

设施栽培与常规栽培绿茶香气的比较分析

余有本^a,金珊^a,张秀云^b,肖斌^a,巩雪峰^a
(西北农林科技大学^a茶叶研究所^b无公害农药研究中心,陕西杨凌712100)

【摘要】 **【目的】**了解设施栽培环境对绿茶香气的影响,为绿茶设施栽培方式的应用和推广提供理论依据。**【方法】**采用同时蒸馏萃取法(SDE法),提取设施栽培茶叶和常规栽培茶叶的挥发性物质进行GC/MS分析,参考相关文献及保留时间进行定性,并采用内标法对香气组分进行定量,采用密码审评法对2种茶样进行感官审评。**【结果】**共鉴定出57种香气成分,其中设施栽培茶叶51种,常规栽培茶叶43种;常规栽培茶叶的香气指数、香气总量分别是设施栽培茶叶的3倍和1.38倍;设施栽培茶叶含有较多的低沸点物质,但其芳香族化合物及萜烯类风味物质更为丰富和广泛。感官审评结果显示,设施栽培茶叶清香浓郁,常规栽培茶叶带有花香。**【结论】**2种茶叶香气物质的基本组成成分相似,但香气类型、香气物质的组成比例、香气指数、香气物质的总量和大多数香气组分的相对含量差异较大。

【关键词】 茶;设施栽培;常规栽培;香气物质;GC/MS分析

【中图分类号】 S571.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2008)08-0101-07

Comparative analysis of fragrance in green tea cultivated in greenhouse and out of greenhouse

YU You-ben^a,JIN Shan^a,ZHANG Xiu-yun^b,XIAO Bin^a,GONG Xue-feng^a
(*a Tea research institute ,b Research & Development Center of Biorational Pesticide ,Northwest A&F University ,Yangling ,Shaanxi 712100 ,China*)

Abstracts: 【Objective】 In order to offer reference to application and extension of tea greenhouse cultivation, this paper studied the effect of greenhouse cultivation on fragrance in green tea. **【Method】** Simultaneous Distillation and Extraction (SDE) were employed to extract the aromatic components of green tea in greenhouse and out of greenhouse. According to analysis of GC/MS,identification components by considering relative papers and Rentation Time,while calculation relative content of components by Internal Standard Method. And sensory test was made by password assessment. **【Result】** 57 components were found in two kinds of green tea,with 51 in green tea planted in greenhouse and 43 out of greenhouse,respectively; The flavour index and total aromatic contents in green tea cultivated out of greenhouse are 3 times and 1.38 times than green tea cultivated in greenhouse;more components of low boiling point were found in green tea cultivated in greenhouse,but more aromatic compounds and terpenoid components were detected in it. The results of sensory tasting showed that tea cultivated in greenhouse has strong refreshing fragrance and tea cultivated out of greenhouse has fragrance of flower. **【Conclusion】** The basic aromatic components in two kinds of tea were similar on the whole,while striking divergences were found in the aromatic types,ratio of aromatic types,flavour index,total aromatic content and relative contents of almost aromatic compo-

* [收稿日期] 2007-12-19
[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2005C129);杨凌农业科技推广专项基金项目(YLTG2006-4)
[作者简介] 余有本(1974—),男,安徽金寨人,讲师,博士,主要从事茶树育种及生物技术研究。E-mail:yyben@163.com

nents.

Key words: tea;cultivating in greenhouse;cultivating out of greenhouse;aromatic components;GC/MS analysis

设施茶树栽培是近几年兴起的一种新的茶树栽培管理模式,能够提早名优茶开采时间,可使春茶开采期比常规栽培茶园提早 10~30 d,从而有效避免霜冻和“倒春寒”对茶树萌动新梢造成的伤害,大幅提高经济效益^[1-4]。茶叶香气是反映茶叶品质优劣的一个重要指标,目前国内外对设施栽培环境下茶叶品质的研究尚属空白。为此,本研究采用同时蒸馏萃取法(SDE 法),分别提取设施栽培和常规栽培茶叶的挥发性成分,并进行了 GC/MS 分析,探讨了设施栽培环境对绿茶香气的影响,以期为茶园的设施栽培管理提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

