

# 有机肥与化肥配施对土壤微生物、土质 及骏枣果实品质的影响

木合塔尔·扎热, 哈地尔·依沙克, 赵 蕾, 陶秀冬, 史彦江, 吴正保

(新疆林业科学院经济林研究所, 新疆 乌鲁木齐 830063)

**摘要:** 以 10 年生骏枣树作为研究对象, 采用田间试验方法, 研究有机肥与化肥配施对骏枣园土壤细菌、真菌和放线菌数量, 土壤呼吸速率、容重和 pH 值以及骏枣果实品质和叶果比等指标的影响。结果表明: 随着复混肥中有机肥和化肥使用量的增加, 土壤中细菌、真菌和放线菌数量均呈现逐渐上升趋势, 其中增加有机肥促进土壤微生物群落数量提升的效应明显高于化肥。土壤呼吸速率也随着复混肥施用量的增加缓慢增高, T12(有机肥: 8 kg·株<sup>-1</sup>; N: 450 g·株<sup>-1</sup>; P: 300 g·株<sup>-1</sup>; K: 300 g·株<sup>-1</sup>)处理的土壤呼吸速率最大, 其在果实膨大期和成熟期的土壤呼吸速率分别为  $3.03 \pm 0.02$ 、 $2.24 \pm 0.02 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 比对照分别高 71.0%、86.2%。随着复混肥中有机肥施用量的增加, 土壤容重表现出下降趋势, 其中 T4(有机肥: 8 kg·株<sup>-1</sup>; N: 150 g·株<sup>-1</sup>; P: 100 g·株<sup>-1</sup>; K: 100 g·株<sup>-1</sup>)处理的土壤容重最低, 为  $1.36 \pm 0.02 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 比对照低  $0.11 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。土壤有机质含量随着有机肥比例的增加而上升, 随着化肥施用比例的增加而下降, 随着有机肥施用比例的增加碱性土壤的 pH 值有逐渐下降的趋势, 而化肥增施对碱性土壤 pH 值的影响不显著。有机肥与化肥不同配施对骏枣果实可溶性糖含量的影响均不显著, 对可滴定酸含量和糖酸比均有一定程度的影响; 果实 Vc 含量随着复混肥中有机肥和化肥施用量的增加而上升, 各施肥处理的果实 Vc 含量均显著高于 CK。骏枣叶果比随着复混肥施用量的增加呈现逐渐上升趋势, 各处理中 T3 与 T5 和 T6, T4 与 T7, T8 与 T9 和 T10 处理之间均无显著差异。总之, 合理配比的有机-无机复混肥的施用对于干旱、半干旱地区红枣产业的可持续发展具有较大应用前途。

**关键词:** 骏枣; 微生物群落; 土壤呼吸; 土壤容重; 果实品质

**中图分类号:** S147.2 **文献标志码:** A

## Effects of different application proportion of organic manure and chemical fertilizer on fruit quality of Jun jujube, soil microorganism and properties

MUHTAR Zari, ABDUKADIR Isah, ZHAO Lei, TAO Xiu-dong, SHI Yan-jiang, WU Zheng-bao

(Institute of economic forest, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830063, China)

**Abstract:** 10 years old Jun jujube tree was used as research object. Field experiment was conducted to study the effects of organic manure and chemical fertilizers on the soil bacteria, fungi and actinomycetes, soil respiration rate, bulk density and pH value in Jun jujube orchard, the fruit quality and leaf-fruit ratio of Jun jujube and other indicators. The results showed that the number of bacteria, fungi and actinomycetes in the soil showed a gradual increase with the increase of organic manure and chemical fertilizer usage in compound fertilizer, and the effect of increasing organic fertilizer on the increase of soil microbial community was obvious higher than that of chemical fertilizers. The soil respiration rate of T12(Organic fertilizer: 8 kg·plant<sup>-1</sup>; N: 450 g·plant<sup>-1</sup>; P: 300 g·plant<sup>-1</sup>; K: 300 g·plant<sup>-1</sup>) was highest, and the soil respiration rate was  $3.03 \pm 0.02 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  at fruit enlargement stage and  $2.24 \pm 0.02 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  at maturity stage, 71.0% and 86.2% higher than the control, respectively. The soil bulk density was the lowest in the soil treated with T4i(organic ferbilizer: 8 kg·plant<sup>-1</sup>; N: 150 g·plant<sup>-1</sup>; P: 100 g·plant<sup>-1</sup>; K: 100 g·plant<sup>-1</sup>), and the

