

# 套袋对‘金世纪’苹果果实香气品质的影响

陶茹,樊淼淼,张天皓,孙鲁龙,高华\*

(西北农林科技大学园艺学院,陕西杨凌 712100)

**摘要:**比较分析套袋对‘金世纪’苹果果实品质的影响,为其在陕西渭北地区的栽植提供理论依据。分别测定套袋与不套袋果实基本品质和香气成分。结果表明:套袋后‘金世纪’果实亮度显著提高了6.16%,果实固酸比增加了11.74%;‘金世纪’果实黄蓝值显著降低34.54%,可溶性固形物含量降低10.70%,可滴定酸含量降低17.65%,维生素C含量降低18.58%,花青苷含量降低69.06%;套袋显著降低了果实香气物质种类和总含量,显著降低了酯类、醛类、醇类化合物含量。套袋对‘金世纪’苹果外观质量有所改善,显著降低了果实内在品质、香气物质总含量及种类显著降低。

**关键词:**苹果;套袋;品质;香气

文章编号:2096-8108(2021)01-0022-06 中图分类号:S661.1 文献标识码:A

DOI:10.16010/j.cnki.14-1127/s.2021.01.006

## Effect of Bagging on the Aroma Quality of ‘Jinshiji’ Apple Fruit

TAO Ru, FAN Miaomiao, ZHANG Tianhao, SUN Lulong, GAO Hua\*

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** A comparative analysis of the impact of bagging on the fruit quality of the ‘Jinshiji’ apple provides a theoretical basis for its planting in the Weibei area of Shaanxi. The basic fruit quality and aroma components were determined. The results showed that bagging significantly increased the brightness of the ‘Jinshiji’ fruit by 6.16%, and the solid—acid ratio of the fruit was 11.74%; which significantly reduced the yellow—blue value of the ‘Jinshiji’ fruit by 34.54%. The soluble solid content was 10.70%, and the titratable acid content was 17.65%. The Vc content was 18.58% and the anthocyanin content was 69.06%. The bagging significantly reduced the types and total content of fruit aroma substances, and significantly reduced the content of esters, aldehydes, and alcohol compounds. Bagging could improve the appearance quality of ‘Jinshiji’ apples, significantly reduce the internal quality of the fruit and the total content and types of aroma substances.

**Keywords:** apple; bagging; quality; aroma

苹果是我国主要栽培果树之一<sup>[1]</sup>,其富含丰富的糖酸类、维生素等人体所需的营养成分<sup>[2]</sup>,苹果产业已成为陕西现代农业和增加农民经济的支柱产业之一<sup>[3]</sup>。

苹果套袋为生产中常见的栽培措施,套袋后,果袋内的温、光、水等构成的微域小环境,为果实提供良好的发育条件,避免了外界环境和机械操作对果实的影响<sup>[4]</sup>。套袋可提高果实果面光洁度,减少果面锈点,增加果实外观品质等<sup>[5]</sup>。王贵平<sup>[6]</sup>等研究发现,苹果全树套袋后,对树体造成一定程度上的遮挡,果园散射透过率(TD)、直射透过率(TR)有所降低,但增加了叶分布(LD),果园的光环境因套袋而

产生一定的负面影响,改变果实物质的代谢途径,这可能是套袋果实风味改变的一个原因。冯建文<sup>[7]</sup>等研究表明,在贵州高海拔地区,套袋促进‘天红2号’和‘王林’苹果果实着红色、增加果面亮度,但降低苹果果形指数、可溶性固形物等的含量。梅闯<sup>[8]</sup>等研究发现,在阿克苏地区,套袋降低‘富士’果实可溶性总糖、维生素C含量,对果实的单果重、硬度、果形指数影响不大,各果实品质指标变化程度不一。

陕西渭北处于黄土高原中心地带,为全国最大苹果优生区,该区苹果果实艳丽,硬度大,糖分等含量高<sup>[9]</sup>。‘金世纪’是西北农林科技大学2009年选育的苹果新品种,已在陕西渭北地区大面积推广种

