

套袋“红富士”苹果果实表皮结构的发育及其与裂纹的关系

孙 艳, 张 媛, 李 中 勇, 徐 继 忠

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以 16 a 生“红富士”苹果果实为试材,研究了套袋和不套袋果实果皮解剖结构的差异及套袋果实发育过程中裂纹的发生情况及果皮解剖结构与裂纹的关系。结果表明:不套袋果实角质层厚度大于同时期套袋果实,表皮细胞小于同时期套袋果实且差异显著;套袋和不套袋果实裂纹率均随时间延长呈上升趋势,套袋果实裂纹出现时间早于不套袋果实,且前者裂纹率一直高于后者;随着果实发育套袋果实梗洼部、胴部和萼洼部角质层厚度均逐渐增加,表皮细胞均逐渐增大;与未裂纹果实相比,裂纹果实角质层有较多“V”型凹陷,凹凸不平,不均一,且深入表皮细胞下方,表皮细胞形状不规则,大小不一,排列疏松,细胞之间有较大空隙,空隙被角质层填满。

关键词:套袋;角质层;表皮细胞;裂纹

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)15-0005-06

“红富士”苹果作为一个晚熟耐贮的优良品种,在我国果品生产中占有重要地位。但近几年,“红富士”苹果果实裂纹发生严重,影响其外观品质,给苹果生产及销售带来了重大损失。解决“红富士”苹果果实裂纹,是目前生产上亟待解决的主要问题之一^[1]。有研究指出,套袋能够减少机械损伤等表面刺激,增强果实抗裂能力,降低裂果率^[2-3]。但据刘志坚等^[4]报道,套袋能够诱发包括裂纹病在内的多种果实病害。关于裂纹的研究已有报道,但是对果实发育过程中果皮结构的变化与裂纹的关系还鲜见报道。该试验研究了套袋与不套袋“红富士”苹果果实发育过程中裂纹的发生情况及果皮解剖结构与裂纹的关系,以期探讨“红富士”苹果果实裂纹机理,为生产中预防“红富士”苹果裂纹提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试“红富士”苹果为 16 a 生“长富 2 号”,砧木为八棱海棠(*Malus micromalus* Makino),株行距为 3 m×5 m,树形为自由纺锤形,生长发育良好。

1.2 试验方法

试验于 2011 年在保定市西郊北章果园进行。该果

园土壤为黏土,有机质含量较低,近几年果实裂纹发生比例较高。在果园选取 15 株生长势中庸的树,果实套袋,果袋为双层袋,外层袋外壁浅灰色,内壁黑色,内层袋为红色。另外选取 15 株不套袋作为对照。保持供试植株树体各部位负载量相对一致。从盛花后 48 d(6 月 7 日)至盛花后 114 d(8 月 12 日)每隔 30~35 d 采样 1 次,自 8 月 12 日至 10 月 23 日每隔 7~15 d 采果 1 次,每次随机选取无病虫害和无机械损伤的套袋裂纹果实和未裂纹果实各 15 个,放入带有凹式定位隔板的纸箱内立即带回。

1.3 项目测定

1.3.1 果实裂纹率的调查 自盛花后 48~114 d,每隔 30~35 d 调查 1 次裂纹发生情况,从盛花后 114 d(8 月 12 日)起,在 5 株树上于树体不同方位分别挂牌固定 100 个无病虫害和无机械损伤的果实(每株 20 个),每隔 7~15 d 调查 1 次裂纹的发生情况,调查对象包括套袋和不套袋“红富士”苹果,调查项目包括果实裂纹的有无、发生部位(梗洼部、胴部、萼洼部);不同部位裂纹率(%)=不同部位裂纹的苹果数/100×100%。

1.3.2 果皮显微结构观察 用锋利刀片分别于果实梗洼部、胴部、萼洼部切取长×宽×高约为 4 mm×4 mm×4 mm 果块,采用常规石蜡切片法,FAA 固定 24 h 以上后,用一系列不同浓度酒精(70%、85%、95%、100%)脱水,二甲苯透明,室温浸蜡 12 h,60℃蒸发二甲苯,浸 2 次纯蜡后,包埋、切片,固绿染色,加拿大树胶封片,用 Olympus 显微镜(400×)观察照像,并用 SPOT 软件进行

第一作者简介:孙艳(1987-),女,河北保定人,硕士研究生,研究方向为果树结实生理与分子生物学。E-mail:sycoolhi@163.com.

