

陈 迈, 吴建国, 张平平, 等. 栽培密度和施肥处理对水果萝卜主要农艺性状和产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 154–157.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.041

# 栽培密度和施肥处理对水果萝卜主要农艺性状和产量的影响

陈 迈<sup>1</sup>, 吴建国<sup>1</sup>, 张平平<sup>1</sup>, 童未名<sup>2</sup>, 朱祝军<sup>1</sup>, 朱志玉<sup>1</sup>

(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院/浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室/浙江农林大学生物种业研究中心, 浙江临安 311300;

2. 浙江省金华市婺城区农林局植保测报土肥站, 浙江金华 321000)

**摘要:** 选用甜脆水晶、雪里种全身红、精品金甜思、高糖脆这 4 种水果萝卜为供试材料, 采用随机区组设计, 研究株行距分别为 23.33 cm × 30.00 cm ( $A_1$ )、20.00 cm × 30.00 cm ( $A_2$ )、17.50 cm × 30.00 cm ( $A_3$ )、15.56 cm × 30.00 cm ( $A_4$ ) 4 种密度、分别施用复合肥(N、P、K 含量均为 15%) 360 kg/hm<sup>2</sup> ( $B_1$ )、复合肥 180 kg/hm<sup>2</sup> + 有机肥 46 300 L/hm<sup>2</sup> ( $B_2$ )、有机肥 92 600 L/hm<sup>2</sup> ( $B_3$ ) 3 种施肥处理对水果萝卜主要农艺性状、产量及口感的影响。结果表明, 不同种植密度下水果萝卜根质量、根长、根宽、株高、叶宽、产量等农艺性状相互间存在明显差异, 不同施肥处理下水果萝卜根质量、株高、叶长、叶宽、根皮厚、产量等农艺性状相互间存在明显差异;  $A_1$  处理的甜脆水晶、高糖脆萝卜产量相对最高, 分别为  $5.36 \times 10^4$ 、 $4.10 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>,  $A_3$  处理的雪里种全身红、精品金甜思萝卜产量相对最高, 分别为  $5.00 \times 10^4$ 、 $3.30 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>; 甜脆水晶、雪里种全身红、精品金甜思这 3 种水果萝卜在仅施用有机肥时产量相对最低, 分别为  $1.30 \times 10^4$ 、 $2.42 \times 10^4$ 、 $1.76 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>, 但复合肥和有机肥搭配使用时, 水果萝卜的鲜食口感相对最佳。

**关键词:** 水果萝卜; 株行距; 复合肥; 有机肥; 农艺性状; 产量; 口感

**中图分类号:** S631.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0154-04

萝卜(*Raphanus sativus* L.)为十字花科 1 年生或 2 年生草本植物, 是一类兼有食用、加工和药用价值的蔬菜作物。目前, 我国有萝卜品种 2 000 多个, 大多为菜用和加工类型, 其中, 将一些品质特优, 具有脆嫩多汁、甜而爽口、根皮光滑、色泽美观等特点并适于生食的萝卜归为水果型萝卜, 据统计, 我国有水果萝卜 80 多个品种<sup>[1]</sup>。

萝卜产量高低、口感优劣等往往受田间栽培条件的影响, 不同栽培密度和施肥处理等栽培措施对萝卜的产量高低、品质起决定作用<sup>[2-3]</sup>, 合理的栽培密度能够提高萝卜的单位面积产量、充分发挥萝卜单根质量及群体的综合优势, 而不同施肥处理影响着萝卜的产量和品质(口感)<sup>[4]</sup>。因此, 合理的施肥和适宜的栽培密度是萝卜高产优质的必备条件, 研究栽培密度、施肥处理对萝卜农艺性状、产量和品质的影响, 对萝卜增产提质具有重要的理论指导价值<sup>[5-7]</sup>。目前, 栽培密度和施肥处理对萝卜产量、品质的研究大多为常规萝卜, 鲜有对水果萝卜的研究。有研究表明, 由于栽培密度不同, 萝卜肉质根