收稿日期:2020-10-20

基金项目:陕西省科技重大专项 S2020-ZDZX-PGZX-0007;国家苹果产业技术体系(CARS-27)

第一作者简介:陶茹(1995—),女,在读硕士研究生,主要从事苹果育种和研究。电话:18191638821;E-mail:361030839@qq.com

\*通讯作者:高华(1970—),男,研究员,硕士生导师,主要从事苹果育种的研究。电话:15332347161;E-mail:gaohua2378@163.com

植<sup>[10]</sup>。关于该品种套袋对果实糖、酸、香气物质等品质的研究较少。本研究深入探究套袋对‘金世纪’苹果果实品质的影响,分析套袋对‘金世纪’苹果果实套中糖、酸、香气等风味物质含量和种类的影响,为陕西渭北地区‘金世纪’苹果无袋化栽植提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验于 2019 年在陕西省白水 县西北农林科技大学苹果试验站(109°16'E, 35°4'N)进行,海拔 1100 m 左右,属暖温带半湿润大陆性季风气候,年均气温 9.2℃,年均降水量 622 mm。试验树的立地条件、管理水平、生长势均一致。

### 1.2 试验材料

选取 9 年生 M26 自根砧栽培的‘金世纪’苹果树 3 株,单株小区,试验重复 3 次。于盛花期 50 d 左右(2019 年 6 月 1 日)在树体不同部位选取果实进行套袋(纸袋规格一致)处理套袋多少果,不套袋果实作为对照不套多少果。于果实成熟期(2019 年 8 月 14 日)在每棵树东西南北不同部位均匀采摘 10 个果实,每个处理共采摘 30 个果实。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 基本指标测定方法

单果重:用精度为 0.1 g 的电子天平称量;

果形指数:用游标卡尺测量果实纵径和横径,求其比值;

果实硬度:用 GS-15 型水果质地分析仪测定;

果实色泽参数:用 Minolta CR-400 型色差计测定,测量果面的 L\*、a\*、b\*(L 表示果皮亮度,a 表示果皮红绿色度,b 表示果皮黄蓝色度)值;

可溶性固形物:用手持日产 ATAGO 数显糖度仪测定;

可滴定酸:用 GMK-835F 型苹果酸度计测定;

还原性糖:蒽酮比色法测定;

花青苷含量:分光光度计测定;

维生素 C 含量:钼蓝比色法测定

#### 1.3.2 香气物质测定方法

应用顶空固相微萃取法提取果实的香气成分,参照邓瑞<sup>[11]</sup>的方法,并稍做改动。用研磨机将冻好的果肉磨成粉末。将 1 g NaCl、5 g 果肉、10 μL 内标物(3-壬酮)加入 50 mL 样品瓶中,锡箔纸封口加盖后放置在磁力搅拌加热板上平衡 10 min。将萃取头插入已平衡好的样品瓶中进行吸附 40 min 后,插入 250℃的 GC 进样口,解吸 2.5 min 后,取出萃取头。果实挥发性成分用 GC-MSQP-2010 气相色谱-质谱联用仪测定。

#### 1.3.3 香气物质定性与定量

未知化合物质谱图经计算机检索同时与 NIST05 质谱库相匹配,确认各种香气成分,以 3-壬酮为内标进行定量。

香气组分含量( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = [各组分的峰面积/内标的峰面积 × 内标浓度( $\mu\text{L} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) × 10  $\mu\text{L}$ ]/样品量(g);每个处理设置 3 次重复。

香气值(Uo) = 某香气成分的含量/香气阈值。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2019 和 SPSS21.0 软件进行相关实验数据的处理和作图,Duncan's 统计法计算各处理间显著性分析  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 对果实外观品质的影响

由表 1 可知,与对照相比,套袋后‘金世纪’苹果果皮亮度显著提高了 6.16%,果皮蓝色度显著降低了 34.54%,未显著改变果实单果重、果形指数、硬度和果皮红绿色度。