收稿日期: 2016-06-21

修回日期: 2016-10-11

**基金项目:** 新疆维吾尔自治区“十二五”重大科技专项(201130102-2); 新疆维吾尔自治区科技厅公益性科研院所基本费专项

**作者简介:** 木合塔尔·扎热(1980—), 男, 新疆阿克苏人, 博士, 助理研究员, 主要从事果树栽培生理研究。E-mail: muhtarzari@126.com。

**通信作者:** 史彦江(1961—), 男, 山西柳林人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事林木育种与栽培研究。E-mail: syj504@126.com。

soil bulk density was  $1.36 \pm 0.02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , which was  $0.11 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  lower than that of the control. The content of soil organic matter increased with the increase of the proportion of organic fertilizer, and decreased with the increase of the proportion of chemical fertilizer. With the increase of the proportion of organic fertilizer, the pH value of alkaline soil decreased gradually, while the effect of chemical fertilizer on alkaline soil pH was not significant. The effects of different application proportion of organic manure and chemical fertilizers on the soluble sugar content of jujube fruits were not obvious, but the contents of available titratable acid and the ratio of sugar and acid had a certain degree influence. The content of Vc in fruits of the fertilization treatment was significantly higher than that in CK, and the content of Vc in fruits was increased with the increasing of amount of organic-inorganic fertilizer. The results also showed that there was no significant difference between T3 and T5, T6, T4 and T7, T8 and T9 and T10 in the treatment. In a word, the application of organic-inorganic fertilizer with reasonable proportion has great application prospects for the sustainable development of Jun jujube industry in arid semi-arid areas.

**Keywords:** Jun jujube; microbial community; soil respiration; soil bulk density; fruit quality

枣(*Zizyphus jujuba* Mill.)为鼠李科(*Rhamnaceae*)枣属植物,原产于中国<sup>[1]</sup>,是在新疆干旱、半干旱地区发展节水型林果业中并有经济效益和生态效益的首选良种<sup>[2]</sup>。新疆红枣种植面积已达50万公顷,总产量约为150万t,约占我国红枣总面积的三分之一<sup>[3]</sup>。但是,在当前一味追求高产的现实情况下,农民越来越依靠更多的化肥投入来提高产量,只注重用地,而不注重用地和养地的结合,导致枣园土壤理化特性恶化,果实品质下降等一系列问题,土壤的污染涉及食品安全,已经严重制约了红枣产业的可持续发展。施用有机肥具有保持土壤肥力和增加产量的双重效果,能够有效改善土壤物理、化学和生物学特性<sup>[4-5]</sup>。研究表明,适量的有机肥或有机无机肥配合施用可以明显提高土壤可培养微生物数量和酶活性<sup>[6]</sup>,提高作物产量<sup>[7-8]</sup>、改善土壤结构<sup>[9-11]</sup>、平衡土壤养分元素的含量<sup>[12-13]</sup>、增加土壤有机质含量<sup>[14]</sup>。

基于以上背景,本试验以新疆主栽红枣品种骏枣作为试验材料,在骏枣营养临界期施用有机肥与

化肥不同比例混配的复混肥,分别在果实膨大后期和果实成熟期进行采取土样,测定细菌、真菌和放线菌数量以及土壤呼吸速率的动态变化,探讨有机肥与化肥不同配施对骏枣园土壤容重、有机质含量、酸碱度(pH值)等土壤性质指标以及对骏枣果实品质相关指标的影响,解析有机肥对骏枣园的土壤改良机制,望为红枣产业的无公害可持续发展提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试验田基本情况

本试验以10年生(盛果期)的骏枣树作为试材,试验地位于阿克苏地区温宿县佳木镇骏枣园,未间作,东西行向,灌溉方式为漫灌,株行距1 m × 2.5 m。于2013年5月初选择树势、树冠和干径基本一致的试验树,每处理共选10株试验树,每处理中选定5株作为固定调查树,每株树作为一个重复。第一次施肥之前(6月3日),在试验地以“S”型采取土样,并对以下土壤指标进行测定,测定结果如表1。

表1 试验地土壤基本理化性状

Table 1 Basic nutrition and pH properties of test soil

土壤层次 Soil depth /cm	pH	有机质 Organic matter /(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮 Total N /(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 Available N /(mg·kg <sup>-1</sup> )	全磷 Total P /(g·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 Available P /(mg·kg <sup>-1</sup> )	全钾 Total K /(g·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 Available K /(mg·kg <sup>-1</sup> )
0~30	8.87 ± 0.99	24.38 ± 1.64	0.56 ± 0.22	89.11 ± 13.01	3.65 ± 1.21	35.80 ± 8.30	40.17 ± 2.84	330.67 ± 41.43
30~60	8.99 ± 0.45	17.23 ± 1.11	0.16 ± 0.03	30.22 ± 0.61	1.31 ± 0.10	14.81 ± 4.49	40.14 ± 3.09	190.67 ± 28.45

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 本试验设置有机肥和化肥2个研究因素,有机肥设置4个水平,分别为1、2、4、8 kg·株<sup>-1</sup>;化肥按N:P:K=3:2:2设置3个水平,采用完全区组设计法,另设置不施肥对照,共13个处理,重复3次。不同配比的有机肥与化肥的组合肥简称

复混肥。各处理化肥与有机肥的组合配比和施用量如表2所示。表中化肥施量均以N、P、K的纯含量计算,氮肥为尿素(N 46%),磷肥为三料磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%),钾肥为硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%)。有机肥料使用新疆天海绿洲农业科技股份有限公司生产的有机肥,有机质含量≥45%,N含量为2.38%,P含量为

