我国北方高酸苹果综合品质评价

李红英¹, 张磊^{1*}, 张晓煜¹, 曹宁¹, 袁海燕²

(1.中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室, 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2.宁夏国土资源调查监测院, 宁夏 银川 750004)

摘要: 为了推动高酸苹果基地合理规划, 提高产业竞争力, 对我国北方高酸苹果综合品质进行了定量综合评价。基于2011—2014年我国8省区多点采样检验资料, 采用层次分析法和K-均值聚类分析方法, 综合高酸苹果榨汁和鲜食两种用途, 将可滴定酸、可溶性固形物、VC含量、出汁率等主要品质因子根据生理品质、物理品质和外观品质分为3类, 构建了高酸苹果品质评价指标和评价体系, 对各地高酸苹果综合品质进行了评价。结果表明, 我国宁夏、辽宁两省区采样点上高酸苹果综合评价等级较高, 品质相对较好, 陕西、河南两省采样区域高酸苹果品质不稳定, 甘肃、山西和山东等省采样点上多数年份高酸苹果综合评价等级偏低, 品质一般。2011—2012年各地高酸苹果品质多为良好, 2013—2014年各地苹果品质则不稳定。所构建的评价体系能够反映高酸苹果品质地域和年际间的波动, 评价结果可为高酸苹果产区结构调整和苹果果汁企业发展提供参考。

关键词: 高酸苹果; 澳洲青苹; 层次分析; 聚类分析; 综合品质评价

Comprehensive Quality Evaluation of High-Acid Apples in the North of China

LI Hongying¹, ZHANG Lei^{1*}, ZHANG Xiaoyu¹, CAO Ning¹, YUAN Haiyan²

(1. Ningxia Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Key Laboratory for Meteorological Disaster Monitoring and Early Warning and Risk Management of Characteristic Agriculture in Arid Regions, China Meteorological Administration, Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Institute of Survey and Monitoring of Land and Resources, Yinchuan 750004, China)

Abstract: Quantitative comprehensive quality evaluation of high-acid apple is important to promote the rational planning of apple producing bases and industrial competitiveness. The overall quality of high-acid apples collected from different growing areas in 8 provinces in northern China from the year 2011 to 2014 was quantitatively evaluated. Taking into account that high-acid apple is consumed as a fresh fruit or as a juice, the main quality factors, including titratable acidity, soluble solids content, vitamin C content and juice yield, were divided to three categories: physiological, physical and appearance quality using the analytical hierarchy process (AHP) and K-means cluster analysis. A system to evaluate the overall quality of high-acid apple based on the selected indicators was established. The results showed that the quality of high-acid apples was relatively higher from Ningxia and Liaoning provinces; the quality of high-acid apples was varied from Shaanxi and Hennan provinces and was general from Gansu, Shanxi and Shandong provinces. The quality of most high-acid apples was good during 2011–2012 and varied during 2013–2014. The developed evaluation system could reflect the regional and inter-annual quality fluctuations of high-acid apple and the evaluation results could provide references for the structural adjustment of high-acid apple producing areas and the development of apple juice enterprises.

Key words: high-acid apple; Granny Smith apples; analytic hierarchy process; cluster analysis; comprehensive evaluation

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201717006

中图分类号: S601.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2017)17-0032-04

引文格式:

李红英, 张磊, 张晓煜, 等. 我国北方高酸苹果综合品质评价[J]. 食品科学, 2017, 38(17): 32-35. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201717006. <http://www.spkx.net.cn>

LI Hongying, ZHANG Lei, ZHANG Xiaoyu, et al. Comprehensive quality evaluation of high-acid apples in the north of China[J]. Food Science, 2017, 38(17): 32-35. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201717006. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-07-27

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31160249)

