

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2014.10.003

有机肥对柑橘苗期生物学特性的影响^①

叶荣生^{1,2}, 石孝均¹, 周鑫斌¹

1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716; 2. 重庆市秀山县农业技术服务中心土肥站, 重庆 秀山 409900

摘要: 以一年生柑橘幼苗为试材, 采用盆栽试验的方法, 研究不同有机物料对柑橘幼苗根系生物学特性的影响. 结果表明: 施用适量有机肥能促进柑橘幼苗的生长、降低柑橘的根冠比并促进柑橘幼苗对各养分的吸收. 与对照相比, 低有机肥用量显著增加了柑橘苗期的总根长、根表面积. 中等用量有机肥处理(8%)和商品有机肥处理与其它处理相比显著提高了柑橘苗期的根体积和平均直径, 二者对提高根系寿命和根系呼吸强度均具有最优的效果.

关键词: 有机肥; 柑橘幼苗; 生物学特性

中图分类号: S146+.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2014)10-0012-07

我国柑橘种植面积和总产量均居世界首位, 柑橘产业已成为我国南方主产区农村经济的一大支柱产业. 但是我国柑橘单产水平低、品质不高, 在国际市场上缺乏竞争力. 我国橘园土多数瘠薄, 有机质含量低, 使柑橘树根系生活环境稳定性差, 严重制约了地上部树体正常生长发育, 是造成果实品质差的主要原因之一^[1-2]. 据我们调查, 重庆三峡库区有 60.3% 的柑橘园有机质含量偏低^[3]. 与此相比, 国外丰产园土壤有机质可高达 20~60 g/kg^[4], 柑橘园有机质含量高, 柑橘树基础产量高且稳定, 从而柑橘果实品质也好.

近年来, 随着社会需求的变化, 无公害果品已越来越受重视, 增施有机肥是生产无公害果品的关键措施. 柑橘产量的提高和品质的改善也在客观上要求增施有机肥. 有机物料的加入可以增加土壤微生物数量和改变区系结构, 微生物在影响根系生长、营养吸收和生理功能方面有诸多积极作用, 有机物料也可以调节土壤中养分的平衡, 进而影响根系的吸收. 有机肥对多年生果树根系生物学特性的影响研究目前少有报道, 研究有机物料对柑橘根系生物学特性的影响可为柑橘园合理施肥提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验于 2012 年 5 月到 2013 年 1 月在西南大学国家紫色土肥力肥效监测站进行. 供试土壤为侏罗纪沙溪庙组紫色砂、泥岩发育而成的紫色土, 土壤基本农化性质见表 1.

表 1 供试土壤基本理化性质

| pH | 有机质 /(g · kg ⁻¹) | 碱解 N /(mg · kg ⁻¹) | 速效 P /(mg · kg ⁻¹) | 速效 K /(mg · kg ⁻¹) | 全 N /(g · kg ⁻¹) | 全 P /(g · kg ⁻¹) | 全 K /(g · kg ⁻¹) |
|------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 5.24 | 18.78 | 87.6 | 37.6 | 112 | 1.24 | 0.25 | 26.36 |

① 收稿日期: 2013-11-04

基金项目: 国家自然科学基金(31101610; 31372141); 中央高校基本科研业务费专项资金(XDJK2011C012); 公益性行业科研专项(201103003)基金资助.

作者简介: 叶荣生(1986-), 男, 四川自贡人, 硕士研究生, 主要从事养分资源管理研究.

通信作者: 周鑫斌, 副教授.

1.2 供试材料

本试验选择的柑橘幼苗是砧木为香橙的鲍威尔甜橙嫁接苗, 嫁接时间为 2012 年 3 月. 选用的有机肥为商品有机肥[以鸡粪为主, 有机质含量(以干基计) $\geq 30\%$]和国家紫色土肥力肥效监测站自制堆肥, 其中商品有机肥养分含量为全氮 2.1%、全磷 1.55%、全钾 2.0%; 自制堆肥养分含量为全氮 1.5%、全磷 0.46%、全钾 0.7%.

