



腐殖酸肥或生物有机肥替代部分化肥对土壤肥力、红枣产量和品质的影响

赵满兴^{1,2}, 刘 慧¹, 白二磊¹, 邓 健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 通过枣树常规施肥(CF)减量(20%、40%和 60%)配施腐殖酸或生物有机肥试验,探索 CF 减量配施有机肥对枣树土壤性状、产量和枣果品质的影响。结果表明:与 CF 比较,化肥减量配施有机肥能够显著增加土壤有机质质量分数,但显著降低了碱解氮和速效磷质量分数($P < 0.05$);同时,化肥配施腐殖酸肥或生物有机肥配施处理较 CF 处理红枣产量分别增加 7.13%~25.70%和 13.88%~15.20%,单个枣果果型也显著增加($P < 0.05$),但导致出干率降低;CF 减量配施腐殖酸肥处理枣果维生素 C、蛋白质、还原糖、黄酮、总可溶性糖比 CF 处理分别增加 1.33~5.31 倍、3.53%~5.88%、21.09%、22.41%、25.77%;CF 减量配施生物有机肥处理枣果维生素 C、蛋白质、还原糖、黄酮、总可溶性糖比 CF 处理分别增加 2.34~5.83 倍、73.3%、34.35%、14.62%、34.34%。过量配施腐殖酸肥处理,枣果中黄酮、还原糖和可溶性总糖质量分数反而低于 CF 处理。在本试验条件下,较优的 2 个处理分别是 CF 减量 20%~40%,配施腐殖酸肥每株 0.5~1.0 kg 和 CF 减量 40%,配施生物有机肥每株 1.0 kg。在同等条件下,化肥配施生物有机肥效果优于配施腐殖酸肥。

关键词 红枣;化肥;腐殖酸肥;生物有机肥;品质

中图分类号 S665.1

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2019)06-0981-07

施用化肥是农业生产中提高产量的重要手段,但近年来为了追求高产而过量施用化肥现象越来越严重^[1],这不仅会造成肥料利用率低,影响农产品产量和品质,同时大量的 N、P 等元素淋溶会造成严重的水体污染和农业环境问题;而过量施用氮素化肥也会引起温室气体排放增加等生态问题^[2]。因此,如何在保证农产品产量和品质的同时减少化肥施用是当前农业生产中面临的重要课题。

有机肥料和无机化学肥料配合施用能够改善作物生长状况,并降低化肥使用量。其中腐殖酸和生物有机肥与化肥配施在多种作物上被广泛应用^[3-4]。腐殖酸是动植物残体经过复杂的变化后形成的一类褐色或黑色的无定形高分子胶态复合物,是土壤有机质的主要成分^[5-6];生物有机肥是传统的有机肥和菌肥的有机结合体,兼有增肥和活菌的作用^[7]。这 2 种有机肥料与化肥减量配施后在番茄、玉米、苹果和烟草等多种作物上的应用均能够起到改良土壤、增加产量和改善品质的作

用^[4,8-10],且能使化肥使用量减少 10%~30%^[11];且均能够通过改善根际土壤微生物群落的数量和结构来改变土壤酶活性和有效养分质量分数^[12],优化根际环境,增强植物抗逆性和光合能力,最终实现养地增产的效果^[13-14]。然而,由于不同作物对肥料类型和数量的需求差别较大,导致目前对于化肥减量和增施有机肥种类和数量的研究仍然不够明确,主要集中在玉米、苹果和烟草等作物^[8,15-16]。

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)是世界第七大干果,含丰富的蛋白质、维生素、黄酮、矿物质等营养成分,直接食用和加工产品均有巨大前景^[17]。但红枣生长区域通常位于干旱半干旱地区,土壤肥力较低,当前红枣种植过程中过量和不合理施用化肥已成为影响红枣品质的严重问题^[18]。因此,本试验选取中国红枣五大产业基地之一的陕北地区,开展不同梯度化肥减量增施有机肥对土壤、红枣产量和品质的影响研究,为红枣栽培管理及有机肥配施技术提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验地概况

