

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.20003

配施硝化抑制剂对蜜橘和脐橙产量与品质的影响

汪 勇¹, 商庆银¹, 杨秀霞^{2*}

(1. 江西农业大学作物生理生态与遗传育种重点实验室, 江西 南昌 330045;

2. 江西农业大学国土资源与环境学院, 江西 南昌 330045)

摘 要: 通过 2 年田间试验, 探究了不同时期配施硝化抑制剂 (2-氯-6-三氯甲基吡啶) 对蜜橘和脐橙产量与品质的影响。分别以 8 年果龄的南丰蜜橘和 6 年果龄的纽荷尔脐橙为试验材料, 设 CK (不施硝化抑制剂)、BF+En (萌芽肥配施硝化抑制剂)、SF+En (稳果肥配施硝化抑制剂) 和 BF+SF+En (萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂) 4 个处理, 并分析了配施硝化抑制剂对其产量、单果重、品质、SPAD、生理落果率、春梢与秋梢数量的影响。结果表明, 与 CK 相比, 不同时期配施硝化抑制剂均有增加南丰蜜橘和纽荷尔脐橙产量的趋势, 其中, 南丰蜜橘 SF+En 和 BF+SF+En 产量分别显著增加 17.1%、23.1%, 纽荷尔脐橙仅 BF+SF+En 产量显著提高 19.7%。配施硝化抑制剂有增加南丰蜜橘维生素 C 含量和降低其总酸含量的趋势, 其中 SF+En 和 BF+SF+En 维生素 C 含量显著增加 32.7% 和 33.3%, BF+En、SF+En 总酸含量分别显著降低 14.5%、12.7%。纽荷尔脐橙 SF+En 维生素 C 含量分别显著提高 25.1%, 总酸含量无显著性影响, BF+SF+En 单果重、果皮厚度、横径和纵径分别显著增加 20.3%、14.9%、8.5% 和 7.6%。BF+SF+En 显著提高南丰蜜橘和纽荷尔脐橙春梢与秋梢数量, 其中 BF+SF+En 春梢数量分别显著增加 32.9%、42.4%, 而秋梢数量分别显著增加 15.1%、24.9%。综上所述, 萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂对促进南丰蜜橘和纽荷尔脐橙新梢生长和产量提升效果最佳, 且显著增加了南丰蜜橘维生素 C 含量和纽荷尔脐橙单果重、果皮厚度、横径与纵径。

关键词: 硝化抑制剂; 蜜橘; 脐橙; 产量; 品质

柑橘 (橘、柚、橙等) 在 140 多个国家均有种植, 是世界第一大果树, 种植范围主要集中于亚洲、美洲与非洲, 其产量占世界水果总产量比重逐年增加^[1]。近些年来中国柑橘规模与产量迅速增加, 目前已成为世界上种植柑橘面积和产量最大的国家^[2]。赣南是我国近 20 年发展起来的最大的脐橙产区^[3], 南丰也是我国蜜橘优势产区之一^[4]。江西地处中亚热带边缘, 雨量充沛且山地红壤分布广泛^[5], 较强的淋溶作用与较低的土壤肥力导致该地区普遍存在氮肥利用率偏低问题。柑橘是需氮量较多的果树^[6], 氮对其生长和果实产量及品质有极其重要的影响^[7]。目前柑橘施肥方式主要依靠农民经验施肥为主, 氮肥施用量较大且氮素流失严重。过量的氮素施用不仅会导致柑橘生产成本上升、土壤性质恶化、环境污染等问题, 而且还可能导致柑橘养分

