

# 施肥对甜瓜风味物质的影响

胡国智,熊 韬,冯炯鑫,翟文强,吴海波

(新疆农业科学院哈密瓜研究中心,新疆 乌鲁木齐 830091)

**摘 要:**以新疆主栽甜瓜品种“黄皮 9818”为试材,在设施栽培条件下研究不同施肥处理(NPK:施氮、磷、钾;N<sub>0</sub>:缺氮;P<sub>0</sub>:缺磷;K<sub>0</sub>:缺钾;CK:不施肥)对新疆甜瓜风味物质组成及含量的影响。结果表明:不同施肥条件下,甜瓜芳香物质的种类和含量有一定差异,以 2015 年数据为例,5 个施肥处理共检测出 60 种芳香物质,主要由酯类、醇类、醛类、酮类和其他物质构成,N<sub>0</sub>和 CK 处理所检出芳香物质较少,分别为 36 种和 37 种;在芳香物质含量上,各处理酯类和醇类物质所占比重最大,其次为醛类物质,其中 NPK 处理酯类物质含量最高,达 50%以上,其次为 P<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>处理。甜瓜折光糖、Vc 和总糖含量在 NPK 处理下分别较 N<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>和 CK 处理增加 0.51%~2.47%、0.57~19.06 mg·100g<sup>-1</sup>和 1.14%~4.10%。

**关键词:**甜瓜;施肥;芳香物质;呈味物质;新疆吐鲁番

**中图分类号:**S652;S147.2      **文献标志码:**A

## Effect of fertilization on flavor compounds of muskmelon

HU Guozhi, Xiong Tao, Feng Jiongxin, Zhai Wenqiang, Wu Haibo

(The Research Center of Hami-melon, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

**Abstract:** Analysis of the effects of different fertilization could offer guidance for the utilization in melon production. The main variety of Yellow Peel 9818 in Xinjiang was used as the experimental material to study the effects of different fertilization: NPK (nitrogen, phosphorus, and potassium Fertilizers), N<sub>0</sub>(nitrogen deficiency), P<sub>0</sub>(phosphorus deficiency), K<sub>0</sub>(potassium deficiency), and CK (no fertilizer) on aromatic substances and flavor substances of muskmelon under the condition of facility cultivation. The results showed that there were some differences in the types and contents of aromatic substances in muskmelon under different fertilization conditions. In the case of 2015 data, 60 kinds of aromatic substances were detected in 5 fertilization treatments, which were mainly composed of esters, alcohols, aldehydes, ketones and other substances. Relatively fewer aromatic substances were detected with N<sub>0</sub> and CK treatments, 36 species and 37 species. In terms of aroma content, the proportion of esters and alcohols in each treatment was the largest, followed by aldehydes and NPK treatments with the highest content of more than 50%, followed by P<sub>0</sub>, K<sub>0</sub> treatment. Compared with N<sub>0</sub>, K<sub>0</sub> and CK treatments, the refractive sugar, Vc and total sugar contents of melon increased by 0.51%~2.47%, 0.57~19.06 mg·100g<sup>-1</sup> and 1.14%~4.10% under NPK treatment.

**Keywords:** melon; fertilization; aroma compound; taste compound; Xinjiang Turpan

在甜瓜生产中,甜瓜怡人的香气和丰富的营养物质是吸引消费者和增强市场竞争力的重要因素,也是甜瓜品质研究的重要领域。长期以来,农业生产者为取得较高的经济效益,往往会盲目地增加肥料施用量,这不仅制约了甜瓜品质的进一步提升,还会对生态环境造成威胁<sup>[1]</sup>。因此,开展施肥对甜瓜香气、糖、酸等风味物质的组成及含量影响的研究,对甜瓜优质栽培具有重要意义。甜瓜果实的香气源于某些挥发性芳香物质,到目前为止已从甜瓜中鉴定出逾 240 种挥发性物质,其中大约 90 多种物

质得到了鉴定,果实的整体香味一般与芳香物质成分的种类和含量有直接关系<sup>[2]</sup>。在施肥对甜瓜芳香物质研究上,林多<sup>[3]</sup>等和王锐竹<sup>[4]</sup>等研究认为,不同的钾素水平下,甜瓜的芳香物质含量差异显著。潜宗伟等<sup>[5]</sup>研究不同施氮水平对甜瓜芳香物质的影响表明,特征芳香物质的含量随着氮素水平的升高先升高后下降。甜瓜的呈味物质主要包括 Vc、糖、酸等,这些物质的含量越高,甜瓜的呈味品质就越好,关于施肥对甜瓜呈味物质的影响前人已经做了相关的研究<sup>[6-8]</sup>,但目前,多集中在不同养分用量对甜瓜糖、酸等呈味物质的研究,较缺少针对不同施肥措施对甜瓜风味物质影响的系统分析。本研究采用设施栽培,以新疆主栽的“黄皮 9818”甜瓜品种为材料,通过不同施肥处理,系统分析不同施肥条件对甜瓜风味物质的影响,探索不同养分因子对甜瓜品质的作用机理,为设施甜瓜生产科学施肥策略提供理论支撑。