0.67%, K 含量为 1.46%。

施肥采用宽沟施肥,首先在试验树两边离树干 50 cm 至 100 cm 处人工开沟(宽度为 50 cm,深度为 15 cm),每种肥料均匀撒施后进行铲土将肥料与土壤混匀,然后上面铺一层原土整平,并保证在 24 h 内浇水。施肥分别于骏枣开花期(6 月 5 日)和果实膨大期(7 月 26 日)进行 2 次,第 1 次施肥时,有机肥全部施入,氮肥施入全施入量的 1/2,磷肥和钾肥施入全施入量的 2/5,其余留作第 2 次施肥。

表 2 有机肥与化肥的组合设计试验方案

Table 2 The designed experiment scheme under different treatments of organic and inorganic fertilizer

有机肥 /(kg·株 <sup>-1</sup> ) Organic fertilizer /(g·plant <sup>-1</sup> )	化肥/(g·株 <sup>-1</sup> ) Inorganic fertilizer/(g·plant <sup>-1</sup> )		
	N150 + P100 + K100	N300 + P200 + K200	N450 + P300 + K300
1	T1	T5	T9
2	T2	T6	T10
4	T3	T7	T11
8	T4	T8	T12

1.2.2 样品采集及测定方法 分别于 8 月 10 日(骏枣果实膨大期)和 10 月 12 日(骏枣果实成熟期)进行采集土样,土壤相对含水量在 60%左右,取土深度为 0~30 cm,在每株固定调查树树干四个方向均取土样,取土部位在行间 70~80 cm 处,株间 30~40 cm 处,先将每株树四分方向采取的土样混在一起搅匀,然后按照四分法留样,土样量约为 200 g 左右,每份土样通过目径 2 mm 的网筛,将残根、杂物去掉,最后每份土壤分两份,一份土壤(50 g 左右)放入密封塑料袋装入 2±2℃保温箱,用于土壤微生物和呼吸速率的测定,另一份土壤也装入密封塑料袋(常温条件保存),所有土壤带回试验及时测定相关指标。同时每份土样称取 10 g,放置 60℃烘干箱,至恒重为止,并计算土壤水分含量。于骏枣果实成熟期(10 月 13 日)每株固定调查树树冠的下、中、上、内、外层各方向随机摘取 30 个果实,一种处理共选 5 株数,将同一个处理的全部果实(150 个左右)混匀并随机选取其中 30 个果实装入网套带回实验室,去掉果核,然后放于 40℃吹风烘干箱里,至恒重为止(约 15 d),然后不锈钢粉碎机粉碎,装入密封袋备用测定相关果实品质指标。

土壤微生物群落的测定:可培养细菌、真菌、放线菌数量测定采用平板计数法<sup>[15]</sup>。细菌、真菌分别采用牛肉膏蛋白胨培养基和马丁氏培养基于 25℃~28℃培养,前者培养 24 h,后者培养 72 h;放线菌

培养采用高氏 1 号培养基,25℃培养 72 h。采用鲜土与其干重之间比例关系,土壤微生物数量以干土表示。

土壤呼吸速率的测定:将带回来的土样称取 20 g,放入培养皿(93.3 mm × 20 mm),在常温下培养 3 d,每天晚上用重量法补足当天所蒸发的水分。第三天利用美国 Licor 公司生产的 LI-6400 便携式光合作用测量系统配备 Li-09 土壤呼吸室测定土壤呼吸速率。

土壤理化性质的测定:使用骏枣果实成熟期采取的土壤样品测定土壤容重、有机质含量和 pH 值。土壤容重测定采用环刀法;土壤有机质含量参考重铬酸钾-硫酸氧化法;土壤 pH 值测定参考电极法<sup>[16]</sup>。

果实品质的测定:可溶性糖含量测定参考蒽酮比色法;可滴定酸含量参考 NaOH 滴定法;Vc 含量测定参考 2,6-二氯酚靛酚法<sup>[17]</sup>。

叶果比的测量:于骏枣果实成熟期(10 月 13 日)每株固定调查,东南西北各方向选一条侧枝,统计每条侧枝上的叶片数和果实数,每处理共统计 5 株树(重复 5 次),并采用每条侧枝叶片总数与其果实总数比值计算叶果比。

### 1.3 数据分析

用 SPSS 16.0 统计软件对试验所测数据进行单因素方差分析,用 SigmaPlot 12.0 作图。文中所有图表中的不同英文小写字母表示在  $P < 0.05$  水平上有显著差异,同样英文小写字母表示在  $P > 0.05$  水平上无显著差异,所有数据均取( $n \geq 5$ )平均值(means ± Std. Deviation)。