的生长受空间限制而影响产量<sup>[8]</sup>。朱向艳等研究表明, 青萝卜在种植密度为 18 万株/hm<sup>2</sup> 时生长良好, 品质口感俱佳<sup>[9]</sup>。薛珠政等认为, 瑞雪萝卜的耐密性较高, 种植密度以中密度的单株效应和群体效应综合作用较好, 根部性状也符合消费者习惯<sup>[10]</sup>。秦鱼生等研究表明, 有机肥对萝卜的产量影响差异显著, 且有机肥和化肥的合理搭配使用可以提高其产量<sup>[11]</sup>。

我国对水果萝卜的研究起步较晚, 当前都采用普通萝卜的栽培方式, 这将直接对水果萝卜的产量和口感等造成影响。本试验对水果萝卜采取不同的施肥处理和栽培密度, 研究其对水果萝卜农艺性状、产量及鲜食口感等的影响, 以期筛选出最佳的栽培密度和施肥处理, 为水果萝卜的高产优质栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试水果萝卜品种有 4 个, 分别为“嘉丰”牌甜脆水晶、“先丰”牌雪里种全身红、“安生”牌精品金甜思、“常丰”牌高糖脆萝卜。

### 1.2 试验设计

试验于 2016 年 10 月至 2017 年 2 月在浙江农林大学官塘试验基地进行。种植密度设为 4 种, 株行距分别为 23.33 cm × 30.00 cm ( $A_1$ )、20.00 cm × 30.00 cm ( $A_2$ )、17.50 cm × 30.00 cm ( $A_3$ )、15.56 cm × 30.00 cm ( $A_4$ ), 每试验小区面积为 33.6 m<sup>2</sup>; 施肥方式设为 3 种, 分别为复合肥(N、P、K 含量均为 15%) 360 kg/hm<sup>2</sup> ( $B_1$ )、复合肥 180 kg/hm<sup>2</sup> + 有机肥 46 300 L/hm<sup>2</sup> ( $B_2$ )、有机肥

收稿日期: 2017-06-21

基金项目: 浙江省“三农六方”项目(编号: 2045210244); 浙江省杭州市科技项目(编号: 20140932H31); “浙江省省级现代种业发展工程”农作物种质保护项目(编号: 2015004); 浙江省大学生科技创新活动计划(新苗人才计划)项目(编号: 2017R412037)。

作者简介: 陈 迈(1992—), 男, 江苏盐城人, 硕士, 从事园艺作物遗传育种与栽培研究。E-mail: 942046338@qq.com。

通信作者: 朱志玉, 农艺师, 从事园艺作物遗传育种等研究。E-mail: 374385192@qq.com。

92 600 L/hm<sup>2</sup> (B<sub>3</sub>), 每试验小区面积为 18.9 m<sup>2</sup>。随机区组设计, 重复 3 次。

1.2 测定指标与方法

1.2.1 考种测产 每处理选取具有代表性的水果萝卜 5 棵, 测定根质量、根长、根径、根皮厚、株高、叶长、叶宽、叶柄长, 取平均值。

1.2.2 质构特征的测量 分别选取不同施肥处理具有代表性的水果萝卜 3 棵, 使用 TMS-Pro 型质构仪测定肉质根的韧性、果皮硬度、果肉硬度、脆性<sup>[12]</sup>, 仪器参数设定为: 选用直径为 2 mm 的 P/2E 针状探头, 测前速度、测试速度、回程速度均为 2 mm/s, 触发力为 5 g。采用整果穿刺法进行测试, 围绕每个萝卜肉质根中间段 1 周, 从外表皮向内随机穿刺 2 次, 穿刺深度为 2 cm, 取平均值<sup>[13]</sup>。

1.2.3 口感评定 选 10 位身体健康且年龄在 25 周岁左右的学生, 品尝新鲜水果萝卜并打分, 尝完 1 个样品后立即用纯净水漱口, 休息 1 min 后再品尝下一个样品。根据 10 位学生对水果萝卜的评分, 综合衡量水果萝卜的口感。

1.3 统计分析

采用 Excel 2003、SPSS 22.0 软件对数据进行整理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同栽培密度水平对水果萝卜农艺性状和产量的影响