作者简介: 李红英(1980—), 女, 高级工程师, 博士, 研究方向为气候资源利用与农业气象灾害。E-mail: hongyingly@126.com

*通信作者: 张磊(1974—), 男, 高级工程师, 硕士, 研究方向为农业气象、农业生态学。E-mail: zhle.131@163.com

高酸苹果被认为是加工浓缩果汁的优良原料果^[1], 其培育大大提升了国内苹果汁企业的效益和国际市场竞争力。在政府和企业的推动及众多高酸苹果引种、栽培、适应性等方面研究成果的支持下^[2-4], 传统的鲜食苹果产区均陆续推广高酸苹果种植, 部分省区的种植规模已相当大。然而盲目引种栽培也造成市场上高酸苹果品质良莠不齐, 企业很难判断本地地区的原料果品质好坏, 一定程度上影响企业利益, 也影响果农的积极性, 导致近年来高酸苹果种植出现萎缩的趋势。

在众多苹果品质因子中^[5-8], 含酸量对果实风味品质影响较大^[9-10], 但却不是评价品质优劣的唯一因子, 苹果品质评价的基础影响指标的选取^[11-15]包括酸度、糖度、维生素、香气、糖酸比、固酸比、果形、果实硬度、色泽、风味、果肉质地、汁液和异味等的合理搭配及在生产过程中出汁率的高低等多种影响因素^[5,16-20]。高酸苹果作为浓缩苹果汁优质原料果, 近年来还兼具一定的鲜食功能, 但目前对其综合品质的评价指标较少。本研究通过异地取样检验, 以高酸苹果的代表品种澳洲青苹为例, 综合考虑高酸苹果酸、糖、榨汁率等生理指标, 以及其商品品质和耐储性, 建立高酸苹果综合品质评价指标体系, 最终对我国北方主要苹果产区高酸苹果综合品质进行评价, 为高酸苹果基地建设及优化布局提供参考依据, 促进苹果浓缩汁加工业良性发展。

1 材料与与方法

1.1 材料

于2011—2014年在陕西、甘肃、河南、山西、山东、辽宁、四川和宁夏等省区进行异地集中采样, 考虑到在众高酸苹果品种中, 澳洲青苹苹果酸含量6~8 g/L, 制汁品质极佳, 是目前我国引种时间最长、发展面积最大的加工、鲜食兼用品种^[1,19], 实验以澳洲青苹为实验品种。采样地点包括陕西省富县、合阳县、眉县、长武县, 甘肃省礼县、清水县, 河南省三门峡市、陕县, 山西省临猗县、祁县, 山东省栖霞市, 辽宁省绥中县、营口市, 四川省小金县, 宁夏回族自治区吴忠市、银川市、中宁县、中卫市等18个市县, 每年每个采样点样品量在20 kg左右, 并且为了消除田间管理水平对苹果的影响, 在采样时尽量选取管理水平相当、成熟度一致的样品。

1.2 仪器与设备

GMK-835F型苹果酸度计 韩国G-won公司; PAL-1

型数字式折光仪 日本Atago公司; RQflex 10型反光光度计 德国Merck公司。

1.3 方法

1.3.1 高酸苹果样品检验

分别测定各样品的果实可滴定酸含量、可溶性固形物含量、VC含量和出汁率。每个样品随机分为3份, 分别充分压榨出汁后计算出汁率, 同时测定果汁的可滴定酸、可溶性固形物和VC含量, 取3次测定结果的平均值。果实硬度采用硬度仪测定, 每个样品取30个果实的平均硬度值。

1.3.2 样品外观品质测定

分别测定果实纵径和横径长、偏斜果率、果面色泽、光滑程度、着色度等, 其中果形指数以果实纵径和横径比值表示, 果面状况综合考虑果面色泽、光滑程度和着色度赋0~1之间值作为参评数据。

1.4 数据统计分析

采用DPS软件进行层次分析, SPSS软件进行K-均值聚类分析^[21-22]。

2 结果与分析

2.1 评价体系构建

将高酸苹果品质分为生理品质、物理品质和外观品质3类, 其中以果面状况、偏斜果率和果形指数表征苹果的外观品质, 以单果质量、硬度和出汁率表征苹果的物理品质, 以VC、可溶性固形物、可滴定酸含量表征苹果的生理品质。

在选定的各项因子中, 有的因子对高酸苹果品质是正贡献, 有的是负贡献, 而且各因子的量纲也不同, 为评价方便, 对所有资料进行归一化处理, 并且将负贡献的因子用1减后的值作为评价因子。