## 2 结果与分析

### 2.1 有机肥与化肥不同配施下骏枣园土壤微生物群落数量的变化

如表 3 所示,果实膨大期和果实成熟期时,随着复混肥中有机肥和化肥施用量的增加骏枣园土壤中的细菌、真菌和放线菌数量均呈现出上升趋势,所有施肥处理的细菌、真菌和放线菌数量均显著大于 CK(不施肥处理),各处理中 T12 的微生物群落数量最高,果实膨大期其细菌、真菌和放线菌数量比 CK 分别高出 2.5 倍、3.0 倍和 1.7 倍,果实成熟期其细菌、真菌和放线菌数量比 CK 分别高出 3.5 倍、5.4 倍和 4.4 倍。与果实膨大期相比,果实成熟期各处理的土壤细菌、真菌和放线菌数量均有明显减少,平均减少比例细菌为 18.5%、真菌为 19.6%、放线菌为 18.6%。无论是在果实膨大期还是在果实成熟期,

同等量化肥施用条件下随着有机肥施用量的增加而增加的土壤细菌、真菌和放线菌数量,均明显高于同等量有机肥施用条件下随着的化肥施用量的增加而增加的土壤细菌、真菌和放线菌数量,其中高量化肥处理(T9、T10、T11和T12)条件下的土壤细菌、真菌和放线菌数量的上升幅度均明显高于低量(T1、T2、T3和T4)和中量化肥处理(T5、T6、T7和T8)条件,而且高量化肥处理条件下,果实膨大期土壤细菌、真菌和放线菌数量与果实成熟期对应施肥处理的土壤细菌、真菌和放线菌数量间的差值明显高于低量和中量化肥。

## 2.2 有机肥与化肥不同配施对枣园土壤呼吸速率的影响

由图1可知,随着复混肥中有机肥和化肥使用量的增加,果实膨大期(图1A)和果实成熟期(图1B)各施肥处理的土壤呼吸速率均呈现出逐渐上升趋势,所有施肥处理的土壤呼吸速率均显著高于

CK。果实膨大期各施肥处理的土壤呼吸速率显著高于果实成熟期,果实成熟期各施肥处理与果实膨大期相应施肥处理间的差值在0.677~0.833之间,明显高于两个时期CK间的差值(0.576)。

## 2.3 有机肥与化肥不同配施对枣园土壤容重的影响

由图2可以看出,骏枣园土壤容重随着复混肥中有机肥使用量的增加呈现出逐渐降低趋势,随着复混肥中化肥使用量的增加呈现出缓慢提高趋势,所有施肥处理的土壤容重均显著低于CK,各施肥处理中T4处理的土壤容重最低,值为 $1.362 \pm 0.017 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,T9处理的土壤容重最大,值为 $1.451 \pm 0.008 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。化肥施用量相同处理中,低量化肥处理下土壤容重随着有机肥施用量的增加而下降的幅度明显高于中量和高量化肥处理下土壤容重随着有机肥施用量的增加而下降的幅度。

表3 有机肥与化肥不同配施对骏枣园土壤微生物群落数量的影响

Table 3 Effect of different proportions of organic-inorganic fertilizer on the quantity of Jun jujube orchard soil microbial community

采样时期 Sampling period	处理 Treatment	细菌 Bacterium /( $\times 10^5 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ )	真菌 Fungi /( $\times 10^4 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ )	放线菌 Actinomycetes /( $\times 10^4 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ )
果实膨大期 Fruit enlargement period	CK	102.000 ± 14.405j	266.250 ± 22.220h	341.000 ± 18.591g
	T1	104.197 ± 5.637gi	265.925 ± 5.204f	204.228 ± 4.732h
	T2	116.697 ± 1.909hg	329.258 ± 23.662ef	216.728 ± 1.909fh
	T3	138.781 ± 5.728de	370.092 ± 19.645e	227.561 ± 16.250fh
	T4	148.781 ± 7.500d	457.175 ± 172.646d	242.144 ± 27.960f
	T5	108.364 ± 0.722gi	325.092 ± 9.437ef	249.228 ± 25.505f
	T6	123.781 ± 4.330fh	354.258 ± 5.204e	286.311 ± 28.312e
	T7	133.781 ± 6.614ef	461.342 ± 27.415d	329.228 ± 4.390d
	T8	162.531 ± 5.449c	598.008 ± 18.930c	406.728 ± 10.777c
	T9	124.614 ± 1.443fh	458.425 ± 20.966d	325.478 ± 2.602d
	T10	164.614 ± 6.884c	573.842 ± 29.395c	458.394 ± 15.275b
	T11	215.447 ± 14.913b	720.092 ± 8.750b	414.644 ± 8.509c
T12	257.531 ± 3.307a	801.758 ± 25.536a	586.728 ± 38.615a	
果实成熟期 Fruit maturation period	CK	63.086 ± 0.670j	124.382 ± 8.091f	110.120 ± 15.071g
	T1	86.628 ± 4.697gi	221.604 ± 4.337e	170.190 ± 3.944h
	T2	97.044 ± 1.591hg	274.382 ± 19.718de	180.606 ± 1.591fh
	T3	115.447 ± 4.774de	308.410 ± 16.371cd	189.634 ± 13.542fh
	T4	123.781 ± 6.250d	380.979 ± 143.872c	201.787 ± 23.300f
	T5	90.100 ± 4.697gi	270.910 ± 7.864de	207.690 ± 21.254f
	T6	102.947 ± 3.608fh	295.215 ± 4.337de	238.593 ± 23.593e
	T7	111.281 ± 5.512ef	384.451 ± 22.846c	274.356 ± 3.658d
	T8	135.239 ± 4.541c	498.340 ± 15.775b	338.940 ± 8.981c
	T9	103.642 ± 1.203fh	382.021 ± 17.472c	271.231 ± 2.168d
	T10	136.975 ± 5.737c	478.201 ± 24.496b	381.995 ± 12.729b
	T11	179.336 ± 9.452b	600.076 ± 7.292a	345.537 ± 7.090c
T12	214.406 ± 5.512a	668.132 ± 21.280a	488.940 ± 32.179a	