试验于 2017 年 3 月—10 月在陕西省延安市延川县马家河乡白家圪崂(N36°46';E110°16')进行。该区域地处延安市东北部,属于陕北黄土高原丘陵沟壑区,平均海拔 850 m,年平均气温 10.06 ℃,常年干旱少雨,年平均降水量为 380~580 mm,70%以上的降雨集中在 6—9 月份,无霜期 183 d。土壤类型为绵沙土,试验前 0~20 cm 耕层土壤基本理化性质为:有机质 16.90 g/kg,碱解氮 21.0 mg/kg,速效磷 2.3 mg/kg,速效钾 45.2 mg/kg,pH 8.61。

1.2 供试材料

供试红枣品种‘晋一枣’,树龄 6 a。选择长势基本一致无病虫害的试验树,栽植密度为 2 m × 2 m,树高 2 m 左右。试验枣树生长在 3 m 高的拱棚下。

研究所用腐殖酸肥和生物有机肥购自于延安市宝塔区河庄坪农资经销站,生物有机肥中氮磷钾≥15%,硫≥16%,活性有机质≥20.5%,氨基酸≥10%,微量元素≥2.5%(以上肥料均为质量分数)。腐殖酸肥中腐殖酸≥45%,pH 7.50。

1.3 试验设计

试验于 2017 年 4 月开始,设置 8 个处理:(1)CK(不施化肥);(2)CF(2016 年施肥试验产量较好的处理,尿素每株 1.5 kg,过磷酸钙每株 1.5 kg,硫酸钾每株 1.0 kg);(3)80%CF+HF1(80%CF+腐殖酸肥每株 0.5 kg);(4)60%CF+HF2(60%CF+腐殖酸肥每株 1.0 kg);(5)40%CF+HF3(40%CF+腐殖酸肥每株 1.5 kg);(6)80%

CF+BF1(80%CF+生物有机肥每株 0.5 kg);(7)60%CF+BF2(60%CF+生物有机肥每株 1.0 kg);(8)40%CF+BF3(40%CF+生物有机肥每株 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)。腐殖酸肥和生物有机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,有机质质量分数 126.07 g/kg,全碳 51.38 g/kg,全氮 4.83 g/kg,无机氮 402.64 mg/kg,全磷 4.05 g/kg,全钾 3.27 g/kg,碳氮比 10.64。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 ω=46%)、过磷酸钙(含 P 量 ω=12%)和硫酸钾(含 K 量 ω=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。

1.4 测定项目与方法

于 2017 年 9 月底‘晋一枣’采收后于树冠下避开施肥点采集 0~20 cm 土样,同一处理的 3 株枣树按照“S”型采集 5 点土样,并将其混合为一个土样,共采集 45 个土样,剔除杂物后混合制样,风干后过 2 mm 筛。

土壤基本性状测定方法^[19]:土壤有机质采用重铬酸钾—浓硫酸外加热法、碱解氮采用扩散法、速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提—钼锑抗比色法、速效钾采用 1.0 mol/L NH₄OAC 浸提—火焰光度计法测定。pH 采用水土比 2.5:1(m:V)的电位法测定。

果实于 9 月底成熟时采收,每株从东、南、西、北 4 个方向上各采 10 个枣果用于测定形态和品质指标,将各处理果实混合称量,计算产量。红枣

表 1 田间试验各处理肥料用量

Table 1 Fertilizer input in the field treatments

| 处理 Treatment | 每株有机肥/kg Organic fertilizer per plant | | 每株化肥/kg Chemical fertilizer per plant | | |
|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | 腐殖酸肥 Humic acids | 生物有机肥 Bio-organic fertilizer | 尿素 Urea | 过磷酸钙 Super phosphate | 硫酸钾 Potassium sulfate |
| CK | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CF | 0 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.0 |
| 80%CF+HF1 | 0.5 | 0 | 1.2 | 1.2 | 0.8 |
| 60%CF+HF2 | 1.0 | 0 | 0.9 | 0.9 | 0.6 |
| 40%CF+HF3 | 1.5 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0.4 |
| 80%CF+BF1 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 1.2 | 0.8 |
| 60%CF+BF2 | 0 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.6 |
| 40%CF+BF3 | 0 | 1.5 | 0.6 | 0.6 | 0.4 |