根据上述各评价指标因子的相互关系和隶属关系, 建立高酸苹果品质评价因子层次结构关系(表1)。

表1 高酸苹果品质评价因子层次结构
Table 1 Hierarchy structure of quality factors of high-acid apple

高酸苹果综合品质(A)								
外观品质(B1)			物理品质(B2)			生理品质(B3)		
果面状况(C1)	偏斜果率(C2)	果形指数(C3)	单果质量(C4)	硬度(C5)	出汁率(C6)	VC含量(C7)	可溶性固形物含量(C8)	可滴定酸含量(C9)

2.2 判断矩阵和一致性检验

比较 X_i 和 X_j 两个因子的重要性, 运用2个因子比值

表2 判断矩阵及其一致性检验
Table 2 Results of matrix and its consistency test

A-B	B1	B2	B3	B1-C	C1	C2	C3	B2-C	C4	C5	C6	B3-C	C7	C8	C9
B1	1	1/5	1/7	C1	1	1/3	1/5	C4	1	1/3	1/5	C7	1	1/3	1/7
B2	5	1	1/3	C2	3	1	1/3	C5	3	1	1/3	C8	3	1	1/5
B3	7	3	1	C3	5	3	1	C6	5	3	1	C9	7	5	1
CI=0.032, CR=0.055<0.1, 通过一致性检验				CI=0.019, CR=0.033<0.1, 通过一致性检验				CI=0.019, CR=0.033<0.1, 通过一致性检验				CI=0.032, CR=0.055<0.1, 通过一致性检验			

注: A、B、C分别为在因子层次结构中各层对应的因子(同表1); A-B、B层各因子对A层因子影响作用, B1-C、B2-C、B3-C、C层各因子对B层因子的影响作用; CI-一致性检验指标; CR-平均随机一致性指标, 对CI的修正系数。CI、CR越小, 矩阵的一致性越好。表3同。

(X_i/X_j) a_{ij} 来表示, a_{ij} 越大, 说明 X_i 相对于 X_j 的重要性越强, a_{ij} 从1、3、5、7、9分别对应 X_i 与 X_j 的重要性相同、比 X_j 稍强、强、很强、绝对强。据此构造出表1层次结构关系中较低层指标相对于高一层指标的判断矩阵(表2), 最终得到各指标因子(C1~C9)对高酸榨汁苹果品质(A)的影响权重见表3, 并且均通过一致性检验。其中可滴定酸含量对高酸苹果综合品质影响最大, 权重为0.474, 其次是出汁率, 其权重为0.178, 可溶性固形物含量对高酸苹果综合品质影响居第3位, 其权重为0.122, 随后是硬度、VC含量、果形指数、偏斜果率的影响, 权重分别为0.072、0.053、0.046和0.019, 影响程度最小的是果面状况, 其权重仅为0.008。

表3 各指标因子对高酸苹果品质影响权重及一致性检验
Table 3 Weight values of quality factors of high-acid apple and consistency test

指标	果面状况 (C1)	偏斜果率 (C2)	果形指数 (C3)	单果质量 (C4)	硬度 (C5)	出汁率 (C6)	VC含量 (C7)	可溶性固形物 含量(C8)	可滴定酸 含量(C9)
权重	0.008	0.019	0.046	0.029	0.072	0.178	0.053	0.122	0.474
一致性检验	CI=0.027, CR=0.047<0.1, 通过一致性检验								

2.3 综合品质评价

表4 各采样点苹果综合品质评价结果
Table 4 Quality assessment results of high-acid apples from different areas