1.3 试验设计

本试验设共设 6 个处理. 以不施有机肥, 纯施化肥为对照(CK), 化肥施用量为 300 mg N/kg 土、150 mg P_2O_5 /kg 土、150 mg K_2O /kg 土; 不同有机肥施用量对比 3 个处理, 有机肥施用量分别占土壤总重的 4%、8%和 16%, 每盆装土 5 kg, 有机肥施用量分别为 200、400 和 800g, 化肥施用量同上, 即堆肥 4%、8%和堆肥 16%处理; 不同有机肥对比 2 个处理, 分别为堆肥和商品有机肥处理, 有机肥施用量为 8%(400 g), 不施化肥, 即堆肥和商品有机肥处理. 每个处理重复 9 次, 随机排列. 分别于试验处理 2 个月(7 月 15 日)、4 个月(9 月 15 日)和 6 个月(11 月 15 日)后破坏性取样, 每次每处理取 3 盆进行分析测试.

1.4 样品的采集及分析测试项目

分别于定植后 2 个月, 4 个月和 6 个月进行破坏性取样, 每个处理取 3 株. 叶片、枝条和根系洗净后于 105 °C 烘箱内杀青 30 min, 然后在 80 °C 条件下烘至恒重, 称重. 粉碎样品, 分别测定氮、磷、钾含量.

土壤样品的采集同步进行, 自然风干, 碾磨, 过 1 mm 和 0.25 mm 筛, 测定 pH、有机质、有效磷和速效钾含量.

1.5 分析测定方法

1.5.1 生长性状的测定

株高: 自茎基处至生长点的自然高度.

1.5.2 植株样品的测定

根系寿命与生长速率的测定: 在做盆栽试验的同时, 参照毛志泉的方法进行^[5], 用高为 30 cm, 直径 6 cm 的圆柱形 PVC 管, 在圆柱筒上设计一“窗口”, 窗口用塑料薄膜封闭, 填入基质, 每 PVC 管中移栽一株柑橘苗, 并将 PVC 管埋于地下, 正常管理. 每个处理在 3 个 PVC 管窗口处选一定数量的新生根, 适时观察并记录根系死亡数量, 根系寿命用半死量表示^[6]. 根系呼吸采用 Oxy-Lab 氧电极自动测定系统测定, 按照毛志泉的方法进行^[5].

根系形态的测定: 用 Win RHIZO 根系扫描分析系统分析根系形态指标.

1.6 数据处理与分析

应用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件进行统计分析及绘图, 采用 Duncan 统计方法进行显著性分析.

2 结果与分析

2.1 有机肥对柑橘苗期生长状况的影响

由图 1 和图 2 可以看出, 当有机肥施用量为土壤总重的 8%时, 柑橘苗期的株高保持最高. 6 个月后平均株高为 47.00 cm, 比对照处理高出 1.9%, 且堆肥处理的株高明显高于商品有机肥处理.

施用有机肥具有降低柑橘苗期根冠比的趋势. 整个过程中, 对照处理的根冠比始终保持较高. 6 个月以后, 堆肥 8%和堆肥 16%两个处理的平均根冠比分别为 0.55 和 0.56, 分别比对照组低 36.0%和 34.9%, 而堆肥处理的根冠比略高于商品有机肥处理.

2.2 有机肥对柑橘苗期根系形态的影响

不同用量有机肥对柑橘苗期根系形态存在较大影响, 如表 2 所示, 与对照处理相比, 低有机肥施用量显著增加了柑橘苗期的总根长、根表面积; 中等有机肥施用量显著提高了柑橘苗期的根体积和平均直径; 高有机肥施用量的各项指标均为最低. 在不同品种有机肥的比较中, 各项指标均表现为堆肥处理显著高于商品有机肥处理.