责任作者:徐继忠(1964-),男,博士,教授,现主要从事果树结实生理与分子生物学研究工作。E-mail:xjzhxw@126.com.

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(C2009000553)。

收稿日期:2013-03-07

角质层厚度和表皮细胞大小的测量。

2 结果与分析

2.1 套袋对果实裂纹率的影响

由图 1 可知,套袋和不套袋“红富士”苹果果实分别于盛花后 121 和 138 d 出现裂纹。盛花后 121~186 d,套袋和不套袋果实裂纹率均呈上升趋势,且前者一直高于后者。盛花后 121 d,套袋果实裂纹率达 35%,不套袋果实未出现裂纹。盛花后 138 d,不套袋果实出现裂纹,套袋果实裂纹率为 40%。套袋和不套袋果实裂纹高发期均出现于盛花后 138~145 d,分别由 43%、3%增加至 95%、62%,于盛花后 186 d 达到最大值,分别为 100% 和 88.3%。

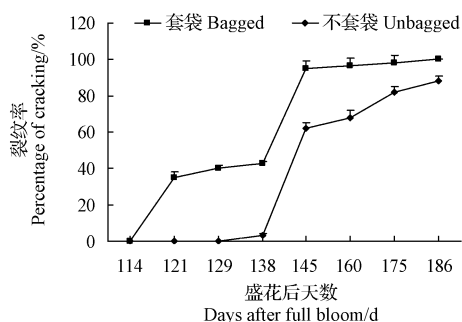


图 1 套袋和不套袋“红富士”苹果果实裂纹率的变化

Fig. 1 Changes of percentage of cracking in bagged and unbagged 'Red Fuji' apples

由图 2 可以看出,盛花后 121~186 d,套袋“红富士”苹果果实梗洼部、胴部、萼洼部裂纹率均高于同时期不套袋果实,且梗洼部、胴部裂纹率均高于萼洼部。盛花后 138~145 d,梗洼部、胴部裂纹率显著升高,套袋果实分别由 43%、0%升高至 91%、79%,不套袋果实分别由 3%、0%升高至 48%、44%。盛花后 160~186 d,不套袋果实胴部裂纹率高于梗洼部和萼洼部。盛花后 160~175 d 为套袋果实萼洼部裂纹高发期,由 7.32%升高至 37.51%,不套袋果实萼洼部于盛花后 160 d 出现裂纹。

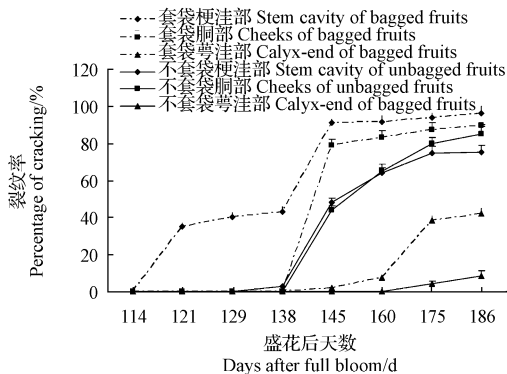


图 2 套袋和不套袋“红富士”苹果果实不同部位裂纹率的变化

Fig. 2 Changes of percentage of cracking in different parts of bagged and unbagged 'Red Fuji' apples

2.2 套袋果实不同部位角质层结构的比较

由图 3 可知,盛花后 48~186 d,果实梗洼部、胴部和萼洼部角质层厚度均呈上升趋势,分别由 4.70、7.32、6.39 μm 增加至 11.44、11.92、10.95 μm ,分别增加了 143.40%、62.84%、71.36%,且胴部角质层厚度一直大于梗洼部和萼洼部。以胴部为例,盛花后 48 d,角质层平滑,没有“V”型凹陷(图 5-1);盛花后 79 d,角质层出现极浅“V”型凹陷(图 5-2);盛花后 114 d,角质层不均匀,“V”型凹陷加宽(图 5-3);盛花后 186 d,角质层凹凸不平,极少直达表皮细胞下,“V”型凹陷加深(图 5-5)。