设施栽培茶叶和常规栽培茶叶(对照)鲜叶均采自陕西省汉中市西乡县西北农林科技大学茶叶科技示范基地,为春季开采后的第一批茶(设施栽培茶叶早于常规栽培茶叶 15 d 采摘),按一芽二叶标准采摘,品种为菊花春。2 种茶叶经同种工艺加工而成炒青绿茶,加工工艺为:鲜叶→摊青→杀青→揉捻→烘干,置 4 ℃冰箱中保存备用。设施茶园栽培管理条件为:温度 15~25 ℃,最高不超过 30 ℃,最低不低于 8 ℃;相对湿度白天为 65%~75%,夜间为 80%左右。

1.2 试验方法

1.2.1 茶叶精油的提取 采用改良的 SDE 装置,在 2 000 mL 圆底烧瓶中放入磨碎茶样 25 g,加入沸腾蒸馏水 500 mL,加热保持微沸蒸馏。另一端,向 250 mL 萃取瓶中加入预先精制过的乙醚 50 mL,45 ℃水浴,回流萃取 1 h。乙醚萃取液中加无水硫酸钠脱水(过夜)后,过滤。滤液中加入 1.74 μg/mL 的癸酸乙酯(内标)乙醚溶液 1 mL,混匀后于(39±2) ℃条件下常压浓缩至小体积(<2 mL),转移于 2 mL 磨口样品管中,密封冷冻保存,供 GC/MS 分析用。分析时用氮气浓缩至约 100 μL。

1.2.2 茶叶精油的 GC/MS 分析 采用 Thermo Trace DSQ 气质联用仪进行分析。GC 条件:DB217MS(30 m×0.25 mm×0.250 μm)弹性石英毛细管柱,程序升温 40 ℃,保持 2.5 min,以 6 ℃/min 升至 230 ℃,保持 5 min;进样口温度 220

℃,传输线 230 ℃;载气为氦气,流速 1.0 mL/min;分流比 50:1,进样量 1.0 μL。MS 条件:EI 源,70 eV;离子源温度 250 ℃,质量扫描范围 35~400 amu;发射电流 100 μA,检测电压 1.4 kV。

1.2.3 茶叶香气成分的定性和定量检测 茶叶精油经 GC/MS 分析,利用随机 Xcalibur 工作站 NIST2002 标准谱库自动检索各组分,同时结合相对保留时间,参考文献[5-8]数据进行定性,根据各化合物峰面积与内标峰(保留时间为 20.64 min)面积之比计算香气成分的相对含量。香气指数按下式^[9]计算:

香气指数=芳樟醇之后的高沸点香气总量/芳樟醇之前的低沸点香气总量。

1.2.4 茶叶的感观审评 采用密码审评法^[10]对 2 种茶样进行感观审评。

2 结果与分 析

2.1 不同栽培条件下茶叶主要香气物质的组成

2 种茶叶香气的 GC/MS 分析结果见图 1,由对照标准谱库及文献[5-8]可知,从 2 种茶叶中共分离鉴定出 57 种香气组分(表 1),其中从设施栽培茶叶中检出 51 种组分,从常规栽培茶叶中检出 43 种组分。从各组分含量来看,设施栽培茶叶主要香气成分为正己醛、乙苯、庚醛、香叶醇、6-乙基-4 氢-2,2,6-三甲基-2 氢-吡喃-3-醇、橙花醇、丁香烯、癸酸甲酯、己酸-顺-3-己酸酯、己酸环己酯、库贝醇、1,2,4α,5,8,8α-六氢-4,7-二甲基-1-异丙基萘、胡萝卜醇、tau-杉木醇、邻苯二甲酸二异丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、植醇、三十碳六烯等,这些化合物是设施栽培茶叶的基础赋香物。常规栽培茶叶的主要香气成分有 3-萜烯、香叶醇、6-乙基-4 氢-2,2,6-三甲基-2 氢-吡喃-3-醇、顺-4-甲基-3-环己烯-1-醇、橙花醇、癸酸甲酯、2,6,10,15-四甲基-十七烷、库贝醇、1,2,4α,5,8,8α-六氢-4,7-二甲基-1-异丙基萘、橙花叔醇、胡萝卜醇、tau-杉木醇、2-甲基-十七烷、邻苯二甲酸二异丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、植醇、邻苯二甲酸双十三烷基酯、三十一烷等,这十几种化合物是常规栽培茶叶的基础赋香物质。比较 2 种茶叶的基础赋香物质可以看出,在 2 种不同栽培条件下,茶叶香气的基本组成成分差异不大。