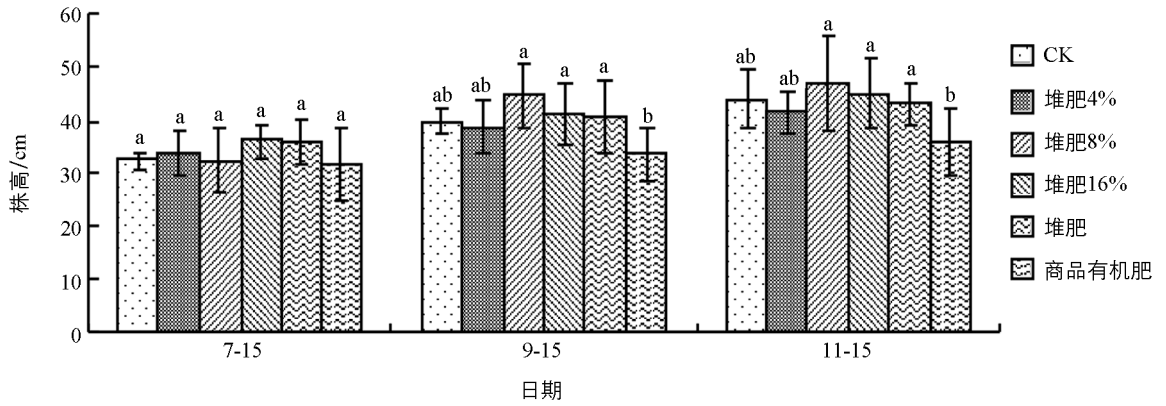


图 1 有机肥对柑橘株高的影响

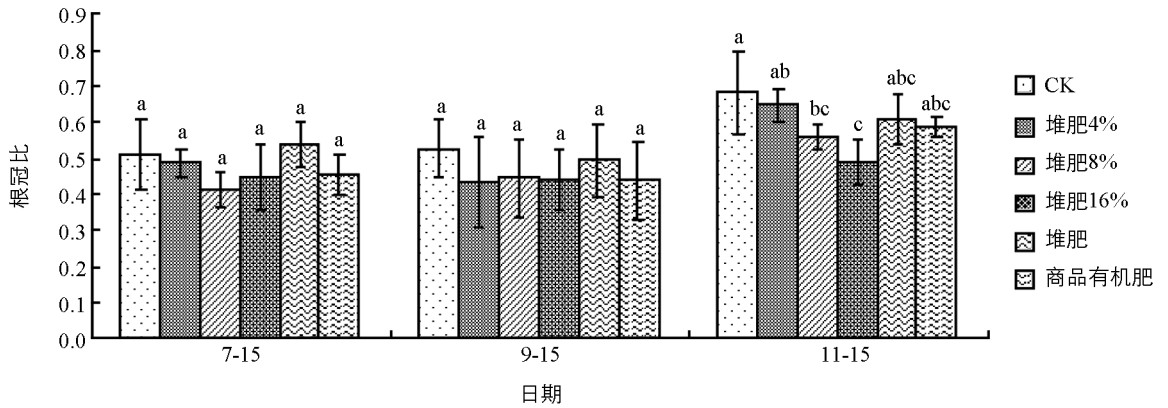


图 2 有机肥对柑橘根冠比的影响

表 2 有机肥对柑橘根系形态的影响

| 处 理 | 总根长 /cm | 根表面积 /cm ² | 平均直径 /mm | 根体积 /cm ³ | 根尖数 /个 |
|--------|------------|--------------------------|-------------|-------------------------|-----------|
| CK | 7 601.6b | 1 558.5b | 0.67cd | 26.5bc | 16 150a |
| 堆肥 4% | 9 543.9a | 1 871.7a | 0.63d | 30.0c | 16 457a |
| 堆肥 8% | 7 054.5bc | 1 604.8b | 0.73b | 29.6ab | 11 980bc |
| 堆肥 16% | 6 580.6c | 1 305.4b | 0.69bc | 22.8b | 10 972c |
| 堆 肥 | 6 226.0c | 1 579.3b | 0.83a | 33.3a | 12 983b |
| 商品有机肥 | 3 683.0d | 808.9c | 0.70bc | 14.7d | 6 938d |

注: 同一列不同小写字母表示差异达 0.05 水平.