表 1 套袋对‘金世纪’果实外在品质的影响

处理	单果重/g	果形指数	硬度/Kg·cm <sup>-2</sup>	色泽参数		
				L*	a*	b*
套袋	188.25±3.07a	0.82±0.01a	7.59±0.17a	66.85±0.93a	19.53±0.50a	19.84±0.68b
对照	207.10±2.25a	0.84±0.01a	7.64±0.16a	62.97±1.23b	15.56±0.40a	30.31±0.70a

注:数据来自 3 个独立生物学重复的平均值±标准误差表,不同小写字母表示差异显著水平( $P < 0.05$ ),下同。

### 2.2 对果实内在品质的影响

#### 2.2.1 对果实糖、酸等物质含量的影响

由表 2 可知,与对照相比,‘金世纪’苹果套袋后,果实固酸比显著增加了 11.74%,可溶性固形物

含量显著降低了 10.70%,可滴定酸含量降低了 17.65%,果皮花青苷含量降低了 69.06%,果实维生素 C 含量降低了 18.58%,对果实还原糖含量影响不显著。

表2 套袋对‘金世纪’果实内在品质的影响

处理	可溶性固形物/%	可滴定酸/%	固酸比	还原糖/(mg/100g)	花青苷/(mg/100 g)	维生素 C/(mg/100 g)
套袋	12.19±0.16b	0.28±0.01b	45.30±1.91a	4.93±0.14a	10.51±0.58b	6.66±0.33b
对照	13.65±0.18a	0.34±0.01a	40.54±1.03b	4.98±0.22a	33.97±0.17a	8.18±0.18a

## 2.2.2 对果实香气物质及含量的影响

由表3可知,‘金世纪’苹果香气成分主要由酯类、醛类、醇类及个别其他类构成,其中酯类和醛类占比相对来说较高,主要有:乙酸己酯、乙酸丁酯、异戊酸己酯、2-甲基-1-丁基乙酸酯、丁酸己酯、2-己烯醛、正己醛等。

套袋‘金世纪’果实中共检测出香气物质28种,套袋减少了‘金世纪’苹果的个别香气成分,套袋果实香气成分中其他类的相对质量分数低于对照,而酯类、醛类、醇类的相对质量分数高于对照,套袋抑制了酸类和酮类化合物的合成。3-甲基-丁酸戊酯、5-烯己酯、叶醇、3-辛烯-2-醇、反式2-甲基环戊醇5种化合物在不套袋果实中未检测到,在套袋果实中占相对含量的1.88%。不套袋‘金世纪’果实中检测到35种香气成分,丁酸异戊酯、丁酸

戊酯、2-甲基丁酸戊酯、己酸丁酯、2-甲基丁基己酸酯、2-甲基丁酸2-甲基丁酯、辛酸己酯、正辛醛、(E,E)-2,4-庚二烯醛、(Z)-2-庚烯醛、顺式-3-己烯酸、1-辛烯-3-酮12种化合物在套袋果实中未检测到,在不套袋果实中占相对含量的7.69%。

套袋后,‘金世纪’果实中2-甲基-1-丁基乙酸酯、乙酸己酯、乙酸丁酯、2-己烯醛等化合物相对含量分别显著提高了75.45%、61.87%、30.06%、27.85%;果实中己酸己酯、丁酸己酯、异戊酸己酯、草蒿脑等化合物相对含量分别显著降低了81.21%、80.07%、58.73%、50.43%。套袋‘金世纪’果实香气总含量为1433.28  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,不套袋为4275.84  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,套袋后‘金世纪’果实香气物质总含量显著降低了66.48%。