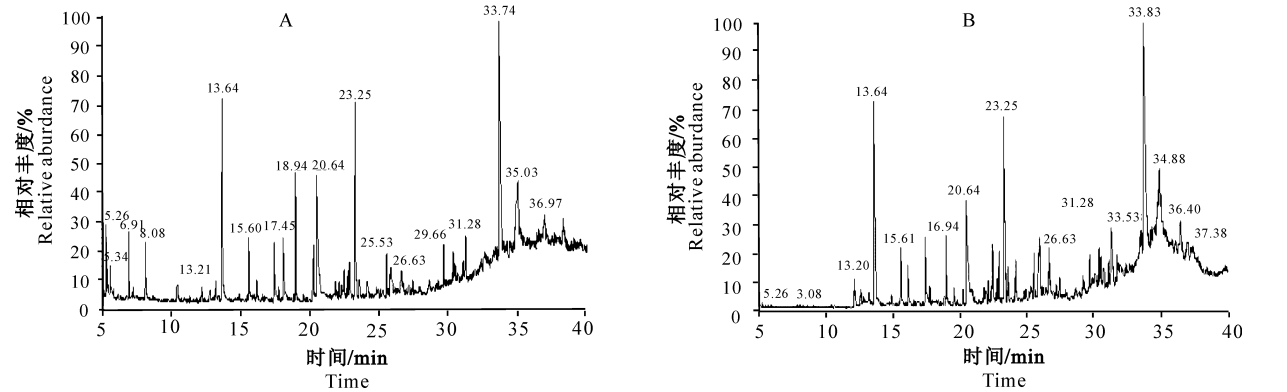


图 1 2 种栽培条件下茶叶香气的总离子流图

A. 设施栽培;B. 常规栽培

Fig.1 Total ion chromatogram of the essential oil in tea cultivating in greenhouse and out of greenhouse

A. Tea cultivating in greenhouse;B. Tea cultivaring out of greenhouse

表 1 2 种栽培条件下茶叶香气的组分及含量比较

Table 1 Aromatic components and relative contents of Tea cultivating in and out of greenhouse

编号 No.	保留时间/min Rentation time	香气成分 Aromatic components	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content	
				设施栽培 In greenhouse	常规栽培 Out of greenhouse
1	5.34	正己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	0.33	痕量 Trace
2	5.43	1,2-二甲基环己烷 Cyclohexane, 1,2-dimethyl-	C ₈ H ₁₆	0.07	—
3	6.91	乙苯 Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	0.50	—
4	7.21	邻二甲苯 o-Xylene	C ₈ H ₁₀	0.07	—
5	8.08	庚醛 Heptanal	C ₇ H ₁₄ O	0.41	痕量 Trace
6	12.2	5,7-二甲基十一烷 Undecane, 5,7-dimethyl-	C ₁₁ H ₂₄	0.04	—
7	12.29	3-蒎烯 3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	0.14	0.35
8	12.67	罗勒烯 Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	0.04	0.25
9	12.78	顺-氧化芳樟醇 Cis-Linalool oxide (Cis,furanoid)	C ₁₀ H ₁₈ O	0.07	0.22
10	13.21	芳樟醇 Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O	0.13	0.22
11	13.64	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇(香叶醇) 1,6-Octadien-3-ol,3,7-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O	1.70	2.28
12	15.61	6-乙基-4 氢-2,2,6-三甲基-2 氢-吡喃-3-醇 2H-Pyran-3-ol,6-ethenyltetrahydro-2,2,6-trimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	0.55	0.61
13	16.15	顺-4-甲基-3-环己烯-1-醇 3-Cyclohexene-1-methanol,â,â4-trimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O	0.25	0.44
14	16.57	2-甲基戊酸甲酯 Pentanoic acid,2-methyl-, methyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.05	—
15	17.45	橙花醇 Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.50	0.76
16	17.74	十五烷 Pentadecene	C ₁₅ H ₃₂	0.09	0.17
17	18.21	丁香烯 Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0.57	—
18	18.94	癸酸甲酯 Decanoic acid, methyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	0.99	0.78
19	19.51	α-蒎烯茄油烯(α-枯贝烯) α-Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	0.07	0.21
20	20.21	己酸-顺-3-己酸酯 Hexanoic acid, 3-hexenyl ester, (Z)-	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	0.36	0.18
21	20.32	己酸环己酯 Hexanoic acid, cyclohexyl ester	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	0.34	—
22	20.71	顺-茉莉酮 Cis-Jasmone	C ₁₁ H ₁₆ O	—	0.14
23	21.74	2-十六烷醇 2-Hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ O	0.03	—
24	21.81	β-倍半水芹烯 β-Sequiphellanerene	C ₁₅ H ₂₄	0.13	0.21
25	21.92	2,6,10-三甲基十五烷 Pentadecane,2,6,10-trimethyl-	C ₁₈ H ₃₈	0.05	0.15
26	22.28	1,2,4a,5,8,8a-六氢-4,7-二甲基-1-异丙基萘 thalene,1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1- (1-methylethyl)-,[1S-(1â,4aâ,8aâ)]-	C ₁₅ H ₂₄	0.04	0.09
27	22.40	十七烷 Heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	0.08	0.17
28	22.46	2,6,10,15-四甲基-十七烷 Heptadecane,2,6,10,15-tetramethyl-	C ₂₁ H ₄₄	0.20	0.59