供需失衡, 影响其果树生长与果实品质的形成。增加氮肥利用率, 减少氮肥施用量是目前柑橘生产中的主要方向之一。

很多研究表明通过硝化抑制剂的施用来调控氮素转化, 减缓硝化过程的进行, 是增加氮肥利用率的一种有效措施^[8]。硝态氮较铵态氮在土壤中更易随水流失, 硝化抑制剂通过抑制土壤中氨氧化细菌活性来减少铵态氮向硝态氮的转化, 从而提高氮肥利用效率。不同的铵态氮与硝态氮比例也会对柑橘果树的生长与发育产生影响^[7]。农业生产常用的硝化抑制剂主要包括双氰胺、3, 4-甲基吡啶磷酸盐、2-氯-6-三氯甲基吡啶和乙炔等^[9]。其中新型氮肥增效剂 2-氯-6-三氯甲基吡啶是目前研究较多且行之有效的硝化抑制剂之一^[10]。美国施用 2-氯-6-三氯甲基吡啶对玉米增产方面的应用较多, 且增产效果显著^[11]。国内对硝化抑制剂的研究表明, 在水稻生产中氮肥配施硝化抑制剂可显著提高水稻产量 8.3%, 且各时期土壤中碱解氮含量均有增加^[12]。对小麦施用硝化抑制剂研究表明, 氮肥配施硝化抑制剂使小麦

收稿日期: 2020-01-02; 录用日期: 2020-04-23

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31960626, 31601833)。

作者简介: 汪勇 (1994-), 男, 安徽合肥人, 硕士研究生, 主要从事作物高产栽培研究。E-mail: 1758746610@qq.com。

通讯作者: 杨秀霞, E-mail: yangxiuxia11@163.com。

产量显著增加 15.4% ~ 17.8%，其氮素利用率提高 11.3% ~ 25.2%^[13]。配施硝化抑制剂能够显著增加小白菜产量 6.1% ~ 28.6%，提高植株氮素累积量，同时降低蔬菜体内硝酸盐含量^[14]，玉米施肥配施硝化抑制剂最高可增产 5.6%，氮素利用率增加 5.4%^[15]。但施用硝化抑制剂对柑橘生长与果实品质的研究较少，因此有必要探究配施硝化抑制剂对柑橘果树生长与果实品质的影响。本文以南丰蜜橘与纽荷尔脐橙为研究材料，探究了不同时期配施硝化抑制剂对柑橘产量与品质的影响，以期为提高氮肥利用率和果农增产增质提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地介绍

南丰蜜橘试验开展于 2015 年南丰县山区，土壤类型为砂性红壤，试验前土壤基本理化性质为：pH 值 5.28（水土比 5:1），有机质 28.9 g/kg，全氮 1.02 g/kg，碱解氮 77.7 mg/kg，有效磷 15.3 mg/kg，速效钾 22.9 mg/kg。纽荷尔脐橙试验开展于 2016 年安远县新龙乡里田村脐橙园，土壤类型为砂性红壤，土壤基本理化性质为：pH 值 5.6（水土比 5:1），有机质 19.4 g/kg，碱解氮 99.1 mg/kg，有效磷 21.5 mg/kg，速效钾 184.2 mg/kg，热水溶性硼 0.52 mg/kg。

1.2 试验设计

试验共设 4 个处理：单施化肥（CK），萌芽肥配施硝化抑制剂（BF+En），稳果肥配施硝化抑制剂（SF+En），萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂（BF+SF+En）。试验设置 4 个重复，每个重复选取 4 棵长势基本一致的果树。供试品种分别为南丰蜜橘与纽荷尔脐橙，南丰蜜橘树龄为 8 年（嫁接后），密度为每公顷 525 棵；纽荷尔脐橙树龄 6 年，密度为每公顷 600 株。硝化抑制剂（有效成分：2-氯-6-三氯甲基吡啶，含量为 200 g/L，质量分数为 17.67%）由美国陶氏益农公司提供。BF+En、SF+En 处理硝化抑制剂施用量均为 2.55 L/hm²，BF+SF+En 处理硝化抑制剂施用量为 5.1 L/hm²。试验共分 3 次施肥，分别为萌芽肥（3月初）、稳果肥（5月下旬）和壮果肥（南丰蜜橘 7 月中旬、纽荷尔脐橙 8 月下旬）。萌芽肥施用 20-5-20 型复合肥，施用量为每棵 1 kg；稳果肥施用 19-9-19 型复合肥，施用量为每棵 1 kg；

壮果肥施用 20-5-20 型复合肥，施用量为每棵 0.5 kg。施用方法：将硝化抑制剂与约 1/4 肥料先行混合，过程不断搅拌使其被固体肥料均匀吸附，配置成母肥料，再将母肥与余下肥料均匀混合后施用。沿树干周围环形开沟施肥，施肥后盖土，以避免串肥和减少养分挥发。各处理除硝化抑制剂施用外，其他施肥习惯与种植模式均与当地果农一致。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 产量和品质