表3 套袋对‘金世纪’果实香气物质分析

化合物	含量/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )		相对含量/%	
	套袋	对照	套袋	对照
乙酸丁酯	192.92±2.67	418.67±24.61	13.42±0.51	9.98±0.83
丁酸丁酯 Butanoic acid, butyl ester	6.70±0.30	99.85±2.77	0.47±0.01	2.28±0.06
2-甲基丁酸丁酯 Butyl 2-methylbutanoate	10.25±0.60	53.08±3.68	0.71±0.02	1.21±0.03
丁酸异戊酯 Butanoic acid, 2-methylbutyl ester	N	5.10±0.12	N	0.12±0.00
乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	433.47±13.00	813.30±36.68	30.14±0.29	18.62±0.94
丁酸戊酯 Butanoic acid, pentyl ester	N	14.41±1.34	N	0.33±0.02
2-甲基丁酸戊酯 Butanoic acid, 2-methyl-, pentyl ester	N	17.41±1.17	N	0.40±0.01
丙酸己酯 Propanoic acid, hexyl ester	1.38±0.10	25.80±1.92	0.10±0.00	0.59±0.01
3-甲基-丁酸戊酯 Butyl 3-methylpentanoate	15.50±2.29	N	1.09±0.12	N
丁酸己酯 Butanoic acid, hexyl ester	8.84±0.74	135.28±16.51	0.61±0.04	3.06±0.24
异戊酸己酯 Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	63.71±5.57	444.77±20.22	4.42±0.28	10.71±0.67
己酸己酯 Hexanoic acid, hexyl ester	13.00±1.47	212.30±22.35	0.90±0.08	4.79±0.80
2-甲基-1-丁基乙酸酯 1-Butanol, 2-methyl-, acetate	223.91±3.30	371.55±14.62	15.58±0.26	8.88±0.56
乙酸戊酯 Acetic acid, pentyl ester	29.05±0.67	53.35±2.22	2.02±0.01	1.23±0.11
2-甲基丁酸2-甲基丁酯 Butanoic acid, 2-methyl-, 2-methylbutyl ester	N	5.90±1.25	N	0.14±0.02
异丁酸己酯 Propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	1.35±0.05	9.56±0.89	0.09±0.00	0.22±0.01
己酸丁酯 Hexanoic acid, butyl ester	N	242.78±24.54	N	5.7±0.82
2-甲基丁基己酸酯 Hexanoic acid, 2-methylbutyl ester	N	6.78±0.94	N	0.15±0.02
己酸戊酯 Hexanoic acid, pentyl ester	1.49±0.20	26.16±4.59	0.10±0.01	0.59±0.08
辛酸丁酯 Butyl caprylate	2.05±0.30	44.21±8.61	0.14±0.02	1.00±0.16
辛酸己酯 Octanoic acid, hexyl ester	N	7.36±1.79	N	0.17±0.04
5-烯己酯 5-Hexene-1-ol, acetate	6.02±0.27	N	0.42±0.01	N
正己醛 Hexanal	47.05±3.09	92.77±9.16	3.27±0.21	2.15±0.31
2-己烯醛 2-Hexenal	199.95±8.09	457.24±22.31	13.91±0.49	10.88±0.78
正辛醛 Octanal	N	4.87±0.45	N	0.11±0.01