续表 1 Continued table 1

编号 No.	保留时间/min Rentation time	香气成分 Aromatic components	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content	
				设施栽培 In greenhouse	常规栽培 Out of greenhouse
29	22. 65	十六烷 Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	0. 10	0. 08
30	22. 76	杜松二烯 (＋)-Epi-bicyclosquiphellandrene	C ₁₅ H ₂₄	0. 20	0. 25
31	22. 89	库贝醇 Cubenol	C ₁₅ H ₂₆ O	0. 38	0. 51
32	23. 25	1, 2, 4a, 5, 8, 8a-六氢-4, 7-二甲基-1-异丙基萘 Naphthalene, 1, 2, 4a, 5, 8, 8a-hexahydro-4, 7-dimethyl- 1-(1-methylethyl)-, [1S-(1a, 4aā, 8aā)]-	C ₁₅ H ₂₄	1. 53	2. 19 low
33	23. 58	1, 2, 3, 4, 4a, 7-六氢 1, 6-二甲基-4-异丙基萘 Naphthalene, 1, 2, 3, 4, 4a, 7-hexahydro-1, 6-dimethyl-4- (1-methylethyl)-	C ₁₅ H ₂₄	0. 18	0. 21
34	24. 15	橙花叔醇 1, 6, 10-Dodecatrien-3-ol, 3, 7, 11-trimethyl-, (E)-	C ₁₅ H ₂₆ O	0. 18	0. 46
35	24. 92	十八烷 Octadecane	C ₁₈ H ₃₈	—	0. 16
36	25. 32	4-(1, 1, 3, 3-四甲基丁基)苯酚 Phenol, 4-(1, 1, 3, 3-tetramethylbutyl)-	C ₁₄ H ₂₂ O	0. 07	—
37	25. 53	胡萝卜醇 Carotol	C ₁₅ H ₂₆ O	0. 42	0. 56
38	25. 82	杜松醇 T tau-, Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	0. 12	—
39	25. 89	tau-杉木醇 tau-, Muurolol	C ₁₅ H ₂₆ O	0. 39	0. 70
40	26. 13	α-杜松醇 α-Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	0. 05	0. 12
41	26. 63	2-甲基-十七烷 Heptadecane, 2-methyl-	C ₁₈ H ₃₈	0. 13	0. 62
42	27. 95	2, 6-双-(1, 1-二甲基乙基)-4-甲基-苯酚 Phenol, 2, 6-bis(1, 1-dimethylethyl)-4-methyl-	C ₁₃ H ₂₀ O ₂	0. 07	—
43	29. 18	3, 7, 11, 15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇 3, 7, 11, 15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	C ₂₀ H ₄₀ O	—	0. 29
44	29. 66	邻苯二甲酸二异丁酯 1, 2-Benzenedicarboxylic acid, bis (2-methylpropyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0. 44	0. 46
45	30. 72	棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid, methyl ester	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	—	0. 23
46	31. 28	邻本二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0. 55	0. 84
47	31. 74	软脂酸 Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	—	0. 30
48	31. 84	十六碳酸乙酯 Hexadecanoic acid, ethyl ester	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	—	0. 24
49	32. 65	二十五烷 Pentacosane	C ₂₅ H ₅₂	0. 21	—
50	33. 53	亚麻酸, 2, 3-二羟基丙酯 9, 12, 15-Octadecatrienoic acid, 2, 3-dihydroxypropyl ester,	C ₂₁ H ₃₆ O ₄	0. 03	0. 34
51	33. 74	植醇 Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O	2. 57	—
	33. 83	植醇 Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O	—	5. 21
52	34. 88	邻苯二甲酸双十三烷基酯 1, 2-Benzenedicarboxylic acid, ditridecyl ester	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	0. 09	1. 38
53	35. 03	鲨烯(三十碳六烯)Squalene	C ₃₀ H ₅₀	0. 99	—
54	36. 40	三十一烷 Hentriacontane	C ₃₁ H ₆₄	—	0. 47
	36. 97	三十一烷 Hentriacontane	C ₃₁ H ₆₄	0. 24	—
55	37. 38	四十四烷 Tetratetracontane	C ₄₄ H ₉₀	0. 10	0. 21
56	38. 12	异戊酸香叶酯 Geranyl isovalerate	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	0. 05	0. 08
57	38. 39	角鲨烯 2, 6, 10, 14, 18, 22-Tetracosahexaene, 2, 6, 10, 15, 19, 23-hexamethyl-, (all-E)-	C ₃₀ H ₅₀	0. 32	—