地区	年份	得分	分类等级	地区	年份	得分	分类等级
甘肃礼县	2012	0.495	3	宁夏中宁县	2013	0.676	1
甘肃礼县	2013	0.340	4	宁夏中宁县	2014	0.448	3
甘肃礼县	2014	0.562	2	宁夏中卫宣和	2014	0.683	1
甘肃清水县	2012	0.492	3	山东栖霞市	2011	0.521	3
甘肃清水县	2013	0.513	3	山东栖霞市	2012	0.541	3
甘肃清水县	2014	0.531	3	山东栖霞市	2013	0.500	3
河南三门峡市	2011	0.599	2	山东栖霞市	2014	0.411	4
河南三门峡市	2012	0.624	2	山西临猗县	2013	0.540	3
河南三门峡市	2013	0.557	2	山西临猗县	2014	0.405	4
河南三门峡市	2014	0.407	4	山西祁县	2012	0.580	2
河南陕县	2012	0.498	3	山西祁县	2013	0.396	4
河南陕县	2013	0.497	3	山西祁县	2014	0.495	3
辽宁绥中县	2012	0.453	3	陕西富县	2012	0.575	2
辽宁绥中县	2013	0.452	3	陕西富县	2013	0.474	3
辽宁绥中县	2014	0.693	1	陕西合阳县	2013	0.616	2
辽宁营口市	2011	0.639	2	陕西合阳县	2014	0.477	3
辽宁营口市	2012	0.664	1	陕西眉县	2012	0.595	2
宁夏吴忠市	2012	0.562	2	陕西眉县	2013	0.140	4
宁夏吴忠市	2013	0.689	1	陕西眉县	2014	0.614	2
宁夏吴忠市	2014	0.755	1	陕西长武县	2012	0.607	2
宁夏银川市	2012	0.513	3	陕西长武县	2013	0.375	4
宁夏银川市	2013	0.698	1	陕西长武县	2014	0.593	2
宁夏银川市	2014	0.611	2	四川小金县	2014	0.504	3
宁夏中宁县	2012	0.546	3	宁夏银川河东	2013	0.697	1

根据表3中每个影响因子对高酸榨汁苹果综合品质影响权重乘以各样点对应测试结果的归一化值, 计算得到各样点苹果综合品质得分见表4, 并运用K-均值聚类方法将各采样点的评估品质划分为4级, 代码1、2、3和4分别表示苹果综合品质优、良好、一般、差, 各等级聚类中心综合得分分别为: 0.69、0.60、0.50和0.39。

从表4可知, 辽宁营口市、宁夏吴忠市、中卫市、银川市高酸苹果品质优良。河南三门峡市、陕西眉县、陕西长武县高酸苹果品质良好。辽宁绥中县、宁夏中宁县、甘肃礼县、甘肃清水县, 山东栖霞市, 山西祁县、河南陕县、四川小金县、陕西合阳县和富县高酸苹果品质一般, 其中辽宁绥中县、宁夏中宁县个别年份可达到优质。山东栖霞、河南三门峡市和山西临猗县2014年, 以及山西祁县、陕西长武县、甘肃礼县和陕西眉县2013年高酸苹果品质较差。

表5 各省份高酸苹果不同品质等级所占比例
Table 5 Proportions of different grades of high-acid apples in different provinces

省份	比例/%			
	1级	2级	3级	4级
宁夏	55	18	27	0
陕西	0	60	20	20
甘肃	0	17	67	17
河南	0	50	33	17
山西	0	20	40	20
辽宁	40	20	40	0
山东	0	0	75	25
四川	0	0	100	0

由表5可知, 在有限采样点内, 辽宁和宁夏两省份分别有55%和40%的苹果样本综合品质达到优, 且没有品质较差的样本; 陕西、河南两省大部样品苹果综合品质良好, 甘肃、山东省大部样本苹果综合品质为一般, 山西省大部苹果综合品质等级为良好或一般; 除宁夏、辽宁和四川三省区外, 其他各省均存在17%~25%品质较差的样本。

表6 2011—2014年高酸苹果不同品质等级所占比例
Table 6 Proportions of different quality grades of high-acid apples during 2011—2014

年份	比例/%			
	1级	2级	3级	4级
2011	0	67	33	0
2012	7	43	50	0
2013	25	13	38	25
2014	20	27	33	20

由表6可知, 2011年大部苹果样本品质良好; 2012年50%的苹果样本品质一般, 50%样本品质达优良, 没有品质较差的样本; 2013—2014年苹果综合品质差异较大, 各等级均有。