# 1 材料与方法

## 1.1 材料

试验于 2015、2016 年在新疆吐鲁番市亚尔乡进行,以甜瓜品种“黄皮 9818”为供试材料,采用设施栽培,年度间田间管理条件一致。果实成熟期每个处理随机采收 6 个成熟果实用于风味物质的测定。土壤类型为灌耕棕漠土,土壤有机质 9.826 g · kg<sup>-1</sup>,全氮 0.603 g · kg<sup>-1</sup>,碱解氮 36.7 mg · kg<sup>-1</sup>,速效磷 27.6 mg · kg<sup>-1</sup>,速效钾 170 mg · kg<sup>-1</sup>。2015 年 4 月 9 日播种,7 月 5 日采收;2016 年 3 月 19 日播种,6 月 21 日采收。

## 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验共设 5 个处理,分别为:NPK(施氮磷钾)、N<sub>0</sub>(缺氮)、P<sub>0</sub>(缺磷)、K<sub>0</sub>(缺钾)、CK(不施肥)。采用膜下滴灌栽培,一膜一行,吊蔓栽培,单蔓整枝,各株主蔓 8~12 节留一个瓜,第 25 节打顶。株行距 0.5 m×1.2 m,各施肥处理种植 2 行,按种植行随机排列,重复 3 次,其中磷肥和 50 %的钾肥作基施,50%的钾肥作追施,基施磷肥用三料磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 44%),钾肥用硫酸钾(K<sub>2</sub>O 51%)。追施钾肥从开花期至成熟期按 10%、20%、20%的比例分 3 次随水滴施。氮肥全部作追肥,在甜瓜各生育期分 6 次随水滴施,追肥比例为:五叶期 15%;初花期 15%;盛花期 20%;坐果期 15%;果实膨大期 15 d 时施 20%;果实膨大期 25 d 时施 15%。所用氮肥为尿素(46%N)。各处理施肥量见表 1。

1.2.2 样品测定 芳香物质测定采用固相微萃取技术(HS-SPME)进行样品萃取:果实去皮,果肉切块混匀后于榨汁机中榨汁,吸取混匀果汁 8 g 置于

| 表 1 各处理施肥量/(kg · hm <sup>-2</sup> )             |     |                               |                  |
|-------------------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------|
| Table 1 Fertilizer rate of different treatments |     |                               |                  |
| 处理 Treatment                                    | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| NPK                                             | 210 | 140                           | 150              |
| N <sub>0</sub>                                  | 0   | 140                           | 150              |
| P <sub>0</sub>                                  | 210 | 0                             | 150              |
| K <sub>0</sub>                                  | 210 | 140                           | 0                |
| CK                                              | 0   | 0                             | 0                |

15 mL 顶空瓶中,加入 2 g NaCl 使挥发性成分充分逸出,加盖封口,将老化后的 75μm 的 DVB/CAR/PDMS 萃取头插入样品瓶顶空部分,于 40℃ 吸附 40 min,然后将吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口,于 250℃ 解吸 3 min,同时启动仪器采集数据。GC-MS 分析条件:用美国安捷伦公司气相色谱质谱联用仪(HP7890B-GCMS 5977)进行测定分析。色谱条件:色谱柱,HP-INNOWAX 型弹性石英毛细管柱 60 m×0.25 mm×0.25 μm,程序性升温,进样口温度 250℃,起始温度 40℃,保留 1 min,以 3℃ · min<sup>-1</sup> 升至 246℃,保留 3 min,载气为高纯氮气,不分流;恒流 1 ml · min<sup>-1</sup>,检测器温度 200℃。质谱条件:GC-MS 接口温度 250℃,电离方式为电子冲击(EI),电子能量 70 eV,离子源温度 200℃,质量范围 29~600 amu。各组分经计算机 NIST14 谱库检索、保留指数比对、质谱图比对、资料分析并通过面积归一化法计算。

总酸含量测定:参照 SBT10203-1994<sup>[9]</sup>中的酸度计法;维生素 C 含量测定:参照 GB6195-1986<sup>[10]</sup>水果、蔬菜维生素 C 含量测定法;可溶性总糖的测定:参照 NYT1278-2007<sup>[11]</sup>蔬菜及其制品中可溶性糖的测定方法;折光糖含量测定采用数字折射仪。