蜜橘和脐橙收获时期从定点观测株 4 个方位随机采集各 3 个果实（共计 12 个），计算单果重。整株采收测产，按果园密度折算每公顷柑橘产量；从上述采摘的果实中，随机挑选 5 kg 果实用以柑橘大小、酸度、维生素 C、果皮厚度等品质指标的测定，参照国家标准 GB 8210-87 方法进行。

1.3.2 生理落果率

在定点观测株东、南、西、北 4 个方位各用吊牌随机标定 10 个结果母枝，从 5 月中旬起记录幼果数量，然后每隔 10 d 调查 1 次自然落果数（上次幼果数 - 本次幼果数），直至第 2 次生理落果结束（6 月上旬），其中落果率（%）=（ Σ 果枝落果数）/ 初始挂果数 $\times$ 100。

1.3.3 叶绿素相对含量

蜜橘和脐橙关键生育期用便携式叶绿素仪（SPAD-502）测定春梢和秋梢倒数第 3 片展开叶的叶绿素相对含量，每株树按东、南、西、北 4 个方位，每个方位测定 10 ~ 15 叶片，记录读数。

1.3.4 春梢与秋梢数量

关键生育期观测并记录定点观测株的新梢数量。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 处理数据；用 SPSS 18.0 进行单因素方差分析，用 LSD 法对数据进行显著性检验（ $P < 0.05$ ）；用 Origin 9.1 作图。

2 结果与分析

2.1 不同时期配施硝化抑制剂对果实产量与单果重的影响

由表 1 可知，不同时期配施硝化抑制剂均有增加南丰蜜橘和纽荷尔脐橙产量的趋势，其中，萌芽肥和稳果肥均为 BF+SF+En 处理对南丰蜜橘和

纽荷尔蒙脐橙产量增幅最大。与 CK 相比, 南丰蜜橘 SF+En 和 BF+SF+En 产量分别显著增加 17.1%、23.1%, 而 BF+En 产量增加未达显著水平; 纽荷尔蒙脐橙仅 BF+SF+En 处理产量显著增加 19.7%。

BF+En 和 BF+SF+En 对南丰蜜橘单果重均无显著性影响, 但 SF+En 显著降低了南丰蜜橘单果重 10.3%; 纽荷尔蒙脐橙仅 BF+SF+En 显著增加了单果重 20.3%。

表 1 不同时期配施硝化抑制剂对蜜橘和脐橙果实产量与单果重

处理	产量 (t/hm ²)		平均单果重 (g)	
	南丰蜜橘	纽荷尔蒙脐橙	南丰蜜橘	纽荷尔蒙脐橙
CK	23.4 ± 1.8c	12.7 ± 2.0b	39.8 ± 2.1a	262.3 ± 29.2b
BF+En	24.8 ± 2.7bc	14.5 ± 1.7ab	39.5 ± 3.0a	274.2 ± 52.8ab
SF+En	27.4 ± 2.7ab	13.8 ± 3.6b	35.7 ± 0.8b	251.7 ± 39.3b
BF+SF+En	28.8 ± 2.2a	15.2 ± 3.6a	40.6 ± 2.7a	315.5 ± 33.1a

注: 表中数据为“平均数 ± 标准差”, 同列不同字母表示达到 5% 显著性差异水平。下同。

2.2 不同时期配施硝化抑制剂对果实品质的影响

由表 2 可知, 不同时期配施硝化抑制剂对南丰蜜橘与纽荷尔蒙脐橙维生素 C、总酸、可溶性固形物等品质指标均能够产生一定影响。与 CK 相比, SF+En 和 BF+SF+En 能够分别显著增加南方蜜橘维生素 C 含量 32.7%、33.3%, SF+En 显著增加纽荷尔蒙脐橙维生素 C 含量 25.1%。BF+En、SF+En 分别显著降低南丰蜜橘总酸含量 14.5%、12.7%, 而不

