

冬枣的穿刺质地及其影响因素

马庆华, 王贵禧*, 梁丽松, 李 琴

(中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

摘要:采用质构仪整果穿刺法,研究了不同地点、不同选优单株、不同果实发育阶段和不同贮藏时间冬枣的穿刺质地,结果显示:冬枣的各项穿刺质地参数为,果皮强度为 69.28 g,果皮的破裂深度为 0.18 mm,果皮脆性为 $386.71 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$,果皮韧性为 $7.04 \text{ g} \cdot \text{s}$,果肉的最大硬度为 309.40 g,平均硬度为 159.32 g。冬枣的穿刺质地在不同采样地点间差异显著,与冬枣的果实大小和营养品质存在极显著的相关关系;受遗传因素的影响,同一选优园冬枣的果实质地也存在差异,果皮质地的变幅大于果肉质地;随着果实的发育成熟和贮藏时间的延长,冬枣的穿刺质地也存在差异;针对上述影响因素,本文对提高冬枣质地品质的技术措施进行了探讨。

关键词:冬枣;质构仪;穿刺试验;质地品质;影响因素

中图分类号:S665.1

文献标识码:A

Study on the Fruit Puncturing Texture and Its Influencing Factors of 'Dongzao' (*Zizyphus jujuba* Mill. 'Dongzao')

MA Qing-hua, WANG Gui-xi, LIANG Li-song, LI Qin

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: TA. XT plus texture analyser was used to perform the puncture test with the whole fruit of Dongzao (*Zizyphus jujuba* Mill. 'Dongzao'). The Dongzao fruits coming from different growing orchards, different advanced selections, different ripeness phase and different storage period were used as test materials. The texture parameters of Dongzao by puncture test are: pericarp break force 69.28 g, pericarp break distance 0.18 mm, pericarp brittleness $386.71 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$, pericarp toughness $7.04 \text{ g} \cdot \text{s}$, maximal flesh firmness 309.40 g and mean flesh firmness 159.32 g. The results showed that the fruit puncturing texture of Dongzao changed significantly with the growing orchard, and had distinct correlation with the weight and nutritional quality of the fruit. Affected by the genetic background, the textural quality of Dongzao in the same orchard varied among trees, and the changes of the pericarp texture were greater than the flesh texture. And also, the puncturing texture of Dongzao changed with the fruit ripeness phase and the storage period. Aiming at those influencing factors above, the authors discussed the methods to improve the textural quality of Dongzao.

Key words: Dongzao (*Zizyphus jujuba* Mill. 'Dongzao'); texture analyzer; puncture test; fruit puncturing texture; influencing factors

收稿日期: 2010-09-10

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目“冬枣产业提升关键栽培技术”(2008GB24320424)、中国林业科学研究院林业研究所重点课题“冬枣资源调查和优良类型选择研究”(ZD200913)

作者简介: 马庆华(1978—),女,博士,从事经济林育种、栽培技术研究. E-mail: mqhmary@sina.com

* 通讯作者: 王贵禧(1962—),男,研究员,博士生导师,从事经济林育种、栽培技术、果品采后生物学研究. E-mail: wanggx0114@126.com

冬枣 (*Zizyphus jujuba* Mill. ‘Dongzao’) 是我国著名的鲜食枣品种,皮薄肉脆,品质极上^[1]。质地是水果、蔬菜重要的品质特征之一,客观地反映果实内部品质的变化,是影响消费者对其可接受性的最主要因素^[2]。目前,冬枣果实品质的研究主要集中在不同栽培管理方式、产地、年份以及个体遗传因素对冬枣品质的影响^[3-4],冬枣各项营养成分的发育动态^[5-6]以及采后贮藏保鲜^[7-11]等的研究,常以糖、酸、可溶性固形物和 Vc 等营养成分的含量为测定指标,果实硬度不做研究或者仅作为耐贮性的一项指标,关于更多冬枣质地的研究尚未开展。