1.2.3 数据分析 试验数据采用 Excel 和 SPSS 18.0 软件进行统计分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 施肥对甜瓜芳香物质种类的影响

不同施肥处理下,成熟度一致的甜瓜经 GC-MS 分析后,检测出的芳香物质及含量见表 2。5 个施肥处理共检测到酯类、醇类、醛类、酮类及其他,5 大类共 60 种芳香物质。

P<sub>0</sub>处理芳香物质成分相对较为丰富,共检测出 45 种香气成分,包括 16 种酯、12 种醇、9 种醛、3 种酮和 5 种其他物质,CK 和 N<sub>0</sub>处理所检测出香气物质最少分别为 36 种和 37 种香气成分,其他 2 个处理分别检测出香气物质种类为:40 种(NPK)和 41 种(K<sub>0</sub>)。不施氮(N<sub>0</sub>)和不施肥(CK)均能使甜瓜芳香物质种类减少。

表 2 各处理芳香物质成分及含量(以 2015 年数据为例)

Table 2 Aroma components and relative contents under different treatments (2015 data as an example)

| 序号<br>No.    | 化合物<br>Compound                                                     | 相对含量 Relative content/% |                |                |                |       |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|-------|
|              |                                                                     | NPK                     | N <sub>0</sub> | P <sub>0</sub> | K <sub>0</sub> | CK    |
| 酯类 Esters    |                                                                     |                         |                |                |                |       |
| 1            | 乙酸异丙酯 Isopropyl acetate                                             | 1.18                    | 2.85           | 0.51           | 1.26           | 0.97  |
| 2            | 丙酸甲酯 Methyl propionate                                              | 2.11                    | 0.47           | 1.66           | 2.09           | 1.07  |
| 3            | 异丁酸甲酯 Methyl isobutyrate                                            | 0.77                    | 0.19           | 0.5            | 0.63           | 0.36  |
| 4            | 丁酸甲酯 Butanoic acid, methyl ester                                    | 0.78                    | 0.63           | 0.91           | 0.86           | 0.63  |
| 5            | 乙酸异丁酯 Isobutyl acetate                                              | 12.75                   | 5.76           | 16.53          | 10.75          | 7.57  |
| 6            | 乙酸正丁酯 Acetic acid, butyl ester                                      | 1.13                    | —              | —              | —              | —     |
| 7            | 乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester                                       | 2.15                    | —              | 0.37           | —              | 0.41  |
| 8            | 乙酸-3-己烯-1-醇酯 3-Hexen-1-ox, acetate                                  | 1.16                    | 1.01           | 0.52           | 0.67           | 0.69  |
| 9            | 乙酸-2-苯乙酯 Acetic acid, 2-phenylethyl ester                           | 0.38                    | —              | —              | —              | —     |
| 10           | 乙酸苯甲酯 Acetic acid, phenylmethyl ester                               | 26.79                   | 3.61           | 1.57           | 3.07           | 4.76  |
| 11           | 3-甲硫基丙醇乙酸酯 3-(Methylthio) propyl acetate                            | 1.07                    | —              | —              | —              | —     |
| 12           | 乙酸糠酯 2-Furanmethanol acetate                                        | 0.24                    | —              | —              | —              | —     |
| 13           | 乙二酸-2,3-丁二酯 2,3-Butanediol, diacetate                               | 2.7                     | 1.42           | 3.02           | 2.25           | 1.83  |
| 14           | 2-甲基-乙酸-1-丁酯 1-Butanol, 2-methyl, acetate                           | 2.94                    | 2.08           | 0.50           | 0.59           | 0.68  |
| 15           | 乙酸乙酯 Ethyl Acetate                                                  | —                       | 2.27           | 17.49          | 3.41           | 0.73  |
| 16           | 丙酸乙酯 Propanoic acid, ethyl ester                                    | —                       | —              | 1.00           | 0.18           | —     |
| 17           | 乙酸丙酯 n-Propyl acetate                                               | —                       | —              | 1.94           | 0.36           | —     |
| 18           | 丁酸乙酯 Butanoic acid, ethyl ester                                     | —                       | —              | 0.31           | —              | —     |
| 19           | 2-甲基丁酸乙酯 Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester                      | —                       | —              | 0.55           | —              | —     |
| 20           | 乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester                                       | —                       | —              | 2.64           | —              | —     |
| 醇类 Alcohols  |                                                                     |                         |                |                |                |       |
| 21           | 2-甲基丁醇 2-Methyl-, 1-butanol                                         | 0.48                    | 0.29           | 0.76           | 0.71           | 0.41  |
| 22           | 正己醇 1-Hexanol                                                       | 0.84                    | 1.73           | 1.67           | —              | —     |
| 23           | 3-己烯-1-醇 (Z)-3-hexen-1-ol                                           | 0.49                    | 0.86           | 0.83           | 0.76           | 0.58  |
| 24           | 1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol                                               | 0.48                    | 0.57           | 0.37           | 1.43           | 0.64  |
| 25           | 芳樟醇 Linalool                                                        | 0.31                    | —              | 0.55           | 0.39           | 0.24  |
| 26           | 正辛醇 1-Octanol                                                       | 0.55                    | —              | —              | —              | —     |
| 27           | (E)-3-壬烯-1-醇 (E)-3-Nonen-1-ol                                       | 0.40                    | 0.78           | 0.30           | 0.58           | 0.80  |
| 28           | (Z)-3-壬烯-1-醇 (Z)-3-Nonen-1-ol                                       | 10.95                   | 24.94          | 4.07           | 16.89          | 33.63 |