化合物	含量/( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )		相对含量/%	
	套袋	对照	套袋	对照
(Z)-2-壬烯醛 2-Heptenal, (Z)-	1.58±0.08	9.37±0.27	0.11±0.00	0.21±0.01
壬醛 Nonanal	2.52±0.62	8.30±0.95	0.17±0.04	0.19±0.01
反-2-辛烯醛 2-Octenal, (E)-	2.05±0.02	7.96±0.75	0.14±0.01	0.18±0.01
(E,E)-2,4-庚二烯醛 2,4-Heptadienal, (E,E)-	N	6.63±0.93	N	0.15±0.03
(Z)-2-庚烯醛 2-Nonenal, (Z)-	N	10.11±0.09	N	0.24±0.02
1-丁醇 1-Butanol	20.19±1.19	56.92±3.92	1.40±0.07	1.32±0.16
2-甲基丁醇 1-Butanol, 2-methyl-	15.14±0.68	31.54±0.94	1.05±0.05	0.72±0.04
正己醇 1-Hexanol	61.78±4.44	105.02±1.84	4.30±0.28	2.41±0.17
叶醇 3-Hexen-1-ol	1.58±0.12	N	0.11±0.01	N
3-辛烯-2-醇 3-Octen-2-ol, (Z)-	1.90±0.08	N	0.13±0.01	N
反式-2-甲基环戊醇 Cyclopentanol, 2-methyl-, trans-	1.86±0.17	N	0.13±0.01	N
顺式-3-己烯酸 cis-3-Hexenoic acid	N	3.97±0.66	N	0.09±0.01
1-辛烯-3-酮 1-Octen-3-one	N	3.84±0.19	N	0.09±0.00
法呢烯 1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)-	2.37±0.16	76.37±12.11	0.16±0.01	1.73±0.22
草蒿脑 Estragole	66.00±1.76	393.31±22.10	4.59±0.05	9.26±0.26
酯类 Esters	1 009.32	3 007.62	70.20	70.15
醛类 Aldehydes	253.15	597.25	17.61	14.11
醇类 Alcohols	102.44	193.47	7.12	4.45
酸类 Acids		3.97		0.09
酮类 Ketones		3.84		0.09
其它类 Others	68.37	469.69	4.75	10.98
总量 Total content	1 433.28	4 275.84	99.68	99.87

注:N表示未检测到,下同

### 2.2.3 对苹果果实特征香气的影响

通过查阅已发表香气物质阈值,与对照相比,套袋‘金世纪’果实特征香气物质少了2-甲基丁酸丁酯、乙酸己酯、丙酸己酯、1-辛烯-3-酮4种化合

物,套袋不仅减少了‘金世纪’苹果特征香气物质的种类,也降低了其含量,套袋后‘金世纪’苹果特征香气物质总含量显著降低了53.97%。

表4 ‘金世纪’苹果果实特征香气物质分析

化合物	香气阈值/( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	含量/( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	
		套袋	对照
乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester	66	192.59(2.92)	418.67(6.34)
乙酸戊酯 Acetic acid, pentyl ester	43	29.05(0.68)	53.35(1.24)
2-甲基丁酸丁酯 Butyl 2-methylbutanoate	17	10.25(0.60)	53.08(3.12)
乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	2	433.47(216.74)	813.30(406.65)
丙酸己酯 Propanoic acid, hexyl ester	8	1.38(0.17)	25.80(3.23)
丁酸乙酯 Butanoic acid, ethyl ester	1	N	N
2-甲基丁酸丙酯 Butanoic acid, 2-methyl-propyl ester	18	N	N
丁酸丁酯 Butanoic acid, butyl ester	100	N	N
正己醛 Hexanal	4.5	47.05(10.46)	92.77(20.62)
壬醛 Nonanal	1	2.52(2.52)	8.30(8.30)
1-辛烯-3-酮 1-Octen-3-one	0.6	N	3.84(6.4)
总含量 Total content( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	N	675.63b	1467.83a

注:香气阈值<sup>[12-15]</sup>,括号中的数值为香气值。

## 3 讨论

果树套袋后,对树体有遮光作用,抑制果实的光

合作用,果实调运养分的能力降低,果实中碳同化物的分配和积累受到影响,最终导致套袋果实单果重下降<sup>[16]</sup>。套袋抑制了果实叶绿素的合成,从而改善

了果实的底色;套袋促进了花色素的合成,光照对花色素的合成起促进作用,故解袋后果实能迅速着色,且着色度较高<sup>[17-18]</sup>。本研究中,‘金世纪’苹果套袋后,果实亮度显著提高,果实黄蓝色度显著降低,果实单果重、果形指数、果实硬度、果皮红绿色度虽减小但差异不显著。王军林<sup>[19]</sup>等研究表明,套袋果实的果面光洁度、着色指数均高于不套袋果实,套袋显著降低了红富士果实硬度、可溶性固形物、固酸比、花青苷含量,有降低单果重的趋势但不显著。苹果套袋后,果实蒸腾拉力、调运矿质营养能力降低,透光率低的果袋会减弱光合同化物的来源,减少果实碳同化物的积累,导致套袋果的可溶性总糖和可溶性固形物含量的降低<sup>[20]</sup>。本研究中,‘金世纪’苹果套袋后,可溶性固形物含量降低,套袋果的可滴定酸含量下降较多,故果实固酸比显著大于不套袋果实。套袋‘金世纪’果实中维生素 C 含量、果皮花青苷含量也显著低于不套袋果实,与王少敏<sup>[21]</sup>、王朔<sup>[22]</sup>等前人研究结果基本一致。