2.3 有机肥对柑橘苗期根系组成的影响

如表 3 所示, 有机肥对柑橘苗期不同直径根系所占比例影响较大, 适量施用有机肥可改变柑橘幼苗的根系组成. 有机肥的施用降低了细根(<0.2 mm)的比例, 增加了粗根(>0.8 mm)的比例. 其中, 堆肥 8% 处理的细根比例最低, 为 6.63%, 比对照处理低 36.3%; 但粗根比例最高, 为 21.29%, 比对照处理高 24.2%.

表 3 不同直径根系所占比例

| 处 理 | <0.2 mm | 0.2~0.4 mm | 0.4~0.8 mm | 0.8~1.0 mm | >1.0 mm |
|--------|---------|------------|------------|------------|---------|
| CK | 10.41a | 23.66b | 49.81c | 6.58cd | 9.55cd |
| 堆肥 4% | 7.76b | 26.98a | 52.03b | 5.86d | 7.38d |
| 堆肥 8% | 6.63bc | 18.66b | 53.42b | 8.94ab | 12.35ab |
| 堆肥 16% | 6.82b | 20.68ab | 52.95b | 8.41bc | 11.14bc |
| 堆 肥 | 4.95c | 9.21c | 61.68a | 10.46a | 13.69a |
| 商品有机肥 | 9.50a | 20.29b | 50.12b | 7.64bcd | 12.45ab |

在不同品种有机肥的比较中,堆肥处理促进了柑橘幼苗生长根的伸长和增粗,而商品有机肥处理促进了柑橘幼苗毛细根的萌发和生长。

2.4 有机肥对柑橘幼苗根系寿命的影响

与对照相比,不同种类的有机肥都不同程度地延长了根的使用寿命,随着时间的推移,柑橘幼苗根系的存活率逐渐下降,到栽种 4 个月后,有机肥处理的柑橘幼苗根系存活率显著大于对照,有机肥中堆肥 4% 和商品有机肥处理的柑橘幼苗的根系存活率较高(图 3)。

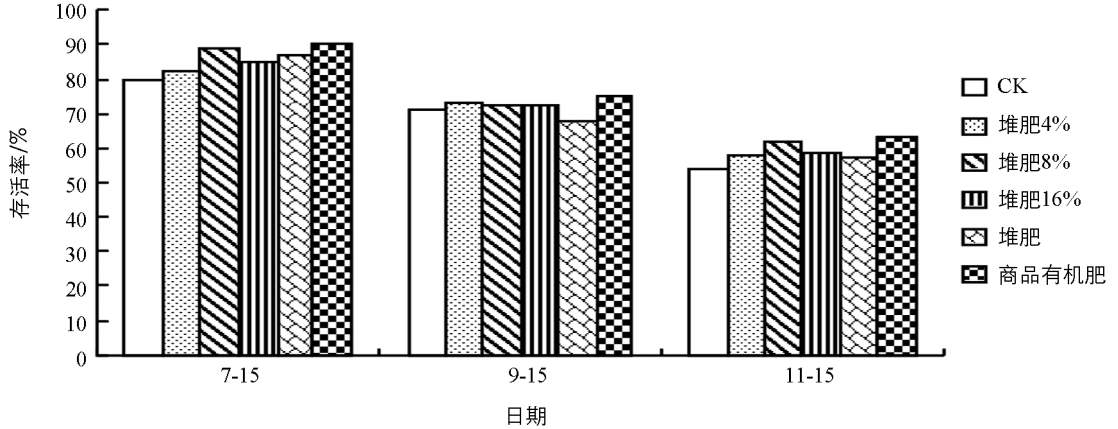


图 3 有机肥对柑橘存活率的影响

移栽 4 个月后,不同有机肥处理,随着柑橘苗干物质的增加,根系呼吸强度也逐渐增加,相关系数为 $r=0.90$,堆肥 8% 和商品有机肥处理二者的干物质含量最高,分别为 27.1 g 和 28.2 g,对应的呼吸强度两者也最高(图 4)。