| 29           | 6-壬烯-1-醇 6-Nonen-1-ol                                               | 1.23                    | 2.71           | 3.33           | 3.75           | 2.16  |
| 30           | 3,6-壬二烯-1-醇 (E,Z)-3,6-Nonen-1-ol                                    | 7.51                    | 14.84          | 4.02           | 12.80          | 22.43 |
| 31           | 1-壬醇 1-Nonanol                                                      | 0.95                    | 3.60           | —              | —              | —     |
| 32           | 苯甲醇 Benzyl alcohol                                                  | 2.95                    | 1.70           | 6.63           | 4.8            | 1.75  |
| 33           | 苯乙醇 Phenylethyl alcohol                                             | 0.35                    | —              | 0.59           | 0.36           | —     |
| 34           | 正壬醇 1-Nonanol                                                       | —                       | —              | 1.73           | 2.81           | 2.28  |
| 35           | 己醇 1-Hexanol                                                        | —                       | —              | —              | 1.19           | 0.84  |
| 醛类 Aldehydes |                                                                     |                         |                |                |                |       |
| 36           | 己醛 Hexanal                                                          | 0.72                    | 1.21           | 0.32           | 0.84           | 0.54  |
| 37           | 壬醛 Nonanal                                                          | 1.29                    | 4.37           | 1.73           | 3.59           | 1.44  |
| 38           | 苯甲醛 Benzaldehyde                                                    | 3.76                    | 2.69           | 9.17           | 4.24           | 2.22  |
| 39           | 6-壬烯醛 6-Nonenal                                                     | 2.68                    | 7.73           | —              | 5.83           | —     |
| 40           | 2-甲基丁醛 2-Methyl-, butanal                                           | 0.15                    | 0.40           | 0.12           | 0.23           | 0.27  |
| 41           | 3-甲基丁醛 3-Methyl-, butanal                                           | 0.15                    | 0.31           | 0.17           | 0.36           | 0.38  |
| 42           | 2-己烯醛 2-Hexenal, (E)-                                               | —                       | 0.31           | 0.45           | 0.27           | 0.20  |
| 43           | 2-壬烯醛 2-Nonenal, (E)-                                               | —                       | 1.61           | 0.47           | 0.94           | —     |
| 44           | 2,6-壬二烯醛 (E,Z)-2,6-Nonadienal                                       | —                       | 1.02           | 0.19           | 0.67           | 0.35  |
| 45           | (Z)-6-壬烯醛 6-Nonenal, (Z)-                                           | —                       | —              | 4.20           | —              | 2.19  |
| 46           | (E)-2-壬烯醛 2-Nonenal, (E)-                                           | —                       | —              | —              | —              | 0.83  |
| 酮类 Ketones   |                                                                     |                         |                |                |                |       |
| 47           | 6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-, 5-Hepten-2-one                             | 0.38                    | 0.55           | 0.23           | 0.39           | 0.22  |
| 48           | β-紫罗兰酮 Trans-beta-Ionone                                            | 0.32                    | 0.81           | 0.19           | 0.36           | 0.26  |
| 49           | 异佛乐酮 Isophorone                                                     | —                       | 0.72           | —              | —              | —     |
| 50           | 6,10-二甲基-5,9-二十一烷二烯-2-酮<br>5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl, (Z) | —                       | 0.88           | 0.22           | 0.47           | —     |
| 其他 Others    |                                                                     |                         |                |                |                |       |
| 51           | 萘 Naphthalene                                                       | 0.49                    | —              | —              | —              | —     |
| 52           | 甲基萘 1-methyl-, Naphthalene                                          | 0.78                    | —              | —              | —              | 0.34  |
| 53           | 3-羟基噻吩 3-Thietanol                                                  | 0.91                    | 1.01           | 0.67           | 1.68           | 1.17  |
| 54           | 4-环丙基降萜烷 4-Cyclopropylnorcarane                                     | 0.29                    | —              | —              | —              | —     |
| 55           | α-蒎烯 alpha-Pinene                                                   | 2.85                    | 1.47           | 2.48           | 1.01           | 1.43  |
| 56           | β-蒎烯 beta-Pinene                                                    | —                       | 0.61           | 0.37           | 0.96           | —     |
| 57           | 柠檬烯 Limonene                                                        | —                       | 0.83           | —              | 2.51           | —     |
| 58           | D-柠檬烯 Limonene                                                      | —                       | —              | 1.24           | —              | —     |
| 59           | 2-甲基萘 Naphthalene, 2-methyl-                                        | —                       | —              | 0.38           | —              | —     |
| 60           | 丁香酚甲醚 Benzene, 1,4-dimethoxy-2-methyl-                              | —                       | —              | —              | 0.38           | —     |