2.1.1 根质量 由表 1 可见, 不同栽培密度对甜脆水晶萝卜的根质量影响较大, A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>4</sub> 处理的根质量相互间差异极显著 ( $P<0.01$ ); A<sub>1</sub> 处理的雪里种全身红、精品金甜思萝卜根

质量极显著高于 A<sub>4</sub> ( $P<0.01$ ), 而 A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 处理的精品金甜思萝卜根质量相互间差异不显著 ( $P>0.05$ ); A<sub>1</sub> 处理的高糖脆萝卜根质量极显著高于 A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub> 处理 ( $P<0.01$ ), 而 A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub> 处理的相互间差异不显著 ( $P>0.05$ ); 4 种水果萝卜均以 A<sub>1</sub> 处理的根质量相对最大, 分别为 375.06、322.34、193.74、287.23 g。

2.1.2 根长、根径、根皮厚 由表 1 可见, 不同栽培密度处理对甜脆水晶萝卜根径、精品金甜思萝卜根长没有显著性差异 ( $P>0.05$ ); 雪里种全身红萝卜的 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 处理根长极显著大于 A<sub>4</sub> 处理 ( $P<0.01$ ), 而 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 相互间差异不显著 ( $P>0.05$ ), 其中 A<sub>1</sub> 处理根长相对最长, 为 11.43 cm; 高糖脆萝卜的 A<sub>1</sub> 处理根长相对最长, 为 15.44 cm, 极显著大于 A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub> 处理; A<sub>1</sub> 处理的雪里种全身红、精品金甜思萝卜其根径极显著大于 A<sub>4</sub> 处理 ( $P<0.01$ ), 而 A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 处理的相互间差异均不显著 ( $P>0.05$ ); 不同栽培密度处理的 4 种水果萝卜根皮厚相互间差异不显著 ( $P>0.05$ )。

2.1.3 地上部分农艺性状 由表 1 可见, A<sub>1</sub> 处理的 4 种水果萝卜株高、叶宽显著大于 A<sub>4</sub> 处理 ( $P<0.05$ ), 其中, 雪里种全身红、精品金甜思、高糖脆水果萝卜的叶宽极显著大于 A<sub>4</sub> 处理 ( $P<0.01$ ); 不同栽培密度对高糖脆萝卜叶长、精品金甜思萝卜叶柄长的影响差异不显著 ( $P>0.05$ ), 但 A<sub>1</sub> 处理的高糖脆萝卜叶长、精品金甜思萝卜叶柄长相对最长, 分别为 29.15、6.53 cm, A<sub>4</sub> 处理的叶长相对最短, 分别为 25.72、5.52 cm; A<sub>1</sub> 处理的雪里种全身红萝卜株高和叶柄长极显著大于 A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub> ( $P<0.01$ ), 而后两者相互间差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 1 不同栽培密度对 4 种水果萝卜农艺性状的影响