硬度是质地的重要参数,以往研究中多采用硬度计测定,但受到测试者用力大小、探头规格及削皮厚度的影响,测得的数据经常变异较大。质构仪质地整果穿刺法^[12]是果蔬质地检测常用的方法,能够较好地反映整个果实的流变学特征,可同时获得果皮、果肉的多项质地指标,克服了传统检测方法的缺点,丰富了果实质地评价的内容,使之更为客观准确。目前,许多水果的质构仪质地评价体系已经建立,并且应用到果品的采后贮藏保鲜和货架期预测等研究中^[13-16]。本研究采用整果穿刺法研究冬枣的穿刺质地,通过对不同来源的冬枣进行穿刺质地分析,探讨采样地点、果实发育阶段、贮藏时间及遗传因素等对冬枣质地品质的影响,以丰富冬枣果实品质评价的内容,为合理指导生产、有针对性地进行冬枣选优提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

样品采集于 2009 年 10 月 4—8 日进行,采集山东和河北两省冬枣主产区和原产区共 8 个生产园的样品,分别是:山东省滨州市维果公司(B-1)、山东滨州冬枣研究院(B-2),河北省黄骅市辛庄(H-1)、同居村(H-2)、吕郭庄(H-3)、李官庄(H-4)、崔庄(H-5)、孔店(H-6),各生产园的冬枣树均处于坐果盛期,采集的样品均为健康、成熟、无病虫害,能够代表该园当年整体水平的果实。

不同发育阶段、选优单株和用于贮藏试验的冬枣均采自山东省滨州市林业局冬枣选优园。不同发育阶段的冬枣,分别于 2009 年 8 月 20 日(采前 50 d)、9 月 15 日(采前 25 d)和 10 月 10 日采集,随机选取 5 株冬枣树并挂牌,混合采集能够代表该园当时发育阶段的果实。在冬枣选优园,初选的 22 个

冬枣优良单株,于 2007 年 4 月采用高接换头的方式嫁接在该园原有普通冬枣树上,每株号重复嫁接 3 株,并根据树体情况每株嫁接 3~5 个接穗,以原有普通冬枣截干后促生新枣头为对照,2009 年有 20 个株号稳定坐果(受接穗因素影响,缺少 9 号和 11 号),10 月 10 日混合采集每株号重复的 3 株和对照冬枣树上的果实,共 21 份,各份样品均为健康、成熟、无病虫害,能够代表该株号水平的果实,样品随即分成 2 份,分别用于鲜果测定和贮藏试验。

所有样品均用打孔塑料袋包装,装箱运回北京,存入中国林科院林业所 0 °C 冷库中,立即进行鲜果测定,贮藏试验分别于冬枣入库后 30 d 和 60 d 进行。

1.2 测试方法

试验使用 TA.XT plus 型质构仪(英国 Stable Micro Systems 公司生产),采用直径为 2 mm 的 P/2n 针状探头,测试和取样方法为作者经摸索后建立^[17]。所得力/时间曲线如图 1 所示,第一峰的力值是果皮破碎时的力,即果皮强度(g),第一峰的运行距离即为果皮破裂深度(mm),第一峰的力值与运行距离的比值表示果皮脆性($g \cdot s^{-1}$),图中阴影色区域面积为果皮韧性($g \cdot s$);最大峰的力值为果肉最大硬度(g),锚 3 与锚 4 间的平均力值为果肉平均硬度(g)^[17]。

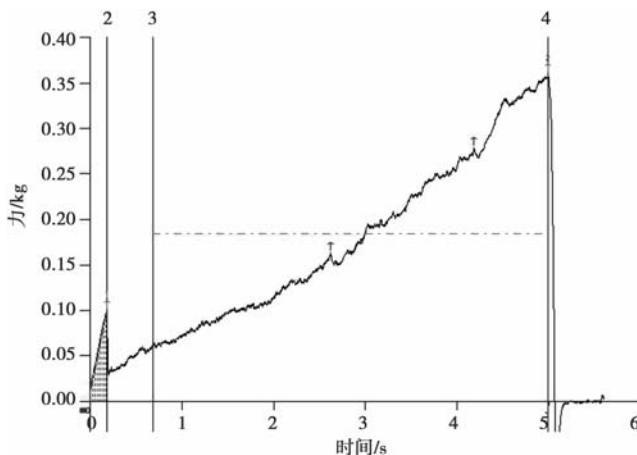


图 1 冬枣穿刺试验曲线(力/时间)