注:“—”表示未检出。      Note: “—” means the component could not be detected.

5 个施肥处理共有的芳香物质为 26 种,其中酯类 9 种(主要为乙酸异丙酯、丙酸甲酯、乙酸异丁酯、乙二酸-2,3-丁二酯等)、醇类 8 种(主要为 2-甲基丁醇、3-己烯-1-醇、1-辛烯-3-醇、(Z)-3-壬烯-1-醇等)、醛类 5 种(主要为己醛、壬醛、苯甲醛、3-甲基丁醛等)、酮类 2 种(6-甲基-5-庚烯-2-酮、β-紫罗兰酮)、其他 2 种(3-羟基噻吩、α-蒎烯)。在特有芳香物质方面,NPK 处理特有芳香物质最多有 7 种,分别为:乙酸正丁酯、乙酸-2-苯乙酯、3-甲硫基丙醇乙酸酯、乙酸糠酯、正辛醇、奈、4-环丙基降萘烷;P<sub>0</sub>处理特有芳香物质有 6 种,分别为:乙酸丙酯、丁酸乙酯、2-甲基丁酸乙酯、乙酸丁酯、D-柠檬烯、2-甲基萘;K<sub>0</sub>特有芳香物质 2 种为:乙酸丙酯、丁香酚甲醚;N<sub>0</sub>和 CK 处理特有芳香物质各有 1 种,依次为异佛乐酮和 2-壬烯醛。

2.2 施肥对甜瓜芳香物质含量的影响

各处理芳香物质含量均在 97.3%~98.84%之间(表 2),在 NPK 处理下,其中含量超过 5%的芳香物质为乙酸异丁酯(12.75%)、乙酸苯甲酯(26.79%)、(Z)-3-壬烯-1-醇(10.95%)、3,6-壬二烯-1-醇(7.51%),这些高含量物质均属酯类和醇类。N<sub>0</sub>处理含量最高的芳香物质为(Z)-3-壬烯-1-醇为 24.94%,其次为 3,6-壬二烯-1-醇(14.84%)、6-壬烯醛(7.73%),均属醇类和醛类,酯类物质中含量较高的为乙酸异丁酯(5.76%),其他芳香物质含量相对较低,均低于 5%。P<sub>0</sub>处理芳香物质含量超过 5%物质包括酯类、醇类和醛类,各成分物质为乙酸异丁酯(16.53%)、乙酸乙酯(17.49%)、苯甲醇(6.63%)和苯甲醛(9.17%)。K<sub>0</sub>处理含量最高的为醇类物质,如(Z)-3-壬烯-1-醇(16.89%)和 3,6-壬二烯-1-醇(12.8%),其次含量较高的为乙酸异丁酯(10.75%)和 6-壬烯醛(5.83%)。CK 处理中的

醇类物质含量最高占总含量的 56.06%,其物质为(Z)-3-壬烯-1-醇(33.63%)和 3,6-壬二烯-1-醇(22.43%),其次含量较高物质为乙酸异丁酯(7.57%),其余物质含量相对较低,均低于 5%。

在各处理共有的芳香物质中,NPK 处理中的乙酸异丁酯(12.75%)、乙酸-3-己烯-1-醇酯(1.16%)、乙酸苯甲酯(26.79%)、2-甲基-乙酸-1-丁酯(2.94%)远高于其他处理。不施肥 CK 处理中的(Z)-3-壬烯-1-醇(33.63%)和 3,6-壬二烯-1-醇(22.43%)远高于其他处理。而异丁酸甲酯、丁酸甲酯、2-甲基丁醇、3-己烯-1-醇、(E)-3-壬烯-1-醇、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮和 β-紫罗兰酮在各施肥处理中含量相当。