出干率采用烘干称量法测定, 枣果总糖质量分数采用蒽酮比色法, 还原糖质量分数采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法测定^[20], 还原性维生素 C(Vc) 采用 2, 6-二氯酚酚滴定法测定, 蛋白质采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定, 黄酮采用比色法测定^[21]。

1.5 数据处理方法

采用单因素方差分析(One-way ANOVA)检验不同处理水平的差异性, 采用 Duncan's 法进行多重比较; 显著性水平 $P < 0.05$ 表示差异显著。分别采用 Excel 2016、SPSSV 20.0 (IBM SPSS Statistic) 和 Origin 2016 进行数据整理、统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 有机无机肥配施对土壤化学性状的影响

土壤养分状况对枣树生长和结果都有一定影响。从图 1 可以看出, 有机无机肥配施各处理对土壤碱解氮、有机质和速效磷均有显著的影响 ($P < 0.05$)。其中 80%CF+HF1 的土壤碱解氮质量分数最高, CK 的土壤碱解氮质量分数最低, 其他处理的碱解氮质量分数均显著低于单纯施用化肥的处理 ($P < 0.05$), 且随着化肥施用量的降低而降低 ($P < 0.05$); 总体来看, CF 减量配施腐殖酸肥料的碱解氮质量分数 (平均为 73.89 mg/g) 高于 CF 减量配施生物有机肥的碱解氮质量分数 (平均为 47.44 mg/g)。

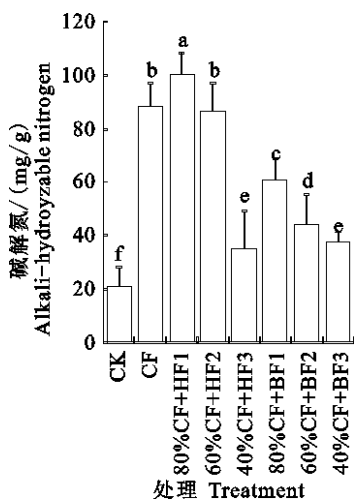


图 1 不同小写字母表示处理间差异达 5% 显著水平。下同
Different lowercase letters above the bars mean significant among the treatments at the 5% level. The same below

图 1 有机无机肥配施下土壤的碱解氮

Fig.1 Alkali-hydrolyzable nitrogen to treatments of manure combined with chemical fertilizers

有机无机肥配施各处理对土壤有机质质量分数也有影响(图 2), 除 80%CF+HF1 和 80%CF+BF1 与 CK 和 CF 处理差异不显著外 ($P > 0.05$), 其他处理较 CK 和 CF 均显著提高了土壤有机质质量分数 ($P < 0.05$), 其中 40%CF+HF3 的土壤有机质最高为 (21.37 ± 2.19) g/kg, 比 CK 提高 34.74%; 随着腐殖酸肥或生物有机肥配施量的增加, 土壤有机质质量分数也显著增加 ($P < 0.05$), 说明腐殖酸肥或生物有机肥与化肥配施均能够有效提高土壤有机质水平, 腐殖酸肥中腐殖酸质量分数较高, 增加土壤有机质作用较明显。

有机无机肥配施各处理较 CF 显著降低了土壤中速效磷的质量分数 ($P < 0.05$) (图 3), 降幅分别达到 48.15% ~ 62.96% 和 43.36% ~ 69.64%; 但相比 CK 处理, 有机无机肥配施各处理均增加了土壤速效磷质量分数, 表明土壤中速效磷可能主要来源于化学肥料的施用。

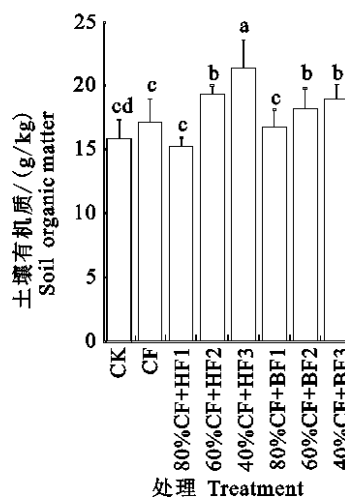


图 2 有机无机肥配施下土壤的有机质
Fig.2 Soil organic matter to treatments of manure combined with chemical fertilizers

