

朱 婧,李倩磊,郭等等,等. 不同施肥处理对纽荷尔脐橙根系生长及土壤生物学性质的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(10):96-102.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.10.018

不同施肥处理对纽荷尔脐橙根系生长及土壤生物学性质的影响

朱 婧,李倩磊,郭等等,管 冠

(赣南师范大学国家脐橙工程技术研究中心,江西赣州 341000)

摘要:纽荷尔脐橙是赣南地区脐橙的主栽品种,多种植于土壤有机质含量偏低的山地丘陵。长期以来,为保持赣南脐橙的高产,化学肥料的大量施用使得赣南地区果园土壤问题逐渐显现。设计盆栽试验研究纽荷尔脐橙根系生长、土壤酶活性与微生物多样性对不同施肥处理的响应过程,设置不施肥、单施有机肥、80% 有机肥和 20% 复合肥、60% 有机肥和 40% 复合肥、40% 有机肥和 60% 复合肥、20% 有机肥和 80% 复合肥、单施复合肥等 7 种处理。研究结果表明,20% 有机肥和 80% 复合肥处理的脐橙根尖数相比于 CK 增加了 0.86 倍,同时其脲酶活性也最高,与 CK 相比提高约 3.1 倍;而单施复合肥则更有利于土壤中磷酸酶活性增加,相比 CK 提高 1.17 倍。所有施肥处理的土壤微生物功能多样性均显著高于对照,其中 60% 有机肥和 40% 复合肥的土壤微生物功能多样性最优,相比于 CK 增加 0.67 ~ 1.13 倍。说明有机肥与复合肥配施有利于脐橙根系生长与土壤生物学性质优化。

关键词:根际土壤;红壤;微生物功能多样性;脐橙;施肥

中图分类号: S666.406 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)10-0096-06

赣州地区的亚热带湿润季风气候十分适合脐橙生长,赣南脐橙被誉为中华名果^[1]。目前当地以纽荷尔为主栽脐橙品种,该品种的栽种面积占总面积的 88%,其他品种则只占了 12%^[2]。长期以来,为保持赣南脐橙的高产,化学肥料的大量施用使得赣南地区果园土壤退化问题逐渐显现^[3]。

作物产量和品质的获得通常来源于矿质营养的合理供应,而土壤矿质营养的合理供应则主要依赖于土壤的肥力水平。相关研究表明,有机无机肥配施可以通过有机肥中有机碳的添加而影响土壤的物理和化学性质,从而影响有效养分的供应,而土壤氮素的生物地球化学循环也与土壤有机碳源的输入密不可分^[4]。另外,植物根系的生长状况也直接决定了植物对土壤养分的吸收效率^[5-7]。一般认为,肥料施用有助于促进植物根系的生长延伸,且与环境因素关系密切^[8-9],根际一般是指根土界

面 5 mm 范围内的微区土壤,承载着植物-土壤-微生物互作的空间^[10]。根际微生物直接参与土壤有机碳矿化,在土壤肥力形成及植物营养吸收过程中的作用不可替代^[11-12]。相关研究指出,根际微生物群落的宏基因组可以看作是植物体的第二基因组,不仅反映土壤生物活性水平,也直接影响植物对于土壤养分的吸收利用,并对土壤根际生态系统产生持续的影响^[13]。

相关研究人员围绕土壤酶活性开展了大量工作。有报道称,化肥与菜籽饼配施处理的茶园土壤酶活性显著高于单施化肥处理^[14];围绕油茶的研究结果也表明,生物有机肥提高土壤脲酶活性的效果最佳^[15];于镇华等研究结果表明,化肥施用量过大会降低农田黑土所有土层的过氧化氢酶活性^[16]。稳定的果园土壤微生物功能多样性有利于土壤酶活性的维持,也是高产优质果园的共性特征,平均颜色变化率(average well colour development,简称 AWCD)可以有效地反映土壤微生物的代谢活力^[17]。崔佩佩等认为,长期配施磷钾肥将显著增强高粱根际微生物的代谢活性,且其微生物种类及优势度指数也同时增加^[18]。张恩平等研究结果表明,有机肥配施氮磷肥处理的番茄根际土壤微生物功能多样性较高^[19]。而水稻采用有机肥与磷肥配施也有利于丰富土壤微生物多样性^[20-21]。

收稿日期:2020-07-25

基金项目:江西省重点研发计划(编号:20192ACB80009);江西省教育厅科技项目(编号:GJJ180759);江西省自然科学基金(编号:20202BABL215029)。