注:“—”表示未检测到;“痕量”表示香气成分 GC/MS 色谱图中峰面积与内标(癸酸乙酯)峰面积的比值<0. 000 000 1。下表同。

Notes:“—”:this component hasn't been found;trace;The value referred to the ration of the component peak area to the internal standard (ethyi decanoate)peak area<0. 000 000 1. The following table is the same.

2.2 2 种栽培条件下茶叶香气物质的构成特征

从表 1 可以看出,2 种茶叶中含量相当的香气组分有 6-乙基-4 氢-2,2,6-三甲基-2 氢-吡喃-3-醇、胡萝卜醇、邻苯二甲酸二异丁酯、癸酸甲酯、1,2,3, 4,4α,7-六氢 1,6-二甲基-4-异丙基萘、十六烷、杜松二烯、β-倍半水芹萜烯和氧化芳樟醇Ⅱ,除此之外的大部分香气成分的含量差异较大。其中,常规栽培茶叶中邻苯二甲酸双十三烷基酯、亚麻酸,2,3-二羟

基丙酯、罗勒烯、2-甲基-十七烷、顺-氧化芳樟醇、2, 6,10-三甲基十五烷、α-枯贝烯、2,6,10,15-四甲基-十七烷、橙花叔醇、植醇和 3-萜烯的含量分别是设施栽培茶叶的 15. 33,11. 33,6. 25,4. 77,3. 14,3. 3, 2. 95,2. 56,2. 03 和 2. 5 倍,而常规栽培茶叶中的顺-茉莉酮、十八烷、3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇、棕榈酸甲酯、软脂酸和十六碳酸乙酯在设施栽培茶叶里未检出;设施栽培茶叶中已酸-顺-3-己酸酯的

含量是常规栽培茶叶的 2 倍,而 1,2-二甲基环已烷、乙苯、邻二甲苯、5,7-二甲基十一烷、2-甲基戊酸甲酯、丁香烯、己酸环已酯、2-十六烷醇、杜松醇 T、4-(1,1,3,3-四甲基丁基)苯酚、二十五烷、2,6-双-(1,1-二甲基乙基)-4-甲基-苯酚、三十碳六烯、角鲨烯在常规栽培茶叶中未检出,正己醛和庚醛在常规栽培茶叶中含量很少(痕量)。从香气物质的构成类型(表 2)看,2 种茶叶均以碳氢化合物、醇类、酯类、醛类物质为主。设施栽培茶叶,中酯类、醇类、碳氢类、醛类、酚类物质的组成比例为 1 : 2.53 : 2.10 : 0.26 : 0.05,常规栽培茶叶约为 1 : 2.73 : 1.41 : 0.03 : 0.07。从 2 种茶叶香气物质组分的数量分布

来看,主要是碳氢类化合物存在差异,设施栽培茶叶中检出的碳氢类化合物的组分数量比常规栽培多 7 种(包括 2 个烷烃类化合物、2 个芳香族化合物和 3 个烯萜类化合物);其他香气类型组分的数量分布基本相同。2 种茶叶碳氢化合物的含量相当,其他化合物含量差异较大,常规栽培茶叶的醇类物质、酯类物质总量分别是设施栽培茶叶的 1.69 和 1.56 倍。从香气总量上看,常规栽培茶叶是设施栽培茶叶的 1.38 倍。结果表明,设施栽培环境对茶叶香气的影响主要表现在香气总量、组分类型的组成比例和各类组分的相对含量上。