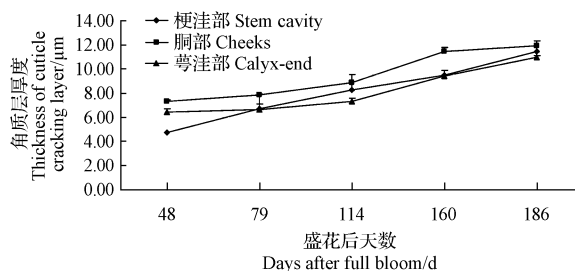


图 3 套袋“红富士”苹果果实不同部位角质层厚度的变化

Fig. 3 Change of thickness of cuticle cracking in different parts of bagged 'Red Fuji' apples

2.3 套袋果实不同部位表皮细胞的比较

由图 4 可知,盛花后 48~186 d,套袋“红富士”苹果果实梗洼部、胴部和萼洼部表皮细胞大小均呈上升趋势,且胴部表皮细胞一直大于梗洼部和萼洼部。盛花后 48 d,表皮细胞呈近圆形,排列紧密(图 5-1);盛花后 79 d,表皮细胞呈长椭圆形(图 5-2);盛花后 114 d,表皮细胞形状不规则,大小不均一(图 5-3);盛花后 186 d,表皮细胞排列疏松,个别区域有轻微空隙,空隙处被角质层填满(图 5-5)。

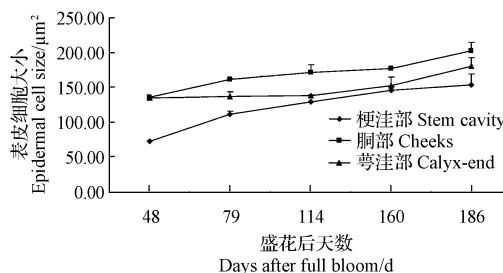


图 4 套袋“红富士”苹果果实不同部位表皮细胞大小的变化

Fig. 4 Change of epidermal cell size in different parts of bagged 'Red Fuji' apples

2.4 套袋果实裂纹果与未裂纹果不同部位角质层结构的比较

对盛花后 160 和 186 d 的套袋“红富士”苹果裂纹与未裂纹果实不同部位(梗洼部、胴部、萼洼部)的角质层结构进行比较,由表 1 可知,随果实的生长发育,角质层厚度逐渐增大。盛花后 160~186 d,未裂纹果实梗洼部、

