

不同氮素水平对甜瓜芳香物质和营养品质的影响

潜宗伟, 陈海丽, 刘明池*

(北京市农林科学院蔬菜研究中心, 北京 100097)

摘要: 以“京玉五号”为试材, 利用 GC-MS 测定法, 在溶液培养条件下研究了不同氮素供应水平对甜瓜芳香物质和营养品质的影响。结果表明, 在不同氮素水平条件下, 甜瓜的芳香物质的种类和含量差异显著。乙酸-2-甲基丙基酯、乙酸丁酯和 2-甲基丁酸乙酯等特征芳香物质的含量随着氮素水平的升高先升高后下降, 在 100% 的氮素处理水平下, 甜瓜的特征芳香物质含量相对较高。随着氮素水平的升高, 甜瓜的折光糖含量、Vc、可溶性糖和糖酸比等营养品质表现下降的趋势。研究结果表明, 在本试验条件下, 200.72 ~ 401.44 mg/L 氮素是甜瓜优质高产栽培适宜的施氮水平。

关键词: 甜瓜; 氮素; 芳香物质; 营养品质

中图分类号: S652.4.601

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2011)06-1451-08

Effects of nitrogen fertilization on aromatic compounds and nutritional quality of melon fruits

QIAN Zong-wei, CHEN Hai-li, LIU Ming-chi*

(Beijing Vegetable Research Centre, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: A hydroponic experiment was carried out to study the effects of nitrogen fertilization on the aromatic compounds and nutritional quality of the “Jingyu Wuhao” melon fruits. The results show that under the different nitrogen levels, the varieties and contents of the melon’s aromatic compounds are significantly different. The contents of the characteristic aromatic compounds, such as Acetic acid 2-methylpropyl ester, Acetic acid butyl ester and 2-methyl-butanoic acid ethyl ester, are increased at first and then decreased under the increase of the nitrogen application levels. Under the 100% nitrogen level, the contents of the characteristic aromatic compounds are relatively high. The sugar refraction, Vc, soluble sugar and sugar-acid ratio of the melon are decreased under the increase of the nitrogen application levels. In conclusion, N 200.72–401.44 mg/L are the proper levels of nitrogen fertilization for the high quality and high yield cultivation of melon.

Key words: melon; nitrogen; aromatic compound; nutritional quality

我国是甜瓜的资源、生产、消费和出口大国, 在 2007 年我国的甜瓜种植面积为 5.59 万公顷, 产量为 1373 万吨, 已经基本能满足市场的需要, 但由于施肥管理不当等原因, 品质低劣的问题一直困扰着甜瓜生产^[1]。在甜瓜的生产中, 甜瓜怡人的香气和丰富的营养物质也是吸引消费者和增强市场竞争力的重要因素, 是甜瓜品质研究的重要领域^[2-3], 而网

纹甜瓜作为消费者喜爱的高档水果, 对芳香物质等果品品质有着更高的要求。

果品品质包含由味觉、嗅觉感知的风味、香气等感官品质和包含人体所需要的营养、保健成分的营养品质等。甜瓜果实的香气源于某些挥发性的芳香物质, 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^[4-6]。研

收稿日期: 2010-12-10

接受日期: 2011-07-20

基金项目: 国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-25-G-01); 国家“十二五”科技支撑项目(2001BAD12B01)资助。

作者简介: 潜宗伟(1982—), 男, 湖北枣阳人, 硕士, 实习研究员, 主要从事蔬菜育种工作的研究。

Tel: 010-51503005, E-mail: qianzongwei@nervc.org.

