

# 土壤营养对金冠系苹果果实品质的影响

乔 帅<sup>1</sup>,任玉锋<sup>1,2</sup>,王佳伟<sup>1</sup>,周 军<sup>1,2\*</sup>,张 欣<sup>1,2</sup>,  
徐文娣<sup>1,2</sup>,张 琨<sup>1</sup>,冯 骧<sup>3</sup>,院 钦<sup>1</sup>,王惠冉<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>北方民族大学生物科学与工程学院,银川 750021; <sup>2</sup>经济林遗传改良创新团队,银川 750021; <sup>3</sup>吴忠林场,宁夏吴忠 751100)

**摘 要:**【目的】探究宁夏不同产区土壤条件对金冠系苹果品种品质的影响,为提升宁夏金冠系苹果品质提供理论支持。【方法】以宁夏吴忠市、中卫市共7个果园9个金冠系苹果品种为试材,采用土壤元素含量分析、多样品品质隶属函数分析及相关性分析,探究不同土壤条件下果实品质的差异及不同营养含量对果实品质的影响。【结果】土壤分析结果表明,采样果园土壤pH值在7.81~8.61,土壤呈弱碱性,主成分分析从15个品质指标中提取出4个主成分,其中,维生素C含量、可溶性固形物含量、酸含量、硬度、破裂力在成分1上的载荷较高,成分1的方差贡献率最高。通过Topis综合分析法得出宁夏万齐无锈金矮生评分最高,说明宁夏万齐的果实品质最好。土壤因素与果实品质之间的相关性分析表明,20~40 cm土层pH值以及有机质、水解性氮、全氮、有效磷、速效钾、交换性钙含量等指标与果实部分外观品质、内在品质、质地品质呈正相关,且土壤有机质、水解性氮、有效磷、速效钾、交换性钙含量与果实品质中维生素C含量、单果质量、纵横径以及质地指标相关性显著( $p < 0.05$ ),说明20~40 cm土层的营养元素对金冠系苹果果实品质影响最大,也表明该深度土壤是果树根系吸收土壤营养的主要部分。【结论】主成分分析表明万齐农业无锈金矮生苹果品质相对较高,南山台子是金冠系苹果的优质产区。20~40 cm土层的营养元素对金冠系苹果品质影响最大,该深度土壤是金冠系苹果根系吸收土壤营养的主要部分;通过对土壤条件对比分析,在pH值弱碱性、有机质含量(w,后同)1~6 g·kg<sup>-1</sup>、全氮含量0.15~0.30 mg·kg<sup>-1</sup>、水解性氮含量9.2~32.8 mg·kg<sup>-1</sup>、有效磷含量10 mg·kg<sup>-1</sup>以及速效钾含量40~170 mg·kg<sup>-1</sup>的条件下对金冠系苹果果实的外观性状、口感和营养成分积累最为有效。

**关键词:**金冠系苹果;果实品质;土壤营养;相关性分析

中图分类号:S661.1

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2023)06-1157-14

## Effects of soil nutrition on fruit quality of Golden Delicious strain

QIAO Shuai<sup>1</sup>, REN Yufeng<sup>1,2</sup>, WANG Jiawei<sup>1</sup>, ZHOU Jun<sup>1,2\*</sup>, ZHANG Xin<sup>1,2</sup>, XU Wendi<sup>1,2</sup>, ZHANG Kun<sup>1</sup>, FENG Shuang<sup>3</sup>, YUAN Qin<sup>1</sup>, WANG Huiran<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>College of Biological Science and Engineering, North Minzu University, Yinchuan 750021, Ningxia, China; <sup>2</sup>Innovation Team for Genetic Improvement of Economic Forests, Yinchuan 750021, Ningxia, China; <sup>3</sup>Wuzhong Forest Farm, Wuzhong 751100, Ningxia, China)

**Abstract:** 【Objective】 Soil not only affects the root growth and photosynthesis of fruit trees, but also affects fruit quality, especially the organic matter and mineral nutrients in the soil. However, there are few reports on the effect of the soil nutritions on the quality of Ningxia Golden Delicious apple. In this paper, the effects of soil conditions in different producing areas of Ningxia on the quality of Golden Delicious strain apple varieties were explored to provide theoretical support for improving the quality of Golden Delicious strain apple varieties in Ningxia. 【Methods】 The eleven Golden Delicious strain apple varieties samples, harvested from nine orchards in Wuzhong city and Zhongwei city of Ningxia, were employed as the experiment material to analyze the fruit quality, including vitamin C content, soluble solids and acid content, solid acid ratio and hardness, fruit surface color difference and single fruit

收稿日期:2022-11-03 接受日期:2023-01-03

基金项目:宁夏回族自治区科技厅2021年重点研发计划项目(2021BBF03002);宁夏回族自治区经济林遗传改良创新团队基金(2022QCXTD04)

作者简介:乔帅,男,在读硕士研究生,研究方向为植物生态学。Tel:18095480472, E-mail:806535358@qq.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel:0951-2066468, E-mail:zhoujunbo@163.com