2.2 有机无机肥配施对枣树产量和枣果形态的影响

如表 2 所示, 有机无机肥配施各处理均对枣树产量和枣果形态指标有显著影响; 与 CK 相比, 有机无机肥配施均显著提高枣树的单株产量。有机无机肥配施较 CF 红枣产量分别增加 7.13% ~ 25.70% 和 13.88% ~ 15.20%; 40%CF+BF3 的单株产量最高, 为 (22.33 ± 1.76) kg, 80%CF+HF1 的单株产量次之, 为 (20.47 ± 1.19) kg。

与 CK 相比, CF 及有机无机肥配施各处理均

显著降低了枣果的出干率($P < 0.05$) (表 2)。其中,CF 较 CK 出干率降低 16.37%;有机无机肥配施较CF显著提高出干率($P < 0.05$),其中CF

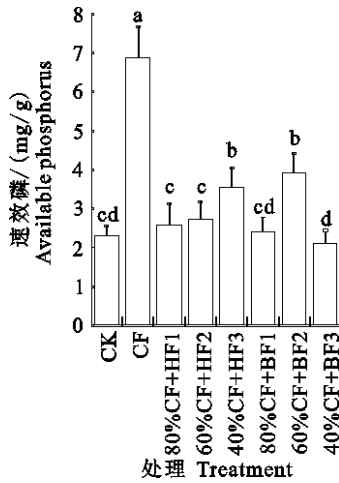


图 3 有机无机肥配施下土壤的速效磷

Fig.3 Available phosphorus to treatments of manure combined with chemical fertilizers

减量配施生物有机肥增加了出干率,但 CF 减量配施腐殖酸肥降低了出干率,40%CF+BF3 处理的出干率最高,为 $(64.21 \pm 2.31)\%$,80%CF+HF1 处理次之,为 $(63.08 \pm 3.71)\%$,说明一定程度配施腐殖酸或有机肥能增加枣果出干率,但过量施用腐殖酸反而降低出干率。

与 CK 相比,CF 及有机无机肥配施各处理均能一定程度增加枣果长轴长度,并能显著增加枣果周长($P < 0.05$) (表 2)。40%CF+BF3 处理的枣果长轴最长。有机无机肥配施各处理的枣果周长较 CK 处理分别增加 5.65%~11.40%和 9.86%~16.19%,说明腐殖酸肥和生物有机肥施用均能够增加单果体积。

2.3 有机无机肥配施对枣果品质的影响

由表 3 可知,CF 减量配施腐殖酸肥处理枣果维生素 C、蛋白质、还原糖、黄酮、总可溶性糖比 CF 处理分别增加 1.33~5.31 倍、3.53%~5.88%、21.09%、22.41%和 25.77%;CF 减量配施生物有机肥处理枣果维生素 C、蛋白质、还原

表 2 有机无机肥配施枣树产量和枣果形态的变化

Table 2 Changes of different fertilization treatments on the yield and the shape of jujube fruit

| 处理 Treatment | 单株产量/kg Yield | 出干率/% Drying rate | 枣果长轴/mm Long axis | 枣果周长/mm Circumference |
|--------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| CK | 13.77±0.95 c | 70.81±2.42 a | 39.09±1.17 b | 74.36±0.07 b |
| CF | 17.77±0.81 b | 54.44±6.66 c | 40.06±2.18 ab | 79.89±0.48 a |
| 80%CF+HF1 | 20.47±1.19 a | 63.08±3.71 b | 41.81±1.22 a | 82.84±1.13 a |
| 60%CF+HF2 | 20.23±0.93 a | 60.45±6.04 b | 41.33±0.41 a | 78.56±0.56 ab |
| 40%CF+HF3 | 17.43±0.81 b | 56.91±3.97 bc | 42.44±1.16 a | 81.74±0.85 a |
| 80%CF+BF1 | 19.83±1.53 ab | 55.04±4.12 c | 40.43±2.37 ab | 83.76±1.69 a |
| 60%CF+BF2 | 19.03±1.17 ab | 62.94±2.32 b | 42.52±2.72 a | 81.69±1.17 a |
| 40%CF+BF3 | 22.33±1.76 a | 64.21±2.31 b | 39.21±2.56 b | 86.40±1.98 a |

注:数据为“平均值±标准误”;数值后不同字母表示处理间差异达 5%显著水平。下同。

Note: Values are “mean ± SE”; values followed by different letters are significant at the 5% level among the treatments. The same below.