作者简介:朱 婧(1990—),女,湖北黄石人,硕士,助教,主要从事植物生理学研究。E-mail:451317630@qq.com。

通信作者:管 冠,博士,副教授,主要从事土壤生物学研究。E-mail:guanguan_1985@aliyun.com。

前人针对不同施肥处理对各种植物的根系生长及土壤酶活性和土壤微生物多样性的影响开展大量研究,但针对赣南脐橙果园土壤特别是根际土壤方面的相关研究还相对较少。本研究以赣南脐橙果园的酸性红壤为对象,采用清耕模式设计盆栽试验,分析不同施肥处理对纽荷尔脐橙根系生长状况、根际和非根际土壤酶活性、土壤微生物功能多样性的影响。研究结果将有助于明确不同复合肥和有机肥比例对赣南脐橙根际土壤生物学性质的影响,对于维持赣南地区脐橙果园土壤的可持续利用能力,提高赣南脐橙植株矿质营养利用率及果实品质等都具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 盆栽试验设计

盆栽试验于 2019 年 1 月开始在赣南师范大学温网室开展。赣南师范大学位于江西省赣州市中部(25°47'N、114°52'E),本试验以赣南师范大学试验园区的红壤为供试土壤(原始土壤 pH 值为 5.92,有机质含量为 7.95 g/kg,碱解氮含量为 21.72 mg/kg,速效磷含量为 5.40 mg/kg,速效钾含量为 97 mg/kg),盆栽苗木以 2 年生枳壳为砧木,嫁接纽荷尔脐橙,1 年生纽荷尔脐橙苗木为植物样本。用完全随机区组试验设计盆栽试验,用直径 35 cm、深 20 cm 的塑料桶装土 7 kg/桶,管理模式同大田管理。共设置 7 个处理,以 CK 为对照组,T1~T6 为试验组。施用的复合肥为 15%-15%-15%(氮、磷、钾含量),购自深圳市芭田生态工程股份有限公司;有机肥为腐熟的干鸡粪,购自山东枣庄滕州姜屯工业园区。全氮含量为 2.08%,碱解氮含量为 549.73 mg/kg,全磷含量为 1.94%,速效磷含量为 109.50 mg/kg,全钾含量为 1.19%,速效钾含量为 1 105 mg/kg,有机质含量为 44.73%,根据常规管理施肥量以 1 kg 土壤施用 0.77 g 氮为 100% 复合肥总氮量的基准,用过磷酸钙和硫酸钾调节补充,有机肥作为基肥,每月月初采样前施加复合肥,设置不同施肥处理,不同施肥处理复合肥与有机肥比例见表 1。

1.2 测定方法

1.2.1 根系生长参数 采集经不同施肥处理 6 个月后的根系,用 Epson 数字扫描仪(Expression 10000XL1.0)扫描,分析采用 WinRHIZO 图像分析软件。

1.2.2 土壤酶活性 土壤脲酶活性的测定采用靛

表 1 不同施肥处理的复合肥与有机肥比例

处理	养分比例(%)	
	复合肥	有机肥(干鸡粪)
CK	0	0
T1	0	100
T2	20	80
T3	40	60
T4	60	40
T5	80	20
T6	100	0

酚蓝比色法^[22];过氧化氢酶活性的测定采用高锰酸钾滴定法^[23];蔗糖酶活性的测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[24];中性磷酸酶活性的测定,采用 PNPP 法^[25]。

1.2.3 土壤微生物功能多样性 采用 Biolog Eco 微平板法测定土壤微生物功能多样性^[26]。

1.3 数据处理与分析方法

利用 Microsoft Excel 2007 计算平均值和标准差,采用 Sigmaplot 12.5 软件作图,利用 DPS 统计分析软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对纽荷尔脐橙根系生长的影响

从表 2 可以看出,有机肥和复合肥混施效果总体上优于单施有机肥或复合肥。在施肥 6 个月后,与 CK 比较,各试验组的根尖数、平均直径分别增加 22.0%~85.8%、3.33%~172.22%;与试验组相比,CK 根总长长 70.4%、51.1%、59.4%、31.2%、26.5%、74.2%。由此可以发现,不施肥会使其根系向下生长更明显,但根尖数较少,根系并不发达。随着复合肥施用量的增加,T2~T5 处理根总长、根表面积、平均直径、根体积和根尖数呈上升趋势;与 T1 和 T6 相比,其根总长分别增加 6.9%~34.7%和 9.3%~37.7%,而 T5 处理的根表面积、平均直径、根体积和根尖数均高于其他处理,分别增加 5.3%~46.4%、12.4%~163.4%、12.3%~104.4%和 1.9%~52.2%。

2.2 不同施肥处理对土壤酶活性的影响

2.2.1 不同施肥处理对根际土壤酶活性的影响 在根际土中,施肥能显著提高根际土壤脲酶活性。其中 T5 处理提升效果最佳,与对照相比提高了 2.3~3.3 倍;除 T5 处理外,其他施肥处理明显提高了过氧化氢酶活性,其中 T3 处理提高效果最佳,相