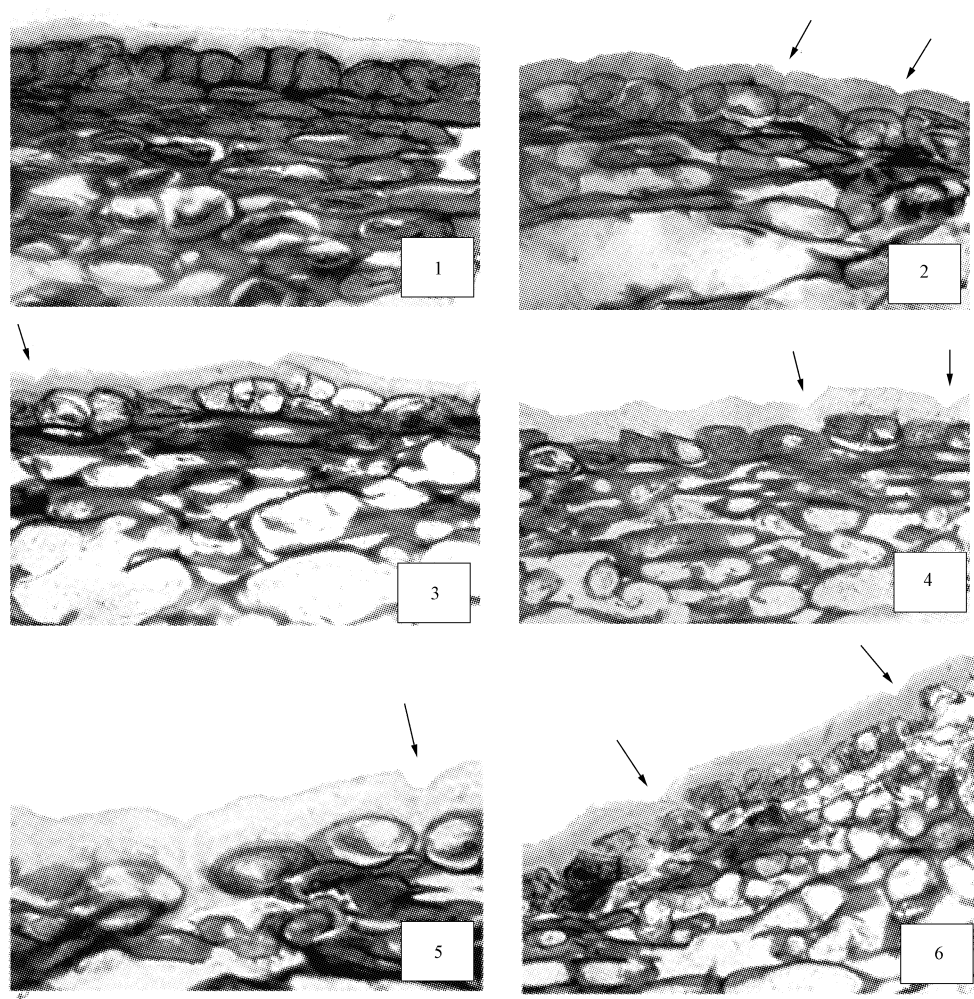


图5 套袋果实果皮解剖结构的变化

注:箭头所示为角质层“V”型凹陷;1~5:套袋“红富士”苹果未裂纹果实胴部果皮结构;6:套袋“红富士”苹果裂纹果实胴部果皮结构。1:盛花后48 d;2:盛花后79 d;3:盛花后114 d;4:盛花后160 d;5:盛花后186 d。

Fig. 5 Changes of pericarp anatomical structure in bagged apple fruits

Note: The arrows in the plates showed V-type pittings in cuticle layer; 1~5: Pericarp anatomical structures in cheeks of noncracking bagged ‘Red Fuji’ apple fruits; 6: Pericarp anatomical structures in cheeks of cracking bagged ‘Red Fuji’ apple fruits. 1: 48 days after full bloom; 2: 79 days after full bloom; 3: 114 days after full bloom; 4: 160 days after full bloom; 5: 186 days after full bloom.

表1 套袋“红富士”苹果裂纹与未裂纹果实角质层厚度的比较

Table 1 Comparison of thickness of cuticle layer in cracking and nocracking Red Fuji apple fruits

盛花后天数 Days after full bloom/d	梗洼部 Stem cavity/ μm		胴部 Cheeks/ μm		萼洼部 Calyx-end/ μm	
	裂纹 Cracking	未裂纹 No cracking	裂纹 Cracking	未裂纹 No cracking	裂纹 Cracking	未裂纹 No cracking
160	8.66	9.49	10.33	11.44	8.05a	9.37b
186	10.71	11.44	10.76	11.92	9.80	10.95

注:不同字母表示 Duncan’s 新复极差测验达5%显著水平。

胴部、萼洼部角质层厚度均大于裂纹果实。以胴部为例,与未裂纹果实相比,裂纹果实角质层有较多“V”型凹陷,凹凸不平,不均一,且深入表皮细胞下方(图5-6)。

2.5 套袋果实裂纹果与未裂纹果不同部位表皮细胞大小的比较

由表2可以看出,盛花后160~186 d,“红富士”苹果

裂纹果实和未裂纹果实各部位表皮细胞均增大,其中,裂纹果实各部位分别增大了9.25%、17.95%、23.82%,未裂纹果实各部位分别增大了5.67%、14.70%、18.01%。以胴部为例,与未裂纹果实相比,裂纹果实表皮细胞形状不规则,大小不一,排列疏松,细胞之间有较大空隙,空隙被角质层填满(图5-6)。

表 2

套袋红富士苹果裂纹与未裂纹果实表皮细胞大小的比较

Table 2

Comparison of epidermal cell size in cracking and nocracking 'Red Fuji' apple fruits

 μm^2

盛花后天数 Days after full bloom/d	梗洼部 Stem cavity		胴部 Cheeks		萼洼部 Calyx-end	
	裂纹 Cracking	未裂纹 No cracking	裂纹 Cracking	未裂纹 No cracking	裂纹 Cracking	未裂纹 No cracking
160	148.11	145.57	183.56	176.25	155.55	152.21
186	161.82	153.83	216.51	202.17	192.60	179.63