weight, fruit shape index and fruit texture, such as fruit springiness and cohesiveness, adhesiveness and breaking force, gumminess and chewiness. The fruit quality among different samples and varieties in the same orchards or different orchards was also comprehensively evaluated. At the same time, soil samples collected from the nine orchards by the soil 'S' type random multi-point sampling method were analyzed to compare the soil nutrition content difference among the different samples, such as organic matter and pH, nitrogen and phosphorus, calcium and potassium and so on. The relationship between the fruit quality and soil nutrition were comprehensively evaluated by principal component analysis and subordinate function. **【Results】** The results of soil analysis showed that the soil pH values of the sampling orchards were 7.81 to 8.61, and the soil was weakly alkaline. The contents of organic matter, total nitrogen, hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, exchangeable calcium, available iron and available zinc in Wuzhong forest farm were the highest. The solid acid ratio of Zhongwei Shapotou Golden Delicious and Hongsipu Rustless Gold Spur was higher; the single fruit weight of Ningxia Wanqi Rustless Gold Spur, Qukou Farm Golden Delicious, Shapotou Fruit Golden Delicious was the highest; The fruit shape index of Ningxia Wanqi Rustless Golden Spur, Wuzhong Forest Farm Golden Delicious, Wuzhong Forest Farm Rustless Golden Delicious was larger; the fruit peel color of Futeng fruit industry Rustless Golden Delicious, Ningxia Wanqi Rustless Golden Spur was more bright. Through principal component analysis between different samples, four principal components were extracted from 15 quality indicators. Among them, the vitamin C content, soluble solids, acid content, hardness, and breaking force had higher loads on component 1, indicating that component 1 could represent these indicators. From the variance percentage contribution rate, it could be concluded that the contribution rate of component 1 was the highest, indicating that the vitamin C content, soluble solids, acid content, hardness, and breaking force could better represent fruit quality. Through the TOPISIS comprehensive analysis method in the membership function analysis method, it could be concluded that Wanqi Fruit Industry Rustless Golden Spur, Qukou Farm Golden Delicious, Shapotou Fruit Industry Golden Delicious, Futeng Fruit Industry Rustless Golden Delicious M9/*Malus robusta* scored higher, among them Wanqi Fruit Industry Rustless Golden Spur scored the highest, indicating that the fruit quality of Wanqi in Ningxia was the highest. The correlation analysis between the soil factors and fruit quality showed that the indexes of pH, organic matter, hydrolyzable nitrogen, total nitrogen, available phosphorus, available potassium and exchangeable calcium in 20–40 cm soil were positively correlated with the appearance quality, internal quality and texture quality of some fruits, and the correlations between the soil organic matter, hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium and exchangeable calcium and vitamin C content, single fruit weight, vertical and horizontal meridians and texture indexes in fruit quality were significant ( $p < 0.05$ ), indicating that 20–40 cm soil nutrient elements had the greatest influence on the fruit quality of Golden Delicious. It also showed that 20–40 cm soil was the main part of the soil nutrients absorbed by the roots of the fruit tree, and the soil conditions of Wanqi fruit industry were more conducive to the growth and development of Golden Delicious apple. **【Conclusion】** The principal component analysis showed that the fruit quality of Wanqi in Ningxia was relatively high. Nanshantaizi was the high-quality producing area of Golden Delicious apple. The nutrient elements in 20–40 cm soil had the greatest influence on the fruit quality of Golden Delicious apple. The soil at this depth was the main part of the root system of Golden Delicious apple to absorb soil nutrients. The comparative analysis of soil conditions for the growth of Golden Delicious apples in Ningxia showed that the appearance, taste and nutrient accumulation of Golden Delicious apples were the most effective under the conditions of alkaline pH, organic matter content of  $1\text{--}6\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , total nitrogen con-

tent of 0.15–0.30 mg · kg<sup>-1</sup>, hydrolyzable nitrogen content of 9.2–32.8 mg · kg<sup>-1</sup>, available phosphorus content below 10 mg · kg<sup>-1</sup> and available potassium content of 40–170 mg · kg<sup>-1</sup>.

**Key words:** Golden Delicious Strain apple; Fruit quality; Soil nutrition; Correlation analysis

苹果 (*Malus domestica* Mill.) 是蔷薇科苹果属多年生落叶果树, 适生于平原旷野及黄土丘陵等海拔 50~2500 m 处, 在全世界温带地区均有种植, 是世界上著名的四大水果之一, 具有极高的经济价值和营养价值。2011—2021 年中国苹果产量从 35 984.8 万 t 增产至 41 000 万 t, 种植面积更是达到 2088×10<sup>3</sup> hm<sup>2</sup>, 总产量和栽培面积均居世界第一, 是世界上最大的苹果生产国和消费国<sup>[1-2]</sup>。

有机质是一种小分子营养物质, 作为重要的土壤营养, 具有改良土壤、调节土壤营养结构、调节作物生长及改良苹果品质、促进营养物质转化的功能。张晓敏<sup>[3]</sup>研究表明, 有机质含量与果实中的镁、锌、钙等营养元素含量呈正相关, 提升有机质含量有助于提升果实品质。夏燕飞等<sup>[4]</sup>研究表明, 土壤有机营养与富士苹果品质和产量关系密切, 提高有机营养含量具有提高果实品质的作用。孙琛梅等<sup>[5]</sup>研究发现, 土壤有机质对果实葡萄糖、果糖和蔗糖积累具有明显的促进作用, 提升有机质含量可以有效积累糖分。张秀志<sup>[6]</sup>在土壤对蜜脆苹果影响的研究中, 表明增施有机肥可以显著提高蜜脆苹果果实品质。

土壤 pH 值通过影响果树对土壤氮磷钾等营养元素的吸收而影响果实的品质。对苹果生长最有利的 pH 值是 6.5~7.5, pH 值小于 6.0 时, 果树对许多大量元素(氮、磷、钾)吸收率较低, pH 值大于 7.5 时, 果树对许多微量元素(铁、锌、硼)吸收率较低<sup>[7]</sup>。姜学玲<sup>[8]</sup>研究表明, 土壤酸化既影响土壤养分的有效性, 又会引发果树病害。李庆军等<sup>[9]</sup>通过调查认为, 提高土壤 pH 可以有效改良果实品质。

土壤中氮素促进植株的生长, 适量的氮肥有利于花芽分化, 有助于提高果实的单果质量、硬度, 提高果实品质; 土壤中磷素有助于改善果实品质; 钾可以有效促进蛋白质的合成, 提升果实品质, 提高果树耐寒、耐旱性。张强等<sup>[10]</sup>认为, 土壤中充分的氮、磷、钾、钙等元素有利于促进北京地区各个苹果产区苹果品质的提升。梁倩等<sup>[11]</sup>、王培周<sup>[12]</sup>研究认为, 土壤中微量元素具有提升果实品质的作用。土壤养分含量的合理比例是苹果高产、高品质的重要成因。郑

伟<sup>[13]</sup>研究发现, 配方施肥可以有效提升苹果果实可溶性固形物含量、可滴定酸含量、单果质量等指标, 具有明显地改良果实品质的作用。田野<sup>[14]</sup>的研究也有相似的结论。

金冠又名金帅、黄元帅和黄香蕉, 因成熟时金黄色、酸甜适口而深受人们喜爱。宁夏是中国金冠的优质产区, 生产的金冠苹果以果面光滑、金黄亮丽无果锈、肉质细脆汁多而闻名全国<sup>[15-16]</sup>, 经测定, 可溶性固形物含量为 13.00%~15.00%, 含糖量为 10.90%~11.06%, 含酸量为 0.20%~0.39%, 各项指标均位居全国金冠苹果前列。金冠系苹果是宁夏特色苹果品种, 具有良好的口碑和市场欢迎度, 但近年来却面临着品质下降、栽植区域缩水的风险, 而且从土壤营养对宁夏金冠系苹果展开品质提升的研究鲜有报道。笔者在本研究中选取宁夏不同土壤条件下栽培的金冠系苹果为试材, 分析土壤有机质及氮、磷、钾等元素含量与金冠系苹果果实品质之间的关系, 为科学合理管理金冠系苹果、改善果实品质提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