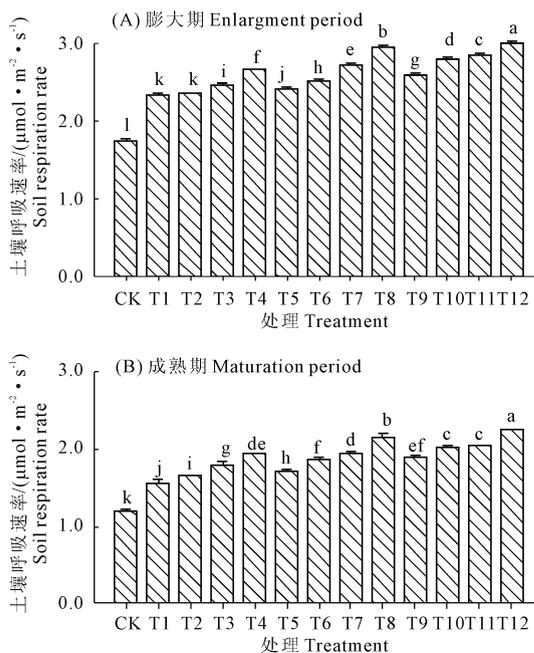


图 1 有机肥与化肥不同配施对骏枣园土壤呼吸速率的影响

Fig. 1 Effect of different proportions of organic-inorganic fertilizer on the soil respiration rate of Jun jujube orchard soil

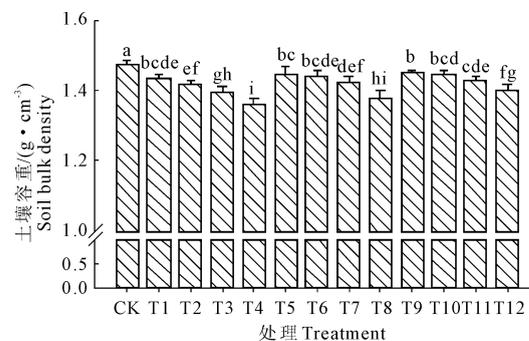


图 2 有机肥与化肥不同配施对骏枣园土壤容重的影响

Fig. 2 Effect of different proportions of organic-inorganic fertilizer on the soil bulk density of Jun jujube orchard soil

#### 2.4 有机肥与化肥不同配施对枣园土壤有机质含量和 pH 值的影响

由图 3A 可见,骏枣园土壤有机质含量随着复混肥中有机肥使用量的增加呈现出逐渐上升趋势,随着复混肥中化肥使用量的增加呈现出下降趋势,除了 T9 处理的土壤有机质含量与 CK 无显著差异外,其它施肥处理的土壤容重均显著高于 CK。同量化肥施用处理中,中量化肥处理下土壤有机质含量随着有机肥施用量的增加而上升的幅度明显低于中量和高量化肥处理下土壤有机质含量随着有机肥施用量的增加而上升的幅度。各处理中,T4 处理的土壤有机质含量最高,值为  $38.025 \pm 2.422 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,T9

处理的土壤有机质含量最低,值为  $13.930 \pm 1.250 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,约为 T3 处理的 1/3。

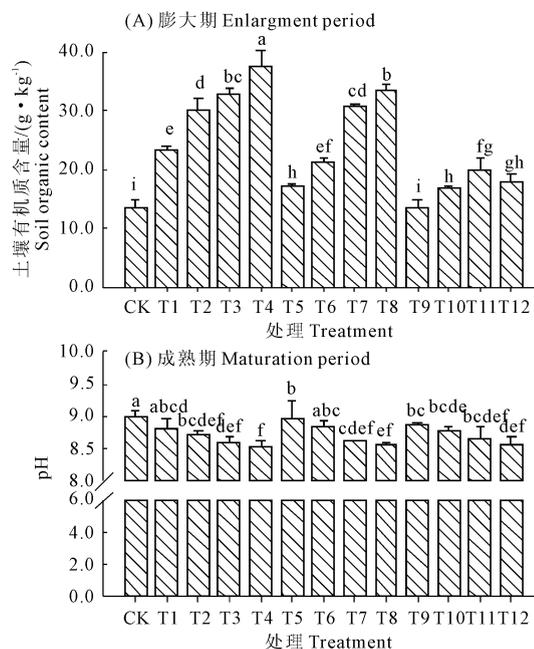


图 3 有机肥与化肥不同配施对骏枣园有机质含量和 pH 值的影响

Fig. 3 Effect of different proportions of organic-inorganic fertilizer on the content of organic matter and pH of Jun jujube orchard soil