在特有芳香物质中,NPK 处理中的乙酸正丁酯(1.13%)和 3-甲硫基丙醇乙酸酯(1.07%)含量较高,其余特有芳香物质含量均低于 1%;P<sub>0</sub>处理特有芳香物质含量较高的有 3 种为乙酸丙酯(1.94%)、乙酸丁酯(2.64%)和 D-柠檬烯(1.24%),其余各施肥处理特有芳香物质含量均低于 1%。

2.3 施肥对各类别芳香物质含量的影响

不同施肥处理对甜瓜各类别芳香物质含量的影响存在一定差异(图 1),各处理 5 大类物质中,以酯类物质和醇类物质所占比重最大,平均为 32.27%和 45.73%。酯类是产生果香的重要物质,酯类物质均以 NPK 和 P<sub>0</sub>处理相对含量最高,平均为 48.35%和 50%,且与其他 3 个施肥处理达显著差异,表明缺施氮、钾肥和不施肥将影响甜瓜果实酯类物质的形成。醇类物质以 N<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>和 CK 处理相对含量较高;其中不施肥(CK)处理醇类物质最高,比其他处理高 8.61%~39.01%。醛类物质含量在 N<sub>0</sub>、P<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>施肥处理间无显著差异,但均显著高于 CK 处理。酮类物质也是重要的芳香物质组成成分,在所检测的芳

表 3 不同处理对各类别芳香物质的影响  
Table 3 Effects of different treatments on various aromatic substances

| 年度<br>Year | 处理<br>Treatment | 相对含量 Relative content/% |            |             |           |             |
|------------|-----------------|-------------------------|------------|-------------|-----------|-------------|
|            |                 | 酯类 Ester                | 醇类 Alcohol | 醛类 Aldehyde | 酮类 Ketone | 其他类别 Others |
| 2015       | NPK             | 56.15a                  | 27.49c     | 8.75b       | 0.7bc     | 5.32b       |
|            | N <sub>0</sub>  | 20.29b                  | 52.02b     | 19.56a      | 2.96a     | 3.92c       |
|            | P <sub>0</sub>  | 50.02a                  | 24.58d     | 16.82a      | 0.64c     | 5.14b       |
|            | K <sub>0</sub>  | 26.12b                  | 46.47b     | 16.97a      | 1.22b     | 6.54a       |
|            | CK              | 19.7b                   | 65.76a     | 8.42b       | 0.48c     | 2.94c       |
| 2016       | NPK             | 40.54b                  | 37.1b      | 11.57b      | 0.74b     | 6.57a       |
|            | N <sub>0</sub>  | 20.7cd                  | 58.47a     | 14.76a      | 1.43a     | 2.48b       |
|            | P <sub>0</sub>  | 50.04a                  | 24.83c     | 16.82ab     | 0.64b     | 5.14ab      |
|            | K <sub>0</sub>  | 15.57d                  | 58.32a     | 15.43a      | 1.35a     | 7.71a       |
|            | CK              | 23.54c                  | 61.94a     | 8.54c       | 0.22c     | 3.84b       |

注:各年度同列不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。  
Note: Different letters within each column in each year mean significant difference among treatments (P<0.05). The same below.



香物质中酮类物质含量最低,占 0.35%~2.2%,在各施肥处理中,N<sub>0</sub>和 K<sub>0</sub>处理酮类物质相对含量高于其他处理。其他类物质中包括烯、奈等物质,各施肥处理中,K<sub>0</sub>、NPK 和 P<sub>0</sub>处理中其他类物质含量相对较高,占 5.14%~7.13%。

2.4 施肥对甜瓜呈味物质的影响

通过 2015、2016 年不同施肥处理对甜瓜呈味物质影响研究(表 4):整体上折光糖含量表现为缺施氮(N<sub>0</sub>)、缺施钾(K<sub>0</sub>)和不施肥(CK)处理呈现出降低的趋势,在中心折光糖含量上以 NPK 处理最高;

其中 2015 年 NPK 处理中心糖含量显著高于其他施肥处理 1.01%~1.61%。甜瓜 Vc 含量以 NPK 处理最高,而缺施氮、磷、钾和不施肥处理间均无显著差异。整体上总酸含量表现为不施肥(CK)最高,与 NPK 处理比较呈显著性差异,表明适量的养分投入有利于降低果实总酸含量,而各缺素(N<sub>0</sub>、P<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>)施肥处理与 NPK 处理间差异不显著。在果实总糖方面,N<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>和 CK 处理总糖含量均显著低于其他施肥处理;且 N<sub>0</sub>与 CK 处理间无显著差异,表明不施氮肥和不施肥对甜瓜总糖含量的影响最大。