表 2 设施栽培茶叶和常规栽培茶叶香气类型的比较

Table 2 Types of aromatic components of green tea in and out of greenhouse

香气类型 Kinds of aroma	设施栽培茶叶 Tea cultivating in greenhouse				常规栽培茶叶 Tea cultivating out of greenhouse			
	含量 Content	各类型香气物质 含量所占百分比/% Contents percentage of each kind of compounds	组分 数量 Number	各类型香气 物质组分数量 所占百分比/% Numbers percentage of each kind of compounds	含量 Content	各类型香气 物质含量 所占百分比/% Contents percentage of each kind of compounds	组分 数量 Number	各类型香气 物质组分数量 所占百分比/% Numbers percentage of each kind of compounds
酯类 Esters	2.90	16.85	9	17.65	4.53	19.09	9	20.93
醇类 Alcohols	7.34	42.65	14	27.45	12.38	52.17	13	30.23
碳氢类 Hydrocarbons	6.09	35.39	24	47.06	6.38	26.89	17	39.53
酮类 Ketones	—	—	—	—	0.14	0.59	1	2.33
醛类 Aldehydes	0.74	4.30	2	3.92	痕量 Trace	0.00	2	4.65
酸类 Acids	—	—	—	—	0.3	1.26	1	2.33
酚类 Phenols	0.14	0.81	2	3.92	—	—	—	—
香气总量 Total	17.21	100	51	100	23.73	100	43	100

香气指数值常用于评判茶叶香气品质的优劣,其数值与香气品质呈正相关^[9]。与常规栽培相比,设施栽培茶叶的低沸点香气成分数量明显增多,高沸点香气成分的数量相差不大。常规栽培和设施栽培茶叶的香气指数分别为 27.94 和 9.30,常规栽培茶叶是设施栽培的 3 倍。

2.3 2 种栽培条件下茶叶的感官审评

要全面分析茶叶香气,就必须进行香气的感官

审评,应通过宏观人体嗅觉感官对茶叶香气特征进行鉴定,即茶叶特征香气的鉴定必须以人体嗅觉感官分析为基础^[11-12]。表 3 为 2 种茶叶感官审评的结果。可以看出,2 种茶叶香气都比较持久,设施栽培茶叶清香浓郁,常规栽培茶叶清香持久并略带花香。正己醛、1,2-二甲基环已烷、乙苯、邻二甲苯等低沸点香气组分是形成茶叶清香的主要物质,而常规栽培茶叶略带花香是高沸点香气物质所致。

表 3 设施栽培茶叶和常规栽培茶叶的感官审评结果

Table 3 Results of sensory tasting of tea cultivating in and out of greenhouse

供试样品 Sample	汤色 Liquar	香气 Aroma	滋味 Taste	叶底 Infused leaves
设施栽培茶叶 Tea cultivating in green- house	浅绿明亮 Light green and bright	清香浓郁,较持久 Strong refreshing fragrance, lasting	鲜醇爽口回甘 Refresh, soft and lightly sweet later	嫩绿明亮 Tender green and bright
常规栽培茶叶 Tea cultivating out of greenhouse	黄绿明亮 Yellowish green and bright	清香持久,带花香 Refreshing fragrance is lasting, with flower fragrance	浓醇 Strong and pure	嫩黄绿明亮 Green with tender yellow and bright

3 讨 论

3.1 茶叶香气物质的组成

绿茶香气物质包括碳氢化合物、醇类、酮类、酸类、醛类、酯类、内酯类、酚类、过氧化合物、含硫化合物和含氮化合物等,涉及脂肪类衍生物、萜烯类衍生物、芳香族衍生物和含氮或氧杂环类化合物,其特征香气成分有顺-3-己烯醇(又称青叶醇)、反-2-己烯醛(又称青叶醛)、紫罗酮、顺茉莉酮、橙花叔醇、芳樟醇、香叶醇、苯乙醛、苯甲醛、苯甲醇、吲哚和喹啉等化合物^[13-15]。本研究设施栽培茶叶香气成分涉及醇、酯、碳氢化合物、酚和醛,其中特征香气成分有橙花叔醇、顺-氧化芳樟醇、芳樟醇、香叶醇、丁香烯等;常规栽培茶叶香气成分涉及醇、酯、碳氢化合物、酸、醛和酮,其中特征香气成分有顺-茉莉酮、橙花叔醇、顺-氧化芳樟醇、芳樟醇和香叶醇等。本研究结果显示,2 种不同栽培管理方式下生长的茶叶,在香气物质组分类型和特征香气成分的组成上均存在差异,但差异不大;设施栽培茶叶低沸点香气成分种类较多,而高沸点香气成分的种类与常规栽培茶叶相当,低沸点的香气成分是组成绿茶清香的主要成分,这与感官审评结果一致。其原因可能是设施栽培高的温高湿环境有利于茶树体内低沸点赋香物质的积累。