2.5 有机肥对柑橘苗期养分吸收的影响

2.5.1 有机肥对柑橘苗期 N 素吸收量的影响

由表 4 可以看出,有机肥的施用能显著提高柑橘苗期的 N 素吸收量。随着时间的推移,柑橘苗期叶片、枝条及根系中的 N 素吸收量均逐渐增加。施用不同用量有机肥, N 素在柑橘苗期体内的分配表现出相同的规律,即叶片中的 N 素吸收量最高,其次为根系,枝条中的 N 素吸收量最低。说明整个过程中 N 素均在源源不断地往生长最旺盛的部分进行运输和积累。

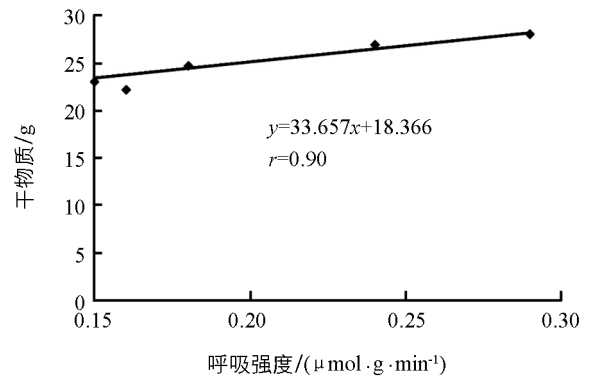


图 4 柑橘幼苗干物质质量与呼吸强度的关系

表 4 不同时期 N 素吸收量

| 处 理 | 不同时期 N 素吸收量/(mg·株 ⁻¹) | | | | | | | | |
|--------|-----------------------------------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 7—15 | | | 9—15 | | | 11—15 | | |
| | 叶 | 枝 | 根 | 叶 | 枝 | 根 | 叶 | 枝 | 根 |
| CK | 117.5c | 42.8d | 84.6d | 176.0e | 72.8d | 80.2e | 289.2d | 137.6d | 187.3d |
| 堆肥 4% | 156.9b | 53.6c | 89.5cd | 280.1ab | 126.1ab | 115.8b | 373.3b | 193.5b | 180.9d |
| 堆肥 8% | 206.3a | 67.9a | 126.4a | 289.6a | 135.0a | 137.1a | 492.3a | 213.0a | 265.5a |
| 堆肥 16% | 164.9b | 53.7c | 101.9bc | 241.4d | 101.8c | 115.0b | 365.5b | 164.2c | 220.5b |
| 堆 肥 | 194.6a | 67.3a | 111.3b | 262.8c | 125.4ab | 108.6c | 311.4c | 138.9d | 211.6c |
| 商品有机肥 | 168.4b | 62.0b | 103.9bc | 273.1bc | 116.4b | 103.4d | 272.2e | 136.2d | 152.2e |

注: a、b、c 表示 5% 时的显著水平,下同。

施用适量有机肥能显著提高柑橘幼苗对 N 素的吸收,有机肥施用不足和过量均会抑制柑橘幼苗对 N 素的吸收。整个过程中,堆肥 8% 处理的各部位 N 素吸收量均为最高,显著高于对照处理。6 个月后堆肥

8%处理的叶片 N 素吸收量为 492.3 mg/株, 比对照处理高出 70.2%; 枝条中的 N 素吸收量为 213.0 mg/株, 比对照处理高 54.8%; 根系中的 N 素吸收量为 265.5 mg/株, 比对照处理高 41.8%。

在不同品种有机肥的比较中, 柑橘幼苗各部位中的 N 素吸收量前期表现从大到小依次为堆肥处理, 商品有机肥处理, CK, 而最终表现从大到小依次为堆肥处理, CK, 商品有机肥处理。

2.5.2 有机肥对柑橘苗期 P 素吸收量的影响

由表 5 可以看出, 随着时间的增加, 柑橘苗期各部位的 P 素吸收量均逐渐增加。前期各部位中的 P 素吸收量从大到小依次表现为叶片, 枝条, 根系, 而 6 个月后则从大到小依次表现为根系, 枝条, 叶片。主要原因是 P 素在柑橘幼苗体内的运输和积累受温度的控制, 后期温度下降导致 P 素在柑橘幼苗体内的运输受阻, 造成了在根系中的累积。