表 3 有机无机肥配施枣果品质的变化

Table 3 Changes of different fertilization treatments on the quality of jujube fruits

| 处理 Treatment | 维生素 C/(mg/hg) Vitamin C | 蛋白质/(g/hg) Protein | 黄酮/(mg/hg) Flavonoids | 还原糖/(g/hg) Reducing sugar | 总可溶性糖/(g/hg) Total soluble sugar |
|--------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------------|
| CK | 162.50±10.83 d | 4.25±0.27 ab | 34.19±5.98 c | 21.44±2.25 b | 53.61±5.62 b |
| CF | 202.50±11.73 a | 3.50±0.38 b | 39.98±4.00 c | 23.64±3.26 b | 59.11±8.16 b |
| 80%CF+HF1 | 215.63±67.60 c | 4.50±0.64 ab | 54.75±2.67 a | 32.47±4.95 a | 89.50±58.26 a |
| 60%CF+HF2 | 334.38±19.52 b | 4.40±0.55 ab | 51.86±0.38 a | 30.95±3.35 a | 77.38±8.37 a |
| 40%CF+HF3 | 375.00±28.12 b | 4.45±0.76 ab | 40.21±6.87 b | 22.46±1.40 b | 56.14±3.49 b |
| 80%CF+BF1 | 256.25±88.61 c | 7.17±0.74 a | 42.27±0.54 b | 25.15±1.57 b | 62.88±3.92 b |
| 60%CF+BF2 | 386.25±83.31 a | 7.42±0.80 a | 45.53±3.47 ab | 35.63±3.49 a | 89.08±63.63 a |
| 40%CF+BF3 | 395.65±14.32 a | 7.51±0.38 b | 49.67±2.15 b | 34.50±3.73 a | 86.26±9.31 a |

糖、黄酮、总可溶性糖比 CF 处理分别增加 2.34~5.83 倍、73.3%、34.35%、14.62% 和 34.34%。过量配施腐殖酸肥, 黄酮、还原糖和可溶性总糖质量分数反而低于常规施用化肥。配施腐殖酸肥和生物有机肥比较, 配施生物有机肥对枣果维生素 C 质量分数、蛋白质质量分数、还原糖和总可溶性糖质量分数增加幅度大于配施腐殖酸肥。这可能与生物有机肥中含有的氨基酸和微量元素具有改善枣果品质有关。

3 讨论

本研究结果表明, 化肥减量配施腐殖酸肥或生物有机肥显著增加土壤中有机质质量分数, 主要是这 2 种肥料本身含有大量有机质, 同时腐殖酸能够改良土壤环境, 促进有机质积累; 但配施后一定程度上降低土壤中碱解氮和速效磷等速效养分的质量分数, 这与谭军利等^[9]在玉米上的研究结果相近, 可能主要是配施减少了化肥中速效元素(如尿素、过磷酸钙等)的直接施用, 同时腐殖酸的使用会降低土壤脲酶活性^[22-23], 从而影响土壤氮素转化, 说明化肥配施腐殖酸和有机肥能够改变土壤有机质状况, 但会使土壤中速效养分质量分数有所降低。

与不施化肥处理相比, 化肥减量配施腐殖酸肥或生物有机肥处理均显著提高枣树的单株产量。本研究发现, 施用腐殖酸肥过高(单株 1.5 kg)时, 单株产量反而下降, 且低于常规施用化肥处理。这可能是因为腐殖酸虽然能够起到改良土壤及增加肥效的作用, 但过量施用会导致土壤酸化, 影响根际环境, 会影响对植物养分吸收, 尤其是对适宜于碱性环境的作物会产生不良影响^[10, 24]; 而生物有机肥则主要通过改变土壤结构及调节土壤微生物群落等改良土壤, 相对来说更加缓和^[4, 25]。同时研究结果也表明, 化肥减量配施腐殖酸肥或生物有机肥能够增加枣果体积, 尤其是配施生物有机肥效果更加明显, 这也可能是配施肥料增加枣树产量的一个重要原因。