| 表 4 不同施肥处理对甜瓜呈味物质含量的影响                                                                |                 |                        |                         |                                   |                                                                 |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
| Table 4 Effects of different fertilization on the content of taste compounds of melon |                 |                        |                         |                                   |                                                                 |                     |
| 年度<br>Year                                                                            | 处理<br>Treatment | 折光糖 Sugar refraction/% |                         | Vc/<br>(mg · 100g <sup>-1</sup> ) | 总酸 Total acid<br>/(×10 <sup>-4</sup> mol · 100g <sup>-1</sup> ) | 总糖<br>Total sugar/% |
|                                                                                       |                 | 边糖含量<br>Edge content   | 中心糖含量<br>Center content |                                   |                                                                 |                     |
| 2015                                                                                  | NPK             | 11.37a                 | 16.37a                  | 46.64a                            | 7.24b                                                           | 11.64a              |
|                                                                                       | N <sub>0</sub>  | 10.52c                 | 14.75d                  | 31.74b                            | 8.47ab                                                          | 7.55d               |
|                                                                                       | P <sub>0</sub>  | 11.05ab                | 15.35b                  | 31.27b                            | 8.9ab                                                           | 11.09b              |
|                                                                                       | K <sub>0</sub>  | 10.84bc                | 15c                     | 35.38b                            | 8.77ab                                                          | 10.5c               |
|                                                                                       | CK              | 10.58bc                | 15.02c                  | 27.58b                            | 9.95a                                                           | 7.57d               |
| 2016                                                                                  | NPK             | 10.52ab                | 15.17a                  | 32.93a                            | 7.77b                                                           | 9.23a               |
|                                                                                       | N <sub>0</sub>  | 10.34ab                | 14.63ab                 | 28.62ab                           | 7.91b                                                           | 6.88b               |
|                                                                                       | P <sub>0</sub>  | 10.8a                  | 14.94a                  | 28.13b                            | 8.04b                                                           | 8.93a               |
|                                                                                       | K <sub>0</sub>  | 10.35ab                | 14.83ab                 | 32.36ab                           | 8.87ab                                                          | 6.75b               |
|                                                                                       | CK              | 10.17b                 | 14.18b                  | 28.6ab                            | 9.77a                                                           | 6.28b               |

3 讨 论

果实风味品质具有较高的感官价值和一定的生理价值,能刺激消费者的感官和心理,使果实呈现出自身的特征,对人的食欲和精神状态有一定的影响,包括糖、酸、Vc 含量以及果实的芳香物质<sup>[12-13]</sup>。芳香物质是评价果实品质既复杂又重要的指标,国内外的研究表明,甜瓜果实的挥发性物质为酯类、醛类、醇类及含硫化合物等<sup>[14-16]</sup>。本研究中发现不同施肥处理对甜瓜芳香物质种类和含量产生了显著的影响,在 5 个施肥处理中共检测出的 60 种芳香物质中,有共同含有的物质,也有各自特有的物质,在一定程度上影响了甜瓜果实的风味品质。在芳香物质种类上,N<sub>0</sub>和 CK 处理所检出芳香物质最少,分别为 36 种和 37 种,这可能是由于形成芳香物质的前提物质糖类、氨基酸等物质差异,导致芳香物质合成的前提物质供应不足,从而造成果实芳香物质种类较少<sup>[17-18]</sup>。在芳香物质含量上,各处理酯类和醇类物质所占比重最大,其次为醛类物质,根据 Wang 等<sup>[19]</sup>研究得出,酯类是果实最重

要的一类香气物质,赋予果实“水果香”味,本研究中 NPK 处理酯类物质含量最高达 50%以上,表明甜瓜在 NPK 施肥条件下,甜瓜果实香味更为丰富,其次为 P<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>处理。因此,在甜瓜生产过程中,可以通过施肥来调控甜瓜芳香品质。

施肥对于甜瓜呈味品质有一定的影响,其中,折光糖、Vc、总糖等都是评价甜瓜果实品质优良的重要指标。本研究结果显示,2 a 不同施肥处理对甜瓜果实呈味物质的影响各异,整体上显示为:在 NPK 处理下甜瓜 Vc、折光糖和总糖含量相对较高,表明甜瓜在氮、磷、钾养分供应充足条件下促进果实糖分的积累,提高了果实糖含量,同时糖在一系列氧化酶(细胞色素氧化酶等)参与下不断被合成 Vc<sup>[20-21]</sup>。相比缺施氮、钾肥和不施肥中,缺施磷(P<sub>0</sub>)肥处理折光糖和总糖含量相对较高,表明磷营养对甜瓜果实总糖、折光糖影响较小,这一结论与王玉涛,陈波浪等<sup>[12,22]</sup>研究结果相一致,这可能是由于磷在植物体内移动性强,大量磷素在植物体内进行二次分配,从而降低了甜瓜对磷素的吸收。总酸在各缺施肥料或不施肥的条件下具有增加的趋