2.6 套袋与不套袋果实角质层厚度的差异

以胴部表皮结构的变化为例,由图 6 可以看出,随果实的生长发育,套袋与不套袋果实果皮角质层厚度均逐渐增加,分别由 7.83、9.45 μm 增加至 11.92、14.97 μm ,分别增加了 52.23% 和 58.41%。盛花后 79~186 d,不套袋果实角质层厚度均大于同时期套袋果实,分别高出 20.82%、17.10%、13.81% 和 25.59%。盛花后 79 d,角质层出现极浅“V”型凹陷(图 7-1);盛花后 114 d,角质层上的“V”型凹陷加深加宽,角质层直达表皮细胞下(图 7-2);盛花后 160 d,角质层变得凹凸不平(图 7-3);

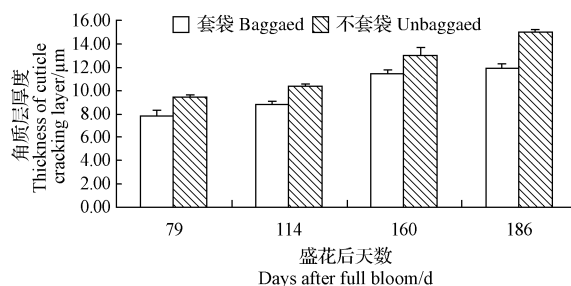


图 6 套袋与不套袋果实果皮角质层厚度的比较

Fig. 6 Comparison of thickness of cuticle layer of peel in bagged and unbagged 'Red Fuji' apple fruits

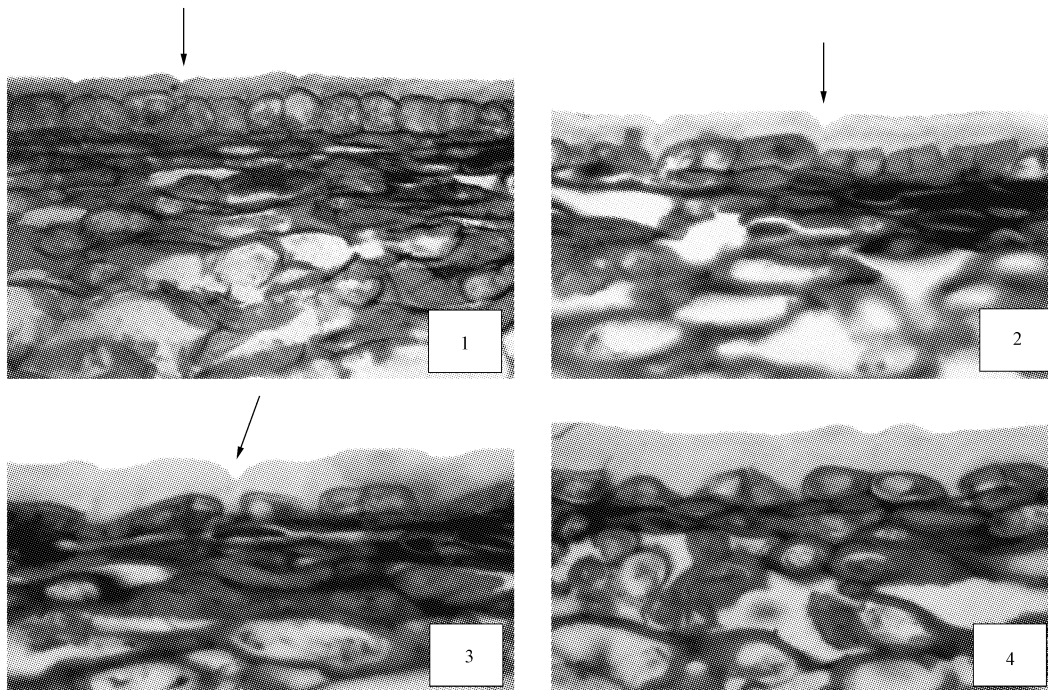


图 7 不套袋果实果皮解剖结构的变化

注:箭头所示为角质层“V”型凹陷;1~4:不套袋“红富士”苹果未裂纹果实胴部果皮解剖结构。1:盛花后 79 d;2:盛花后 114 d;3:盛花后 160 d;4:盛花后 186 d。

Fig. 7 Changes of pericarp anatomical structure in unbagged apple fruits

Note: The arrows in the plates showed V-type pittings in cuticle layer; 1~4: Pericarp anatomical structures in cheeks of noncracking bagged 'Red Fuji' apple fruits. 1: 79 days after full bloom; 2: 114 days after full bloom; 3: 160 days after full bloom; 4: 186 days after full bloom.