本研究发现, 相对于常规施用化肥而言, 化肥减量配施腐殖酸肥或生物有机肥显著增加了维生素 C、蛋白质、黄酮、还原糖和总可溶性糖质量分数, 说明配施有机肥料对枣果品质具有显著的提升作用。在配施腐殖酸肥或生物有机肥后, 果实维生素 C 质量分数较单施化肥有大幅度降低, 但随着配施量的增加维生素 C 质量分数呈现增加

趋势。这与此前研究认为腐殖酸和生物有机肥在苹果上能增加维生素 C 质量分数结果不一致^[26], 可能原因是枣树栽培环境、生长习性与其他水果不同, 具体原因有待进一步研究。

4 结论

与 CF 比较, CF 减量配施有机肥能够显著增加土壤有机质质量分数, 但显著降低碱解氮和速效磷质量分数($P < 0.05$); 同时, 有机无机肥配施各处理较 CF 处理枣树产量分别增加了 7.13%~25.70% 和 13.88%~15.20%, 单个枣果果型也显著增加($P < 0.05$), 但会导致出干率降低; 有机无机肥配施各处理均较 CF 增加枣果维生素 C、蛋白质、还原糖、黄酮和总可溶性糖质量分数; 过量配施腐殖酸肥, 枣果黄酮、还原糖和可溶性总糖质量分数反而低于常规施用化肥。综合来看, 在本试验条件下, 较优的 2 个处理分别是 CF 减量 20%~40%, 配施腐殖酸肥每株 0.5~1.0 kg 和 CF 减量 40%, 配施生物有机肥每株 1.0 kg。在同等条件下, 化肥配施生物有机肥效果优于配施腐殖酸肥。

参考文献 Reference:

- [1] 曾希柏, 陈同斌, 胡清秀, 等. 中国粮食生产潜力和化肥增产效率的区域分异[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 539-546.
ZENG X B, CHEN T B, HU Q X, *et al.* Grain productivity and its potential as resulted to fertilizer consumption among different counties of China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(5): 539-546.
- [2] 李东坡, 武志杰. 化学肥料的土壤生态环境效应[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5): 1158-1165.
LI D P, WU ZH J. Impact of chemical fertilizers application on soil ecological environment[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(5): 1158-1165.
- [3] 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(4): 955-964.
LUO H, LI M, HU D G, *et al.* Effects of organic fertilization on fruit yield and quality of Feicheng peach (*Prunus persica* cv. Feicheng) [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2012, 18(4): 955-964.
- [4] 陶 磊, 褚贵新, 刘 涛, 等. 有机肥替代部分化肥对长期连作棉田产量、土壤微生物数量及酶活性的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(21): 6137-6146.
TAO L, ZHU G X, LIU T, *et al.* Impacts of organic manure partial substitution for chemical fertilizer on cotton yield, soil microbial community and enzyme activities in monocropping system in drip irrigation condition[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(21): 6137-6146.