另外,由儿茶素氧化引起的 β -胡萝卜素等氧化、降解可以生成 β -紫罗酮及相关结构的香气化合物^[16]。紫罗酮是茶叶的重要香气成分,对茶叶香气影响较大,尤其是其 β 体在绿茶中含量较高,其进一步氧化生成的产物包括二氢海葵内酯、茶螺烯酮、5,-环氧紫罗酮、2,2,6-三甲基环己酮和 2,2,6-三甲基-6-羟基环己酮等。本试验只从常规栽培茶叶中鉴定出一种酮类化合物——顺茉莉酮,而未从设施栽培茶叶中鉴定出相关结构的香气物质,这可能是由于大棚的生长环境阻碍或影响了 β -胡萝卜素等前体物质的氧化、降解所致,国内外对此没有相关报道,其真正原因还需进一步深入研究。

3.2 茶叶香气物质的构成特征

本研究结果表明,常规栽培茶叶的香气总量和主要香气成分的相对含量均高于设施栽培茶叶,但设施栽培茶叶的芳香族化合物和萜烯类物质的存在更为丰富和广泛。这种含量之间明显的差异和香气物质丰富度的不同可能是由于在冬春季的生长过程中,棚内和棚外的温度、湿度、光照条件、昼夜温差等栽培环境的不同造成的,具体形成原因和其对香气

品质的影响还有待进一步研究。

从茶叶香气指数上看,常规栽培茶叶品质优于设施栽培;从茶叶香气类型的组成比例看,设施栽培茶叶酯类、醇类、碳氢类、醛类、酚类物质的组成比例约为 1 : 2.53 : 2.10 : 0.26 : 0.05,常规栽培茶叶约为 1 : 2.73 : 1.41 : 0.03 : 0.07。虽然茶叶香气指数和香叶醇、芳樟醇及其氧化物、丁香烯、法呢烯、橙花叔醇等香气物质的含量在一定程度上决定了茶叶的香气品质^[15],但茶叶香气组分之间不同的相对配比才是形成各自不同香气特点的主要原因,只有弄清各香气组分的发香值及相互配比与香型间的对应关系,才能真正揭示二者香型之间的差异。

致谢:本研究得到了西北农林科技大学茶学实验室周天山老师、园艺学院实验室任淑芳、张军科、王荣花和丁勤等老师及测试中心的刘拉平老师的帮助,在此表示衷心的感谢!

[参考文献]

[1] 许允文,韩文炎,徐亚梅,等. 塑料棚对茶园温湿度变化及名优茶生产的影响 [J]. 中国茶叶,1995,17(3): 9-11.
Xu Y W, Han W Y, Xu Y M, et al. The effects of greenhouse on the production of famous tea and the variation of temperature and humidity in tea garden [J]. Journal of China Tea, 1995,17(3):9-11. (in Chinese)

[2] 黄寿波,许允文,俞忠伟,等. 塑料大棚茶园微气象特征与龙井茶生产 [J]. 浙江林学院学报,1997,14(1):58-66.
Huang S B, Xu Y W, Yu Z W, et al. Relationship between the environmental characteristics in greenhouse and Longji tea production [J]. Journal of Zhejiang Forestry College,1997,14(1): 58-66. (in Chinese)

[3] 徐乾治,江伯连. 大棚茶园效益研究 [J]. 茶叶,1995,21(3):25-27.
Xu Q Z, Jiang B L. Study on benefits of tea garden in greenhouse [J]. Tea,1995,21(3):25-27. (in Chinese)

[4] 郭见早,张志军,李锡钰. 塑料大棚茶园经济效益分析 [J]. 中国茶叶,2000(5):40.
Guo J Z, Zhang Z J, Li X Y. Analysis on economic effect of tea garden in greenhouse [J]. Journal of China Tea,2000(5):40. (in Chinese)

[5] 刘拉平,史亚歌,张瑞明,等. 午子绿茶香气物质固相微萃取 GC-MS 分析 [J]. 西北植物学报,2007,27(2):371-376.
Liu L P, Shi Y G, Zhang R M, et al. Analysis of aromatic components in Wuzi green tea by SPME/ GC/ MS [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2007, 27 (2): 371-376. (in Chinese)