随着复混肥中有机肥使用量的增加,骏枣园碱性土壤 pH 值呈现出缓慢下降趋势,而随着复混肥中化肥使用量的增加,各处理的土壤 pH 值间差异不显著(图 3B)。各施肥处理中,除了 T1 和 T6 处理的土壤 pH 值均与 CK 相比无显著差异外,其它处理的土壤 pH 值均显著低于 CK,T4 处理的土壤 pH 值最低,值为  $8.550 \pm 0.072$ ,比 CK 低 4.859%。

#### 2.5 有机肥与化肥不同配施对骏枣果实品质和叶果比的影响

表 4 可以看出,随着复混肥中有机肥和化肥比例的变化,骏枣果实中可溶性糖含量有所变化,但各处理间均无显著差异。各处理的果实可滴定酸含量随着复混肥中有机肥和化肥使用量的增加呈现出不同的变化趋势,T4、T9 和 T11 施肥处理的可滴定酸含量显著高于 CK,其它施肥处理的可滴定酸含量与 CK 相比无显著差异。随着复混肥中有机肥和化肥使用量的增加,各处理的果实糖酸比呈现出不同的变化趋势,除了 T9 施肥处理的糖酸比显著低于 CK 外,其它施肥处理的糖酸比与 CK 相比差异不显著。骏枣果实中的 Vc 含量随着复混肥中有机肥使用量的增加呈现出上升趋势,而随着化肥使用量的增加呈现出先上升后下降趋势,除了 T9 施肥处理的 Vc

含量显著低于 CK 外,其它施肥处理的 Vc 含量与 CK 相比均无显著差异,各处理中 T8 处理的 Vc 含量最高,比对照高  $15.422 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , T9 处理的 Vc 含量最低,比对照低  $2.141 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 。

红枣从开花到果实成熟期间,根据树体最大负载量,通过落花落果能够调整其源—库之间平衡关

系,因此叶果比在一定程度上也能够表示树体营养状况的强弱。由表 4 可知,随着复混肥施入量的增加骏枣叶果比呈现出逐渐上升趋势,各处理的叶果比均显著低于 CK, CK 叶果比值为  $10.361 \pm 1.083$ , T12 处理的叶果比最低,值为  $6.356 \pm 0.185$ , 比对照低 38.66%, T12 处理的最低叶果比能达到 5.981。

表 4 有机肥与化肥不同配施对骏枣果实品质和叶果比的影响

Table 4 Effect of different proportions of organic-inorganic fertilizer on the fruit quantity and leaf-fruit ratio of Jun jujube

处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar /%	可滴定酸含量 Titratable acid /%	糖酸比 Sugar-acid ratio	Vc 含量 Vc content /( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	叶果比 Leaf-fruit ratio
CK	$51.865 \pm 1.918\text{a}$	$0.210 \pm 0.008\text{cd}$	$246.608 \pm 3.217\text{abc}$	$27.925 \pm 0.841\text{k}$	$10.361 \pm 1.083\text{a}$
T1	$53.465 \pm 5.071\text{a}$	$0.211 \pm 0.009\text{cd}$	$254.064 \pm 31.941\text{abc}$	$30.431 \pm 0.483\text{i}$	$9.796 \pm 0.663\text{b}$
T2	$57.432 \pm 2.516\text{a}$	$0.204 \pm 0.003\text{d}$	$281.571 \pm 13.011\text{a}$	$32.194 \pm 0.232\text{h}$	$9.722 \pm 0.957\text{b}$
T3	$57.437 \pm 4.037\text{a}$	$0.208 \pm 0.007\text{cd}$	$276.057 \pm 24.687\text{ab}$	$39.069 \pm 0.530\text{c}$	$9.072 \pm 0.536\text{c}$
T4	$51.434 \pm 6.072\text{a}$	$0.236 \pm 0.009\text{ab}$	$218.166 \pm 22.880\text{bcd}$	$41.174 \pm 0.174\text{b}$	$8.435 \pm 0.251\text{d}$
T5	$54.429 \pm 12.499\text{a}$	$0.218 \pm 0.009\text{bcd}$	$248.856 \pm 52.209\text{abc}$	$33.188 \pm 0.575\text{g}$	$9.134 \pm 0.656\text{c}$
T6	$57.155 \pm 2.746\text{a}$	$0.228 \pm 0.005\text{abc}$	$250.527 \pm 16.794\text{abc}$	$34.528 \pm 0.417\text{f}$	$8.903 \pm 0.273\text{c}$
T7	$53.269 \pm 18.104\text{a}$	$0.229 \pm 0.032\text{abc}$	$230.822 \pm 65.148\text{abcd}$	$37.778 \pm 0.248\text{d}$	$8.321 \pm 0.438\text{d}$
T8	$56.464 \pm 10.088\text{a}$	$0.221 \pm 0.007\text{bcd}$	$255.149 \pm 37.649\text{abc}$	$43.347 \pm 1.150\text{a}$	$7.179 \pm 0.296\text{ef}$
T9	$44.657 \pm 6.640\text{a}$	$0.247 \pm 0.010\text{a}$	$180.044 \pm 19.597\text{d}$	$25.785 \pm 0.891\text{l}$	$7.509 \pm 0.330\text{e}$
T10	$52.156 \pm 4.255\text{a}$	$0.232 \pm 0.016\text{abc}$	$225.566 \pm 20.514\text{abcd}$	$29.160 \pm 0.325\text{j}$	$6.984 \pm 0.214\text{fg}$
T11	$47.469 \pm 1.785\text{a}$	$0.240 \pm 0.015\text{ab}$	$198.565 \pm 18.903\text{cd}$	$33.757 \pm 0.084\text{fg}$	$6.567 \pm 0.281\text{gh}$
T12	$52.568 \pm 7.367\text{a}$	$0.233 \pm 0.010\text{abc}$	$226.195 \pm 33.756\text{abcd}$	$36.500 \pm 0.226\text{e}$	$6.356 \pm 0.185\text{h}$