- [5] LORENC-GRABOWSKA E, GRYGLEWICZ G. Adsorption of lignite-derived humic acids on coal-based mesoporous activated carbons[J]. *Journal of Colloid & Interface Science*, 2005, 284(2): 416-423.
- [6] PAVLOVICH L B, STRAKHOV V M. Effect of humic fertilizers from brown coal on the mineral composition of vegetable crops[J]. *Solid Fuel Chemistry*, 2018, 52(3): 206-210.
- [7] 李春花, 孙道旺, 何成兴, 等. 不同生物有机肥对荞麦病害及产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(19): 1-4.
LI CH H, SUN D W, HE CH X, *et al.* Effects of different bio-organic fertilizers on disease and yield of buckwheat[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(19): 1-4.
- [8] 谢凯, 宋晓晖, 董彩霞, 等. 不同有机肥处理对黄冠梨生长及果园土壤性状的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(1): 214-222.
XIE K, SONG X H, DONG C X, *et al.* Effects of different organic fertilizers on tree growth and soil property in Huangguan pear orchard[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2013, 19(1): 214-222.
- [9] 谭军利, 田军仓, 李应海, 等. 不同生物有机肥施肥方法对压砂西瓜生长及产量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2011, 29(6): 135-138.
TAN J L, TIAN J C, LI Y H, *et al.* Effects of different methods of bio-organic fertilizer application on watermelon growth and yield on gravel-mulched land[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2011, 29(6): 135-138.
- [10] 靳志丽, 刘国顺, 聂新柏. 腐殖酸对土壤环境和烤烟矿质吸收影响的研究[J]. *中国烟草科学*, 2002(3): 15-18.
JIN ZH L, LIU G SH, NIE X B. The study on effect of humic acid on soil environment and absorbing ability to mineral material of flue-cured tobacco[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2002(3): 15-18.
- [11] 宋以玲, 于建, 陈士更, 等. 化肥减量配施生物有机肥对油菜生长及土壤微生物和酶活性影响[J]. *水土保持学报*, 2018, 32(1): 352-360.
SONG Y L, YU J, CHEN SH G, *et al.* Effects of reduced chemical fertilizer with application of bio-organic fertilizer on rape growth, microorganism and enzymes activities in soil[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2018, 32(1): 352-360.
- [12] WANG J, SONG Y, MA T, *et al.* Impacts of inorganic and organic fertilization treatments on bacterial and fungal communities in a paddy soil[J]. *Applied Soil Ecology*, 2017, 112: 42-50.
- [13] 罗佳, 刘丽珠, 王同, 等. 有机肥与化肥配施对黄瓜产量及土壤微生物多样性的影响[J]. *生态与农村环境学报*, 2016, 32(5): 774-779.
LUO J, LIU L ZH, WANG T, *et al.* Effect of combined application of chemical fertilizer with organic manure on cucumber yield and soil microbial diversity[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2016, 32(5): 774-779.
- [14] 金忠宇, 翟丙年, 于昕阳, 等. 不同氮肥用量配施有机肥对渭北旱塬冬小麦水分利用的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2015, 43(12): 91-98.
JIN ZH Y, ZHAI B N, YU X Y, *et al.* Effect of organic manure application combined with nitrogen fertilizer at different rates on water utilization of winter wheat in weibeidryland[J]. *Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition)*, 2015, 43(12): 91-98.
- [15] 李兆君, 马国瑞, 王申贵, 等. 腐殖酸长效尿素在土壤中转位及其对玉米增产的效应研究[J]. *中国生态农业学报*, 2005, 13(4): 121-123.
LI ZH J, MA G R, WANG SH G, *et al.* Transformation of long lasting UHA in soil and its effect on maize yield[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13(4): 121-123.
- [16] 刘茜, 马飞跃, 于建军, 等. 腐殖酸对植烟土壤和烟草影响的研究进展[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(4): 132-136.
LIU Q, MA F Y, YU J J, *et al.* The research advance of the effect of humic acid to the soil and tobacco[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(4): 132-136.
- [17] 王琼, 魏一娜, 郭慧慧, 等. INA 处理对冬枣采后生理及贮藏品质的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(2): 301-304.
WANG Q, WEI Y N, GUO H H, *et al.* Effect of pretreatment with 2, 6-dichloroisonicitric acid(INA) on postharvest physiology and quality of winter jujube during storage[J]. *Food Science*, 2014, 35(2): 301-304.
- [18] 袁晶晶, 同延安, 卢绍辉, 等. 生物炭与氮肥配施对土壤肥力及红枣产量、品质的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2017, 23(2): 468-475.
YUAN J J, TONG Y A, LU SH H, *et al.* Effects of biochar and nitrogen fertilizer application on soil fertility and jujube yield and quality[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2017, 23(2): 468-475.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
BAO SH D. Soil Agrochemistry Analysis[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000.
- [20] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
GAO J F. Experiment Guide for Plant Physiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [21] 吴剑峰. 天然药物化学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003.
WU J F. Medicinal Chemistry of Natural Products[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2003.
- [22] ABDELHAFEZ A A, ABBAS M H H, ATTIA T M S, *et al.* Mineralization of organic carbon and nitrogen in semi-arid soils under organic and inorganic fertilization[J]. *Environmental Technology & Innovation*, 2018, 9: 243-253.
- [23] 邢尚军, 刘方春, 杜振宇, 等. 腐殖酸肥料对杨树生长及土壤性质的影响[J]. *水土保持学报*, 2009, 23(4): 126-129.
XING SH J, LIU F CH, DU ZH Y, *et al.* Effects of humic acid fertilizer on the poplar growth and soil properties[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2009, 23(4):