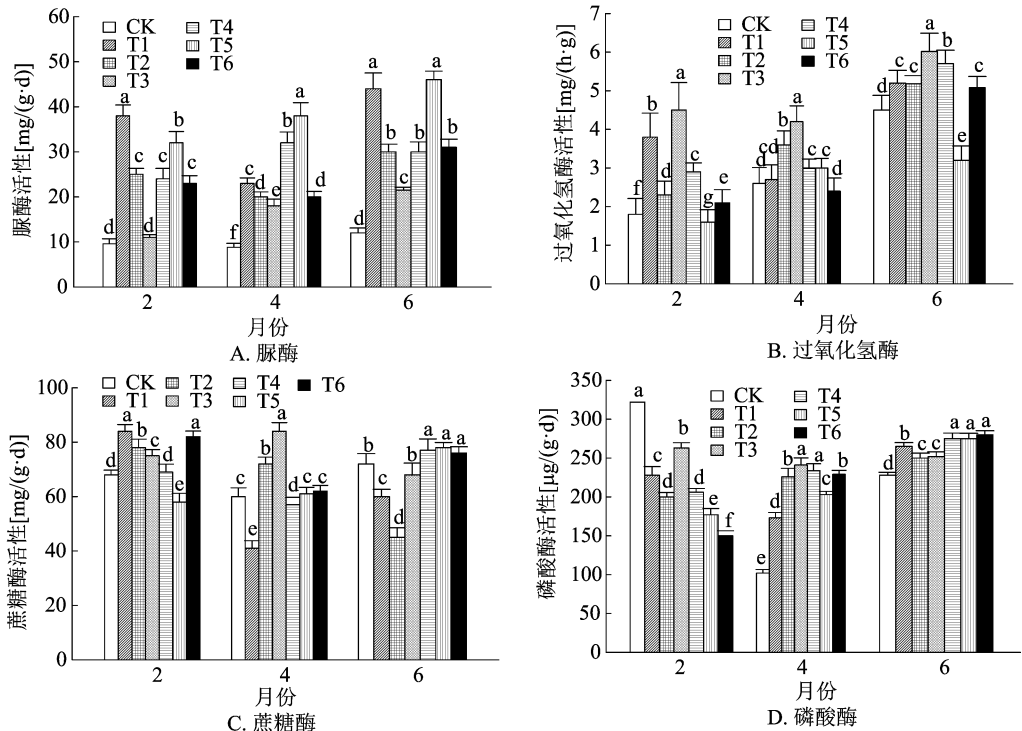
表 2 不同施肥处理对纽荷尔脐橙根系生长的影响

处理	根总长 (cm)	根表面积 (cm ²)	平均直径 (mm)	根体积 (cm ³)	根尖数 (个)
CK	5 342.49 ± 64.88a	1 038.05 ± 43.39bc	1.80 ± 0.08f	25.38 ± 0.42c	2 339 ± 38e
T1	3 134.89 ± 47.97e	921.81 ± 19.68d	1.86 ± 0.07f	17.64 ± 0.45e	2 854 ± 42d
T2	3 536.89 ± 58.69c	1 009.02 ± 5.86cd	2.17 ± 0.07e	16.02 ± 0.41f	3 065 ± 50c
T3	3 350.90 ± 71.80d	1 145.66 ± 37.47b	2.92 ± 0.05d	23.23 ± 0.43d	3 172 ± 24c
T4	4 071.88 ± 70.60b	1 282.15 ± 47.02a	4.36 ± 0.01b	29.17 ± 0.18b	4 262 ± 75a
T5	4 222.09 ± 45.21b	1 349.89 ± 39.89a	4.90 ± 0.07a	32.75 ± 0.44a	4 345 ± 46a
T6	3 067.01 ± 50.79e	1 079.08 ± 50.93bc	4.22 ± 0.03b	23.49 ± 0.17d	3 465 ± 65b

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。表 3 ~ 表 6 同。

比其他施肥处理提高了 25.8% ~ 88.7%;在试验前期,T1、T6 处理的蔗糖酶活性较高,相比 CK 分别提高 23.5%、20.6% (图 1 - A)。值得注意的是,试验初期(2 月),施肥处理的根际土壤中性磷酸酶活性

均显著低于 CK 处理,其中 T6 最低,与 CK 相比降低了 53.4%;而在试验后期(6 月),T4、T5 和 T6 处理的根际土壤中性磷酸酶活性升高,处理间差异不显著,但处理组均显著高于 CK (图 1 - D)。



不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。4 类酶的活性以单位时间内消耗底物浓度计。图 2 同
图 1 不同施肥处理对根际土壤酶活性的影响