以金冠系苹果品种为试材, 于 2021 年 8 月底至 9 月初, 在宁夏回族自治区吴忠市与中卫市进行采样, 吴忠市平均气温为 19 °C, 年平均降水量 260.7 mm; 中卫市平均气温为 18 °C, 年平均降水量 397 mm。各果园信息见表 1。选取肥水条件达标、管理水平相当、果树生长正常、株行距 3 m×5 m 的果园采样。

### 1.2 试验材料

2021 年 8 月底至 9 月初, 对各采样果园的金冠系品种, 各挑选 6 株长势一致、干周相近、生长健康的单株为采样树, 每株树从树冠中部、外围各取 5 个果实, 共计 30 个果带回实验室进行相关指标的测定; 同时对上述果园土壤进行采样, 在每个采样果园定点选择 5 个采样点, 用土钻采集 0~20 cm、>20~40 cm、>40~60 cm 土层土壤, 混匀每个深度下各采样点的土壤, 过 2 mm 微孔筛, 弃去残余物, 对土壤风干处理后进行分析。

表 1 采样果园基本信息

Table 1 Basic information of sampled orchards

品种 Cultivar	果园名称 Orchard name/(code)	砧木 Root stock	树龄 Years/a	地点 Location	地理位置 Geographical location	海拔 Altitude/m
金冠 Golden delicious	沙坡头果业 Shapotou Fruit Industry (SPT)	M26(自根砧) M26 (Self-rooted stock)	3	中卫 Zhongwei	37°52'02" N, 105°19'44" E	1281
	渠口农场 Qukou Farm (QK)	八棱海棠 <i>Malus robusta</i>	10	中宁 Zhongning	37°42'41" N, 105°56'37" E	1190
	吴忠林场 Wuzhong Forest Farm (WZLC)	国光/八棱海棠(高接) Ralls JANET/ <i>Malus robusta</i> (Top grafted)	10	吴忠 Wuzhong	37°53'48" N, 106°17'26" E	1084
	通达公司 Tongda Company(TD)	新疆野苹果/八棱海棠 <i>Malus sieversii</i> / <i>Malus robusta</i>	10	吴忠 Wuzhong	37°32'59" N, 106°15'58" E	1260
无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	鹏盛农牧 Pengsheng Agriculture and Animal Husbandry (FT)	八棱海棠 <i>Malus robusta</i>	5	吴忠市红寺堡区 Hongsibao District, Wuzhong City	37°25'30" N, 106°03'27" E	1399
	万齐农业 Wanqi Agriculture (WQ)	八棱海棠 <i>Malus robusta</i>	7	中卫 Zhongwei	37°23'44" N, 105°21'02" E	1245
无锈金冠 Rust-free Golden delicious	富腾果业 Futeng Fruit (FT)	M9-T337/八棱海棠 M9-T337/ <i>Malus robusta</i>	8	吴忠 Wuzhong	37°25'30" N, 106°03'27" E	1129
	富腾果业 Futeng Fruit (FT)	M9/八棱海棠 M9/ <i>Malus robusta</i>	8	吴忠 Wuzhong	37°46'18" N, 106°19'08" E	1129
	吴忠林场 Wuzhong Forest Farm (WZLC)	国光/八棱海棠(高接) Ralls JANET/ <i>Malus robusta</i> (Top grafted)	8	吴忠 Wuzhong	37°53'48" N, 106°17'26" E	1084

### 1.3 调查项目及其方法

1.3.1 土壤有机质及矿质元素含量的测定 土壤有机质含量采用高温外加重铬酸钾氧化容量法测定; 碱解扩散法测定土壤水解性氮含量; 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定有效磷含量;  $\text{NH}_4\text{OAc}$  浸提原子吸收分光光度法测定有效钙含量;  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  消解原子吸收分光光度法测定有效铁和有效锌含量; 乙酰胺浸提-火焰光度计法测定有效钾含量; 浸水-浸提-甲亚胺-H 酸比色法测定有效硼含量; pH 值采用电位计法。以上指标均取 3 次重复的平均值, 上述指标均参考赵景景<sup>[17]</sup>的方法测定。

1.3.2 果实外观品质的测定 单果质量采用 WH-B09 电子天平称取获得, 结果取平均值; 纵横径采用电子游标卡尺测取, 读取读数, 结果取平均值; 根据果实纵横径计算果形指数(果形指数=纵径/横径), 结果取平均值; 色差值利用上海 Grows 公司 HP-200 型色差仪进行测量, 结果取平均值; 以上指标均取 3 次重复的平均值。上述指标均参考赵佐平等<sup>[18]</sup>对果实品质的分析方法进行测定。

1.3.3 果实风味品质的测定 可溶性固形物含量的测定: 利用 WYT-A 型手持糖度计, 结果取平均值; 总

酸量的测定: 利用 SAM-706AC 型水果糖酸分析仪测定, 结果取平均值; 维生素 C 含量的测定: 采用 2, 6-二氯酚靛酚法加以调整, 结果取平均值。以上指标均取 3 次重复的平均值。上述测定均参考徐朝阳<sup>[19]</sup>的方法进行。

1.3.4 果实质地品质的测定 利用美国 FTC 公司-TMA-PRO 食品性分析仪(质构仪)进行测定, 测定内容包含硬度、弹性、内聚性、胶黏性、黏附性、咀嚼性, 以上指标均取 3 次重复的平均值。以上指标参考贾朝爽等<sup>[20]</sup>的方法测定, 略加修改。

1.3.5 数据处理 利用 Excel 2010、SPSS 22.0 进行数据统计及分析, 结果用平均值±标准误差(mean±SE)表示。TOPISIS 综合分析法采用 SPSSAU 在线软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同果园土壤成分分析

本次试验主要采集了宁夏回族自治区吴忠市、中卫市不同果园的土壤进行分析, 养分含量见表 2。采集样本果园的土壤都以淡灰钙土和固定风沙土为主, 有一定的腐殖质积累和较弱的淋溶作用, 有