- 126-129.
- [24] 刘 伟,刘景辉,萨如拉,等.腐殖酸水溶肥料对水分胁迫下小麦光合特性及产量的影响[J].中国农学通报,2014,30(3):196-200.
- LIU W,LIU J H,SA R L,*et al.*Effect of humic acid water-soluble fertilizer on wheat photosynthetic characteristics and yield under water stress[J].*Chinese Agricultural Science Bulletin*,2014,30(3):196-200.
- [25] GLEÑ-KAROLCZYK K,BOLIGŁOWA E,ANTONKIEWICZ J.Organic fertilization shapes the biodiversity of fungal communities associated with potato dry rot[J].*Applied Soil Ecology*,2018,129:43-51.
- [26] 赵佐平,高义民,刘 芬,等.化肥有机肥配施对苹果叶片养分、品质及产量的影响[J].园艺学报,2013,40(11):2229-2236.
- ZHAO Z P,GAO Y M,LIU F,*et al.*Effects of organic manure application combined with chemical fertilizers on the leaf nutrition,quality and yield of fuji apple[J].*Acta Horticulturae Sinica*,2013,40(11):2229-2236.

Effects of Combined Application of Chemical Fertilizer with Humic Acid and Bio-organic Fertilizer on Soil Fertility and Jujube Yield and Quality

ZHAO Manxing^{1,2},LIU Hui¹,BAI Erlei¹ and DENG Jian¹

(1.College of Life Sciences, Yan'an University, Yan'an Shaanxi 716000,China;

2.Shaanxi Key Laboratory of Chinese Jujube(Yan'an University), Yan'an Shaanxi 716000,China)

Abstract In this experiment, the effects of fertilizer on soil, yield and quality of jujube fruit were studied by applying humic acid and bio-organic fertilizer combine with different chemical fertilizer reduction (20%, 40% and 60%). The results showed that compared with conventional fertilization, chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer could significantly increase the mass fraction of soil organic matter, but the mass fraction of alkali-nitrogen and available phosphorus decreased ($P < 0.05$). By applying humic acid and bio-organic fertilizer combine with chemical fertilizer, the jujube production increased by 7.13%—25.70% and 13.88%—15.20%, respectively. The size of the single jujube fruit also increased significantly ($P < 0.05$), but the dry rate was decreased due to the combined fertilizer. Compared the conventional fertilization method, chemical fertilizer reduction combined with humic acid fertilizer can significantly increase the jujube fruit vitamin C by 1.33—5.31 times, protein by 3.53%—5.88%, reducing sugar by 21.09%, flavonoids by 22.41% and total soluble sugar by 25.77%. Chemical fertilizer reduction combined with bio-organic fertilizer can significantly increase the jujube fruit vitamin C by 2.34—5.83 times, protein by 73.3%, reducing sugar by 34.35%, flavonoids by 14.62% and total soluble sugar by 34.34%. In a comprehensive view, The better treatment was chemical fertilizer reduction by 20 to 40 percentage combined with humic acid fertilizer 1.5 kg per tree; and chemical fertilizer reduction by 40 percentage combined with bio-organic fertilizer 1.0 kg per tree, respectively. In the same condition,chemical fertilizer reduction combined with bio-organic fertilizer was better than it combined with humic acid fertilizer.

Key words Jujube; Chemical fertilizer; Humic acid; Biological organic fertilizer; Quality

Received 2018-12-18

Returned 2019-01-25

Foundation item National Natural Science Foundation of China(No. 41761068); Science and Technology Foundation of Yan'an City(No.2013-KN11); Guide Foundation of Yan'an University(No. YD2016-08).

First author ZHAO Manxing, male, Ph.D, associate professor. Research area: regulate on plant nutrition. E-mail: zhaomanxing@163.com

(责任编辑:潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)