### 3 讨论与结论

土壤微生物量的多少不仅对土壤有机质含量、氮磷钾硫等养分的供给量以及有机无机养分转化起着重要作用<sup>[18-21]</sup>,而且对土壤肥力的形成和植物营养的转化有着积极的作用。已有一些研究表明,施适量有机肥,有助于改善土壤的微生态环境,提高土壤总微生物数量<sup>[22-23]</sup>。本研究结果表明,无论是果实膨大期还是果实成熟期,骏枣园土壤中的细菌、真菌和放线菌数量随着有机肥和化肥施用量的增加而增加,其中随着有机肥施用量增加而增加的幅度比随着化肥施用量增加而增加的幅度明显高,可能是有机肥除了给微生物提供原料以外,还改善微生物生活的土壤环境,同时促进植株根系的生长和更新,从而增加根系分泌物,补给微生物生存所需要的营养来源<sup>[24]</sup>。到果实成熟期,各处理的土壤微生物数量明显下降,有可能与土壤温度的降低有关。土壤呼吸作为土壤有机碳库变化的主要形式之一,在一定程度上表征土壤微生物对土壤有机碳转化的活动强弱<sup>[25]</sup>。本研究所测定的土壤呼吸是针对土壤微生物,其变化趋势与土壤微生物数量的变化趋势基本相符。脱云飞等<sup>[26]</sup>研究表明,由于土壤容重

越大,土壤结构越密实,入渗速率减小,水分的运移和分布受到土壤颗粒的阻碍力增大,进而膜孔中心处土壤含水率的最大值越小,土壤含水率以膜孔为中心逐渐减小为土壤初始含水率值,土壤容重也是表示土壤成熟度和密度的重要物理性质之一。由本试验结果可知,骏枣园土壤容重随着复混肥中有机肥比例的增加而下降,随着化肥施用量的增加表现出缓慢上升趋势,原因可能是第一有机肥的施用降低了土壤密度,第二有机肥的施用在一定程度上加强土壤微生物活动,从而增高土壤热能,也会改善土壤松散性,第三土壤微生物的增多促进土壤有机质降解速率,从而使土壤有机质含量减少,导致土壤容重下降。O'Donnell<sup>[27]</sup>认为施肥措施影响了微生物的群落结构,主要是因为施肥改变了土壤的 pH 值导致了微生物群落结构的变化。Parham 等<sup>[28]</sup>指出土壤中的酶活性和生物转化过程与环境中的 pH 值密切相关。本试验中,随着复混肥中有机肥比例的增大,碱性土壤 pH 值( $8.99 \pm 0.09$ )表现逐渐下降的趋势,而随着化肥比例的增大土壤 pH 值缓慢上升,这可能是与不同配比的施肥量导致土壤微生物特性的改变有关。陈汝等<sup>[29]</sup>研究表明,有机无机肥配施对苹果果实单果重、着色指数、光洁指数、可溶性固

形物及可溶性糖含量均高于其它施肥处理,果实硬度及可滴定酸适中,综合效果较好。本试验结果可知,有机肥与化肥不同配施处理对骏枣果实中的可溶性糖含量均无显著影响,但由于可滴定酸含量受到一定程度的影响,因此其糖酸比也有不同程度的变化,骏枣果实中的 Vc 含量随着复混肥中化肥比例的增加呈现出先上升后下降趋势,但随着有机肥比例的增加表现一直上升趋势,说明有机肥的施用在一定程度上提高了骏枣果实中的 Vc 含量,提高果实品质<sup>[29]</sup>和产量<sup>[30]</sup>。