[6] 李拥军,施兆鹏. 炒青和烘青绿茶香气的对比分析 [J]. 食品科学,2001(11):65-67.
Li Y J, Shi Z P. Comparable analysis of aromatic components in roasted and baked green tea [J]. Journal of Food Science,2001 (11):65-67. (in Chinese)

[7] 安秋荣,郭志峰. 绿茶挥发性成分的 GC-MS 分析 [J]. 河北大学学报:自然科学版,1997(3):34-38.
An Q R,Guo Z F. GC-MS Analysis of volatile compounds in thea irdis [J]. Journal of Hebei University: Natural Science Edition,1997(3):34-38. (in Chinese)

[8] 霍权恭,杨 京,刘钟栋,等. 信阳毛尖茶叶挥发性成分 GC-MS 分析 [J]. 中国农学通报,2005,21(7):108-110.
Huo Q G, Yang J, Liu Z D, et al. Analysis of volatile components from Xinyang Maojian tea by GC/MS [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2005,21(07):108-110. (in Chinese)

[9] Owuor P O,Othieno C O,Howard G E,et al. Studies on the use of shade in tea plantations in Kenya:effects on the chemical composition and quality of CTC black tea [J]. J Sci Food Agric,1988,46:63-70.

[10] 陆松侯,施兆鹏. 茶叶审评与检验 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2001:166-171.
Lu S H, Shi Z P. Tea evaluation and test [M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press,2001:166-171. (in Chinese)

[11] 李 华. 葡萄与葡萄酒研究进展 [C]//葡萄酒学院年报. 西安:陕西人民出版社,2001:92-95.
Li H. Research progresses on grape and wine [C]//Annual Report of College of Enology. Xi'an:Shaanxi People's Press, 2001:92-95. (in Chinese)

[12] 涂正顺,李 华,王 华,等. 猕猴桃果实采后香气成分的变化 [J]. 园艺学报,2001,28(6):512-516.
Tu Z S, Li H, Wang H, et al. The changes of aroma components in Kiwifruit after harvest [J]. Acta Horticulturae Sinica,2001,28(6):512-516. (in Chinese)

[13] 宛晓春,黄继铨,沈生荣. 茶叶生物化学 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2003:451.
Wang X C, Huang J Z, Shen S R. Biochemistry of tea[M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press,2003:451. (in Chinese)

[14] 谭月萍,黄建安,刘仲华. 绿茶香气组成及其在加工中变化研究进展 [J]. 茶叶通讯,2006,33(1):35-38.
Tan Y P, Huang J A, Liu Z H. Advances in green tea aroma components and their variation during tea processing [J]. Tea Communication,2006,33(1):35-38. (in Chinese)

[15] 张 超,卢 艳,李冀新,等. 茶叶香气成分以及香气形成机理的研究进展 [J]. 福建茶叶,2005(3):17-19.
Zhang C, Lu Y, Li J X, et al. Research progress of tea aromatic components and formation mechanisms [J]. Tea in Fujian, 2005(3):17-19. (in Chinese)

[16] Sanderson G W, Graham H N. The formation of black tea aroma [J]. Agr Food Chem,1973(21):576-585.

(上接第 100 页)

[12] 陈荣江,朱明哲,孙长法. 棉花新品种产量品质性状的综合评价及聚类分析 [J]. 西北农业学报,2007,16(4):264-268.
Chen R J, Zhu M Z, Sun C F. Synthetic evaluation and cluster analysis on yield and qual ity characters of new cotton varieties [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2007, 16(4):264-268. (in Chinese)

[13] 陈荣江,孙长发,朱明哲. 河南棉花纤维品质的生态分布及聚类分析 [J]. 吉林农业大学学报,2007,29(5):478-482.
Chen R J, Sun C F, Zhu M Z. Ecological distribution and clustering analysis of cotton fiber quality in he'nan province [J]. Journal of Jilin Agricultural University,2007,29(5):478-482. (in Chinese)

[14] 薛富波,张文彤,田晓燕. SAS8. 2 统计应用教程[M]. 北京:北京希望电子出版社,2004:293-345.
Xue F B, Zhang W T, Tian X Y. SAS8. 2 Statistics application course [M]. Beijing: Beijing Hope Electronics Press, 2004: 293-345. (in Chinese)

[15] 陈桂明,戚红雨,潘 伟. MATLAB 数理统计(6. X)[M]. 北京:科学出版社,2002:189-198.
Chen G M, Qi H Y, Pan W. MATLAB Statistics(6. X)[M]. Beijing: Science Press,2002:189-198. (in Chinese)