同时期配施硝化抑制剂对纽荷尔蒙脐橙总酸含量均无显著性影响。南丰蜜橘 BF+En、SF+En 可溶性固形物分别显著下降 16.7%、17.6%, 纽荷尔蒙脐橙 BF+SF+En 可溶性固形物显著下降 11.1%。不同时期配施硝化抑制剂对南丰蜜橘果皮厚度均无显著性影响, 而纽荷尔蒙脐橙 BF+En、BF+SF+En 果皮厚度显著增加 11.5%、14.9%。南丰蜜橘 SF+En 果实横径显著下降 5.8%, 纽荷尔蒙脐橙 BF+SF+En 果实横径与纵径分别显著增加 8.5%、7.6%。

表 2 不同时期配施硝化抑制剂对蜜橘和脐橙果实品质的影响

处理		维生素 C (mg/100 mL)	总酸 (g/100 mL)	可溶性固形物 (%)	果皮厚度 (mm)	横径 (mm)	纵径 (mm)
南丰蜜橘	CK	11.4 ± 0.2b	0.55 ± 0.04a	12.5 ± 1.1a	2.10 ± 0.09a	48.45 ± 1.58a	—
	BF+En	12.6 ± 0.2b	0.47 ± 0.02b	10.4 ± 0.8b	2.12 ± 0.1a	46.92 ± 0.8ab	—
	SF+En	15.2 ± 0.8a	0.47 ± 0.02b	10.3 ± 1.1b	1.94 ± 0.11a	45.65 ± 2.42b	—
	BF+SF+En	15.2 ± 1.2a	0.50 ± 0.01ab	13.8 ± 1.5a	2.08 ± 0.06a	47.01 ± 1.44ab	—
纽荷尔蒙脐橙	CK	38.2 ± 2.1b	0.80 ± 0.05a	10.2 ± 0.83ab	4.51 ± 0.32b	77.65 ± 2.59b	82.27 ± 2.3b
	BF+En	42.4 ± 2.4ab	0.81 ± 0.07a	9.6 ± 0.83bc	5.03 ± 0.25a	77.11 ± 3.31b	81.32 ± 3.72b
	SF+En	47.8 ± 6.4a	0.85 ± 0.07a	10.5 ± 0.68a	4.41 ± 0.27b	78.32 ± 4.16b	80.22 ± 6.5b
	BF+SF+En	37.9 ± 3.7b	0.72 ± 0.09a	9.1 ± 0.34c	5.18 ± 0.25a	84.27 ± 4.12a	89.82 ± 6.53a

2.3 不同时期配施硝化抑制剂对果树 SPAD 值的影响

表 3 表明, 不同时期配施硝化抑制剂对南丰蜜橘各时期 SPAD 均无显著影响, 但有增加纽荷尔蒙脐橙采果期 SPAD 的趋势。与 CK 相比, 南丰蜜橘

BF+SF+En 处理稳果期与壮果期 SPAD 均略有增加, 增幅分别为 5.4%、2.7%, 但无显著差异。纽荷尔蒙脐橙采果期 SF+En、BF+SF+En 处理 SPAD 与 CK 相比分别显著增加 5.3%、6.8%。

表 3 不同时期配施硝化抑制剂对蜜橘和脐橙各时期 SPAD 值影响

处理	南丰蜜橘		纽荷尔脐橙			
	稳果期	壮果期	萌芽期	稳果期	壮果期	采果期
CK	65.02 ± 4.24a	79.75 ± 1.75a	59.74 ± 1.92a	85.36 ± 4.83a	86.13 ± 2.26a	77.97 ± 4.30c
BF+En	65.60 ± 1.68a	80.10 ± 1.36a	60.37 ± 2.57a	86.23 ± 3.31a	84.68 ± 2.74a	79.91 ± 2.77bc
SF+En	66.09 ± 4.73a	78.80 ± 0.29a	61.03 ± 3.17a	86.06 ± 4.91a	85.84 ± 1.68a	82.08 ± 2.33ab
BF+SF+En	68.55 ± 0.56a	81.89 ± 1.17a	61.09 ± 2.35a	87.30 ± 5.91a	85.12 ± 1.78a	83.24 ± 0.8a

2.4 不同时期配施硝化抑制剂对生理落果率的影响

由图 1 可以看出，稳果肥配施硝化抑制剂能够显著降低南丰蜜橘生理落果率，但对纽荷尔脐橙影响不大。与 CK 相比，BF+En 对南丰蜜橘生理落果

率无显著性影响，而 SF+En、BF+SF+En 南丰蜜橘生理落果率分别显著降低 23.6%、18.4%，SF+En 和 BF+SF+En 处理间无显著性差异；不同时期施用硝化抑制剂对纽荷尔脐橙生理落果率均无显著性影响。

