, 2011, 6(03): 663-669.