香气是影响苹果风味的关键因素,也是果实贮藏品质评价的重要指标<sup>[23-24]</sup>。果实香气物质的合成受多种因素影响,分析套袋对苹果果实香气组分的影响,对改善果实品质及调控果实香气等具有重大意义<sup>[25]</sup>。本研究发现,套袋会显著减少‘金世纪’苹果的香气物质,与卜万锁<sup>[26]</sup>的研究结果相一致。套袋会显著减少‘金世纪’果实中其它类化合物的含量及相对质量分数,且抑制了酸类和酮类化合物的合成。套袋显著降低‘金世纪’果实中酯类、醛类、醇类化合物的含量,但其相对质量分数均高于不套袋果实。

不套袋‘金世纪’果实中酯类、醛类、醇类化合物含量分别是套袋果实的 2.98 倍、2.36 倍、1.89 倍。酯类、醛类、醇类物质分别与果实果香、果实新鲜风味、果实淡甜果香有关<sup>[27]</sup>,套袋显著降低了‘金世纪’苹果果实中这 3 类物质的含量,这可能是套袋‘金世纪’味道变淡、果实香甜度低的主要原因。李慧峰<sup>[28]</sup>等的研究也表明,套袋降低了‘寒富’苹果果实香气物质总含量,降低了醇类、醛类香气物质的总含量,提高了酯类物质的总含量。冯帅帅<sup>[29]</sup>等的研究表明,套袋显著抑制了苹果乙烯的释放和相关基因的表达,套袋果实乙烯受体(ethylene receptors, ERS)基因表达明显下调,乙烯含量低于不套袋果实,在套袋果实中脂氧合酶(lipoxygenase, LOX)基因,醇脱氢酶(alcohol dehydrogenase, ADH)基因显著下调,由此推测套袋果实乙烯合成减少导致

MdLOX 和 MdADH 基因下调,进而影响果实香气物质的合成。关于套袋对‘金世纪’苹果在香气物质含量上的影响机理还有待进一步研究。

## 4 结论

‘金世纪’苹果套袋后,果实亮度和固酸比明显提高,果实黄蓝色度明显降低,可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C 含量、果皮花青苷含量明显下降,香气种类和香气物质总含量显著降低,果实内在品质明显下降。结果表明:‘金世纪’苹果在适栽区,不套袋果实内在品质显著高于套袋果实。

### 参考文献

- [1]翟衡,史大川,束怀瑞.我国苹果产业发展现状与趋势[J].果树学报,2007(3):355-360.
- [2]ZHANG Y, LI P, CHENG L. Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and polyphenols compounds in ‘Honeycrisp’ apple flesh [J]. Food Chemistry, 2010, 123(4):1013-1018.
- [3]唐笑天.陕西苹果品牌建设存在问题及建议[J].山西果树,2016(6):25-26.
- [4]李玉琪,苏秋芳,李玉超,等.套袋对 4 个中熟苹果品种果皮结构的影响[J].山东农业科学,2018,50(9):40-43.
- [5]董伟,姚鹏,侯伟,等.套袋对苹果微域环境及品质的影响[J].中国果蔬,2015(35)8:31-34.
- [6]王贵平,韩雪平,聂佩显,等.富士苹果不套袋与套袋密度对果树冠层光学特性的影响[J].江西农业学报,2019,31(4):36-38.
- [7]冯建文,韩秀梅,宋莎,等.套袋对贵州高海拔区苹果果实品质的影响[J].贵州农业科学,2019,47(8):108-111.
- [8]梅闯,闫鹏,朱燕飞,等.套袋对阿克苏地区富士苹果品质的影响[J].新疆农业科学,2018,55(9):1626-1632.
- [9]王璞,张盈科.陕西省苹果产业标准化现状与对策[J].标准科学,2019(1):104-107.
- [10]王雷存,辛永军.‘金世纪’苹果在陕西渭北旱塬地区引种栽培[J].北方园艺,2012(7):42-43.
- [11]邓瑞,袁仲玉,夏雪,等.瑞阳苹果套袋与不套袋果实品质的比较分析[J].甘肃农业大学学报,2019,2(54):74-79.
- [12]DIXON J, HEWETT E W. Factors affecting apple aroma/flavor volatile concentration: A review [J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2000, 28(3):155-173.
- [13]MEHINAGIC E, ROYER G, SYMONEAUX R, et al. Characterization of odor-active volatiles in apples: influence of cultivar and maturity stage [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(7):2678-2687.
- [14]LOPEZ M L, VILLATORO C, FUENTES T, et al.