施用适量有机肥能显著提高柑橘幼苗对 P 素的吸收, 有机肥施用不足和过量均会抑制柑橘幼苗对 P 素的吸收。整个过程中, 堆肥 8%处理的各部位 P 素吸收量均为最高, 显著高于对照处理。6 个月后堆肥 8%处理的叶片 P 素吸收量为 36.0 mg/株, 比对照处理高出 80.0%; 枝条中的 P 素吸收量为 47.3 mg/株, 比对照处理高 65.4%; 根系中的 P 素吸收量为 100.6 mg/株, 比对照处理高 38.4%。

在不同品种有机肥的比较中, 柑橘幼苗各部位中的 P 素吸收量前期表现从大到小依次为堆肥处理, 商品有机肥处理, CK, 而最终表现从大到小依次为堆肥处理, CK, 商品有机肥处理。

表 5 不同时期 P 素吸收量

| 处 理 | 不同时期 P 素吸收量/(mg·株 ⁻¹) | | | | | | | | |
|--------|-----------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | 7—15 | | | 9—15 | | | 11—15 | | |
| | 叶 | 枝 | 根 | 叶 | 枝 | 根 | 叶 | 枝 | 根 |
| CK | 6.8c | 5.0d | 4.7d | 10.8d | 9.3d | 9.7d | 20.0c | 28.6c | 72.7c |
| 堆肥 4% | 8.2bc | 6.0cd | 5.7cd | 18.4a | 17.78a | 13.1c | 22.6c | 28.8c | 68.7d |
| 堆肥 8% | 11.7a | 9.2a | 11.6a | 18.4a | 18.76a | 18.2a | 36.0a | 47.3a | 100.6a |
| 堆肥 16% | 9.0bc | 7.5b | 6.7c | 15.9bc | 13.7c | 10.7d | 27.2b | 38.9b | 60.8e |
| 堆 肥 | 10.1ab | 9.1a | 8.4b | 17.6ab | 16.2b | 15.2b | 35.9a | 40.5b | 84.8b |
| 商品有机肥 | 9.4ab | 7.2bc | 6.2c | 16.8bc | 15.5b | 14.1bc | 19.2c | 29.7c | 52.8f |

2.5.3 有机肥对柑橘苗期 K 素吸收量的影响

由表 6 可以看出, 随着时间的增加, 柑橘苗期叶片、枝条及根系中的 K 素吸收量均逐渐增加。前期枝条中的 K 素吸收量最高, 6 个月后则从大到小依次表现为根系, 枝条, 叶片。

施用适量有机肥能显著提高柑橘幼苗对 K 素的吸收, 有机肥施用不足和过量均会抑制柑橘幼苗对 K 素的吸收。整个过程中, 堆肥 8%处理的各部位 K 素吸收量均为最高, 显著高于对照处理。6 个月后堆肥 8%处理的叶片 K 素吸收量为 151.6 mg/株, 比对照处理高出 33.0%; 枝条中的 K 素吸收量为 66.1 mg/株, 比对照处理高 0.8%; 根系中的 K 素吸收量为 181.8 mg/株, 比对照处理高 51.5%。

在不同品种有机肥的比较中, 柑橘幼苗各部位中的 K 素吸收量前期表现从大到小依次为堆肥处理, 商品有机肥处理, CK, 而最终表现从大到小依次为堆肥处理, CK, 商品有机肥处理。