1.3 数据分析

使用 SPSS 13.0 软件进行样品的数据统计,数据进行单因素方差分析,Duncan 氏新复极差法进行多重比较;选优单株间的质地统计图选用误差条图制作^[18];Texture Exponent 32 软件(Stable Micro Systems 公司)生成冬枣穿刺试验曲线图。

2 结果与分析

2.1 不同采样地点冬枣穿刺质地的差异

由表1可知:总体上看冬枣的果皮强度为69.28 g,果皮破裂深度为0.18 mm,果皮脆性为386.71 $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$,果皮韧性为7.04 $\text{g} \cdot \text{s}$,果肉最大硬度为309.40 g,果肉平均硬度159.32 g。在不同采样地点间,冬枣的各项质地指标均存在极显著差异。

本研究还对不同采样地点冬枣的各项营养指标和质地品质进行了相关分析(营养指标测试方法略)。结果显示:冬枣的单果质量与果皮强度、

果肉的硬度、平均硬度间存在极显著的正相关关系,相关系数分别是0.857、0.858和0.875;而总糖与果肉最大硬度、平均硬度间存在显著的负相关关系,相关系数为-0.730和-0.779,可溶性固形物与总糖的相关性极强,与果肉最大硬度和平均硬度间也存在显著的负相关关系,相关系数为-0.737和-0.777,其他指标间无显著相关性。

上述结果表明:由于不同采样地点局部小气候、立地条件以及栽培管理方式等方面的差异,导致了冬枣各项品质产生差异,冬枣的质地品质与果实大小和营养品质之间存在密切的相关性。

表1 不同生产园冬枣穿刺质地的方差分析及其多重比较

采样地点	果皮强度/g	果皮破裂深度/mm	果皮脆性/ $(\text{g} \cdot \text{s}^{-1})$	果皮韧性/ $(\text{g} \cdot \text{s})$	果肉最大硬度/g	果肉平均硬度/g	单果质量/g	总糖/%	可溶性固形物/%
B-1	69.49 b	0.19 bcd	355.06 ab	7.68 b	286.18 a	148.20 a	12.21	29.86	31.08
B-2	69.11 b	0.20 cd	359.25 ab	7.63 b	320.88 cd	164.35 b	13.23	26.15	27.42
H-1	79.76 c	0.17 abc	445.11 d	7.77 b	352.82 e	181.41 c	20.48	25.28	26.63
H-2	72.37 b	0.18 bc	415.26 cd	7.60 b	332.15 d	172.36 b	14.19	24.35	25.77
H-3	61.18 a	0.14 a	417.69 cd	5.30 a	305.34 bc	152.96 a	11.71	29.36	30.43
H-4	67.95 b	0.17 abc	387.71 bc	6.32 a	297.43 ab	153.61 a	11.90	30.23	31.78
H-5	71.83 b	0.21 d	333.88 a	8.42 b	285.61 a	149.12 a	12.39	28.02	29.58
H-6	62.58 a	0.17 ab	379.74 bc	5.59 a	294.74 ab	152.54 a	10.91	26.28	27.58
均值	69.28	0.18	386.71	7.04	309.40	159.32	13.38	27.44	28.78

2.2 不同选优单株间冬枣穿刺质地的差异

对滨州市林业局冬枣选优园的冬枣进行穿刺质地的方差分析,结果表明:优良单株群体内的各项穿刺质地指标均存在显著差异,图2中显示了已坐果的优良单株冬枣及对照冬枣(21组)的穿刺质地差异情况,各指标的总变异系数分别为果皮强度12.500%,破裂深度21.018%,果皮脆性13.726%,果皮韧性19.502%,果肉最大硬度12.392%和果肉平均硬度12.635%。群体内性状变异程度越大,对种质变异和创新的贡献率越高^[19],在冬枣穿刺质地性状中,果皮破裂深度和果皮韧性的变幅较大,说明果皮质地性状与果肉相比有较大的选择空间。