表 2 不同果园土壤养分含量  
Table 2 Soil nutrient content in different orchards

果园代号 Code	土壤深度 Soil depth/ cm	pH 值 pH value	w(有机质) Organic matter/ matter/ (g·kg <sup>-1</sup> )	w(全氮) Total nitrogen/ nitrogen/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	w(水解性氮) Hydrolyzed nitrogen/ nitrogen/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	w(有效磷) Available phosphorus/ phosphorus/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	w(速效钾) Available potassium/ potassium/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	w(交换性钙) Exchange calcium/ calcium/ (mmol·kg <sup>-1</sup> )	w(有效铁) Available iron/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	w(有效锌) Effective zinc/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	w(有效硼) Effective boron/ boron/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
SPT	0~20	8.65±0.16 a	2.00±0.61 cd	0.12±0.02 c	15.55±3.62 d	26.23±9.38 bc	265.46±5.41 a	15.75±0.39 e	6.82±2.32 bc	0.49±0.02 c	0.51±0.11 cd
	>20~40	8.63±0.10 a	1.42±0.60 b	0.11±0.02 b	19.62±9.03 b	12.07±1.19 b	144.40±7.27 b	15.65±1.61 e	7.19±2.77 b	0.42±0.02 b	0.43±0.13 c
	>40~60	8.71±0.09 a	1.29±0.13 c	0.07±0.02 c	16.62±6.43 bc	4.28±0.41 c	76.54±0.57 bc	20.31±0.60 c	6.67±2.36 bc	0.32±0.02 b	0.65±0.13 cd
PS	0~20	7.91±0.03 d	5.83±0.62 bc	0.39±0.02 b	35.77±13.66 bc	4.34±0.39 bc	86.43±3.41 bc	37.19±4.32 b	4.59±0.01 d	0.36±0.00 c	2.29±0.09 a
	>20~40	7.81±0.07 d	4.30±2.19 ab	0.35±0.4 ab	38.64±8.12 ab	3.30±1.24 b	68.05±17.04 b	44.92±7.24 a	5.17±0.66 bc	0.32±0.04 b	2.03±0.24 a
	>40~60	7.80±0.49 e	4.67±0.26 ab	0.31±0.01 b	34.98±14.80 abc	2.01±0.18 c	58.38±0.11 c	41.94±11.40 a	5.77±1.33 bc	0.31±0.01 b	2.13±0.38 a
FT	0~20	8.30±0.01 c	6.28±2.85 b	0.37±0.20 b	39.55±0.54 bc	31.70±33.52 bc	201.33±165.99 ab	36.12±1.71 b	7.43±0.46 b	1.32±0.95 c	0.71±0.05 c
	>20~40	8.28±0.06 bc	6.69±0.51 ab	0.33±0.06 ab	38.00±3.25 ab	27.55±13.38 b	156.72±44.41 a	35.68±2.60 b	6.88±0.69 bc	1.00±0.22 b	0.67±0.39 bc
	>40~60	7.80±0.05 c	7.70±3.22 a	0.44±0.12 a	47.57±18.00 a	32.74±17.00 a	293.55±166.95 a	35.40±2.65 ab	7.14±0.56 b	1.90±0.79 a	0.68±0.42 cd
QK	0~20	8.03±0.04 d	4.96±0.63 bcd	0.39±0.00 b	37.62±3.57 bc	34.55±0.05 b	276.13±21.85 a	29.91±1.91 cd	5.09±0.09 cd	1.19±0.05 c	0.72±0.10 c
	>20~40	8.12±0.02 c	5.50±1.08 ab	0.29±0.01 ab	39.64±5.93 ab	19.24±0.81 b	145.52±24.00 a	26.30±0.18 cd	5.19±1.40 bc	0.78±0.14 b	0.74±0.01 bc
	>40~60	8.30±0.07 c	2.94±0.95 bc	0.16±0.02 c	28.71±10.06 abc	6.05±0.13 ab	93.94±3.90 bc	24.73±2.14 c	4.99±1.57 bc	0.38±0.05 b	0.42±0.07 cd
WQ	0~20	8.59±0.26 ab	1.62±0.05 d	0.16±0.01 c	28.54±13.28 cd	1.72±0.11 bc	50.48±0.54 c	25.84±1.98 d	4.72±1.55 cd	0.26±0.05 c	0.35±0.06 d
	>20~40	8.45±0.14 ab	1.32±0.24 b	0.34±0.16 ab	27.66±12.87 b	1.11±0.10 b	44.81±1.85 b	24.93±2.94 d	4.51±1.12 bc	0.22±0.05 b	0.31±0.08 c
	>40~60	8.61±0.15 ab	1.53±0.29 bc	0.17±0.05 c	11.60±1.05 c	1.10±0.18 c	35.64±2.65 c	24.85±1.27 cb	4.48±1.05 c	0.23±0.06 b	0.28±0.12 d
WZLC	0~20	8.35±0.12 bc	16.1±0.17 a	0.90±0.03 a	86.80±6.82 a	156.11±20.45 a	190.15±1.43 ab	43.35±1.69 a	15.22±0.07 a	13.28±1.21 a	1.05±0.16 b
	>20~40	8.45±0.14 ab	9.68±5.62 a	0.52±0.31 a	59.56±22.95 a	114.07±47.93 a	185.73±5.16 a	34.37±8.61 bc	13.84±1.25 a	9.27±4.15 a	0.94±0.42 b
	>40~60	8.55±0.04 b	2.95±0.02 bc	0.32±0.09 ab	29.44±6.97 abc	18.51±1.57 b	187.28±2.20 bc	26.29±2.20 bc	10.65±0.05 a	1.48±0.07 a	1.17±0.00 b
TD	0~20	8.39±0.08 bc	5.47±4.57 bcd	0.50±0.04 b	45.63±6.18 b	8.57±0.58 bc	200.06±0.92 ab	34.07±5.27 bc	4.73±0.75 cd	4.43±0.29 b	1.20±0.24 b
	>20~40	8.24±0.14 bc	3.92±3.22 b	0.43±0.03 a	38.70±13.04 ab	4.58±3.70 b	130.19±61.12 a	36.96±1.24 ab	4.36±0.25 c	0.68±0.41 b	1.13±0.20 b
	>40~60	8.07±0.01 d	3.02±2.49 bc	0.38±0.02 ab	39.58±14.54 ab	1.99±0.16 c	76.05±4.03 bc	37.24±3.33 a	4.42±0.42 c	0.37±0.03 b	0.83±0.13 bc

注:同一列不同小写字母表示在  $p<0.05$  差异显著。下同。

Note: Different small letters at the same column indicate significant difference at  $p<0.05$ . The same below.