- Volatile compounds, quality parameters and consumer acceptance of ‘Pink Lady’ apples stored in different conditions[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 43(1): 55-66.
- [15]刘俊灵,李红光,党美乐,等. 苹果新品种‘瑞雪’及几个常见品种果实香气物质成分差异分析[J]. *果树学报*, 2019, 36(5): 590-602.
- [16]高文胜. 有袋栽培体系下苹果果实品质发育及其相关因子研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2009.
- [17]Ju Z. Fruit bagging a useful method for studying anthocyanin synthesis and gene expression in apples[J]. *Scientia Horticulturae*, 1998, 77(3/4): 155-164.
- [18]王少敏,白佃林,高华君,等. 套袋苹果果皮色素含量对苹果色泽的影响[J]. *中国果树*, 2001(3): 20-22.
- [19]王军林,窦云萍,王春良. 套袋对宁夏引黄灌区红富士苹果果实品质和农药残留的影响[J]. *甘肃农业科技*, 2017(5): 36-39.
- [20]HIRATSUKA S, YOKOYAMA Y, NISHIMURA H, et al. Fruit photosynthesis and phosphoenolpyruvate carboxylase activity as affected by lightproof fruit bagging in Satsuma Mandarin[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2012, 137(4): 215-220.
- [21]王少敏,高华君,刘嘉芬,等. 套袋短枝红富士果实内含物及果皮色素的变化[J]. *果树学报*, 2000, 17(1): 76-77.
- [22]王 朔,路贵龙,曾秀丽,等. 套袋对西藏拉萨不同品种苹果果实品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2017, 33(28): 81-85.
- [23]ORAGUZIE N C, IWANAMI H, SOEJIMA J, et al. Inheritance of the Md-ACS1 gene and its relationship to fruit softening in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Theoretical and Applied Genetics*, 2004, 108(8): 1526-1533.
- [24]赵胜亭,齐 伟,徐顺利. 烟台富士苹果香气成分的气相色谱-质谱测定[J]. *安徽农业科学*, 2005(4): 632.
- [25]刘 珩,卢明艳,王 涛,等. 套袋对两个苹果品种果实香气成分的影响[J]. *湖北农业科学*, 2017, 56(20): 3889-3893.
- [26]卜万锁,牛自勉. 套袋处理对苹果芳香物质含量及果实品质的影响[J]. *中国农业科学*, 1998, 31(6): 88-90.
- [27]常培培,梁 燕,张 静,等. 5种不同果色樱桃番茄品种果实挥发性物质及品质特性分析[J]. *食品科学*, 2014, 35(22): 215-221.
- [28]李慧峰,王海波,李林光,等. 套袋对“寒富”苹果果实香气成分的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(4): 843-847.
- [29]冯帅帅,闫成太,张天皓,等. 套袋对‘瑞雪’苹果香气成分的影响及相关基因表达分析[J]. *食品科学*, 2020(4): 185-192.