品种	密度处理	根质量 (g)	根长 (cm)	根径 (cm)	根皮厚 (cm)	株高 (cm)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶柄长 (cm)
甜脆水晶	A <sub>1</sub>	375.06±19.38aA	15.64±0.42aA	6.26±0.61aA	0.57±0.03a	37.31±1.31aA	35.53±1.49aA	10.91±0.28aA	6.89±0.16aA
	A <sub>2</sub>	296.56±29.12bB	13.47±0.65abAB	5.76±0.41aA	0.63±0.33a	32.40±1.91abA	32.41±1.36abA	9.95±0.55abA	6.47±0.05bAB
	A <sub>3</sub>	240.13±12.13cBC	12.70±0.64bcAB	5.28±0.27aA	0.60±0.00a	31.62±1.96abA	31.43±0.79bA	9.64±0.45abA	6.31±0.05bcB
	A <sub>4</sub>	210.76±23.96cC	10.9±0.99cB	4.82±0.39aA	0.63±0.33a	30.55±2.19bA	31.31±0.74bA	9.07±0.54bA	6.07±0.08cB
雪里种全身红	A <sub>1</sub>	322.34±18.20aA	11.43±0.25aA	7.40±0.34aA	0.67±0.33a	33.70±1.10aA	35.19±0.76aA	11.32±0.36aA	6.15±0.31aA
	A <sub>2</sub>	272.49±6.19bAB	10.96±0.14abA	6.62±0.18abAB	0.63±0.33a	31.73±0.62aAB	31.88±1.17bAB	10.70±0.32aAB	5.60±0.22bAB
	A <sub>3</sub>	260.12±1.23cBC	10.06±0.31bcAB	6.50±0.16abAB	0.67±0.33a	28.30±1.60bB	30.46±0.70bB	9.59±0.25bBC	4.67±0.28bB
	A <sub>4</sub>	209.26±21.15cC	9.40±0.78cB	5.53±0.52bB	0.65±0.33a	27.45±1.45bB	29.49±1.06bB	8.95±0.09bC	4.43±0.20bB
精品金甜思	A <sub>1</sub>	193.74±5.45aA	6.87±0.17aA	7.10±0.08aA	0.47±0.33a	25.82±1.37aA	31.84±1.24aA	10.58±0.31aA	6.53±0.59aA
	A <sub>2</sub>	177.07±0.00aAB	6.59±0.06aA	6.83±0.21abAB	0.43±0.33a	26.55±1.97aA	29.07±0.32abAB	10.53±0.23aA	6.40±0.17aA
	A <sub>3</sub>	173.12±10.77aAB	6.48±0.06aA	6.48±0.14bcAB	0.43±0.33a	20.64±0.96bA	28.24±0.93bAB	9.65±0.29bAB	6.05±0.48aA
	A <sub>4</sub>	139.69±3.25bB	6.28±0.62aA	6.14±0.10cB	0.40±0.58a	20.41±0.85bA	27.93±0.69bB	9.16±0.22bB	5.52±0.29aA
高糖脆	A <sub>1</sub>	287.23±19.13aA	15.44±0.49aA	5.39±0.18aA	0.47±0.67a	27.01±0.65aA	29.15±1.84aA	11.74±0.38aA	1.82±0.17aA
	A <sub>2</sub>	206.00±14.23bB	13.20±0.46bB	5.07±0.04abA	0.43±0.33a	25.35±0.69abA	26.89±1.36aA	10.65±0.15bB	1.52±0.14abA
	A <sub>3</sub>	172.12±11.28bB	12.25±0.38bcB	4.60±0.39abA	0.50±0.58a	24.75±0.86abA	26.07±1.06aA	10.31±0.10bB	1.37±0.04bA
	A <sub>4</sub>	159.66±11.40bB	11.58±0.21cB	4.16±0.42bA	0.53±0.33a	24.12±0.67bA	25.72±0.82aA	10.04±0.16bB	1.25±0.08bA

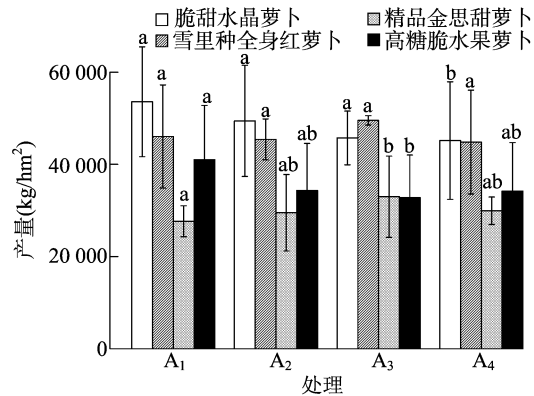
注: 同列数据后不同大、小写分别表示同一品种不同处理间差异极显著 ( $P<0.01$ )、显著 ( $P<0.05$ )。表 2、表 3 同。

2.1.4 产量 由图 1 可见, 种植密度对其中 2 种水果萝卜的产量具有显著影响, 但不同栽培密度对不同品种水果萝卜产量的影响各有不同。其中, 甜脆水晶萝卜的产量受密度的影响不显著, A<sub>1</sub> 处理的产量相对最高, 达到  $5.36 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>; 雪里种全身红萝卜的产量受密度的影响也不显著, A<sub>3</sub> 处理的产量相对最高, 为  $5.00 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>; 高糖脆水果萝卜的产量