轻度盐渍化,保水保肥性能较弱,有机质层较薄,不同果园的有机质含量、pH值、土壤元素含量有很大的不同。各果园土壤pH值在7.81~8.61之间;就pH值来看,沙坡头果业>万齐农业,二者差异不显著( $p>0.05$ ),但其全氮、水解性氮、有效磷、交换性钙含量低于万齐农业,说明万齐农业土壤品质稍好;吴忠林场pH值略低于沙坡头果业,但其全氮、水解性氮、有效磷、交换性钙含量等指标远高于沙坡头果业,说明吴忠林场土壤营养更丰富。有机质、全氮、水解性氮、有效磷、速效钾含量在0~20 cm的土层最高,且随着深度的增加,含量逐渐降低;有效铁、有效锌、有效硼等元素含量不随深度增加而增加,且果园不同其含量变化较大,如沙坡头果业及鹏盛农牧有效硼、有效铝含量都在>40~60 cm处最高。不同果园的土壤养分含量也有显著差异,吴忠林场的有机质、全

氮、水解性氮、有效磷、交换性钙、有效铁、有效锌含量均最高,而富腾果业的有效硼、速效钾含量最高。

## 2.2 不同金冠系苹果风味品质的比较

固酸比是评价果实风味品质的重要指标,固酸比高,且可溶性固形物含量、总酸含量高,则果实风味浓郁。由表3可知,不同果园的金冠系苹果,固酸比表现出一定的差异,固酸比排名前4位由高到低依次是沙坡头果业金冠、鹏盛农牧无锈金矮生、万齐农业无锈金矮生和富腾果业无锈金冠。从固酸比来看,沙坡头果业金冠大于鹏盛农牧无锈金矮生,但鹏盛农牧无锈金矮生的可溶性固形物和总酸含量均高于沙坡头果业金冠,说明沙坡头果业金冠果实甜,但风味较淡;鹏盛农牧无锈金矮生和万齐农业无锈金矮生固酸比差异不显著( $p>0.05$ ),但万齐农业无锈金矮生的可溶性固形物和总酸含量均高于鹏盛农牧无锈金矮生,

表3 不同金冠系苹果风味品质的比较

Table 3 Comparison of the flavor quality of different Golden delicious strains

果园代号 Code	品种 Cultivar	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%	w(总酸) Total acid content/%	固酸比 Soluble solids/ total acid	w(维生素C) Vitamin C content/ (mg·100 g <sup>-1</sup> )
SPT	金冠 Golden delicious	14.06±1.00 b	0.39±0.15 c	36.10±1.75 a	0.96±0.42 b
PS	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	15.93±0.77 b	0.49±0.38 bc	33.43±1.11 ab	2.78±0.71 a
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	10.82±0.11 c	0.56±0.02 ab	19.73±1.53 c	2.90±0.80 a
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	15.54±1.95 b	0.54±0.01 bc	29.34±4.13 b	2.48±0.74 a
QK	金冠 Golden delicious	11.39±0.78 c	0.52±0.08 bc	22.50±2.50 c	1.09±0.18 b
WQ	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	18.22±0.53 a	0.56±0.04 b	33.14±3.03 ab	2.48±0.74 a
WZLC	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	10.63±2.40 c	0.67±0.19 a	13.82±2.15 d	1.26±0.10 b
WZLC	金冠 Golden delicious	10.54±0.28 c	0.47±0.04 bc	22.89±1.15 c	1.95±0.14 ab
TD	金冠 Golden delicious	11.51±0.20 c	0.56±0.06 b	21.42±2.14 c	2.37±0.26 a
F值 F value		21.24	3.89	21.36	5.95
p值 p value		0.00	0.01	0.00	0.00
CV/%		0.23	0.20	0.29	0.42

说明万齐农业无锈金矮生果实风味浓郁。

不同果园的同一品种,固酸比也表现出较大差异。由表3可知,就金冠来看,沙坡头果业的金冠固酸比显著高于渠口农场、吴忠林场和通达果业( $p<0.05$ ),但结合可溶性固形物和总酸含量可知,沙坡头果业生产的金冠果实比较甜而酸味不足。

同一果园的不同品种,固酸比表现出较大差异。由表3可知,富腾果业无锈金冠2个品种由于砧木不同,固酸比差异显著( $p<0.05$ )。富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠的略高,果实口感偏甜,结合可溶性固形物和总酸含量,可知富腾果业无锈金冠M9-T337/八棱海棠可溶性固形物含量显著低于富腾果

业无锈金冠M9/八棱海棠,而总酸含量差异不显著,说明富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠果实甜且酸味足。而吴忠林场无锈金冠和吴忠林场金冠固酸比差异显著( $p<0.05$ ),吴忠林场金冠固酸比更高,说明吴忠林场金冠偏甜,再结合可溶性固形物和总酸含量,可知吴忠林场无锈金冠总酸含量更高,果实风味较足。

果实维生素C含量是衡量果实营养品质和风味品质的重要指标。由表3可知,不同果园的金冠系苹果维生素C含量在0.96~2.90 mg·g<sup>-1</sup>,其中含量最高的是富腾果业无锈金冠/M9-T337,最低的是沙坡头果业金冠;鹏盛农牧、富腾果业、万齐农业的果实

维生素C含量较高。结合可溶性固形物、总酸含量和固酸比的高低,可知万齐农业无锈金矮生风味品质、营养品质俱佳。不同果园的同一品种,其维生素C含量也表现出较大差异。就金冠来看,通达果业的金冠维生素C含量显著高于渠口农场和沙坡头果业( $p < 0.05$ ),结合渠口农场、吴忠林场和通达果业的金冠固酸比差异不显著( $p > 0.05$ ),可知通达果业的金冠苹果风味品质和营养品质都稍好。同一果园不同品种,维生素C含量差异不显著,富腾果业的无锈金冠2个品种差异不显著( $p > 0.05$ ),可以得出同一果园水肥条件一致的情况下,维生素C含量变化不明显。吴忠林场金冠略高于吴忠林场无锈金冠,