* 通讯作者 Tel: 010-51503519, E-mail: liumingchi@nervc.org

究认为,甜瓜的特征香气是由乙酸乙酯、乙酸丁酯、乙酸-2-甲基丙基酯、2-甲基丁酸乙酯和乙酸己酯等决定的^[7-8]。林多等^[9]研究表明,不同的钾素水平下,甜瓜的芳香物质含量差异显著,并且在钾含量为 240 mg/L 时最高。潜宗伟等^[10]研究表明,不同品种类型的甜瓜芳香物质含量也存在着差异。甜瓜的营养物质主要包括 Vc、可溶性糖、有机酸等,这些物质的含量越高,甜瓜的营养品质也越好。关于施肥对甜瓜营养品质的影响前人已经做了相关的研究^[11-13],但关于施氮水平对甜瓜品质影响的研究主要还集中在营养品质等常规项目上,有关施氮水平对甜瓜芳香物质等影响的研究还未见报道。本试验以北京蔬菜研究中心培育的品质较好的网纹甜瓜品种“京玉五号”为试验材料,通过调节营养液中氮素水平含量,对不同氮素水平条件下甜瓜的芳香物质含量、营养品质进行了分析,以探讨提高甜瓜品质的最佳氮素施用量。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在北京市农林科学院蔬菜研究中心日光温室内进行,试验材料为“京玉五号”网纹甜瓜。2008 年 5 月 6 日播种到 72 孔育苗盘中,育苗基质为 2:1 的草炭和蛭石。甜瓜幼苗长到四、五片真叶时,于 5 月 30 日定植于长×宽×高为 57 cm×38 cm×29 cm 的营养液栽培箱内,每箱定植 6 株,8 月 19 日采收。营养液采用日本山崎(1978)甜瓜专用配方,试验设 4 个氮素浓度水平,分别为 50%、100%、200% 和 300% 的山崎配方氮素浓度,分别用 N₅₀、N₁₀₀、N₂₀₀、N₃₀₀ 表示(N 100% 为全山崎氮配方,其它处理只改变氮素水平,其它元素不变)。4 个处理的营养液配方如表 1,各营养液平均 EC 值分别为 0.27、0.29、0.36、和 0.47 S/m,用磷酸和 1% 的氢氧化钠溶液调节营养液 pH 值在 6.5~7.5 之间。幼苗定植到 50% 的山崎营养液中,待 3~4 d 缓苗后分别更换为 4 个氮素处理营养液。每天测量水培箱内水位以及 EC 值,调整每天的加水或营养液量,每 5 d 完全更换一次营养液。每个处理 4 个重复,1 个营养液栽培箱为 1 个重复,随机排列。单蔓整枝,每株留 1 个果。采成熟度和大小均匀一致的果实进行形态指标、营养品质和芳香物质的分析。

表 1 不同氮素水平各营养液元素含量(mg/L)

Table 1 Contents of nutrients in the solution under different nitrogen levels

处理 Treatment	N	P	K	Ca	Mg
N ₅₀	100.36	41.20	234.59	140.28	36.46
N ₁₀₀	200.72	41.20	234.59	140.28	36.46
N ₂₀₀	401.44	41.20	234.59	140.28	36.46
N ₃₀₀	602.16	41.20	234.59	140.28	36.46

1.2 试验方法

1.2.1 芳香物质的提取和定量分析 参照 Song Jun 等^[14]的试验方法,取样前先将固相微萃取头在气相色谱进样口老化 2 h,老化温度 250℃。选取甜瓜果实,快速去皮、去子,用刀片切碎果肉,取样品 9 g 置于 15 mL 顶空瓶中,封口。将老化后的萃取头插入样品瓶顶空部分,于 35℃ 吸附 30 min,吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口,于 250℃ 解吸 1 min,进行 GC-MS 检测分析。

气质联用仪(GC-MS)测定条件:使用岛津 GC-MS-GC2010 气质联用仪进行测定。采用 DB-5MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm,膜厚度 0.25 μm);载气为 He;流速 1 mL/min;进样量 0.5 μL;程序升温为 60℃ 保持 2 min,以 8℃/min 升温到 220℃,保持 20 min。进样口温度 250℃;EI 离子源电子能量 70 eV,质量范围 30~550 u。在样品中加入 50 μL/L 的 2-辛酮 100 μL,以标样 2-辛酮的含量做对比进行定量分析。

1.2.2 果实营养品质的测定 含水量采用烘干法^[15];可溶性糖采用蒽酮比色法^[16]测定;可溶性固形物利用日本 ATAGO 公司的数字折射计 ACT-1E 测定;可滴定酸采用 NaOH 滴定法;Vc 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法进行测定^[15]。

1.2.3 数据分析 用气相色谱-质谱联用仪分析鉴定后,通过 HP-MSD 化学工作站检索 NIST98 标准谱库,并鉴定确认甜瓜芳香成分中的各组成物质。以标样 2-辛酮的含量为对照,根据各组峰面积与标样的峰面积比值进行定量分析。

芳香物质浓度 = (标样含量 × 芳香物质峰面积) / 标样峰面积

芳香物质的含量 = 进样量 × 芳香物质浓度

试验数据采用 Excel 和 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮素水平对甜瓜芳香物质的影响

不同氮素处理水平下,成熟一致的甜瓜经 GC-MS 分析后,检测出的芳香物质及其含量如表 2。从表 2 可看出,不同氮素水平对“京玉五号”甜瓜的芳香物质种类和含量的影响有显著的差异。