A<sub>1</sub> 显著高于 A<sub>3</sub>, 但精品金甜思萝卜 A<sub>3</sub> 处理的产量最高, 为  $3.30 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>, A<sub>1</sub> 处理高糖脆水果萝卜的产量最高, 为  $4.10 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>。

2.2 不同施肥处理对水果萝卜农艺性状、产量和口感的影响

2.2.1 根质量 由表 2 可见, 不同施肥处理对 3 种水果萝卜的根质量有较明显的影响; B<sub>1</sub> 处理的甜脆水晶、雪里种全身



柱上不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平。图2同

图1 不同密度处理对不同水果萝卜产量的影响

红萝卜根质量相对最大,分别为 279.90、272.49 g,极显著高于  $B_2$ 、 $B_3$  处理 ( $P < 0.01$ ),而  $B_2$ 、 $B_3$  处理的甜脆水晶萝卜根质量相互间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),雪里种全身红萝卜的根质量相互间差异极显著 ( $P < 0.01$ );  $B_2$  处理的精品金甜思萝卜根质量相对最大,为 189.01 g,极显著高于  $B_3$  处理。

表 2 不同施肥处理对 3 种水果萝卜农艺性状的影响

品种	施肥处理	根质量 (g)	根长 (cm)	根宽 (cm)	根皮厚 (cm)	株高 (cm)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶柄长 (cm)
甜脆水晶	$B_1$	279.90 ± 27.69aA	13.47 ± 0.65aA	5.76 ± 0.47aA	0.63 ± 0.03aA	32.4 ± 1.36aA	32.41 ± 1.36aA	9.95 ± 0.55aA	6.47 ± 0.05aA
	$B_2$	115.09 ± 7.40bB	8.04 ± 0.62bB	4.85 ± 0.36aA	0.37 ± 0.03bB	25.15 ± 1.10bAB	26.47 ± 0.70bB	8.36 ± 0.31bA	6.06 ± 0.12aAB
	$B_3$	78.01 ± 5.71bB	6.94 ± 1.12bB	4.55 ± 0.17aA	0.43 ± 0.03bB	18.69 ± 1.30cB	20.51 ± 0.68cC	7.72 ± 0.35bA	4.57 ± 0.36bB
雪里种全身红	$B_1$	272.49 ± 6.19aA	10.96 ± 0.14aA	6.62 ± 0.18aA	0.63 ± 0.03aA	31.88 ± 1.17aA	31.88 ± 1.17aA	10.70 ± 0.32aA	5.60 ± 0.22aA
	$B_2$	194.15 ± 10.03bB	10.49 ± 0.96aB	5.51 ± 0.16bB	0.40 ± 0.06bB	27.55 ± 2.81aAB	30.20 ± 2.48abA	9.73 ± 0.47abA	4.75 ± 0.81abA
	$B_3$	145.05 ± 10.59cC	8.41 ± 0.76bB	5.47 ± 0.23bB	0.37 ± 0.03bB	21.37 ± 0.31bB	25.49 ± 0.54bA	9.03 ± 0.22bA	3.37 ± 0.17bA
精品金甜思	$B_1$	177.07 ± 11.60abAB	6.26 ± 0.39aA	6.83 ± 0.21aA	0.43 ± 0.03aA	29.07 ± 0.32aA	29.07 ± 0.32aA	10.53 ± 0.23aA	6.40 ± 0.17aA
	$B_2$	189.01 ± 10.2aA	7.53 ± 0.46aA	6.63 ± 0.31bAB	0.43 ± 0.03bB	22.26 ± 1.82aA	29.11 ± 1.26aA	9.67 ± 0.71abA	6.47 ± 0.32aA
	$B_3$	105.34 ± 8.37bB	6.62 ± 0.26aA	5.53 ± 0.11bB	0.30 ± 0.00bB	19.17 ± 1.09bB	24.63 ± 1.05bA	8.33 ± 0.50bA	5.82 ± 0.44aA