2.2.2 不同施肥模式对非根际土壤酶活性的影响
在非根际土中,施肥处理的土壤过氧化氢酶活性相比对照均有显著提升。除 T4 处理外,其他施肥处理的土壤脲酶活性与 CK 相比提高了 0.14 ~ 1.52 倍 (图 2 - A、图 2 - B)。而非根际土壤的中性磷酸酶活性呈现先下降后上升的趋势 (图 2 - D)。非根际土壤过氧化氢酶活性在试验前期较高,之后下降并趋于稳定。在试验前期,T2 处理蔗糖酶活性最高,与 CK 相比提高了 0.20 倍,T3 ~ T6 处理与 CK

相比较差异不显著;在试验后期,T4 ~ T6 处理的蔗糖酶活性普遍升高 (图 2 - C)。
2.3 不同施肥处理对土壤微生物功能多样性的影响
2.3.1 根际土壤微生物功能多样性 2019 年 2、6 月所采根际土壤中的微生物多样性见表 3、表 4。
在根际土中,经施肥处理后,试验组的平均颜色变化率 (AWCD) 值显著高于对照组,表明肥料施用有利于提升根际土壤的微生物功能多样性,其中

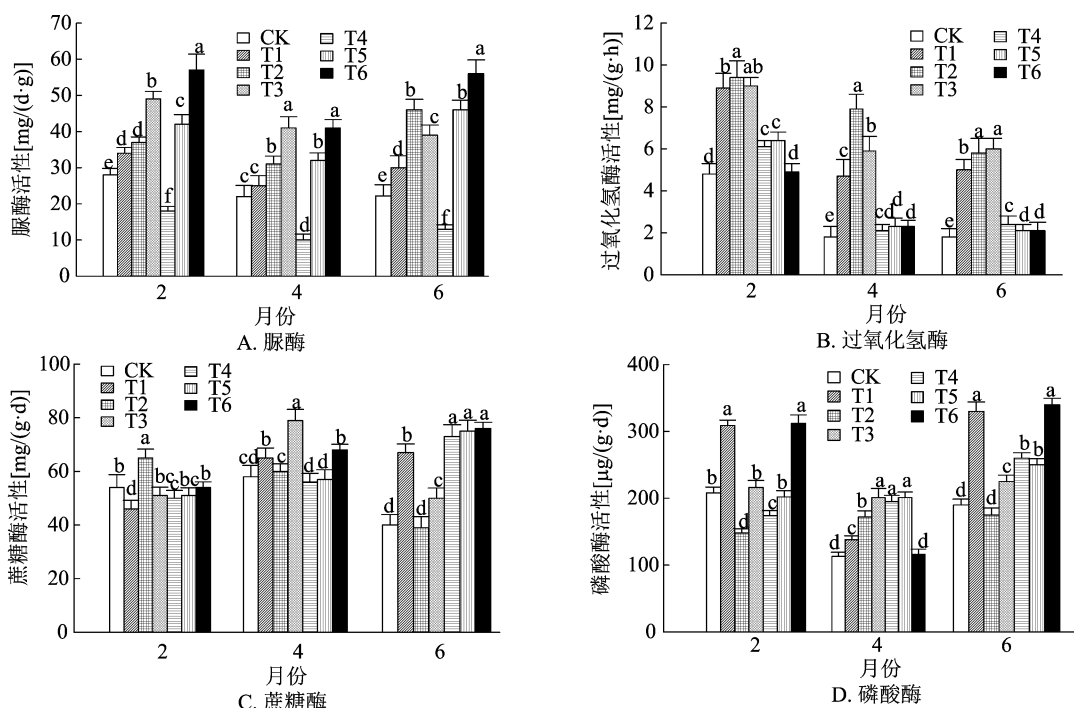


图2 不同施肥处理对非根际土酶活性的影响

表3 不同施肥处理下的根际土壤微生物功能多样性(2019年2月样品)

处理	平均颜色变化率 (AWCD)				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
CK - G	0.117 ± 0.004b	0.199 ± 0.001d	0.224 ± 0.002e	0.258 ± 0.008f	0.321 ± 0.001f
T1 - G	0.120 ± 0.013b	0.201 ± 0.012d	0.279 ± 0.030d	0.312 ± 0.006e	0.361 ± 0.014e
T2 - G	0.158 ± 0.004a	0.230 ± 0.015bc	0.396 ± 0.021b	0.455 ± 0.005c	0.461 ± 0.003c
T3 - G	0.172 ± 0.010a	0.303 ± 0.009a	0.441 ± 0.038a	0.525 ± 0.008a	0.539 ± 0.018a
T4 - G	0.168 ± 0.018a	0.207 ± 0.013d	0.381 ± 0.008b	0.492 ± 0.012b	0.501 ± 0.007b
T5 - G	0.156 ± 0.001a	0.217 ± 0.011cd	0.343 ± 0.003c	0.480 ± 0.004b	0.492 ± 0.009b
T6 - G	0.125 ± 0.003b	0.245 ± 0.015b	0.291 ± 0.011d	0.332 ± 0.005d	0.396 ± 0.002d

注:G代表根际土,表4同。

表4 不同施肥处理下的根际土壤微生物功能多样性(2019年6月样品)