但差异不显著( $p > 0.05$ ),说明同一果园水肥条件一致的情况下,维生素C含量变化不明显。

### 2.3 不同金冠系苹果质地品质的比较

咀嚼性为模拟牙齿咀嚼食物时消耗的能量,是硬度、内聚性与弹性的综合指标。咀嚼性高,则果实新鲜程度高,果肉品质好。由表4可知,咀嚼性靠前的品种分别是富腾果业无锈金冠和渠口农场金冠。从咀嚼性来看,富腾果业无锈金冠大于渠口农场金冠,且硬度大于渠口农场金冠,说明富腾果业无锈金冠口感独特,果肉品质好;富腾果业无锈金冠弹性小于渠口农场金冠,说明渠口农场金冠咀嚼时不费力,果肉回复性更好。

表4 不同金冠系苹果质地品质的比较

Table 4 Comparison of the texture of different Golden delicious strains

果园代号 Code	品种 Cultivar	硬度 Hardness/ N	内聚性 Cohesive rition	黏附性 Adhesiveness/ mJ	破裂力 Fracture/ N	弹性 Springiness/ mm	胶黏性 Gumminess/ mJ	咀嚼性 Chewingness/ mJ
SPT	金冠 Golden delicious	2.36±0.24 cd	0.13±0.02 c	0.09±0.03 d	2.29±0.24 de	0.13±0.18 de	0.32±0.06 c	0.42±0.07 de
PS	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	3.42±0.18 a	0.13±0.01 c	0.97±0.41 b	3.19±0.17 b	2.32±0.58 c	0.46±0.03 bc	1.13±0.44 bcd
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	2.86±0.02 b	0.12±0.02 c	0.60±0.07 bc	2.83±0.12 bc	2.40±0.62 c	0.36±0.06 bc	1.04±0.41 cde
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	3.74±0.48 a	0.15±0.02 bc	1.46±0.37 a	3.62±0.40 a	3.77±0.56 ab	0.57±0.06 bc	2.60±0.67 a
QK	金冠 Golden delicious	2.36±0.22 cd	0.18±0.01 a	0.71±0.21 bc	2.25±0.23 de	4.10±0.78 a	2.70±2.00 a	1.87±0.28 ab
WQ	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	2.62±0.04 bc	0.08±0.02 d	0.14±0.03 d	2.53±0.02 cd	0.44±0.29 e	0.23±0.06 c	0.30±0.32 e
WZLC	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	2.90±0.18 b	0.14±0.01 bc	0.44±0.04 cd	2.74±0.14 c	2.82±0.59 bc	2.06±1.58 ab	1.49±0.48 bc
WZLC	金冠 Golden delicious	2.12±0.14 d	0.17±0.02 ab	0.66±0.19 bc	2.04±0.13 e	2.61±0.27 c	0.36±0.05 bc	1.03±0.26 cde
TD	金冠 Golden delicious	2.39±0.11 cd	0.14±0.01 bc	1.04±0.25 ab	2.28±0.10 de	1.95±0.22 cd	0.33±0.03 c	0.68±0.12 de
F值 F value		17.96	0.877	11.35	17.79	16.23	3.40	10.95
p值 p value		0	9.38	0	0	0	0.02	0
Cv/%		0.19	2.06	0.68	0.20	0.49	1.37	0.65

不同果园的同一品种咀嚼性也表现出较大差异。由表4可知,就无锈金冠来看,富腾果业无锈金冠咀嚼性远大于吴忠林场无锈金冠( $p < 0.05$ ),这说明富腾果业无锈金冠果肉质地更好,咀嚼口感更佳。

同一果园不同品种咀嚼性表现出较大差异。由表4可知,富腾果业无锈金冠2个品种差异显著( $p < 0.05$ ),砧木是M9/八棱海棠的品种咀嚼性远大于砧木是M9-T337/八棱海棠的品种,可以得出无锈金冠M9/八棱海棠咀嚼性强,口感更好。吴忠林场无锈金冠和吴忠林场金冠差异不显著( $p > 0.05$ ),吴忠林场无锈金冠略高,说明同一水肥条件下,果实咀嚼性

差异不大。

黏附性反映果肉细胞结合力的大小,咀嚼性高的果肉,黏附性小。由表4可知,不同金冠系苹果差异较大,黏附性分布在0.09~1.46之间,最大的是富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠,最小的是沙坡头果业金冠。除了富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠、吴忠通达金冠外,其他样品黏附性均在1以下,说明这2个样品果实新鲜程度较低,口感较差。结合硬度、内聚性、弹性、咀嚼性可知,对比吴忠通达金冠,富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠质地品质更高,咀嚼口感更好,且贮藏性能更好。

不同果园的同一品种黏附性也表现出较大差异。由表 4 可知,就金冠来看,吴忠林场金冠低于吴忠通达金冠和渠口农场金冠,结合咀嚼性渠口农场金冠与其他品种差异显著( $p < 0.05$ ),可知渠口农场金冠咀嚼口感和新鲜程度及贮藏性能都更出色。

同一果园不同品种黏附性表现出较大差异。由表 4 可知,富腾果业无锈金冠 M9-T337/八棱海棠黏附性远低于富腾果业无锈金冠 M9/八棱海棠( $p < 0.05$ ),说明砧木是 M9-T337/八棱海棠的品种贮藏性更好。结合咀嚼性来看,富腾果业无锈金冠/M9/八棱海棠大于富腾果业无锈金冠 M9-T337/八棱海棠,可知富腾果业无锈金冠/M9/八棱海棠口感更佳,但新鲜程度及储藏性能较弱。吴忠林场无锈金冠黏附性低于吴忠林场金冠,差异显著( $p < 0.05$ ),

可知同一果园 2 组样品吴忠林场无锈金冠略好于另一组。

#### 2.4 不同金冠系苹果外观品质的比较

单果质量反映了单个成熟果实的大小,是衡量果实外观性状的重要指标。由表 5 可知,单果质量较大的品种分别是万齐农业无锈金矮生、渠口农场金冠和沙坡头果业金冠。从单果质量来看,万齐农业无锈金矮生大于渠口农场金冠,差异不显著( $p > 0.05$ ),这说明万齐农业无锈金矮生单果质量较大,但与渠口农场金冠差异不明显,二者单果质量均较大;万齐农业无锈金矮生大于沙坡头果业金冠,差异不显著( $p > 0.05$ ),说明万齐农业无锈金矮生果实质量较大,成熟度更好。