2.2.4 产量 由图 2 可见,不同施肥处理对 3 种水果萝卜的产量有较大影响,仅施用有机肥的处理 ( $B_3$ ) 产量相对最低,甜脆水晶、雪里种全身红、精品金甜思萝卜产量分别为  $1.30 \times 10^4$ 、 $2.42 \times 10^4$ 、 $1.76 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>;  $B_1$  处理的甜脆水晶、雪里种全身红萝卜产量相对最高,分别为  $4.66 \times 10^4$ 、 $4.54 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>,显著高于  $B_2$ 、 $B_3$  处理 ( $P < 0.05$ );  $B_1$ 、 $B_2$  处理的精品金甜思萝卜产量显著高于  $B_3$  处理,其中,  $B_2$  处理的产量相对最高,为  $3.15 \times 10^4$  kg/hm<sup>2</sup>。

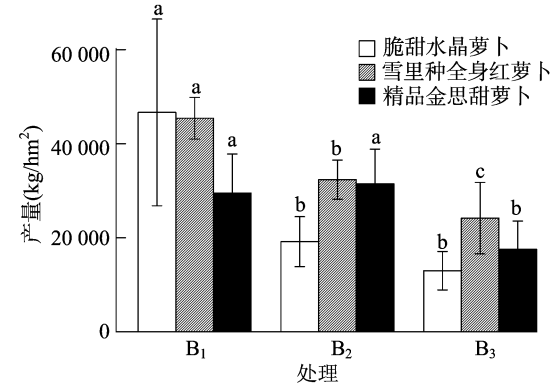


图2 不同施肥处理对不同水果萝卜产量的影响

2.2.2 根长、根宽、根皮厚 由表 2 可见,不同施肥处理对甜脆水晶萝卜根宽、精品金甜思萝卜根长没有显著性影响 ( $P > 0.05$ );  $B_1$  处理的雪里种全身红萝卜根长相对最大,为 10.96 cm,显著长于  $B_3$  处理 ( $P < 0.05$ ),根宽极显著大于  $B_2$ 、 $B_3$  处理 ( $P < 0.01$ ),且后两者间差异不显著;  $B_1$  处理的甜脆水晶萝卜根长相对最大,为 13.47 cm,极显著长于  $B_2$ 、 $B_3$  处理;  $B_1$  处理的精品金甜思萝卜根宽极显著大于  $B_3$  处理,显著大于  $B_2$  处理;  $B_1$  处理的 3 种水果萝卜根皮厚均极显著大于  $B_2$ 、 $B_3$  处理,且后两者间差异不显著。

2.2.3 地上部分农艺性状 由表 2 可见,  $B_1$  处理的 3 种水果萝卜株高极显著高于  $B_3$  处理 ( $P < 0.01$ ),叶宽显著大于  $B_3$  处理 ( $P < 0.05$ );不同施肥处理的精品金甜思萝卜叶柄长相互间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),其中  $B_2$  处理的相对最长,  $B_3$  处理的相对最短;不同施肥处理的甜脆水晶萝卜叶长相互间存在极显著差异,  $B_1$  处理的雪里种全身红、精品金甜思萝卜叶长显著长于  $B_3$  处理;  $B_1$  处理的甜脆水晶、雪里种全身红萝卜叶柄长显著长于  $B_3$  处理。

2.2.5 口感 由表 3 可见,3 个施肥处理下水果萝卜的韧性、果皮硬度、果肉硬度、脆性及口感评分存在较大差异,对水果萝卜的口感有着明显影响;  $B_2$  处理的甜脆水晶韧性、果皮硬度及雪里种全身红萝卜韧性显著高于  $B_3$  ( $P < 0.05$ ),雪里种全身红萝卜果皮硬度显著高于  $B_1$  处理;  $B_3$  处理的精品金甜思萝卜韧性、果皮硬度显著高于  $B_1$ 、 $B_2$  处理,且后两者相互间差异不显著;不同施肥处理的 3 种水果萝卜果肉硬度、脆性大小依次为  $B_3$  处理  $>$   $B_2$  处理  $>$   $B_1$  处理,其中  $B_3$  处理的 3 种水果萝卜果肉硬度、脆性显著高于  $B_1$ ;  $B_2$  处理的甜脆水晶、雪里种全身红、精品金甜思萝卜口感评分相对最大,分别为 73.80、75.00、63.00 分,其中  $B_2$  处理的甜脆水晶、雪里种全身红萝卜口感评分显著高于  $B_3$  处理;不同施肥处理的精品金甜思萝卜口感评分相互间差异不显著。