处理	AWCD				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
CK - G	0.109 ± 0.002d	0.120 ± 0.019d	0.147 ± 0.006g	0.264 ± 0.010f	0.217 ± 0.005g
T1 - G	0.106 ± 0.009d	0.169 ± 0.015c	0.212 ± 0.005f	0.287 ± 0.007e	0.263 ± 0.008f
T2 - G	0.136 ± 0.000bc	0.229 ± 0.001a	0.302 ± 0.008c	0.346 ± 0.006c	0.427 ± 0.012c
T3 - G	0.170 ± 0.016a	0.238 ± 0.003a	0.360 ± 0.003a	0.384 ± 0.012a	0.501 ± 0.015a
T4 - G	0.142 ± 0.002b	0.203 ± 0.016b	0.320 ± 0.011b	0.360 ± 0.007b	0.481 ± 0.008b
T5 - G	0.130 ± 0.003bc	0.192 ± 0.008b	0.285 ± 0.003d	0.326 ± 0.008d	0.357 ± 0.005d
T6 - G	0.127 ± 0.002c	0.187 ± 0.001bc	0.224 ± 0.006e	0.317 ± 0.002d	0.297 ± 0.003e

T3处理的根际土壤微生物功能多样性最大,相比于CK增加了1.31倍(6月样品处理后120h)。而在所有施肥处理中,T1的AWCD值最低,其中2月样品T3处理比T1处理提高了49.3%,6月样品提高了90.5%(120h),有机肥和复合肥配施相比单施有机肥或复合肥更有利于土壤微生物功能多样性

的提高。

2.3.2 非根际土壤微生物功能多样性 2019年2、6月非根际土样所测土壤微生物多样性见表5、表6。

在试验前期,施肥处理对非根际土壤微生物功能多样性影响并不明显;而在试验后期,施肥处理

表 5 不同施肥模式下的非根际土壤微生物功能多样性(2019 年 2 月样品)

处理	AWCD				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
CK - F	0.094 ± 0.090a	0.128 ± 0.004c	0.204 ± 0.002d	0.223 ± 0.006d	0.319 ± 0.014e
T1 - F	0.091 ± 0.010a	0.126 ± 0.003c	0.276 ± 0.004c	0.401 ± 0.005c	0.531 ± 0.017bc
T2 - F	0.103 ± 0.003a	0.123 ± 0.006c	0.287 ± 0.007b	0.412 ± 0.010bc	0.517 ± 0.009cd
T3 - F	0.110 ± 0.010a	0.130 ± 0.020c	0.297 ± 0.005a	0.432 ± 0.020a	0.540 ± 0.006ab
T4 - F	0.099 ± 0.010a	0.168 ± 0.010b	0.105 ± 0.006e	0.442 ± 0.005a	0.550 ± 0.007a
T5 - F	0.093 ± 0.020a	0.190 ± 0.010a	0.280 ± 0.008bc	0.403 ± 0.004c	0.511 ± 0.003a
T6 - F	0.096 ± 0.006a	0.180 ± 0.003ab	0.102 ± 0.002e	0.429 ± 0.012ab	0.505 ± 0.002d

注:F 代表非根际土,表 6 同。

表 6 不同施肥模式下的非根际土壤微生物功能多样性(2019 年 6 月样品)

处理	AWCD				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
CK - F	0.093 ± 0.002b	0.160 ± 0.008a	0.269 ± 0.003bc	0.284 ± 0.007e	0.295 ± 0.006e
T1 - F	0.096 ± 0.001ab	0.126 ± 0.009b	0.266 ± 0.001c	0.389 ± 0.005a	0.401 ± 0.008d
T2 - F	0.094 ± 0.008ab	0.125 ± 0.007b	0.270 ± 0.004bc	0.375 ± 0.008bc	0.480 ± 0.002b
T3 - F	0.102 ± 0.009a	0.127 ± 0.009b	0.285 ± 0.002a	0.390 ± 0.003a	0.527 ± 0.012a
T4 - F	0.099 ± 0.001ab	0.107 ± 0.006c	0.258 ± 0.005d	0.372 ± 0.004c	0.486 ± 0.004b
T5 - F	0.093 ± 0.001b	0.108 ± 0.003c	0.229 ± 0.001e	0.348 ± 0.009d	0.455 ± 0.002c
T6 - F	0.101 ± 0.001ab	0.130 ± 0.005b	0.275 ± 0.008b	0.384 ± 0.00ab	0.492 ± 0.009b

对非根际土壤微生物功能多样性的影响逐渐显著。其中,T3、T4 处理的土壤 AWCD 值较高,在试验前期(2 月)T4 处理的非根际土壤 AWCD 值最大,T3 处理次之,与 CK 相比分别增加 0.72、0.69 倍;在试验后期(6 月),T3 处理的非根际土壤 AWCD 值最大,T4 处理次之,与 CK 相比分别增加了 0.79、0.65 倍(表 5、表 6)。