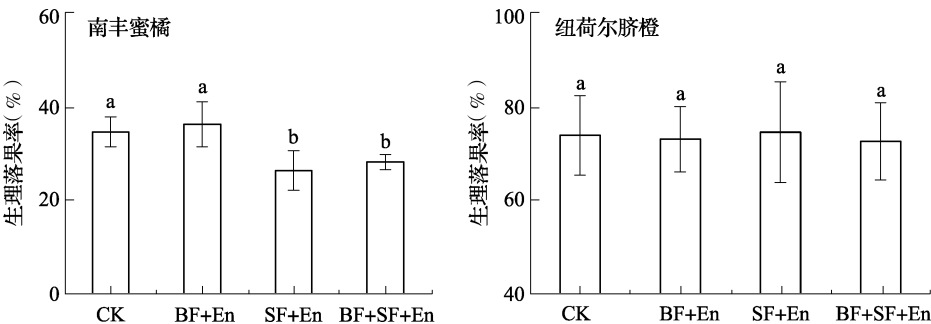


图 1 不同时期配施硝化抑制剂对蜜橘和脐橙生理落果率的影响

注：图柱上不同字母表示达到 5% 显著性差异水平。

2.5 不同时期配施硝化抑制剂对果树春梢与秋梢数量的影响

由表 4 可知，萌芽期配施硝化抑制剂能够显著提高南丰蜜橘与纽荷尔脐橙春梢数量。与 CK 相比，南丰蜜橘 BF+En 春梢数量显著增加 24.8%，纽荷尔

脐橙 BF+En 春梢数量显著增加 29.9%。BF+SF+En 能够显著增加南丰蜜橘秋梢数量 15.1%，而 BF+En、SF+En 南丰蜜橘秋梢数量则分别显著下降 13.7%、21.1%。纽荷尔脐橙 SF+En、BF+SF+En 秋梢数量分别显著增加 18.7%、24.9%，BF+En 则无显著性影响。

表 4 不同时期配施硝化抑制剂对蜜橘和脐橙春梢与秋梢数量的影响

(个/株)

处理	南丰蜜橘		纽荷尔脐橙	
	春梢数量	秋梢数量	春梢数量	秋梢数量
CK	1059 ± 74b	1130 ± 109b	151 ± 9b	193 ± 14b
BF+En	1322 ± 99a	975 ± 40c	196 ± 13a	207 ± 12b
SF+En	1117 ± 58b	892 ± 94c	162 ± 28b	229 ± 15a
BF+SF+En	1407 ± 60a	1301 ± 89a	215 ± 5a	241 ± 15a

3 讨论

以往的研究表明，施用硝化抑制剂能够有效抑制土壤中的硝化过程^[16]，增加土壤氮素供应能

力和提高作物氮素利用效率^[17]，从而有利于作物生长发育和产量提升^[18]。与前人的研究结论类似，本研究中，常规施肥条件下不同时期配施硝化抑制剂均有增加南丰蜜橘和纽荷尔脐橙产量的趋势，其

中, 萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂对南丰蜜橘与纽荷尔脐橙产量增幅最大。有研究指出, 土壤氮素供应能力与果树的落花落果率、单果重和产量密切相关, 氮素供应能力的提升能够促进柑橘叶片生长、增加光合产物形成和降低落果率^[19], 从而有利于果树生长发育和产量的提升。也有研究指出, 在黄泥田土壤中配施硝化抑制剂能够有效增加土壤对钾素的吸附, 减少钾素流失^[20]; 有盆栽试验表明施用硝化抑制剂能够降低土壤中磷的流失^[21], 有利于作物对磷、钾的吸收, 因此, 施用硝化抑制剂可能也提升了磷肥与钾肥利用率, 从而使柑橘产量增加。本试验结果可以看出, 配施硝化抑制剂对南丰蜜橘和纽荷尔脐橙单果重与生理落果率的影响并不一致。稳果肥配施硝化抑制剂能够显著增加南丰蜜橘产量, 这可能与显著降低了其生理落果率有关, 且与曾伟男^[22]提出的适量增施氮肥蜜橘产量增加的结论相似; 纽荷尔脐橙仅萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂处理产量显著提高, 对生理落果率无显著性影响, 但显著增加了单果重, 因此纽荷尔脐橙产量的提升可能与其单果重的显著增加有关。