表 2 表明,不同氮素水平下,“京玉五号”甜瓜中共分离检测出了 90 种芳香物质,主要以酯类、醇类、醛类和酮类为主。在 50% 的氮素处理水平下,“京玉五号”共检测出了 47 种芳香组分,其中含量超过 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的芳香组分为乙酸乙酯、乙酸异丙酯、乙酸丙酯、乙酸-2-甲基丙基酯、乙酸-2-甲基-1-丁醇酯、乙酸己酯、(Z)-3-壬烯-1-醇和(E,Z)-3,6-壬二烯-1-醇;在 100% 氮素处理下,共检测出了 45 种芳香组分,其中含量超过 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的芳香组分为乙酸乙酯、乙酸丙酯、丁酸甲酯、乙酸-2-甲基丙基酯、乙酸-2-

-甲基-1-丁醇酯、乙酸己酯、(Z)-3-壬烯-1-醇和 1-(2-丙稀基)环戊烯;在 200% 氮素处理下,共检测出了 44 种芳香组分,其中含量超过 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的芳香组分为乙酸乙酯、乙酸异丙酯、丙酸乙酯、乙酸-2-甲基丙基酯、乙酸-2-甲基-1-丁醇酯、乙酸己酯、(Z)-3-壬烯-1-醇、(E,Z)-3,6-壬二烯-1-醇、正壬醇和乙酸-2,7-辛二烯-1-醇酯;在 300% 氮素处理下,共检测出了 49 种芳香组分,其中含量超过 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的芳香组分为乙酸乙酯、乙酸异丙酯、丙酸乙酯、2-甲基丙酸乙基酯、乙酸-2-甲基丙基酯、乙酸-2-甲基-1-丁醇酯、(Z)-乙酸-3-己烯-1-醇酯、乙酸己酯、(Z)-6-壬烯醛、(Z)-3-壬烯-1-醇、(E,Z)-3,6-壬二烯-1-醇、正壬醇和(Z)-乙酸-3-癸烯-1-醇酯。在检测出的芳香物质中,4 种氮素水平共同含有的芳香物质为 19 种,其中含量较高的为乙酸乙酯、乙酸-2-甲基丙基酯、乙酸-2-甲基-1-丁醇酯、乙酸己酯和(Z)-3-壬烯-1-醇。

表 2 不同氮素水平对“京玉五号”芳香物质含量的影响

Table 2 Effects of nitrogen levels on the aroma components of the “Jingyu Wuhao” melon

编号 No.	化合物名称 Component name	含量 Content ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			
		N ₅₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₃₀₀
1	乙酸乙酯 Ethyl Acetate	258.67	292.08	288.82	270.22
2	乙酸异丙酯 Acetic acid, isopropyl ester	107.22		54.68	65.68
3	乙酸丙酯 n-Propyl acetate	87.51	70.24		
4	丙酸乙酯 Propanoic acid, ethyl ester			52.26	169.83
5	丁酸甲酯 Butanoic acid, methyl ester		60.78		
6	2-甲基-1-丁醇 2-methyl-1-butanol	15.71	6.21		
7	2-甲基丙酸-1-甲基乙基酯 Acetic acid, 2-methylpropyl ester	5.17			
8	2-甲基丙酸乙基酯 Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester		10.06	9.57	77.70
9	乙酸-2-甲基丙基酯 Acetic acid, 2-methylpropyl ester	60.47	122.67	106.45	100.33
10	丁酸乙酯 Butanoic acid, ethyl ester	14.53	28.31	13.94	26.88
11	乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester	14.51	26.48	25.26	11.33
12	2-甲基丁酸乙酯 Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	21.56	26.33	21.69	9.81
13	丙酸异丁酯 Propanoic acid, 2-methylpropyl ester		10.90	6.95	9.94
14	丙酸丁酯 Propanoic acid, butyl ester				1.41
15	丙酸己酯 Propanoic acid, hexyl ester	6.87			
16	乙酸-2-甲基-1-丁醇酯 1-butanol, 2-methyl-, acetate	74.53	196.35	127.45	151.02
17	乙酸戊酯 Acetic acid, pentyl ester	8.21			
18	丁酸庚酯 Butanoic acid, heptyl ester			7.08	
19	3-甲基己烷 Hexane, 3-methyl-		11.50		