3 讨论

本研究以高酸苹果代表澳洲青苹作为研究对象, 运用层次分析法结合聚类分析方法, 从众多因子中筛选出生理、物理和外观三类9项因子作为评价高酸苹果综合品

质的因子,通过量化各因子对综合品质的影响,突破传统的定性描述的方法,将不同类型、不同量纲的因子统一到一个评价模式中,增加了模型的可操作性。

在选取高酸苹果综合品质评价指标时参考聂继云^[15]、邓健康^[23]等对制汁用苹果评价指标的筛选结果,但又考虑高酸苹果兼具榨汁和鲜食两种功能的特点^[24],将剔除掉的果形、色泽、果面状况以及VC含量和可溶性固形物含量等指标仍然作为高酸苹果品质的评价指标。可溶性固形物和可溶性糖均作为营养指标,考虑到可溶性固形物含量测定方法远比可溶性糖含量简单,并且可溶性固形物对苹果品质影响也大于可溶性糖含量^[4],本研究将可溶性糖含量选为评价指标。同时由于以澳洲青苹作为主要研究对象,有其独特的风味和香气,受实验条件限制,各产区之间苹果风味、香气的细微差异并没有进行区分,这也是下一步完善细化评价体系的关注点之一。

产区内微环境和年际间差异对苹果品质会产生一定的影响。同一产区不同取样点之间存在差异,河南省苹果主要集中在豫西地区,但三门峡市除2014年外苹果品质均达良好,而陕县苹果品质则一般。不同地区苹果品质年际间变化也不同,如甘肃清水县连续3年品质都为一般较稳定,甘肃礼县年际间变化较大,2012—2014年苹果品质分别为中等、较差、良好。另外,没有一个地区可以始终保持优等,同时,受气候、土壤、施肥等生态环境条件以及树体本身的制约^[25-30],在有些地区苹果的综合品质想达到良好以上等级也很困难。

高酸苹果综合品质评价基础研究较少,评价结果存在与传统苹果产区认识不一致的现象,比如传统的优质苹果产区山东省,高酸苹果综合品质则一般,这主要是由于该产区高酸苹果中酸含量过低引起的。同时,苹果品质评价结果很大程度上依赖于评价指标的选取,本研究作为初步研究,评价结果可作为高酸苹果产区发展和苹果果汁企业的参考,但受实验条件限制,评价指标因子选取有限,评价体系和结果有待进一步完善。

4 结论

所建立的高酸苹果综合品质评价体系能够反映产区和年际间差异,但受采样点数量的限制以及评价指标因子选取的局限性,本研究评价结果在各个省区特别是在大省区应用时要进一步考虑小区域之间的差异。整体上,通过评价各省区采样点高酸苹果综合品质,宁夏和辽宁大部采样区苹果综合评价等级较高,品质相对较好;陕西、河南两省高酸苹果品质多数年份能达到良好,但不稳定;甘肃、山西和山东等省采样区高酸苹果综合评价等级较低,品质一般。

参考文献:

- [1] 韩林. 我国高酸榨汁苹果的栽培现状及发展前景[J]. 山西果树, 2007(3): 38-39. DOI:10.3969/j.issn.1005-345X.2007.03.021.
- [2] 张正军, 白勇龙, 王远东. 澳洲青苹在庆阳适应性观察及高接建园技术[J]. 甘肃林业科技, 2007, 32(3): 67-69. DOI:10.3969/j.issn.1006-0960.2007.03.020.
- [3] 袁景军, 赵政阳, 石兴顺. 优良高酸加工苹果澳洲青苹高效栽培[J]. 西北园艺, 2003(10): 14-15. DOI:10.3969/j.issn.1004-4183-B.2003.10.007.
- [4] 聂继云, 毋永龙, 李海飞, 等. 苹果品种用于加工鲜榨汁的适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(17): 271-278. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2013.17.035.
- [5] 王海波, 李林光, 陈学森, 等. 中早熟苹果品种果实的风味物质和风味品质[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2300-2306. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2010.11.013.
- [6] 梁俊, 郭燕, 刘玉莲, 等. 不同品种苹果果实中糖酸组成与含量分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(10): 163-170.
- [7] 张兰, 王宏国. 不同成熟期澳洲青苹果果实品质测定[J]. 北方园艺, 2007(9): 41-42. DOI:10.3969/j.issn.1001-0009.2007.09.016.
- [8] 段亮亮, 郭玉蓉, 李锦运, 等. 秦冠、富士、澳洲青苹生长发育期间品质特性分析[J]. 食品科学, 2010, 31(3): 69-73.
- [9] 贾定贤, 米文广. 苹果品种果实糖、酸含量的分级标准与风味的关系[J]. 园艺学报, 1991, 18(1): 9-14.
- [10] 李宝江, 林桂荣, 崔宽. 苹果糖酸含量与果实品质的关系[J]. 沈阳农业大学学报, 1994, 25(3): 279-283.
- [11] 聂继云, 李海飞, 李静, 等. 基于159个品种的苹果鲜榨汁风味评价指标研究[J]. 园艺学报, 2012, 39(10): 1999-2008.
- [12] 魏钦平, 程述汉, 丁殿东. 苹果品质评价因素的选择[J]. 中国果树, 1997(4): 14-15.
- [13] 孟宪军, 公丽艳, 毕金峰, 等. 中早熟苹果果实品质因子的选择[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 72-76. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201323016.
- [14] 徐吉花, 赵政阳, 王雷存, 等. 苹果果实品质评价因子的选择研究[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 269-274.
- [15] 聂继云, 刘凤之, 李静, 等. 制汁用苹果品质评价体系探讨[J]. 果树学报, 2006, 23(6): 798-800. DOI:10.3969/j.issn.1009-9980.2006.06.003.
- [16] 蒋艳军, 余贞贞, 胡斌, 等. 苹果外形特征与内在品质的典型相关分析[J]. 农机化研究, 2009, 31(4): 129-132. DOI:10.3969/j.issn.1003-188X.2009.04.040.
- [17] 白沙沙, 毕金峰, 方芳, 等. 苹果品质评价技术研究现状及展望[J]. 食品科学, 2011, 32(3): 286-290.
- [18] 聂继云, 毋永龙, 李海飞, 等. 苹果鲜榨汁品质评价体系构建[J]. 中国农业科学, 2013, 46(8): 1657-1667. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2013.08.015.
- [19] 李林光, 杨建明, 隋从义. 加工鲜食兼用型绿色苹果优良品种-澳洲青苹[J]. 落叶果树, 2001(1): 25-26.
- [20] 董月菊, 张玉刚, 梁美霞, 等. 苹果果实品质主要评价指标的选择[J]. 华北农学报, 2011, 26(7): 74-79.
- [21] 张晓煜, 刘静, 王连喜. 枸杞品质综合评价体系构建[J]. 中国农业科学, 2004, 37(3): 416-421. DOI:10.3321/j.issn:0578-1752.2004.03.018.
- [22] 张晓煜, 亢艳莉, 袁海燕, 等. 酿酒葡萄品质评价及其对气象条件的响应[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 740-745. DOI:10.3321/j.issn: 1000-0933.2007.02.039.
- [23] 邓健康, 刘璇, 吴昕烨, 等. 苹果等外果品质特性及其制汁适宜性分析[J]. 中国食品学报, 2016, 16(10): 204-213. DOI:10.16429/j.1009-7848.2016.10.028.
- [24] 陈颖. 澳洲青苹加工品质测定及感官评价[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(7): 30-31. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2005.11.033.
- [25] 段晓凤, 张磊, 金飞, 等. 气象因子对苹果产量、品质的影响研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(7): 33-37. DOI:10.11924/j.issn.1000-6850.2013-1761.
- [26] 焦蕊, 于丽辰, 贺丽敏, 等. 土壤有机质对红富士苹果产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2011(14): 25-26.
- [27] 赵进春, 韩振海, 许雪峰. 生态因子对苹果果实Ca、K含量及其品质的影响[J]. 辽宁农业科学, 2002(4): 9-11. DOI:10.3969/j.issn.1002-1728.2002.04.004.
- [28] 王羽淑, 张宇星, 江文, 等. 土壤条件对澳洲青苹叶片生长与生理特性的影响[J]. 天津农业科学, 2017, 23(2): 8-11.
- [29] 李鹏, 王益权, 梁化学. 渭北不同树龄苹果品质因子分析与综合评价[J]. 食品科学, 2016, 37(3): 49-54. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201603010.
- [30] 赵佐平, 同延安, 高义民, 等. 不同肥料配比对富士苹果产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1130-1135.