果形指数是苹果品质指标之一,果形指数越大,

表 5 不同金冠系苹果外观品质分析

Table 5 Analysis of the appearance quality of different 'Golden delicious' strains

果园代号 Code	品种 Cultivar	单果质量 Single fruit mass/g	纵径 Longitudinal diameter/mm	横径 Transverse/mm	果形指数 Fruit shape index
SPT	金冠 Golden delicious	249.90±10.56 abc	72.02±0.64 b	83.84±0.50 b	0.85±0.01 c
PS	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	230.56±34.75 bc	71.46±1.92 b	78.13±0.48 d	0.91±0.02 ab
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	156.90±4.43 e	63.25±0.14 c	72.84±0.83 f	0.87±0.01 c
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	238.85±5.25 abc	72.38±1.09 b	82.29±0.40 c	0.88±0.02 bc
QK	金冠 Golden delicious	266.97±2.43 ab	77.83±1.60 a	85.21±0.20 a	0.91±0.02 ab
WQ	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	278.53±7.76 a	79.72±0.37 a	86.37±0.84 a	0.92±0.01 a
WZLC	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	230.50±34.76 bc	71.46±1.92 b	78.13±0.48 d	0.91±0.02 ab
WZLC	金冠 Golden delicious	212.23±3.94 cd	72.77±1.24 b	78.70±0.05 d	0.92±0.02 a
TD	金冠 Golden delicious	174.27±2.88 de	65.05±0.53 c	74.19±0.56 e	0.88±0.27 bc
F 值 <i>F</i> value		15.82	36.65	15.21	4.80
<i>p</i> 值 <i>p</i> value		0.00	0.00	0.00	0.00
<i>CV</i> %		0.21	0.07	0.06	0.03

果实形态越高桩,商品价值越高。由表 5 可知,果形指数较大的品种分别是万齐农业无锈金矮生、吴忠林场金冠、吴忠林场无锈金冠和渠口农场金冠。从果形指数来看,万齐农业无锈金矮生大于吴忠林场金冠( $p > 0.05$ ),且其纵径、横径均大于吴忠林场金冠,差异显著( $p < 0.05$ ),这说明万齐农业无锈金矮生果个较大,果实外观品质更好,果形更加高桩;吴忠林场无锈金冠、吴忠林场金冠 2 个品种果形指数均大于渠口农场金冠,但其果实横径、纵径均小于渠口农场金冠,说明吴忠林场果实形貌更好,但渠口农场金冠果个更大。

不同果园的同一品种果形指数差异显著( $p < 0.05$ )。由表 5 可知,就金冠来看,吴忠林场金冠显著大于通达果业金冠及沙坡头果业金冠( $p < 0.05$ ),说

明吴忠林场金冠果形更高桩,外观更优美,只是纵径、横径略小于沙坡头果业金冠,果个相对较小。

同一果园不同品种果形指数差异不大。由表 5 可知,富腾果业无锈金冠 2 个品种,果形指数差异不显著( $p > 0.05$ ),说明富腾果业无锈金冠果实形状比较均匀。吴忠林场无锈金冠和吴忠林场金冠果形指数均较高,且差异不显著( $p > 0.05$ ),说明同一果园 2 组样品果形都很优美,商品价值高。

#### 2.5 不同金冠系苹果色泽品质的比较

色差是衡量色泽的一个重要指标,一般由 *L*、*a*、*b*、*c* 值组成。其中,*L* 值代表物体的明亮度,取值在 0~100 之间,表示从黑色到白色;*a* 值代表物体的红绿色泽,正值表示红色,负值表示绿色;*b* 值代表物体的黄蓝色泽,正值代表黄色,负值代表蓝色;*c* 值



代表彩度,彩度值越大,说明彩度或饱和度越高。

由表6可知, $L$ 值变化较大。 $L$ 值在52.25~77.36之间,其中 $L$ 值在50.00到70.00之间的样品有3个, $L$ 值大于70.00的样品有6个。这说明大部分样品的果面光亮,表皮颜色偏白,其余样品明亮度较低。其中,富腾果业无锈金冠M9-T337/八棱海棠的 $L$ 值最高,其次是万齐农业无锈金矮生、渠口农场金冠; $L$

值最低的是沙坡头果业金冠。富腾果业无锈金冠M9-T337/八棱海棠与富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠差异显著( $p<0.05$ ),这可能是砧木不同,果实成熟度不同,导致果实色泽变化较大。鹏盛农牧无锈金矮生与万齐农业无锈金矮生差异显著( $p<0.05$ ),这可能是产区不同,土壤营养状况不同,导致 $L$ 值略有差异。

表6 不同金冠系苹果果面色差的比较

Table 6 Comparison of color difference among Golden delicious' strains apple fruit skin

果园代号 Code	品种 Cultivars	$L$ 值 $L$ Value	$a$ 值 $a$ Value	$b$ 值 $b$ Value	$c$ 值 $c$ Value
SPT	金冠 Golden delicious	52.25±1.52 f	4.03±3.86 b	36.51±1.48 a	36.07±0.70 a
PS	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	66.84±1.03 e	-9.82±0.49 f	32.00±0.75 d	32.80±0.63 c
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	77.36±0.41 a	-3.36±0.56 cd	25.66±0.50 e	25.99±0.45 d
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	70.58±0.31 cd	-9.61±0.58 f	35.76±0.71 ab	37.09±0.61 a
QK	金冠 Golden delicious	73.06±3.23 c	-5.26±0.85 de	31.59±4.43 c	32.05±4.48 b
WQ	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	73.62±0.27 b	-7.07±0.32 e	35.90±0.32 a	36.69±0.34 a
WZLC	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	69.05±1.34 e	-2.10±0.26 c	20.37±0.69 f	20.57±0.75 e
WZLC	金冠 Golden delicious	70.59±0.32 cd	-9.61±0.5 f	35.74±0.71 ab	37.09±0.61 a
TD	金冠 Golden delicious	70.13±0.59cd	12.49±0.37 a	34.97±0.75 ab	36.66±0.86 a
$F$ 值 $F$ value		200.15	193.94	237.28	333.15
$p$ 值 $p$ value		0.00	0.00	0.00	0.00
$CV$ /%		0.09	-0.50	0.17	0.16