续表 2 Table 2 continued

编号 No.	化合物名称 Component name	含量 Content ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			
		N ₅₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₃₀₀
20	异丁酸丁酯 Isobutyric acid, butyl ester				10.31
21	硫代特戊酸 Thiopivalic acid	2.96	8.88	3.18	
22	3-甲基-2-氧代戊酸甲酯 Pentanoic acid, 3-methyl-2-oxo-, methyl ester				10.42
23	丁酸丁酯 Butanoic acid, butyl ester	3.96			
24	丁酸-2-甲基丙酯 Butanoic acid, 2-methylpropyl ester		3.37		
25	异丁酸-2-甲基丙酯				2.52
26	苯甲醛 Benzaldehyde		2.59	5.68	3.80
27	丙酸-2-甲基-1-丁醇酯 1-butanol, 2-methyl-, propanoate	4.03			
28	丙酸-2-戊酯 2-pentanol, propanoate		2.71		
29	丙酸戊酯 Propanoic acid, pentyl ester				3.76
30	己酸乙酯 Hexanoic acid, ethyl ester	15.37	23.52	17.63	20.07
31	2-辛醇 2-octanol	28.23	47.40	10.04	19.09
32	(Z)-乙酸-3-己烯-1-醇酯 3-hexen-1-ol, acetate, (Z)-	38.22	44.24	41.29	54.53
33	乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	53.24	93.43	60.69	105.63
34	丁酸戊酯 Butanoic acid, pentyl ester				1.95
35	苯甲醇 Benzyl alcohol	2.62		2.39	
36	桉叶油醇 Eucalyptol		3.29		5.09
37	正辛醇 1-Octanol	4.66	8.60	6.05	14.76
38	(E)-4-庚烯酸乙酯 4-heptenoic acid, ethyl ester, (E)-			3.49	2.88
39	3-甲基-2-戊烯 2-pentene, 3-methyl-		2.18		
40	(E)-4-壬烯醛 4-nonenal, (E)-	7.08			
41	庚酸乙酯 Heptanoic acid, ethyl ester		3.39	15.02	15.75
42	乙酸-4-甲基-1-庚烯-4-醇酯 4-methyl-1-hepten-4-ol acetate	4.92			
43	乙酸-3-庚烯-1-醇酯 3-hepten-1-ol, acetate	2.39		6.25	
44	(Z)-6-壬烯醛 6-nonenal, (Z)-			14.08	69.84
45	2,2,3-三甲基丁烷 Butane, 2,2,3-trimethyl-		4.13		
46	壬醛 Nonanal	5.62		12.45	46.35
47	庚醇 1-heptanol		2.25		
48	乙酸庚酯 Acetic acid, heptyl ester	5.61	3.00	6.17	3.58
49	异丙氧基乙酸乙酯 Isopropoxyacetic acid, ethyl ester	3.33		2.89	7.31
50	二乙基-乙酸 Acetic acid, diethyl-		5.78		
51	乙酸-2-辛酯 2-octanol, acetate	12.26	7.36	9.12	9.77
52	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)吡喃-4-酮 4H-pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-				22.58
53	乙酸-2-乙基己酯 Acetic acid, 2-ethylhexyl ester	1.44			