3 讨论与结论

植物根系承担包括水分和养分吸收及机械固定的功能,同时也是植物与根际环境建立相互关系的纽带,因此根系结构会对养分及水分的吸收产生深远影响^[27-28]。本试验中不施肥处理的纽荷尔脐橙在生长发育过程中为了摄取更丰富的土壤养分,会促使根伸长^[29],但其根尖数较少,根系并不发达;在复合肥施用比例较大条件下,脐橙根总长、根表面积等随着其比例增大而增大^[30]。这时土壤养分丰富,脐橙通过增加根尖数可以更好地吸收养分;但当单施复合肥时又会降低,有机肥和无机肥配施能够提升根系生长指标,优化土壤物理学性质,促进微生物代谢的同时也有利于根部的生长^[31]。

施肥处理的土壤脲酶活性均比 CK 高,说明增施肥料有利于提升赣南红壤土壤脲酶活性^[32],随着施肥处理时间延长,脲酶活性都有所增加,但 T4 处

理活性下降,这可能与春季多雨从而产生土壤矿质元素的淋失作用有关。在所有施肥处理中,T5 处理(复合肥占 80%)的根际土壤脲酶活性最高,可能是因为复合肥提高了土壤有效氮含量^[33]。另外,研究结果表明,在肥料施用初期土壤过氧化氢酶活性发生了下降,其原因可能是由于不同的施肥措施在试验初期影响了土壤大量元素的分布,破坏了原有的土壤生态,使得短时间内土壤酶活性产生了较大的波动^[34]。蔗糖酶与有机质的转化密切相关^[35],本试验中根际土的蔗糖酶活性中表现为 CK 每月变化非常微小,在试验前期,T1、T2、T3 处理施肥显著提升蔗糖酶活性,在试验后期,T4、T5、T6 处理的蔗糖酶活性最佳。复合肥和有机肥配施及单施有机肥增加了酶反应底物,使得蔗糖酶活性提高。而非根际土相比,根际区域碳元素代谢旺盛,根际土的蔗糖酶活性明显较大^[36]。在试验后期,根际土壤中中性磷酸酶活性较高;在非根际土中,中性磷酸酶活性峰值则集中在 T1、T6 处理,对其他处理的酶活性影响则相对较小,表明脐橙根际土壤的中性磷酸酶活性对肥料的施用相比非根际土壤更为敏感^[37],可能是有机肥复合肥配施后非根际区域中离子浓度过高,影响了中性磷酸酶活性。非根际土的脲酶和中性磷酸酶土壤酶活性呈现出先下降后上升的趋势,可能与试验所在地春季降水量偏多,土壤通气

性变差,微生物活性受抑制有关。

AWCD 值表征微生物功能多样性,本试验中无论是根际土还是非根际土,各试验组的 AWCD 值均高于 CK,表明有机肥和复合肥配施处理的微生物功能多样性优于单施有机肥和复合肥,这与土壤有机质增加及土壤性状改良有关,土壤微生物生境得到了改善,其种类数量和功能都愈发丰富^[38-39]。对比根际土和非根际土发现,根际土的微生物多样优于非根际土的微生物多样性,这可能是因为植物根系和植物残体给根际土壤微生物提供了适宜生长的场所与物质来源,植物向根际土壤分泌的碳水化合物越多,根际微生物对碳底物利用的能力便越强^[40]。但当施肥 6 个月后,试验组的 AWCD 值会低于施肥处理 2 个月后的,经推测可能是纽荷尔脐橙在生长过程吸收大量的养分,造成土壤中养分不足,限制了土壤微生物的生长。

本研究结果表明,施肥会增加根系的根尖数,使根部更发达,有助于提升赣南脐橙土壤酶活性。相比非根际土壤,根际土壤的蔗糖酶活性对于施肥更为敏感。而有机肥和复合肥混施可以显著提高纽荷尔脐橙土壤微生物功能多样性,根际土壤的微生物功能多样性也更为丰富。

参考文献:

- [1] 刘堂发. 赣南脐橙品牌竞争力提升研究[D]. 南昌:南昌大学,2014.
- [2] 程金金. 赣南脐橙产地土壤质量及其对脐橙产量和品质的影响——以信丰县为例[D]. 北京:中国科学院大学,2015.
- [3] 姜存仓,王 运,刘桂东,等. 赣南脐橙叶片黄化及施硼效应研究[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(3):656-661.
- [4] 李树山,杨俊诚,姜慧敏,等. 有机无机肥氮素对冬小麦季潮土氮库的影响及残留形态分布[J]. 农业环境科学学报,2013,32(6):1185-1193.
- [5] 沈 浦,罗 盛,吴正锋,等. 花生磷吸收分配及根系形态对不同酸碱度叶面磷肥的响应特征[J]. 核农学报,2015,29(12):2418-2424.
- [6] 潘艳花,马忠明,吕晓东,等. 不同供钾水平对西瓜幼苗生长和根系形态的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(5):536-541.
- [7] 王运涛,于林清,李景柱,等. 低温胁迫对 5 份苜蓿品种根系形态特征的影响[J]. 草地学报,2016,24(1):101-106.
- [8] Su J Y,Zheng Q,Li H W,et al. Detection of QTLs for phosphorus use efficiency in relation to agronomic performance of wheat grown under phosphorus sufficient and limited conditions[J]. Plant Science,2009,176(6):824-836.
- [9] 翟丙年,孙春梅,王俊儒,等. 氮素亏缺对冬小麦根系生长发育的影响[J]. 作物学报,2003,29(6):913-918.
- [10] 张福锁,申建波,冯 固. 根际生态学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2009.
- [11] Piromyou P,Buranabanyat B,Tantasawat P A,et al. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand[J]. European Journal of Soil Biology,2011,47(1):44-54.
- [12] Beneduzi A,Peres D,Vargas L K,et al. Evaluation of genetic diversity and plant growth promoting activities of nitrogen-fixing bacilli isolated from rice fields in South Brazil[J]. Applied Soil Ecology,2008,39(3):311-320.
- [13] 姜佰文,侯力维,高 强,等. 有机无机肥料配施对土壤微生物、土壤酶及玉米产量影响[J]. 东北农业大学学报,2016,47(11):37-45.
- [14] 朱寒阳,傅海平,张国林,等. 不同施肥措施对茶园土壤酶活性及土壤肥力的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(23):371-374.
- [15] 王 华,胡锦珍,胡冬南,等. 不同肥料对油茶林土壤微生物及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):461-464,465.
- [16] 于镇华,李彦生,金 剑,等. 不同施肥措施对农田黑土剖面土壤酶活性特征的影响[J]. 土壤与作物,2018,7(3):276-283.
- [17] 夏 昕,石 坤,黄欠如,等. 长期不同施肥条件下红壤性水稻土壤微生物群落结构的变化[J]. 土壤学报,2015,52(3):697-705.
- [18] 崔佩佩,武爱莲,王劲松,等. 不同施肥处理对高粱根际土壤微生物功能多样性的影响[J]. 华北农学报,2018,33(5):195-202.
- [19] 张恩平,谭福雷,王 月,等. 氮磷钾与有机肥配施对番茄产量品质及土壤酶活性的影响[J]. 园艺学报,2015,42(10):2059-2067.
- [20] 陈晓芬,李忠佩,刘 明,等. 长期施肥处理对红壤水稻土壤微生物群落结构和功能多样性的影响[J]. 生态学杂志,2015,34(7):1815-1822.
- [21] 黄昌勇,徐建明. 土壤学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2010.
- [22] 黄 娟,李 稂,张 健. 改良靛酚蓝比色法测土壤脲酶活性[J]. 土木建筑与环境工程,2012,34(1):102-107.
- [23] 王文娟,孙亚男. 种植不同蔬菜的土壤中过氧化氢酶活性的测定[J]. 中国高新技术企业,2014(3):78-79.
- [24] 中国科学院东北地理与农业生态研究所. 土壤蔗糖酶的测定方法:201610565839.9[P]. 2016-12-21
- [25] 关松荫. 土壤酶与土壤肥力[J]. 土壤通报,1980(6):41-44.
- [26] 张志浩,陈思蒙,任天宝,等. 高碳基肥对烤烟生长及土壤微生物碳代谢多样性特征的影响[J]. 中国土壤与肥料,2019(1):79-86.
- [27] Fitter A,Williamson L,Linkohr B,et al. Root system architecture determines fitness in an *Arabidopsis* mutant in competition for immobile phosphate ions but not for nitrate ions[J]. Proceedings of the Royal Society B (Biological Sciences), 2002, 269(1504):2017-2022.
- [28] 李春宏,殷剑美,王 立,等. 连作对芋头根际土壤理化性状和微生物特性的影响[J]. 江苏农业学报,2019,35(4):825-833.
- [29] 冯云格,陈菁菁,孙小妹,等. 施肥对日光温室香瓜茄根系生长及形态的影响[J]. 核农学报,2018,32(1):188-195.
- [30] 陈海英,余海英,陈光登,等. 低磷胁迫下磷高效基因型大麦的

郭方其,刘 君,叶琪明,等. 切花多头菊新品种不同定植期特性及品质的量化分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(10):102-108.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.10.019

切花多头菊新品种不同定植期特性及品质的量化分析

郭方其¹, 刘 君², 叶琪明¹, 丁晓瑜¹, 黑银秀², 袁 峰³, 柴金甫³, 徐智豪³, 付曼曼¹, 吴 超¹

(1. 浙江省农业科学院园艺研究所, 浙江杭州 310021; 2. 台州市农业科学研究院, 浙江台州 317000;