对上述选优单株冬枣的各项营养指标和质地品质进行了相关分析^[20],结果显示:冬枣的总糖和可溶性固形物含量均与果肉最大硬度、平均硬度间存在显著的负相关关系,相关系数为-0.602和-0.676(总糖),-0.583和-0.658(可溶性固形物),而单果质量与果实的质地品质间无显著相关性。冬枣群体内存在一定的遗传差异,表现在果实品质、果形、成熟期和抗逆性等方面,上述冬枣生长

在同一选优园,采用相同的栽培管理方式,排除了外因对质地品质的影响,上述结果直接反映出冬枣选优单株间的遗传差异。总糖和可溶性固形物与硬度之间的关系与不同采样地点的分析结果相似,因此可以认为,冬枣果肉中营养物质的含量越高,冬枣的质地越酥脆,果肉硬度越小;就冬枣单果质量而言,其变异系数在不同采样地点间达到22.404%,而在同一选优园的选优单株间仅为6.658%,因此说明,冬枣的果个大小主要由不同采样地点的栽培因素引起,间接影响了冬枣的质地品质;同一枣园不同选优单株的单果质量与果实质地不相关,冬枣的质地品质主要受单株间遗传因素的影响。

2.3 不同果实发育阶段对冬枣穿刺质地的影响

在山东滨州和河北黄骅一带,8月底到10月上旬是冬枣的第二速长期,9月中旬进入白熟期,10月上中旬进入脆熟期^[21],从表2可知:采前50d的冬枣果皮强度、破裂深度和果皮韧性显著比采前25d的高,不同采样时间对果皮脆性影响的差异不显著;3个采样时间的果肉最大硬度和平均硬度的差异均达到显著水平,这表明随着果实的成熟,冬枣果肉硬度逐渐降低。冬枣果皮和果肉的质地状况与