2.7 套袋与不套袋果实表皮细胞大小的差异

以胴部表皮结构的变化为例,对盛花后 79~186 d 套袋与不套袋“红富士”苹果果实表皮细胞大小进行比较,由表 3 可知,不同时期套袋与不套袋果实表皮细胞大小之间有明显差异。随果实的生长,套袋和不套袋果实表皮细胞均增大,分别由 161.27、92.90 μm^2 增大到

216.51、137.49 μm^2 ,分别增大了 34.25%、48.00%。盛花后 79 d,表皮细胞呈近圆形,排列紧密(图 7-1);盛花后 114 d,表皮细胞形状不规则,排列疏松,表皮细胞之间出现较大空隙(图 7-2);盛花后 160 d,表皮细胞之间出现较多空隙(图 7-3);盛花后 186 d,表皮细胞排列更加疏松,空隙处被角质层填满(图 7-4)。

表3 套袋和不套袋果实表皮细胞大小的比较

Table 3 Comparison of epidermal cell size in bagged and unbagged 'Red Fuji' apples μm^2					
处理 Treatments	盛花后天数 Days after full bloom/d				
	79	114	160	186	
套袋 Bagged	161.27a	176.25a	202.17a	216.51a	
不套袋 Unbagged	92.90b	98.13b	121.58b	137.49b	

3 讨论与结论

3.1 套袋对“红富士”苹果果皮结构的影响

苹果套袋技术是目前生产高档优质果的重要举措,套袋后,苹果处在温度相对稳定的“小温室”条件下,可避免风、雨、药剂、烈日、有害光线、机械摩擦等因素对果皮的刺激与损害,有利于果皮正常良好的发育^[5]。该研究发现,在果实发育过程中套袋果实表皮细胞出现排列疏松,表皮细胞之间产生空隙,空隙处被角质层填满。而 Ferree^[6]、汲洋^[7]、高华君等^[8]、陈军等^[9]研究指出,果实套袋后,表皮层细胞排列更加紧密,且角质层基本不进入表皮细胞间,与该试验研究结果不一致。这可能是由于外界环境条件不同,导致果袋内微域环境各有不同,对 PAL、PPO、POD 等木质素、蜡质、角质等合成酶的活性产生了不同的影响,导致角质层的分布有差异。此外,果袋遮光性与套袋时期不同也会造成果皮结构发育不同,从而造成果面光洁度有差异^[10-12]。

套袋对果皮结构有显著影响。与不套袋果实相比,套袋使果皮角质层变薄,这是由于套袋可以降低过氧化物酶(POD)的活性,POD 是果实中形成木质素的关键性酶,木质素的合成影响木栓化细胞木质化的程度,进而影响角质层的厚度。木质素合成受阻,角质层变薄^[13]。套袋后表皮细胞变大,这与李慧峰等^[14]、魏树伟等^[15]、卜卫庆等^[16]的研究结果一致。

3.2 套袋对红富士苹果果实裂纹的影响

该研究结果显示,套袋和不套袋“红富士”苹果果实裂纹率均呈上升趋势,套袋果实裂纹出现时间早于不套袋果实,且前者裂纹率一直高于后者。这与刘铁铮等^[17]对“红富士”苹果果实裂纹的研究结果一致。套袋果实裂纹率较高可能原因如下,一是,果实裂纹是果实发育过程中的一种生理失调症,矿质营养的缺乏或富集必然会对这一生理失调产生影响^[18]。东忠方等^[19]研究指出,套袋能显著抑制苹果果实对钙的吸收。由于钙能与细胞壁中果胶物质结合,形成果胶酸钙,增加了原生质的弹性,增强了细胞的耐压力和延伸性,增强了果皮抗裂能力。因此,套袋后钙元素的缺乏可能是导致“红富士”苹果裂纹的原因之一。二是,由于不套袋果主要受“大环境”的影响,而套袋果则更明显地受“微域环境”的