有研究表明, 施用硝化抑制剂能够提升黄瓜产量, 降低黄瓜中硝酸盐的含量, 增加维生素 C 和可溶性糖含量, 且有益于黄瓜品质的提升^[23]; 王雪薇等^[24]研究也表明硝化抑制剂能够增加小青菜产量与叶片中维生素 C 含量。本试验中, 萌芽肥与稳果肥配施硝化抑制剂均有增加南丰蜜橘与纽荷尔维生素 C 含量的趋势, 但在两个时期均配施硝化抑制剂对纽荷尔脐橙维生素 C 含量则无显著性影响。已有研究表明随着施氮量的增加柑橘维生素 C 含量逐渐提高, 其相关系数为 0.72^[25]; 而对马铃薯的研究中表明在高氮水平下维生素 C 含量显著降低^[26], 这表明适量的氮肥用量才能有效提高收获物维生素 C 含量。由此推测, 两次施肥均配施硝化抑制剂促使土壤氮素供应保持在较高水平, 尽管显著增加了纽荷尔脐橙产量和单果重, 但可能并不利于脐橙中维生素 C 增加。刘运武^[25]通过 6 年柑橘试验表明施氮量在每株 1.75 kg 范围内, 总酸含量随施氮量的增加而降低, 二者呈负相关, 相关系数为 -0.92。与前人结论类似, 本研究中萌芽期与壮果期配施硝化抑制剂处理中南丰蜜橘总酸含量均呈下降趋势, 但对纽荷尔脐橙总酸含量则均无显著性影响。有研究表明不施氮肥减少柑橘 (品种为“鄂柑一号”蜜

橘) 果皮厚度^[27], 也有研究表明脐橙果皮厚度随着氮肥施用量增加而增厚^[28]。本试验中配施硝化抑制剂对南丰蜜橘果皮厚度无显著性影响, 而在萌芽期与壮果期均配施硝化抑制剂处理中纽荷尔脐橙果皮厚度、横径与纵径均显著增加。目前优质脐橙大小以 70 ~ 80 mm 为宜, 大小适宜且皮薄的脐橙更受欢迎, 而本研究中, 萌芽期和壮果期均配施硝化抑制剂虽然脐橙产量显著增加, 但果实大小明显增加, 果皮显著增厚, 这可能并不是果农所期待的。脐橙生产过程中产量与品质同样受果农关心, 因此有关配施硝化抑制剂对兼顾脐橙产量与品质方面的影响仍需进一步研究。

叶片是果树生长发育和果实形成所需的能量供给源, 与果树产量与品质形成关系密切^[29]。春梢质量与整年果树生长密切相关, 影响柑橘坐花坐果, 秋梢可作为来年结果母枝, 是幼树高产的前提。本研究中萌芽肥配施硝化抑制剂能够显著增加南丰蜜橘与纽荷尔脐橙春梢数量, 两时期均配施硝化抑制剂对南丰蜜橘与纽荷尔脐橙春梢与秋梢数量均有显著提高, 这表明配施硝化抑制剂是有利于柑橘果树春梢与秋梢生长发育的。值得注意的是, 新增适当的新梢数量有利于柑橘光合产物的积累, 从而促使柑橘产量提升^[22], 但过多的新梢可能会消耗大量的养分, 且后期可能需要增加人工修枝的成本。综上, 本研究中配施硝化抑制剂对南丰蜜橘和纽荷尔脐橙生长发育、产量和品质形成的影响并不一致, 因此关于硝化抑制剂对不同种类柑橘的应用效果仍需进一步研究。

4 结论

本研究结果表明, 不同时期配施硝化抑制剂均有增加南丰蜜橘和纽荷尔脐橙产量的趋势, 其中萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂对南丰蜜橘和纽荷尔脐橙增产幅度最大。而配施硝化抑制剂对南丰蜜橘与纽荷尔脐橙品质的影响并不一致。稳果肥配施硝化抑制剂能够显著增加南丰蜜橘和纽荷尔脐橙维生素 C 含量, 降低南丰蜜橘总酸含量, 但对纽荷尔脐橙总酸含量无显著性影响。萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂显著增加了纽荷尔脐橙单果重、果皮厚度、横径、纵径、春梢和秋梢数量, 而对南丰蜜橘单果重、果皮厚度和横径无显著性影响。综上所述, 萌芽肥与稳果肥均配施硝化抑制剂对促进南丰