3 结论与讨论

栽培技术很大程度会影响水果萝卜产量、商品品质和口感的形成,种植密度过高不但会增加经济成本,还会影响水果萝卜的商品特性;栽培密度过低虽然会增加单根质量,但可能会降低群体的产量<sup>[14]</sup>。通过适宜的栽培方式,可以发挥水果萝卜最大的优良特性。本试验结果表明,不同种植密度处理

表 3 不同施肥处理对 4 种水果萝卜口感的影响

品种	处理	韧性 (g/s)	果皮硬度 (g)	果肉硬度 (g)	脆性 (g/s)	口感评分 (分)
甜脆水晶	B <sub>1</sub>	1 974.42 ± 271.76abA	1 831.28 ± 92.90bA	820.55 ± 9.33bA	23.61 ± 0.24bA	72.46 ± 0.90aA
	B <sub>2</sub>	2 485.35 ± 347.73aA	2 240.86 ± 125.04aA	1 014.21 ± 75.66aA	24.49 ± 0.50abA	73.80 ± 0.22aA
	B <sub>3</sub>	1 636.18 ± 333.79bA	1 982.01 ± 73.93abA	1 027.27 ± 59.52aA	25.70 ± 0.72aA	68.00 ± 1.08bB
雪里种全身红	B <sub>1</sub>	711.27 ± 67.54bB	1 278.01 ± 46.10bB	673.98 ± 39.02bA	24.5 ± 0.76bA	68.46 ± 2.68abA
	B <sub>2</sub>	1 748.11 ± 58.06aA	1 585.71 ± 2.26aA	846.70 ± 44.57abA	25.74 ± 1.18abA	75.00 ± 3.99aA
	B <sub>3</sub>	1 094.60 ± 253.13bAB	1 481.37 ± 64.78aAB	898.26 ± 79.12aA	28.26 ± 0.96aA	62.09 ± 2.42bA
精品金甜思	B <sub>1</sub>	1 913.35 ± 98.16bA	1 472.12 ± 21.71bA	763.85 ± 10.53bA	21.33 ± 0.95bA	62.21 ± 2.77aA
	B <sub>2</sub>	2 064.04 ± 96.66bA	1 454.33 ± 15.40bA	800.65 ± 6.41abA	23.77 ± 0.50abA	63.00 ± 1.71aA
	B <sub>3</sub>	2 340.27 ± 87.96aA	1 586.37 ± 41.09aA	870.39 ± 45.27aA	25.76 ± 0.61aA	57.46 ± 5.94aA

的水果萝卜根皮厚相互间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但根质量、根长、根宽、株高、叶宽等农艺性状相互间存在明显差异, 且随种植密度增大 (株距变小) 呈减小的趋势; 不同施肥处理的水果萝卜根质量、株高、叶长、叶宽、根皮厚等性状相互间也存在明显差异; 不同种植密度、不同施肥处理对水果萝卜产量、韧性、果皮硬度、果肉硬度、脆性及口感评分有明显影响, 而对水果萝卜产量的影响主要是水果萝卜根质量; 种植株行距为  $23.33 \text{ cm} \times 30.00 \text{ cm}$  (A<sub>1</sub>) 的甜脆水晶、高糖脆水果萝卜产量相对最高, 分别为  $5.36 \times 10^4$ 、 $4.10 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ , 种植株行距为  $17.50 \text{ cm} \times 30.00 \text{ cm}$  (A<sub>3</sub>) 的雪里种全身红、精品金甜思萝卜产量相对最高, 分别为  $5.00 \times 10^4$ 、 $3.30 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ , 这可能与不同水果萝卜的根形有关, 甜脆水晶、高糖脆水果萝卜为长圆锥形肉质根, 而雪里种全身红萝卜为长圆柱形、精品金甜思萝卜为扁圆形肉质根。因此, 为提高水果萝卜产量, 长圆锥形水果萝卜应适当密植, 而长圆柱形或扁圆形水果萝卜应适当稀植。