影响。袋内微域环境由于空间相对狭小,在一定程度上对逆境的缓冲能力较差,因而有时可能对果实生长发育的影响更加强烈^[20]。果袋内温、湿度在短时间内急剧变化时,导致果实中果肉细胞增长与表皮细胞扩张不协调,从而导致裂纹比例增大^[21]。三是,对“红富士”苹果果面进行扫描电镜观察,发现果面分布着网状的裂缝,裂缝是因为果实膨大而导致老的蜡层裂开,随着果实的发育,裂缝的宽度与深度不断地加大。并且摘袋后果实裸露于自然条件下,所处的环境发生改变,在直接受阳光照射条件下,果实本身高低温日变化明显,而且大气湿度相对袋内较低,容易导致角质层及蜡质层发生龟裂,最终造成果面龟裂产生的裂纹频度增大^[22]。王宁等^[23]对锦橙裂果研究中指出,裂果始于角质层出现龟裂,龟裂加剧导致裂果发生。果皮角质层上“V”型凹陷的产生可能造成了裂纹的出现,随着“V”型凹陷的加宽加深,裂纹率逐渐升高,裂纹变严重。通过对不同时期裂纹果与未裂纹果不同部位角质层厚度的对比,发现裂纹果角质层均薄于未裂纹果,且有较多“V”型凹陷。这可能是由于凹陷处,角质层变薄,使其抵抗外界不良环境条件的能力变差,从而易产生裂纹。潘洵操等^[24]用扫描电镜技术观察果皮结构,发现其外果皮细胞外壁和角质层很薄,且向外作半球形突出,易受机械损伤,因而保护能力较差,易产生裂果。李克志等^[25]以枣为试材研究得出,壶瓶枣、黑叶枣的角质层薄,分别为 $6.81 \mu\text{m}$ 和 $6.41 \mu\text{m}$,容易裂果,郎枣角质层厚,为 $8.28 \mu\text{m}$,较抗裂果。果实表皮层的厚度与裂果关系较为密切,一般表皮层越厚,果实越抗裂。高飞飞等^[26]在研究红江橙裂果与果皮厚度关系时指出,裂果率与果皮厚度呈极显著的负相关,即果皮薄裂果率高。四是,有报道指出,套袋后表皮细胞变大且形状不规则,而不套袋果表皮细胞狭长且小^[27]。辛艳伟等^[28]对 6 个枣品种的抗裂性对比研究得出,一般耐裂和较耐裂的品种果实表皮细胞排列紧密,不耐裂的品种果实表皮细胞排列疏松。Hankinson 等^[29]报道,葡萄果皮的抗裂强度与果皮的细胞大小有极显著的负相关,细胞大的“Thompson”无核普通比细胞小的“Creek”和“Hunt”品种抗裂强度小。说明表皮细胞大且排列疏松是导致裂纹的因素之一。该试验中裂纹果实较未裂纹果实表皮细胞大,形状不规则,大小不一,排列疏松,细胞之间存在较大空隙。此外,果袋质量不合格也会引起裂纹的产生^[30]。

参考文献

- [1] 赵建戟. 浅析“红富士”苹果裂果[J]. 西北园艺, 2000(4): 12-13.
- [2] 刘建福, 潘文维, 谢锦绣. 套袋处理对梨果实裂果影响研究[J]. 北方园艺, 2001(3): 24-25.
- [3] 丁勤, 韩明玉, 田玉命. 套袋对油桃果实裂果及品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(9): 81-83.
- [4] 刘志坚, 杨聚德. 关于苹果套袋栽培发展的思考[J]. 山西果树, 2010