其自身的生长发育规律有关,白熟期冬枣果实大小基本定型,果皮发育基本停止,果皮质地的变化较

小,之后冬枣果实内部多种营养成分含量迅速上升^[5],果肉的质地也相应发生改变。

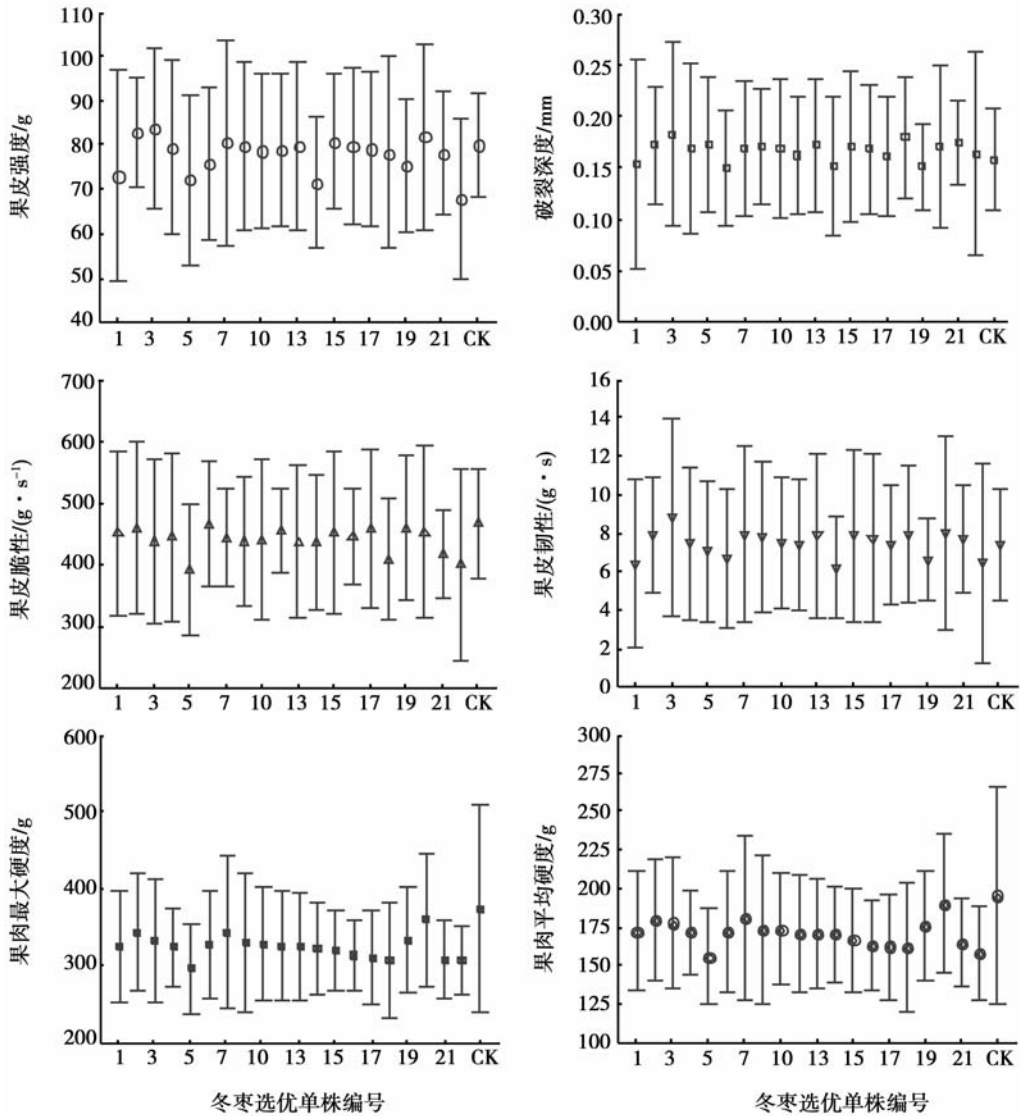


图2 冬枣选优单株间穿刺质地的误差条图(图中数据点为指标平均值,误差线为标准差)

表2 采样时间对冬枣穿刺质地的影响

采样时间	果皮质地				果肉质地	
	果皮强度/g	破裂深度/mm	果皮脆性/(g·s ⁻¹)	果皮韧性/(g·s)	最大硬度/g	平均硬度/g
采前 50 d	87.637 b	0.190 b	431.506 a	9.559 b	495.247 c	257.043 c
采前 25 d	77.986 a	0.163 a	454.135 a	7.173 a	394.390 b	205.559 b
采收期间	77.928 a	0.162 a	455.900 a	7.168 a	333.655 a	176.027 a

2.4 不同贮藏时间对冬枣穿刺质地的影响

表3表明:贮藏时间对冬枣的果皮强度和果肉硬度的影响均显著;果皮的破裂深度和脆性在贮藏30 d时与贮藏当天的差异均不显著,二者与贮藏60 d时差异均显著;而果皮韧性在贮藏不同时间的差异都不显著。

冬枣贮藏期间果实硬度的变化表现在2个方面,一是受采后各种生理变化的影响^[9],果实整体的后熟、软化和失水,二是软烂果实的出现。由图3可知:贮藏当天的果皮强度和果肉硬度都比较高,参试冬枣果皮的脆裂深度也较为一致;贮藏30 d的冬枣果皮强度和果肉硬度开始下降,果皮的脆裂深度基

本没变,并出现个别软烂果实;而贮藏 60 d 的冬枣果肉硬度显著下降,软烂果实明显增多,曲线第一峰出现的时间和峰值变化都明显,表现为果皮强度的下降和果皮破裂深度的增大,前者可能与果皮表面

的蜡质层及果皮细胞排列结构的变化有关,后者可能与果实失水有关,二者共同作用导致冬枣果皮脆性和韧性发生改变。

表 3 不同贮藏(0℃)时间冬枣穿刺质地的多重比较

贮藏时间 /d	果皮质地				果肉质地	
	果皮强度/g	破裂深度/mm	果皮脆性/(g·s ⁻¹)	果皮韧性/(g·s)	最大硬度/g	平均硬度/g
贮藏当天	78.015 c	0.166 a	441.694 b	7.445 a	326.142 c	171.826 c
30	76.466 b	0.166 a	435.245 b	7.354 a	317.863 b	164.716 b
60	71.778 a	0.185 b	407.219 a	7.491 a	286.555 a	148.969 a