续表 2 Table 2 continued

编号 No.	化合物名称 Component name	含量 Content ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			
		N ₅₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₃₀₀
54	辛醛 Octanal			4.29	
55	1,9-壬二醇 1,9-nonanediol				29.88
56	(Z)-3-壬烯-1-醇 3-nonen-1-ol, (Z)-	165.60	120.35	231.09	99.54
57	(E,Z)-3,6-壬二烯-1-醇 3,6-nonadien-1-ol, (E,Z)-	73.62		120.38	127.25
58	1-(2-丙稀基)环戊烯 1-(2-pfnonropropenyl)cyclopentene		122.53		
59	(E)-2-壬烯-2-壬醛, (E)-				18.01
60	乙酸苯基甲酯 Acetic acid, phenylmethyl ester	28.57	20.04	38.21	34.41
61	(Z)-2-十一烯-1-醇 (Z)-2-undecen-1-ol	5.43			
62	(E)-2-壬烯-1-醇 2-nonen-1-ol, (E)-		7.81	5.75	18.97
63	正壬醇 1-Nonanol	25.99	44.56	93.84	162.13
64	乙二醇二乙酸酯 1,1-ethanediol, diacetate			6.30	
65	2-戊酮 2-pentanone				7.04
66	甲酸环己基甲基酯 Cyclohexylmethyl formate			4.20	
67	3-甲基-1-戊醇 1-pentanol, 3-methyl-	1.10			
68	癸酸乙酯 Octanoic acid, ethyl ester	2.75			
69	辛酸乙酯 Decanoic acid, ethyl ester		2.89	11.31	3.53
70	乙酸正辛酯 Acetic acid, octyl ester	3.93	2.41	23.72	15.43
71	1,8-壬二烯 1,8-Nonadiene	1.71			
72	(E)-6-壬烯-1-醇 6-nonen-1-ol, (E)-		3.49		
73	(E)-2-丁烯酸异丁酯 2-butenic acid, 2-methylpropyl ester, (E)-			2.00	
74	乙酸苯乙酯 Acetic acid, 2-phenylethyl ester	4.00	3.37	7.51	10.64
75	(Z)-乙酸-3-辛烯-1-醇酯 3-octen-1-ol, acetate, (Z)-	29.32			
76	(Z)-乙酸-3-癸烯-1-醇酯 3-decen-1-ol, acetate, (Z)-		27.16		63.43
77	乙酸-2,7-辛二烯-1-醇酯 2,7-octadien-1-ol, acetate			91.46	
78	2-甲基-双环[2.2.1]庚烷 Bicyclo[2.2.1]heptane, 2-methyl-		1.85		
79	(Z)-乙酸-6-壬烯-1-醇酯 6-nonen-1-ol, acetate, (Z)-	1.47		14.11	9.29
80	乙酸壬酯 Acetic acid, nonyl ester	2.39	2.57	8.33	12.49
81	乙酸-1-甲基-4-(1-甲基乙基)环己醇酯 Cyclohexanol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, acetate	1.79	3.47		4.15
82	3-甲基-1-丁醇 1-butanol, 3-methyl-				2.17
83	3-环己烯-1-乙醇 3-cyclohexene-1-ethanol			2.14	1.63
84	癸酸乙酯 Decanoic acid, ethyl ester	0.60	4.12		
85	6-甲基-1-庚醇 1-heptanol, 6-methyl-				1.50
86	2-甲基-十一酸甲酯 Undecanoic acid, 2-methyl-, methyl ester		1.69		
87	3,7-二甲基壬烷 Nonane, 3,7-dimethyl-		1.77		
88	2,2-二甲基丁烷 Butane, 2,2-dimethyl-	1.24			
89	2,5-二甲基-3-己酮 3-hexanone, 2,5-dimethyl-	2.69			
90	邻苯二甲酸二异丁酯 1,2-benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	1.43		1.65	

“京玉五号”甜瓜在不同氮素水平处理下,其特征芳香物质含量见表 3。乙酸乙酯在 4 个处理水平下含量都相对较高,但在不同氮素水平下其含量差异不明显。乙酸-2-甲基丙基酯、乙酸丁酯和 2-甲基丁酸乙酯的含量都有随着氮素水平的升高先升高后下降的趋势,其中在 50% 的氮素水平处理下,乙酸-2-甲基丙基酯的含量显著低于在其它处理水平下的含量,在 300% 的氮素水平处理下,乙酸丁酯和 2-甲基丁酸乙酯的含量显著低于在其它处理水平下的含量。在 50% 的氮素水平处理下,乙酸-2-甲基-1-丁醇酯的含量最低,为 74.53 $\mu\text{g}/\text{kg}$,显著低于在其它氮素水平下的含量,其在 100% 的氮素水平处理下的含量最高,为

196.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$,与 300% 的氮素水平差异不显著,与其它氮素水平差异显著。乙酸己酯和(Z)-3-壬烯-1-醇在不同氮素水平处理下的含量差异变化各异。在 50% 的氮素水平处理下,乙酸己酯的含量为 53.24 $\mu\text{g}/\text{kg}$,与 200% 的氮素水平差异不显著,但显著低于其它氮素水平;其在 300% 的氮素水平处理下的含量为 105.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$,与 100% 的氮素水平差异不显著,显著高于其它氮素水平处理。在 200% 的氮素水平下,(Z)-3-壬烯-1-醇的含量最高,为 231.09 $\mu\text{g}/\text{kg}$,与 50% 氮素水平处理差异不显著,而显著高于其它氮素水平。在 100% 的氮素处理水平下,除(Z)-3-壬烯-1-醇的含量相对较低外,其它的特征芳香物质含量都相对较高。

表 3 不同氮素水平对“京玉五号”甜瓜特征芳香物质的影响

Table 3 Effects of nitrogen levels on the characteristic aroma components of the “Jingyu Wuhao” melon