3. 嘉兴嘉德园艺有限公司, 浙江嘉善 314113)

摘要:为筛选出适合浙北地区平地设施栽培的切花多头菊新品种,对 7 个多头菊品种的 5 期定植期的 13 个农艺性状进行观察测量和评分,并初步建立切花多头菊综合评价模型。结果表明,不同切花多头菊品种在 5 个定植期中生育期和光反应周期均出现先降低后升高的情况,而开花率中大部分品种均无变化,只有艾丽微风和时光在低温定植期出现极显著下降。花枝数和花朵数随着定植期的延迟而出现下降趋势,而部分品种的叶片数出现先降低后升高的情况。不同多头菊品种的叶片大小差异较大,所以定植期的影响差异各有不同。花枝长、花序长度和株高等伸长性性状均对低温出现敏感,第 5 定植期性状均受到抑制,长度缩短。通过切花多头菊的综合评价模型,发现自育多头菊新品种都市霞光综合性状优良,适合浙北地区多个季节设施栽培。

关键词:切花多头菊;定植期;特性;品质;量化分析

中图分类号:S682.1⁺10.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)10-0102-07

菊花(*Chrysanthemum × morifolium* Ramat.)是菊科(Compositae)菊属植物,是原产于我国的传统名花之一,迄今已有 3 000 余年栽培历史,我国菊花种质资源丰富,菊文化积淀深厚^[1]。我国菊花最早传入日本,深受日本居民喜爱,被定为日本国花。1688

年我国的菊花被引入欧洲,经长期改良成为世界四大切花之一,荷兰培育的多头菊切花品种具有生长快、生育较短、花色鲜艳、抗病性强等特点,目前荷兰生产多头菊约 12 亿枝/年,而单头菊仅 1.5 亿枝/年,荷兰的菊花生产非常高效集约化,温室气候严格可控制,可生产 4 茬/年切花菊。

我国自 2011 年开始多头菊切花生产,目前切花多头菊已经成为重要花材^[2]。近年多头菊在云南省和福建省等栽培增加较快,浙江省鲜切花生产经过 20 多年的发展,已形成以非洲菊、百合、菊花和郁金香为主的鲜切花产业,种植面积近 2 333.33 hm²。多头菊由于生长周期短、适应性广,因此能适应浙

收稿日期:2020-08-11

基金项目:浙江省重点研发项目(编号:2019C02025);浙江省农业重大技术协同推广计划(编号:2018XTTGH02-1);浙江省农业科学院地方科技合作项目(编号:CA20170007)。

作者简介:郭方其(1962—),男,浙江嘉兴人,硕士,副研究员,从事花卉育种与栽培技术研究。E-mail:2366886011@qq.com。

通信作者:吴 超,博士,助理研究员,从事花卉育种与栽培技术研究。E-mail:semporna@126.com。

根系形态特征[J]. 应用生态学报,2015,26(10):3020-3026.

[31]李莹飞,耿玉清,周红娟,等. 基于不同方法测定土壤酸性磷酸酶活性的比较[J]. 中国生态农业学报,2016(1):98-104.

[32]孙 颖,赵晓会,和文祥,等. 绿肥对土壤酶活性的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(3):115-119.

[33]陈桂芬,刘 忠,黄雁飞,等. 不同施肥处理对连作蔗田土壤微生物量、土壤酶活性及土壤养分的影响[J]. 农业科学与技术,2017,18(2):256-261,324.

[34]黄智鸿,赵海超,魏 东,等. 不同施肥措施对春玉米农田土壤酶活性的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(5):18-24.

[35]王巧玲,王元清,蒋旭东,等. 不同施肥处理对土壤酶活性的影响[J]. 农村科学实验,2017(7):64-65.

[36]Hopkins D W, Sparrow A D, Shillam L L, et al. Enzymatic activities and microbial communities in an antarctic dry valley soil: responses

to C and N supplementation[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2008,40(9):2130-2136.

[37]冯 龙,张崇玉,陶 雯,等. 不同施肥处理对大白菜土壤酶和微生物量碳、氮含量的影响[J]. 山地农业生物学报,2018,37(4):45-50.

[38]高 岩,曾路生,李俊良,等. 优化施肥对设施番茄根际与非根际土壤养分及酶活性的影响[J]. 华北农学报,2013(增刊1):347-352.

[39]李栋宇,靳辉勇,屠乃美,等. 等氮条件下有机无机配施对烤烟根际土壤微生物功能多样性的影响[J]. 西南农业学报,2018,31(11):2361-2365.

[40]吴林坤,林向民,林文雄. 根系分泌物介导下植物-土壤-微生物互作关系研究进展与展望[J]. 植物生态学报,2014,38(3):298-310.