表 6 不同时期 K 素吸收量

| 处 理 | 不同时期 K 素吸收量/(mg·株 ⁻¹) | | | | | | | | |
|--------|-----------------------------------|--------|------|-------|---------|-------|---------|-------|--------|
| | 7—15 | | | 9—15 | | | 11—15 | | |
| | 叶 | 枝 | 根 | 叶 | 枝 | 根 | 叶 | 枝 | 根 |
| CK | 2.8c | 22.6d | 2.0c | 6.7c | 59.8d | 4.5e | 114.0c | 65.6a | 120.2c |
| 堆肥 4% | 3.3bc | 34.5c | 2.1c | 11.4a | 107.3ab | 7.2cd | 133.7b | 52.4b | 150.6b |
| 堆肥 8% | 5.1a | 52.6a | 4.8a | 8.8b | 108.4a | 10.4a | 151.6a | 66.1a | 181.8a |
| 堆肥 16% | 4.0b | 43.3b | 3.1b | 7.9b | 84.7c | 6.9d | 117.3c | 62.0a | 119.7c |
| 堆 肥 | 5.3a | 50.2ab | 3.9b | 8.7b | 106.8ab | 8.6b | 145.1ab | 63.4a | 177.3a |
| 商品有机肥 | 3.7b | 43.6b | 3.4b | 8.4b | 104.1b | 7.3c | 106.4c | 43.8c | 121.1c |

3 讨 论

施肥可在一定程度上促进作物的生长发育,并改变养分在作物体内的分配,但此类研究多集中于化肥,而有机肥对作物尤其是果树体内养分分配的影响至今鲜有报道.侯立群等研究发现,有机物料促进了苹果树高、干径、枝长、枝粗和分枝数的增长.土壤有机物料每增加 1%,树高和枝长分别增加 14.90%和 25.34%;当土壤有机物料含量超过 3%时,增长幅度变小^[7].本研究结果则表明,当有机肥施用量为土壤总重的 8%时,柑橘苗期的株高保持最大且促进 N、P、K 素营养在柑橘苗期各部分的累积.现在我国的有机物料多为绿肥、秸秆类、土杂肥、禽畜粪便等,因其化学组成和腐化系数的差异,不同品种的有机肥料在土壤中的生物降解性不同,导致了不同品种有机肥对作物的影响差异.堆肥和商品有机肥均具有促进柑橘幼苗生长和对养分的吸收的作用.

有机物料的施入不同程度地缓解了土壤的酸化并增加了土壤中有机质、N、P、K 的含量,只是不同种类的有机物料及有机肥的不同用量增加程度不同.姚胜蕊证明,玉米秸对土壤碱解氮、速效磷和速效钾都有一定程度的增加,麦秸对土壤交换性钾影响大,而对速效磷和有效镁则无明显影响^[8].矿质养分的增加是提高植株生长发育速度的关键因子之一^[9].有机物料可以改变土壤介质中的细菌、真菌和放线菌三大微生物的数量和微生物类群结构,不同的微生物可能产生生长素、赤霉素、细胞分裂素等激素^[10-11],可提高柑橘根系的生理功能和活性.毛志泉证明,有机物料可以提高苹果根系的呼吸强度^[5],这与本研究的结论一致,中等用量有机肥处理(8%)和商品有机肥处理与其它处理相比显著提高了柑橘苗的根体积和平均直径,二者对提高根系寿命和根系呼吸强度均具有最优的效果.根系呼吸作用为植物生长发育提供能量^[12],进一步促进植株根系的活力,表现在提高植物吸收氮和磷的能力,因此也增加了植株的生物量.

根系形态是根构型的重要组成部分,是研究根构型的基础.果树通过整形修剪等措施塑造适宜的树型,能够有效利用光能、提高果树产量和质量,促进果树水分和营养元素吸收进而提高果树产量和质量也有重要作用^[13].随着有机肥施用量的增加,显著降低了柑橘苗期的根系活力,同时降低了柑橘苗期的总根长、根表面积和根尖数.这主要是由有机肥的不同施用量导致养分的供应量不同所造成的.本研究结果表明,有机肥的施用降低了细根($<0.2\text{ mm}$)的比例,增加了粗根($>0.8\text{ mm}$)的比例,促进了柑橘苗期根系的生长.并且当有机肥施用量为 8%时直径 $>0.8\text{ mm}$ 的粗根长度显著增加,从而增加了柑橘苗期根系平均直径和根体积,调节柑橘苗期根系形态适宜,增强了根系对养分的吸收能力,促进了柑橘苗期的生长.毛志泉发现,整个柑橘苗生长过程中,栽培基质的保水性对延长根系寿命作用较大^[5],因此如何延长土壤中根系的寿命,增加其保水性可能是有效的途径之一,而有机物料是增强保水性能的良好材料,如果在土壤中增施适宜的有机物料,可能会延长土壤中根系寿命,达到协调地上、地下平衡的目的.有机物料与对照相比可以显著提高除根系平均直径外的其它指标.有机物料的施入能有效减缓柑橘幼苗根系衰老,柑橘生长发育及营养物质吸收均具有非常重要的现实生产意义.