- (4):42-44.
- [5] 徐章平.果实套袋技术对苹果品质的影响[J].云南农业,2010(3):25-26.
- [6] Ferree Dc. Environmental and nutritional factors associated with scarf skin of 'Rono Beaufy' apples [J]. J Amer Soc Hort Sci,1984,109(4):507.
- [7] 汲洋.套袋对梨果实品质的影响的研究[J].中国高新技术企业,2009(16):107-108.
- [8] 高华君,王少敏,刘嘉芬.红色苹果套袋与除袋机理研究概要[J].中国果树,2000(2):46-48.
- [9] 陈军,高文胜,吕德国,等.套袋红富士苹果果皮发育进程研究[J].果树学报,2009,26(1):217-221.
- [10] NY/T439-2001. Standards for Grades of Apples [S]. The standards of China agriculture.
- [11] 张宏建,梁尚武,张百海.不同时期套袋对砀山酥梨果实外观质量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(17):7192-7193.
- [12] 张振铭,张绍玲,胡化广.果实品质形成机制及其套袋对果实品质影响的研究进展[J].河北林果研究,2009,24(1):84-87.
- [13] 王华峰,秦翠平,高丽清.套袋对梨幼果生长发育的影响[J].山西师范大学学报,2008,22(3):81-83.
- [14] 李慧峰,吕德国,刘国成,等.套袋对苹果果皮特征的影响[J].果树学报,2006,23(3):326-329.
- [15] 魏树伟,王宏伟,王金政,等.套袋对红将军苹果果皮结构的影响[J].山东农业科学,2010(10):58-61.
- [16] 卜庆卫,李春霞,夏静,等.果袋微域环境对富士苹果果皮结构及相关酶活性的影响[J].江苏农业科学,2009(5):159-161.
- [17] 刘铁铮,付丽雅,智福军,等."红富士"苹果果实裂纹的研究[J].天津农业科学,2011,17(1):71-74.
- [18] 张运涛.果实裂果的原因与防治措施研究进展[J].河北林果研究,1999,14(4):380-385.
- [19] 东忠方,王永章,王磊,等.不同套袋处理对"红富士"苹果果实钙素吸收的影响[J].园艺学报,2007,34(4):835-840.
- [20] 张建光,王惠英,王梅,等.套袋对苹果果实微域生态环境的影响[J].生态学报,2005,25(5):1082-1087.
- [21] 厉恩茂,史大川,徐月华,等.套袋苹果不同类型果袋内温、湿度变化特征及其对果实外观品质的影响[J].应用生态学报,2008,19(1):208-212.
- [22] 郝燕燕,赵旗峰,刘群龙,等.套袋微域环境对富士苹果果皮结构的影响[J].生态学报,2011,31(10):2831-2836.
- [23] 王宁,秦煜南.锦橙裂果过程的扫描电镜观察[J].四川农业学报,1987,2(1):39-41.
- [24] 潘海润,谢宝贵.荔枝果皮的扫描电镜观察[J].园艺学报,1996,23(3):227-230.
- [25] 李克志,高中山.枣裂果机理的初步研究[J].果树科学,1990,7(4):221-226.
- [26] 高飞飞,黄辉白,许建楷.红江橙裂果原因的探讨[J].华南农业大学学报,1994,15(1):34-39.
- [27] 李慧峰,吕德国,刘国成,等.套袋对苹果果皮特征的影响[J].果树学报,2006,23(3):326-329.
- [28] 辛艳伟,集贤,刘和.裂果性不同的枣品种果皮及果肉发育特点观察研究[J].中国农学通报,2006,22(11):253-257.
- [29] Hankinson B, Rao V N M, Smit C J B. Viscoelastic and histological properties of grape skins [J]. Journal of Food Science,1977(3):632-635.
- [30] 隋秀奇.套袋苹果果锈、果灰、裂纹、表光差产生的原因分析[J].果农之友,2008(5):28.

Development of Epidermal Structure and Its Relationship with Cracks in Bagged 'Red Fuji' Apples

SUN Yan, ZHANG Yuan, LI Zhong-yong, XU Ji-zhong

(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Taking 16-year-old 'Red Fuji' apples as materials, the difference of peel anatomical structure between bagged and unbagged apple fruits were studied, the cracking occurrence during the development of bagged and unbagged fruits and the relationship between anatomical structure of apple pericarp and cracks were conducted. The results showed that thickness of cuticle cracking layer in bagged fruits was higher than that in unbagged fruits at the same period, and epidermal cell size showed a significant difference between bagged and unbagged fruits with the epidermal cell size in the former bigger than that in the latter at the same period. The cracking percentage in bagged and unbagged fruits both showed increasing tendency. Cracks appeared earlier, and the cracking percentage was higher in bagged fruits than that in unbagged ones. The cuticle layer thickened and epidermal cells increased gradually in stem cavity, cheeks, and calyx-end with fruit development. There were more V-type pittings in cuticle layer, and the cuticle layer was more uneven; the epidermal cells shaped more irregular and arranged more loosely in the cracking fruits than in nocracking ones.

Key words: bagged; cuticle layer; epidermal cell; cracks