化合物名称 Component name	含量 Content ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			
	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₃₀₀
乙酸乙酯 Ethyl Acetate	258.67 a	292.08 a	288.82 a	270.22 a
乙酸-2-甲基丙基酯 Acetic acid, 2-methylpropyl ester	60.47 c	122.67 a	106.45 ab	100.33 ab
乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester	14.51 ab	26.48 a	25.26 a	11.33 b
2-甲基丁酸乙酯 Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	21.56 a	26.33 a	21.69 a	9.81 b
乙酸-2-甲基-1-丁醇酯 1-butanol, 2-methyl-, acetate	74.53 c	196.35 a	127.45 b	151.02 ab
乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	53.24 c	93.43 ab	60.69 bc	105.63 a
(Z)-3-壬烯-1-醇 3-nonen-1-ol, (Z)-	165.60 ab	120.35 b	231.09 a	99.54 b

注(Note): 同行数值后的不同字母表示处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著 Values followed by different letters within one row are significant among treatment at the $P < 0.05$ level.

2.2 不同氮素水平对甜瓜营养品质的影响

对不同氮素水平下的“京玉五号”甜瓜营养品质进行了分析,结果表明(表 4),“京玉五号”甜瓜的边缘折光糖在 200% 氮素水平处理下的含量与在

50% 氮素水平处理下的含量差异不显著,但显著低于在其它氮素处理下的含量,其中心折光糖在 200% 的氮素含量为 12.62%,显著低于在其它氮素处理下的含量。各氮素水平条件下,甜瓜 Vc 含量差

表 4 不同氮素水平对“京玉五号”甜瓜营养品质的影响

Table 4 Effects of nitrogen levels on the nutrition quality of the “Jingyu Wuhao” melon

处理 Treatment	折光糖含量(%) Sugar refraction		Vc (mg/kg, FW)	可滴定酸 Titratable acidity (g/kg, FW)	可溶性糖 Solution sugar (g/kg, FW)	糖酸比 Sugar-acid ratio	含水量 Water content (%)
	边缘含量 Edge contents	中心含量 Center contents					
	N ₅₀	6.94 ab					
N ₁₀₀	7.74 a	15.59 a	50.27 a	1.13 b	34.40 b	30.65 b	93.60 a
N ₂₀₀	5.43 b	12.62 b	47.90 a	1.57 a	26.07 c	16.85 b	94.00 a
N ₃₀₀	7.17 a	15.87 a	43.90 a	1.83 a	27.47 c	14.98 b	92.80 b

注(Note): 同列数值后不同字母表示处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著 Values followed by different letters are significant among treatment at the $P < 0.05$ level.

异均不显著。“京玉五号”甜瓜的可滴定酸含量随着氮素水平的提高呈现增加的趋势,在 50% 和 100% 氮素水平处理下,其含量分别为 0.87 g/kg,FW 和 1.13 g/kg,FW,处理间差异不显著,但都显著低于 200% 和 300% 氮素水平。甜瓜的可溶性糖含量随着氮素水平的提高呈现出下降的趋势,其在 50% 氮素水平处理下的含量为 61.93 g/kg,FW,显著高于在其它氮素处理下的含量,其在 100% 氮素水平处理下的含量为 34.40 g/kg,FW,显著高于在 200% 和 300% 氮素水平处理下的含量。“京玉五号”甜瓜的糖酸比在 50% 氮素水平处理下为 73.34,显著高于其它氮素水平处理。在不同的氮素水平处理下,甜瓜的含水量先上升后下降,在 100% 和 200% 氮素水平处理下,其含水量分别为 93.60% 和 94.00%,显著高于在 50% 氮素水平处理下的 90.57% 和 300% 氮素水平处理下的 92.80%。