4 结 论

当有机肥施用量为土壤总重的 8%时,能显著促进柑橘幼苗的生长、降低柑橘的根冠比并促进柑橘幼苗对各养分的吸收.与对照相比,有机肥显著增加了柑橘苗期的总根长、根表面积.中等用量有机肥处理和商品有机肥处理与其它处理相比显著提高了柑橘苗期的根体积和平均直径,二者对提高根系寿命和根系呼吸强度均具有最优的效果.堆肥对于提高柑橘幼苗养分吸收效果好于商品有机肥.

参考文献:

- [1] 马 杰,刘 涓,魏朝富.三峡库区柑橘园种植田块立地条件及其改造工程设计[J].西南大学学报:自然科学版,2013,35(3):124-132.
- [2] 唐时嘉,罗有芳.亚热带紫色沉积岩的成土过程及特点[J].西南农业大学学报:自然科学版,1994,16(6):550-555.
- [3] 周鑫斌,石孝均,孙彭寿,等.三峡重庆库区柑橘园土壤养分丰缺状况研究[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):

817—823.

- [4] OBREZA A T, MORGAN T K. Nutrition of Florida Citrus Trees (2nd Edition) [M]. Florida: Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, 2008: 1—90.
- [5] 毛志泉. 有机物料对平邑甜茶实生苗根系结构与功能影响的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2002.
- [6] EISSENSTAT D M. On the Relationship Between Specific Root Length and the Rate of Root Proliferation: a Field Study Using Citrus Rootsocks [J]. *New Phytologist*, 1991, 118(1): 63—68.
- [7] 侯立群, 张文越, 王庆仁, 等. 山区果林生产综合技术开发研究 [J]. *中国水土保持*, 1990(3): 35—37.
- [8] 姚胜蕊. 有机物料对苹果生长发育及土壤肥力影响的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 1997.
- [9] 孙 羲. 植物营养与肥料 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- [10] 陈华癸, 樊庆笙. 微生物学(5 版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 1992: 100—109.
- [11] 徐海燕, 雷世梅, 熊 伟, 等. 丛枝菌根化枳橙根际微生态环境的研究 [J]. *西南大学学报: 自然科学版*, 2012, 34(10): 65—71.
- [12] 潘瑞炽. 植物生理学(7 版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2012: 23—210.
- [13] 范伟国, 杨洪强. 果树根构型及其与营养和激素的关系 [J]. *果树学报*, 2006, 23(4): 322—325.

Effects of Organic Materials on the Biological Characteristics of Citrus Seedlings

YE Rong-sheng^{1,2}, SHI Xiao-jun¹, ZHOU Xin-bin¹

1. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Soil and Fertilizer Station of Agricultural Technology Service Center in Xiushan County, Xiushan, Chongqing 409900, China

Abstract: One-year-old citrus seedlings were grown in a pot experiment and supplied with different organic fertilizers at different rates to study their the effect on the biological characteristics of the plants. The results showed that organic fertilizer, if applied with a proper amount, could promote the growth of citrus seedlings, abate their root-shoot ratio and improve their absorption of various nutrients. Compared with the control, the low amount of organic fertilizer increased the total root length of the citrus plants at the seedling stage. The treatments of organic fertilizer at a medium rate (8%) and commercial organic fertilizer significantly increased the root volume and average diameter at the seedling stage, and they had the best effects of improving the lifespan and the respiratory intensity of the root system.

Key words: organic fertilizer; citrus seedling; biological characteristic

责任编辑 欧 宾