蜜橘和纽荷尔脐橙新梢生长和产量提升效果最佳,而关于配施硝化抑制剂对兼顾产量和品质的形成仍需进一步研究。

参考文献:

- [1] 齐乐, 祁春节. 世界柑橘产业现状及发展趋势 [J]. 农业展望, 2016 (12): 46-52.
- [2] 汤路昀, 曾光. 中国柑橘产业空间集聚与农民收入的关系 [J]. 江苏农业科学, 2016 (4): 535-539.
- [3] 龙余良, 金勇根, 邓德文, 等. 赣南脐橙气候品质标准研究 [J]. 中国农学通报, 2018, 34 (7): 116-123.
- [4] 陈苏, 谢建坤, 黄文新, 等. ‘南丰蜜橘’园生草对土壤有机碳及其组分的影响 [J]. 果树学报, 2018, 35 (3): 285-292.
- [5] 刘桂东, 姜存仓, 王运华, 等. 赣南脐橙施肥状况调查分析与评价 [J]. 现代园艺, 2010 (1): 6-8.
- [6] 田爱梅, 王国强, 赵宇英, 等. 喷施硝酸铵对柑橘叶片生理指标的影响 [J]. 浙江农业科学, 2006 (3): 268-271.
- [7] 樊卫国, 葛会敏. 不同形态及配比的氮肥对枳砧脐橙幼树生长及氮素吸收利用的影响 [J]. 中国农业科学, 2015, 48 (13): 2666-2675.
- [8] 孙志梅, 武志杰, 陈利军, 等. 土壤硝化作用的抑制剂调控及其机理 [J]. 应用生态学报, 2008, 19 (6): 1389-1395.
- [9] 张苗苗, 沈菊培, 贺纪正, 等. 硝化抑制剂的微生物抑制机理及其应用 [J]. 农业环境科学学报, 2014, 33 (11): 2077-2083.
- [10] 黄益宗, 冯宗炜, 张福珠. 硝化抑制剂硝基吡啉在农业和环境保护中的应用 [J]. 土壤与环境, 2001, 10 (4): 323-326.
- [11] Malzer G L. Incorporation of nitrification inhibitors with urea and urea-ammonium nitrate for irrigated corn [J]. Fertilizer Research, 1988, 18 (2): 141-151.
- [12] 杨秀霞, 李慧, 商庆银, 等. 2-氯-6-三氯甲基吡啉对水稻生长和氮吸收的影响 [J]. 土壤通报, 2016, 47 (5): 1184-1189.
- [13] 孙海军, 闵炬, 施卫明, 等. 硝化抑制剂影响小麦产量、 N_2O 与 NH_3 排放的研究 [J]. 土壤, 2017, 49 (5): 876-881.
- [14] 黄东风, 李卫华, 邱孝煊. 硝化抑制剂对小白菜产量、硝酸盐含量及营养累积的影响 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25 (4): 871-875.
- [15] 方玉凤, 王晓燕, 庞荔丹, 等. 硝化抑制剂对春玉米氮素利用及土壤 pH 值 and 无机氮的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2015 (6): 18-22.
- [16] 石美, 张妹婷, 沈锋, 等. 石灰性土壤中不同硝化抑制剂的抑制效果及其对亚硝态氮累积的影响 [J]. 中国农业科学, 2011, 44 (3): 500-506.
- [17] 武志杰, 史云峰, 陈利军. 硝化抑制作用机理研究进展 [J]. 土壤通报, 2008, 39 (4): 962-970.
- [18] 顾艳, 吴良欢, 胡兆平. 土壤 pH 值和含水量对土壤硝化抑制剂效果的影响 [J]. 农业工程学报, 2018, 34 (8): 132-138.
- [19] 黄成能, 卢晓鹏, 李静, 等. 柑橘氮素营养生理研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2013 (15): 76-79.
- [20] 鲁艳红, 聂军, 廖育林, 等. 氮素抑制剂对双季稻产量、氮素利用效率及土壤氮平衡的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24 (1): 95-104.
- [21] 潘复燕, 薛利红, 卢萍, 等. 不同土壤添加剂对太湖流域小麦产量及氮磷养分流失的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2015, 34 (5): 928-936.
- [22] 曾伟男. 施氮量对温州蜜柑果实产量、品质和氮利用效率的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [23] 赵欧亚, 张春锋, 孙世友, 等. 含硝化抑制剂型水溶肥对温室黄瓜产量和品质的影响 [J]. 华北农学报, 2017 (S1): 233-238.
- [24] 王雪薇, 刘涛, 褚贵新. 三种硝化抑制剂抑制土壤硝化作用比较及用量研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23 (1): 54-61.
- [25] 刘运武. 施用氮肥对温州蜜柑产量和品质的影响 [J]. 土壤学报, 1998, 35 (1): 124-128.
- [26] 焦峰, 贺海霞, 魏贤斌, 等. 不同氮水平对马铃薯块茎增长、产量和维生素 C 含量的影响 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2013, 25 (4): 1-3.
- [27] 鲁剑巍, 陈防, 王运华, 等. 氮磷钾肥对红壤地区幼龄柑橘生长发育和果实产量及品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10 (4): 413-418.
- [28] 钟冰, 陈远喜. 施氮量对柑橘产量·品质·经济效益的影响 [J]. 安徽农业科学, 2016 (36): 74-76.
- [29] 庄伊美. 柑桔营养与施肥 [J]. 东南园艺, 1992 (4): 32-37.