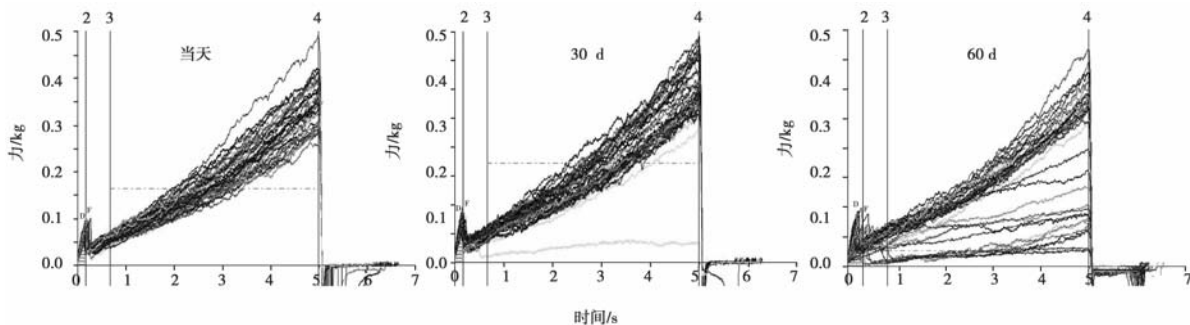


图 3 不同贮藏时间冬枣穿刺试验差异曲线(力/时间,以 7 号选优单株为例)

3 结论与讨论

本研究使用质构仪质地整果穿刺法研究冬枣的质地品质,实验证明该方法能够准确地反映出冬枣果皮和果肉的质地品质,丰富了冬枣果实品质评价的内容^[17]。质构仪质地多面分析模拟人牙齿的咀嚼过程,能够直观地反映口感的各项指标,被广泛应用于各种食品的质地分析中^[13,22-24],但是由于冬枣脆性高、弹性小,不符其原理,而且冬枣是带皮食用的水果,果皮质地是冬枣品质的一项重要指标,因此,该方法不宜在鲜食的冬枣上应用。

影响冬枣质地品质的因素很多,不同地点的局部小气候、立地条件、栽培管理方式等差异,以及同一冬枣园不同冬枣单株之间的遗传差异,都会导致冬枣的质地品质产生差异。本研究发现,冬枣的总糖和可溶性固形物含量与冬枣的果肉硬度存在显著的负相关关系,即冬枣的总糖和可溶性固形物含量越高,冬枣的果肉硬度越小,口感越酥脆,生产上可以通过整形修剪、加强土肥水管理等方式来提高冬枣的果实品质;同一冬枣园不同选优单株间的冬枣存在质地差异,各指标间存在不同的变异系数,其中果皮破裂深度和果皮韧性的变幅较大,因此,在进行冬枣选优时,可以将果皮的质地性状作为一项重要

指标。

冬枣的质地品质是随着冬枣的果实发育,与各种营养、风味、香气、色素苷及生物活性物质的合成代谢一起形成的^[25],冬枣的果皮和果肉分别由子房的外壁和中壁发育而来^[26],其质地形成与冬枣自身的生长发育规律有关:白熟期前,冬枣的果实不断增大,果皮随之不断发育,各种营养成分的含量上升缓慢^[5],此期冬枣的质地品质形成以果皮质地为主;白熟期后,冬枣果实大小基本定型,此期冬枣果实内部多种营养成分的含量迅速上升,冬枣的质地品质形成转以果肉质地为主。生产上应结合冬枣果实品质形成的规律,采取相应措施,提高冬枣的果实品质。

贮藏时间影响冬枣的采后质地,在本研究的贮藏条件下(0℃,打孔塑料袋包装),果皮强度和果肉硬度在贮藏 30 d 时显著下降,而果皮的破裂深度和果皮脆性在贮藏 60 d 时才显著下降,果皮的韧性则没有显著变化,这些变化与冬枣采后各种生理变化导致的果实软化、腐烂和失水有关。因此,冬枣的贮藏保鲜应从降低采后呼吸代谢,减少果实水分丧失两方面控制条件,来最大限度地保持冬枣的鲜食品质,延长冬枣的保鲜期。