势;且 CK 处理显著高于 NPK 处理,这也解释了在平衡施肥条件下甜瓜果实更具有甜味的原因。各施肥处理折光糖和总糖含量在各年度均表现出 2016 年略低于 2015 年,可能是各年份环境因子的变化造成了果实糖度的差异。

4 结 论

在芳香物质含量上,各施肥处理酯类和醇类物质所占比重最大,NPK 施肥处理酯类物质含量最高达 50%以上,在甜瓜呈味物质上,NPK 施肥处理折光糖、Vc 和总糖含量分别较 N<sub>0</sub>、K<sub>0</sub>和 CK 处理增加 0.51%~2.47%、0.57~19.06 mg · 100g<sup>-1</sup>和 1.14%~4.1%。因此在甜瓜生产上应合理地施用氮、磷、钾肥,才能保证最佳的芳香品质和营养品质,提高甜瓜的市场竞争力。

参 考 文 献:

[1] 李立昆,李玉红,司立征,等.不同施氮水平对厚皮甜瓜生长发育和产量品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(3):150-153.

[2] Kourkoutas D, Elmore J S, Mottram D S. Comparison of the volatile compositions and flavour properties of cantaloupe, Galia and honeydew muskmelons [J]. Food Chemistry, 2006, 97(1): 95-102.

[3] 林多,黄丹枫,杨延杰,等.钾素水平对网纹甜瓜矿质元素积累及果实品质的影响[J].华北农学报,2007,22(6):1-4.

[4] 王瑞竹,王怀松,贺超兴,等.钾对厚皮甜瓜成熟果实中芳香物质构成及含量的影响[J].中国瓜菜,2009,(24):24-29.

[5] 潜宗伟,陈海丽,刘明池.不同氮素水平对甜瓜芳香物质和营养品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(6):1451-1458.

[6] 胡国智,冯炯鑫,张炎,等.不同施氮量对甜瓜养分吸收、分配、利用及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(3):760-766.

[7] Rao M H, Srinivas K. Effect of different levels of N, P, K on petiole and leaf nutrients and their relationship to fruit yield and quality in muskmelon [J]. Indian Journal of Horticulture, 1990, 47(2):250-255.

[8] 许如意.氮素营养对网纹甜瓜生长和品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2006.

[9] 王丽威,杨慧珍,江东.SBT 10203-1994 果汁通用试验方法[S].北京:中华人民共和国国内贸易部,1994.

[10] 江苏省农业科学院综合实验室.GB 6195-86 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚滴定法)[S].北京:国家标准局,1986.

[11] 王小琴,刘肃,刘中笑,等.NYT 1278-2007 蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘法[S].北京:中华人民共和国农业部,2007.

[12] 王玉涛.氮、磷和钾营养对番茄风味物质的影响[D].北京:中国农业科学院,2006.

[13] 罗华,李敏,胡大刚,等.不同有机肥对肥城果实产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(4):955-964.

[14] Goff S A, Klee H L. Plant volatile compound: sensory cues for health and nutritional value [J]. Science, 2006, 311(5762): 815-819.

[15] Senesi E, Scalz R L, Prinivalli C et al. Relationships between volatile composition and sensory evaluation in eight varies of netted musk melon (*Cucum is melo* L. var: *reticulatus* Naud.) [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2002, 82(6):655-662.

[16] 蒋玉梅,李轩,毕阳,等.采前苯丙噻重氮处理抑制厚皮甜瓜采后挥发性物质的释放[J].农业工程学报,2007,23(3):243-247.

[17] Wein M, Lewinsohn E, Schwad W. Metabolic fate of isotopes during the biological transformation of carbohydrates to 2, 5-dimethyl-4-hydroxy-3(2h)-furanone in strawberry fruit [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(5):2427-2432.

[18] 刘明池,郝静,唐小伟.番茄果实芳香物质的研究进展[J].中国农业科学,2008,41(5):1444-1451.

[19] Wang Y J, Yang C X, Li S H, et al. Volatile characteristics of 50 peaches and nectarines evaluated by HP-SPME with GC-MS [J]. Food Chemistry, 2009, 116(1):356-364.

[20] 康利允,常高正,高宁宁,等.不同氮、钾肥施用量对甜瓜产量和营养品质的影响[J].果树学报,2018,35(8):997-1005.

[21] 周汉其,张菊芳.中华猕猴桃果实发育期营养成分的变化[J].果树学报,1994,11(3):181-182.

[22] 陈波浪,吴海华,罗佳,等.施磷对立架甜瓜干物质积累及磷肥利用效率的影响[J].应用生态学报,2016,27(2):511-518.