骏枣园施用的复混肥中随着有机肥比例的增大,不仅增加土壤有机质含量,降低土壤容重,提高土壤保水能力,而且对土壤中细菌、真菌和放线菌等微生物群落提供有益的活动环境,提高其单位面积中的数量,与对照相比 T12 处理的细菌、真菌和放线菌数量高出 1~4 倍,从而提高了土壤呼吸速率,促进了土壤碳矿化,果实膨大期和成熟期 T12 处理的土壤呼吸速率比对照分别高 71.02%、86.16%,进而导致了土壤 pH 值的降低,一定程度上能够减轻土壤盐渍化,并且土壤肥力的改善则提高骏枣果实的部分品质指标和叶果比。因此,合理配比的有机-无机复混肥的施用对在干旱、半干旱地区红枣产业的可持续发展具有较大的应用前途。

#### 参 考 文 献:

- [1] 曲泽洲,王永蕙.中国果树志(枣卷)[M].北京:中国林业出版社,1993:2-6.
- [2] 汪 星,朱德兰,权金娥,等.红枣裂果的药剂防治效果研究初报[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):142-146.
- [3] 陈 虹.新疆统计年鉴(2013)[M].北京:中国统计出版社,2013.
- [4] 孔维栋,刘可星,廖宗文,等.不同腐熟程度有机物料对土壤微生物群落功能多样性的影响[J].生态学报,2005,25(9):2291-2296.
- [5] 王立刚,李维炯,邱建军,等.生物有机肥对作物生长、土壤肥力及产量的效应研究[J].土壤肥料,2004,(5):12-16.
- [6] 尤彩霞,陈 清,任华中,等.不同有机肥及有机无机配施对日光温室黄瓜土壤酶活性的影响[J].土壤学报,2006,43(3):521-523.
- [7] 高菊生,黄 晶,董春华,等.长期有机无机肥配施对水稻产量及土壤有效养分影响[J].土壤学报,2014,51(2):314-324.
- [8] 许小伟,樊剑波,陈 晏,等.有机无机肥配施对红壤旱地花生生理特性、产量及品质的影响[J].土壤学报,2015,52(1):174-182.
- [9] 张贵龙,任天志,李志宏,等.施氮量对白萝卜硝酸盐含量和土壤硝态氮淋溶的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(4):877-883.
- [10] 张亚丽,张 娟,沈其荣,等.秸秆生物有机无机配施的施用对土壤供氮能力的影响[J].应用生态学报,2002,13(12):1575-1578.
- [11] 赵 红,袁培民,吕貽忠,等.施用有机肥对土壤团聚体稳定性的影响[J].土壤,2011,43(2):306-311.
- [12] 范茂攀,汤 利,徐 智,等.有机无机配施对生菜养分吸收和氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2013,29(1):89-93.
- [13] 姚槐应,何振立,陈国潮,等.红壤微生物量在土壤-黑麦草与系统中的肥力意义[J].应用生态学报,1999,10(6):725-728.
- [14] 娄 庭,龙怀玉,杨丽娟,等.在过量施氮农田中减氮和有机无机配施对土壤质量及作物产量的影响[J].中国土壤与肥料,2010,(2):11-15,34.
- [15] 许光辉,郑洪元.土壤微生物分析方法手册[M].北京:农业出版社,1986.
- [16] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [17] 宁正祥.食品成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,1997.
- [18] Abbasi M K, Shah Z, Adams W A. Mineralization and nitrification potentials of grassland soils at shallow depth during laboratory incubation[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2001,164(5):497-502.
- [19] Moscatelli M C, Lagomarsino A, Marinari S, et al. Soil microbial indices as bioindicators of environmental changes in a poplar plantation [J]. Ecological Indicators, 2005,5(3):171-179.
- [20] Joergensen R G, Emmerling C. Methods for evaluating human impact on soil microorganisms based on their activity, biomass, and diversity in agricultural soils [J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2006,169(3):295-309.
- [21] 张玉平,刘 强,荣湘民,等.不同有机肥与化肥配施对稻田土壤微生物活性的影响[J].土壤通报,2013,44(6):1434-1439.
- [22] 刘兰兰,史春余,梁太波,等.腐植酸肥料对生姜土壤微生物量和酶活性的影响[J].生态学报,2009,29(11):6136-6141.
- [23] 李 娟,赵秉强,李秀英,等.长期有机无机肥料配施对土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2008,41(1):144-152.
- [24] Dauden A, Quilez D. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment [J]. European Journal of Agronomy, 2004,21(1):7-19.
- [25] 苏永红,冯 起,朱高峰,等.土壤呼吸与测定方法研究进展[J].中国沙漠,2008,28(1):57-65.
- [26] 脱云飞,王克勤,张振伟,等.膜孔肥液自由入渗中土壤容重对水氮分布和均匀性的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2010,36(6):650-656.
- [27] O'Donnell A G, Seasman M, Macrae A, et al. Plants and fertilizers as drivers of change in microbial community structure and function in soils[J]. Plant and Soil, 2001,232(1-2):135-145.
- [28] Parham J A, Deng S P. Detection, quantification and characterization of  $\beta$ -glucosamidase activity in soil [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000,32(8-9):1183-1190.
- [29] 陈 汝,王金政,薛晓敏,等.有机无机肥配施对苹果树体结构及果实品质的影响[J].山东农业科学,2015,47(2):68-71.
- [30] 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(2):405-411.