参考文献:

- [1] 曲泽州,王永蕙. 中国果树志·枣卷[M]. 北京:中国林业出版社,1991:229
- [2] Klein J D, Lurie S. Prestorage heating of apple fruit for enhanced postharvest quality: interaction of time and temperature [J]. *Hort-Science*, 1992, 27: 326 - 328
- [3] 胡新艳,王贵禧,梁丽松,等. 不同肥料对冬枣果实品质发育的影响[J]. *林业科学研究*, 2007, 20(6): 750 - 754
- [4] 马庆华,续九如,王贵禧,等. 河北冬枣和山东冬枣果实品质及 AFLP 分子标记研究[J]. *林业科学研究*, 2009, 22(1): 48 - 54
- [5] 赵智慧,周俊义,刘孟军,等. 冬枣和临猗梨枣果实发育期主要营养成分变化[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(6): 261 - 264
- [6] 彭艳芳,李洁,赵仁邦,等. 金丝小枣和冬枣果实发育过程中低聚糖和多糖含量的动态研究[J]. *果树学报*, 2008, 25(6): 846 - 850
- [7] 康明丽,张平,马岩松,等. 气体成分对冬枣细胞膜和贮藏品质的影响[J]. *果树学报*, 2003, 20(2): 112 - 115
- [8] 张有林,韩军岐,张润光. 低温、减压和臭氧对冬枣保鲜的生理效应研究[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(10): 2102 - 2110
- [9] 韩冰,王文生,石志平. 气调贮藏对冬枣采后生理生化变化的影响[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(11): 2379 - 2383
- [10] 李鹏霞,王贵禧,梁丽松,等. 高氧处理对冬枣货架期呼吸强度及品质变化的影响[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(7): 180 - 183
- [11] 孙丽娜,刘孟臣,朱树华,等. 一氧化氮处理对冬枣贮藏期间乙醇代谢及相关品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(12): 2827 - 2834
- [12] Camps C, Guilermin P, Mauget J C, *et al.* Data analysis of penetrometric force/displacement curves for the characterization of whole apple fruits[J]. *Journal of Texture Studies*, 2005, 36: 387 - 401
- [13] 潘秀娟,屠康. 质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(3): 166 - 170
- [14] 张广燕. 李果实减压及浸钙贮藏保鲜机理研究[D]. 保定:河北农业大学,2005
- [15] 张谦益,吴洪华,王香林,等. 穿刺试验测试梨果肉质地的研究[J]. *农产品加工·学刊*, 2006(4): 22 - 24
- [16] 邓云,吴颖,李云飞. 葡萄在贮藏和货架期间品质的预测模型[J]. *农业机械学报*, 2006, 37(8): 93 - 97
- [17] 马庆华,王贵禧,梁丽松. 质构仪穿刺试验检测冬枣质地品质方法的建立[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(6): 1210 - 1217
- [18] 宇传华. SPSS 与统计分析[M]. 北京:电子工业出版社,2007
- [19] 王力荣,朱更瑞,方伟超. 桃(*Prunus persica* L.)种质资源果实数量性状评价指标探讨[J]. *园艺学报*, 2005, 32(1): 1 - 5
- [20] 马庆华. 冬枣优良类型选择研究[D]. 北京:中国林业科学研究院(博士后出站报告),2010
- [21] 武之新. 冬枣优质丰产栽培新技术[M]. 北京:金盾出版社,2002
- [22] 李斯特. 食品物性学[M]. 北京:中国农业出版社,2001
- [23] Lucey J A, Johnson M E, Horne D S. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese[J]. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(9): 2725 - 2743
- [24] Noboru M, Toshio T, Kiyohide K, *et al.* Relationship between texture and cell wall polysaccharides of fruit flesh in various species of citrus[J]. *HortScience*, 1996, 31(1): 114 - 116
- [25] 张上隆,陈昆松. 果实品质形成于调控的分子生理[M]. 北京:中国农业出版社,2007
- [26] 陈贻金. 中国枣树学概论[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991