3 讨论与结论

1) 合理的施氮水平有利于草莓果实芳香物质尤其是特征芳香物质的合成^[17]。本试验看出,不同的氮素水平下,特征芳香物质的含量都随着氮素水平的升高有先升高后降低的趋势,这与在草莓上的研究结论一致^[17]。草莓、番茄等果实中一部分芳香物质合成的前体是糖类和氨基酸等^[18-19]。果实中的糖类和氨基酸是由氮通过还原、同化等一系列过程形成的,因此,施用氮素水平过低,可能导致氮素的缺乏,芳香物质合成的前提物质供应不足,进而使甜瓜的特征芳香物质含量相对较低;施用氮素水平过高时,甜瓜生长旺盛,果实迅速膨大,但可能导致甜瓜体内的营养失调,从而影响甜瓜特征芳香物质的积累。试验中,随着氮素水平的提高,营养液的 EC 值提高。林多等^[20]认为在低 EC 值的营养液中,不利于网纹甜瓜的生长,在高 EC 值的营养液中,甜瓜品质变劣。氮素水平下降 EC 值降低,甜瓜的生长受阻导致了大量养分分配到营养器官的生长,甜瓜的芳香品质下降,在高氮素水平下,甜瓜 EC 值得到了提高,甜瓜品质的变劣可能导致特征芳香物质的变化,从而影响甜瓜的风味。本试验研究表明,在不同的氮素处理水平下,随着营养液 EC 值的变化,甜瓜的芳香物质种类和含量各异,在 100% 的氮素处理水平下,大多数特征芳香物质含量都相对较高。因此,在甜瓜的生产过程中应控制氮素的施用量,合理施用氮素来保证甜瓜芳香风味。

2) 不同的氮素处理对蔬菜的营养品质的影响各

异^[21-22]。本试验研究结果表明,甜瓜 Vc 的含量差异不显著,可溶性糖含量在随着氮素水平的提高呈现出下降的趋势,糖酸比在 50% 氮素水平处理下显著高于其它氮素水平处理。总的来说,随着氮素水平的降低甜瓜的营养品质得到提高,但如果通过降低施氮水平来提高甜瓜的营养品质,又可能会导致甜瓜产量的下降,因此,合理的氮肥施用量才能保证甜瓜产量和品质。试验中,甜瓜的折光糖含量在 300% 的氮素水平时出现较高值,这可能是因为在 300% 氮处理下,营养液 EC 值达到 0.47 S/m,甜瓜在这种高 EC 的亏缺水条件下生长,提高了其固形物的含量^[23]。

3) 在甜瓜的生产过程中,增施氮素是提高甜瓜产量的途径之一,但是本研究表明,随着施氮水平的提高甜瓜的特征芳香物质含量降低,因此,在无土栽培生产中,适宜的氮素施用量(含氮 200.72 ~ 401.44 mg/L),才能在保证甜瓜产量的同时,兼顾营养品质和芳香品质,提高甜瓜的经济效益。

参考文献:

- [1] 张爱慧, 黄丹枫, 侯喜林. 不同钾营养对厚皮甜瓜生长发育及光合特性影响的研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2002, 20(1): 13-17.
Zhang A H, Huang D F, Hou X L. Effect of potassium nutrient on development and photosynthesis of melon plant[J]. J. Shanghai Jiaotong Univ. (Agric. Sci.), 2002, 20(1): 13-17.
- [2] 乜兰春, 孙建设, 黄瑞虹. 果实香气形成及其影响因素[J]. 植物学通报, 2004, 21(5): 631-637.
Nie L C, Sun J S, Huang R H. The biosynthesis and affecting factors of aroma in some fruits[J]. Chin. Bull. Bot., 2004, 21(5): 631-637.
- [3] 李会合, 贺方云. 氮和钾对蔬菜营养品质效应的研究进展[J]. 重庆文理学院学报(自然科学版), 2007, 26(1): 31-34.
Li H H, He F Y. Advances in the effect of N and K fertilizer on vegetable quality[J]. J. Chongqing Univ. Arts Sci. (Nat. Sci. Ed.), 2007, 26(1): 31-34.
- [4] Kourkoutas D, Elmore J S, Mottram D S. Comparison of the volatile compositions and flavour properties of cantaloupe, Galia and honeydew muskmelons[J]. Food Chem., 2006, 97(1): 95-102.
- [5] Senesi E, Scalzo R L, Prinzevalli C, Testoni A. Relationships between volatile composition and sensory evaluation in eight varieties of netted muskmelon (*Cucumis melo* L var *reticulatus* Naud) [J]. J. Sci. Food Agric., 2002, 82(6): 655-662.
- [6] Aubert C, Bourger N. Investigation of volatiles in charentais cantaloupe melons (*Cucumis melo* Var. *cantalupensis*). characterization of aroma constituents in some cultivars [J]. J. Agric. Food Chem., 2004, 52(14): 4522-4528.
- [7] 赵光伟, 徐志红, 刘君璞, 徐永阳. 甜瓜芳香物质研究进展[J]. 中国瓜菜, 2008, (1): 27-29.
Zhao G W, Xu Z H, Liu J P, Xu Y Y. Advances in melon (*Cucu-*