Effects of applying nitrification inhibitor on yield and quality of mandarin orange and navel orange

WANG Yong¹, SHANG Qing-yin¹, YANG Xiu-xia^{2*} (1. Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Jiangxi Agricultural University, Nanchang Jiangxi 330045; 2. College of Land Resources and Environmental Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang Jiangxi 330045)

Abstract: Through a two-year field trial, we explored the effects of applying nitrification inhibitor (2-chloro-6-trichloromethylpyridine) at different periods on the yield and quality of mandarin orange and navel orange. 8-year-old Nanfeng mandarin orange and 6-year-old Newell navel orange were used as test materials. Four treatments were set up: CK (without nitrification inhibitor), BF+En (bud fertilizer with nitrification inhibitor), SF+En (steady fruit fertilizer with nitrification inhibitor) and BF+SF+En (Both germination fertilizer and stable fruit fertilizer are combined with nitrification inhibitors), and the effects of nitrification inhibitors amendment on yield, single fruit weight, quality, SPAD,

physiological drop rate and number of spring and autumn shoots were analyzed. The results showed that compared with CK, the nitrification inhibitors amendment in different periods both had a tendency to increase the yield of mandarin orange and navel orange. SF+En and BF+SF+En significantly increased the mandarin orange yield by 17.1%, 23.1%, respectively; BF+SF+En significantly increased navel orange yield by 19.7%. With the nitrification inhibitors amendment, it showed an upward trend of vitamin C content in mandarin orange, but a downward trend in the total acid content. Among them, SF+En and BF+SF+En vitamin C content increased significantly by 32.7% and 33.3%, and BF+En and SF+En total acid content decreased significantly by 14.5% and 12.7%, respectively. The content of vitamin C in navel orange significantly increased by 25.1% in SF+En, and there was no significant effect on total acid content, BF+SF+En significantly increased single fruit weight, peel thickness, horizontal and vertical diameters by 20.3%, 14.9%, 8.5% and 7.6%, respectively. BF+SF+En significantly increased the number of spring and autumn shoots of mandarin orange and navel orange, of which the number of spring shoots of BF+SF+En increased significantly by 32.9% and 42.4%, respectively, while the number of autumn shoots increased by 15.1%, 24.9%. In summary, both the bud fertilizer and the stable fruit fertilizer combined with nitrification inhibitors have the best effect on increasing the growth and yield of mandarin orange and navel orange, Among them, the vitamin C content of mandarin orange has increased significantly, and the single fruit weight, peel thickness, horizontal and vertical diameters of navel orange are significantly increased.

Key words: nitrification inhibitor; mandarin orange; navel orange; yield; quality