本试验结果表明, 仅施有机肥  $92\ 600 \text{ L/hm}^2$  (B<sub>3</sub>) 的甜脆水晶、雪里种全身红、精品金甜思萝卜产量分别为  $1.30 \times 10^4$ 、 $2.42 \times 10^4$ 、 $1.76 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ , 3 种水果萝卜的产量均相对最低, 低于复合肥及有机肥和复合肥混用。水果萝卜因其独特鲜食口感而得名, 其口感优劣是水果萝卜的重要性状和特征指标之一。有试验表明, 利用质构仪穿刺测试流变特性参数与人的感官评价密切相关<sup>[15-16]</sup>, 可用于结合分析水果萝卜的韧性、果皮硬度、果肉硬度、脆性及口感评分。本试验结果表明, 甜脆水晶、雪里种全身红、精品金甜思这 3 种水果萝卜均在有机肥和复合肥的混合施用条件下有最佳口感, 这与杨柳等的研究结论<sup>[17]</sup>相吻合。因此, 考虑到水果萝卜的产量和鲜食口感, 复合肥和有机肥搭配施用是水果萝卜栽培最合适的施肥方式。

#### 参考文献:

- [1] 汪隆植, 何启伟. 中国萝卜 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2005.
- [2] 杨满兰, 刘 瑛, 黄小英. 活性天然有机肥在萝卜上的肥效研究

- [J]. 江西农业学报, 2007, 19(9): 81-82.
- [3] 朱红梅, 荣湘民, 刘 强, 等. 稻草型生物有机肥对萝卜的作用效果 [J]. 生态环境学报, 2009, 18(2): 679-682.
- [4] 谭亮萍, 周火强, 寿森炎, 等. 萝卜施用生物活性有机肥效果试验 [J]. 长江蔬菜, 2009(2): 15-16.
- [5] 秦 勇, 赛力克, 黄振宁, 等. 品种、密度及播期对萝卜产量的影响 [J]. 长江蔬菜, 2000(9): 29-30.
- [6] 徐小方, 乐正碧. 播期、密度与施肥对萝卜产量及商品性状的影响 [J]. 西南园艺, 2005, 33(3): 12-14.
- [7] 张潘丹, 王煌平, 张 青, 等. 不同有机肥对萝卜产质量和土壤肥力的影响 [J]. 湖南农业科学, 2012, 282(3): 54-58.
- [8] 冉茂林, 曾正明, 杨跃华. 萝卜播期和栽培密度对产量及性状的影响 [J]. 西南科技大学学报 (自然科学版), 2004, 19(1): 91-94.
- [9] 朱向艳, 李建军, 孟凡胜, 等. 不同农艺措施对郯城县青萝卜产量及品质的影响 [J]. 山东农业科学, 2015, 47(3): 39-41.
- [10] 薛珠政, 康玉妹, 温庆放. 栽培措施对萝卜生长特性及产量的影响 [J]. 福建农业学报, 2016, 31(7): 719-722.
- [11] 秦鱼生, 涂仕华, 冯文强, 等. 有机无机肥料对蔬菜产量和硝酸盐累积的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(5): 670-674.
- [12] 张美霞, 杨延杰, 林 多. 抽薹进程中萝卜肉质根主要质地指标变化的研究 [J]. 北方园艺, 2013, 303(24): 6-10.
- [13] 付康军. 水果萝卜种质资源评价及品质特性研究 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014.
- [14] 李文龙, 李喜焕, 王瑞霞, 等. 河北省夏播早熟区不同施肥水平和种植密度对大豆产量及品质的影响 [J]. 河南农业科学, 2015, 44(3): 40-44.
- [15] Harker F R, Maindonald J, Murray S H, et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24(3): 225-239.
- [16] Lana M M, Tijskens L M, de Theije A A, et al. Measurement of firmness of fresh-cut sliced tomato using puncture tests - studies on sample size, probe size and direction of puncture [J]. Journal of Texture Studies, 2007, 38(5): 601-618.
- [17] 杨 柳, 王东歧, 周清华, 等. 施肥对高山萝卜产量和感官品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2016, 44(3): 37-39, 84.