- mis melo* L.) aroma volatiles research[J]. *China Cucurbits Veget.*, 2008, (1): 27-29.
- [8] Beaulieu J C, Grimm C C. Identification of volatile cantaloupe at various developmental stages using compounds in solid phase micro-extraction[J]. *J. Agric. Food. Chem.*, 2001, 49(3): 1345-1352.
- [9] 林多, 黄丹枫, 杨延杰, 陈宁. 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.
Lin D, Huang D F, Yang Y J, Chen N. Effects of potassium levels on macroelement accumulation and fruit quality of muskmelon in soilless medium culture[J]. *Acta Agric. Boreali-Sin.*, 2007, 22(6): 1-4.
- [10] 潜宗伟, 唐晓伟, 吴震, 等. 甜瓜不同品种类型芳香物质和营养品质的比较分析[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(12): 165-171.
Qian Z W, Tang X W, Wu Z *et al.* Comparison of the aromatic compounds and nutritional quality among different types of melon fruits[J]. *Chin. Agric. Sci. Bull.*, 2009, 25(12): 165-171.
- [11] 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 J. Hortic.*, 1990, 47(2): 250-255.
- [12] 林多, 黄丹枫. 钾素水平对基质栽培网纹甜瓜光合及品质的影响[J]. *园艺学报*, 2003, 30(2): 221-223.
Lin D, Huang D F. Effects of potassium levels on photosynthesis and fruit quality of muskmelon in medium culture[J]. *Acta Hortic. Sin.*, 2003, 30(2): 221-223.
- [13] 许如意. 氮素营养对网纹甜瓜生长和品质的影响[D], 武汉: 华中农业大学硕士论文, 2006.
Xu R Y. Effects of nitrogen supply on the growth and quality of muskmelon [D]. Wuhan: MS thesis, Huazhong Agricultural University, 2006.
- [14] Song J, Fan L H, Beaudry R M. Application of solid phase micro-extraction and gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry for rapid analysis of flavor volatiles in tomato and strawberry fruits[J]. *J. Agric. Food. Chem.*, 1998, 46(9): 3721-3726.
- [15] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 105-106, 246-248.
Li H S. Experimental principle and technique of plant physiology and biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001. 105-106, 246-248.
- [16] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 111-112.
Zou Q. Experimental direction of plant physiology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. 111-112.
- [17] 刘松忠, 姜远茂, 彭福田, 王利平. 不同氮素水平对棚栽草莓果实芳香成分的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(6): 638-641.
Liu S Z, Jiang Y M, Peng F T, Wang L P. Effects of nitrogen levels on strawberry fruit aroma components in plastic shed[J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2004, 10(6): 683-641.
- [18] Wein M, Lewinsohn E, Schwab W. Metabolic fate of isotopes during the biological transformation of carbohydrates to 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2 h)-furanone in strawberry fruits[J]. *J. Agric. Food. Chem.*, 2001, 49(5): 2427-2432.
- [19] 刘明池, 郝静, 唐晓伟. 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.
Liu M C, Hao J, Tang X W. Advances in studies of aroma components in tomato fruits[J]. *Sci. Agric. Sin.*, 2008, 41(5): 1444-1451.
- [20] 林多, 黄丹枫, 杨延杰, 董梅. 营养液浓度对基质栽培网纹甜瓜生长和品质的影响[J]. *华北农学报*, 2007, 22(2): 184-186.
Lin D, Huang D F, Yang Y J, Dong M. Effects of nutrient levels on plant growth and fruit quality of muskmelon in soilless medium culture[J]. *Acta Agric. Boreali-Sin.*, 2007, 22(6): 1-4.
- [21] 王玉涛. 氮、磷和钾营养对番茄风味物质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文, 2006.
Wang Y T. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium application on flavor compounds of fresh tomato fruits[D]. Beijing: Ms. thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2006.
- [22] Sorensen J N. Use of the N_{min} method for optimization of vegetable nitrogen nutrition[J]. *Acta Hortic.*, 1993, 339: 179-192.
- [23] 刘明池, 小岛孝之, 田中宗浩, 陈杭. 亏缺灌溉对草莓生长和果实品质的影响[J]. *园艺学报*, 2001, 28(4): 307-311.
Liu M C, Kojima T, Tanaka M, Chen H. Effect of soil moisture on plant growth and fruit properties of strawberry[J]. *Acta Hortic. Sin.*, 2001, 28(4): 307-311.