$a$ 值方面,不同的样品之间区别较大。由表6可知, $a$ 值为负数的7个样品,表明大部分样品果皮颜色偏绿。通达果业金冠 $a$ 值最高,富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠 $a$ 值最低。其中,富腾果业无锈金冠M9-T337/八棱海棠、富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠差异显著( $p<0.05$ ),可能是2个样品砧木不同,果实性状略有差异。鹏盛农牧无锈金矮生与万齐农业无锈金矮生差异显著( $p<0.05$ ),这可能是2个样品采自不同地区果园,光照条件不同,从而影响果实红绿色泽。

$b$ 值方面,由表6可知,沙坡头果业金冠 $b$ 值最大,为36.51。其中,沙坡头果业金冠、富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠、万齐农业无锈金矮生、吴忠林场金冠、鹏盛农牧无锈金矮生和渠口农场金冠6个样品果皮颜色较黄,其他样品果皮颜色相比较黄色较浅。富腾果业无锈金冠M9-T337/八棱海棠及富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠差异显著( $p<0.05$ ),这可能是砧木品种不同造成的。鹏盛农牧无锈金矮生与万齐农业无锈金矮生差异显著( $p<0.05$ ),这可能是产区不同且果实成熟度略有差异导致的。

由表6可知, $c$ 值在20.57~37.09之间,其中 $c$ 值

在30.00以上的样品有7个,说明大部分样品果皮颜色较为鲜艳。彩度值最高的样品是吴忠林场金冠,果皮色彩饱和度最好,紧随其后的样品有富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠及万齐农业无锈金矮生。彩度值最低的样品是富腾果业无锈金冠M9-T337/八棱海棠。富腾果业无锈金冠M9-T337/八棱海棠与富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠差异显著( $p<0.05$ ),这可能是砧木不同导致果实成熟度不同,从而使果实色彩略有不同。鹏盛农牧无锈金矮生与万齐农业无锈金矮生差异显著( $p<0.05$ ),这可能是产区不同,光照条件不同,导致色彩变化较大。鹏盛农牧无锈金矮生与万齐农业无锈金矮生差异显著( $p<0.05$ ),万齐农业无锈金矮生色彩饱和度更高,这可能是万齐农业地处南山台子产区,光照条件更好,因此色素积累更多。

## 2.6 主成分分析

通过对单果质量、横径、纵径、果形指数、含糖量、含酸量及维生素C含量、硬度、弹性、胶黏性、黏附性、破裂力、咀嚼性的主成分分析,提取了4个主成分,分别记为F1,F2,F3,F4,4个得分模型分别为:

$$F1=0.43Z_1-0.50Z_2+0.32Z_3-0.18Z_4-0.41Z_5-$$

$$0.42Z_6 - 0.44Z_7 - 0.15Z_8 + 0.36Z_9 - 0.13 Z_{10} - 0.46Z_{11} + 0.36 Z_{12} + 0.17Z_{13} - 0.23Z_{14} + 0.20 Z_{15}$$

$$F2 = 0.09Z_1 + 0.46Z_2 + 0.09Z_3 + 1.31Z_4 + 2.22Z_5 + 2.03Z_6 + 1.90Z_7 + 1.31Z_8 + 2.26Z_9 - 0.16Z_{10} + 1.31Z_{11} + 2.26Z_{12} + 1.63Z_{13} + 0.69Z_{14} + 1.99Z_{15}$$

$$F3 = -0.24Z_1 - 0.42Z_2 + 0.01Z_3 - 0.40Z_4 - 0.05Z_5 - 0.01Z_6 - 0.06Z_7 + 0.11Z_8 - 0.07Z_9 + 0.61Z_{10} + 0.08Z_{11} - 0.08Z_{12} + 0.53 Z_{13} + 0.48Z_{14} + 0.44Z_{15}$$

$$F4 = 0.27Z_1 + 0.02Z_2 + 0.61Z_3 - 0.39Z_4 + 0.03Z_5 + 0.27Z_6 - 0.03Z_7 + 0.72Z_8 + 0.28Z_9 - 0.17Z_{10} + 0.23Z_{11} - 0.28Z_{12} - 0.11Z_{13} + 0.08Z_{14} - 0.22Z_{15}$$

从表7~表8可以得到,从15个品质指标中提取了4个主成分。其中,维生素C含量、总酸含量、横径、黏附性在成分1上的载荷较高,说明成分1可以代表这些指标;可溶性固形物含量、固酸比、单果质量、纵径、硬度、破裂力在成分2上的载荷较高,说明成分2可以代表这些指标;内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性在成分3上的载荷较高,说明成分3可以代表这些指标;总酸含量、果形指数在成分4上的载荷较高,说明成分4可以代表此指标。从方差贡献率可以得到,成分1的贡献率最高,说明维生素C含量、总酸含量、横径、黏附性更能代表果实品质。

**2.7 TOPSIS2综合评价法分析**

从表9可知,根据SPSS综合评价法中的TOPSIS法,可以得出万齐农业无锈金矮生、渠口

表 7 总方差解释

Table 7 Total variance explanation

成分矩阵 A Composition matrix A	主成分 Principal components			
	1	2	3	4
维生素C含量 Vitamin C content	0.76	0.14	-0.37	0.27
可溶性固形物含量 Soluble solids content	-0.87	0.74	-0.64	0.02
总酸含量 Total acid content	0.56	0.15	0.01	0.60
固酸比 Soluble solids/Total acid	-0.32	0.40	-0.61	-0.38
单果质量 Single fruit mass	-0.72	0.68	-0.08	0.03
纵径 Longitudinal diameter	-0.73	0.62	-0.01	0.27
横径 Transverse	0.78	0.58	-0.09	-0.03
果形指数 Fruit shape index	-0.26	0.40	0.17	0.71
硬度 Hardness	0.64	0.69	-0.10	0.28
内聚性 Cohesiveness	-0.22	-0.05	0.92	-0.17
黏附性 Adhesiveness	0.80	0.40	0.12	-0.23
破裂力 Fracture	0.64	0.69	-0.12	-0.28
弹性 Springiness	0.29	0.50	0.81	-0.11
胶黏性 Gumminess	-0.40	0.21	0.73	0.08
咀嚼性 Chewiness	0.36	0.61	0.67	-0.22

农场金冠、沙坡头果业金冠和富腾果业无锈金冠M9/八棱海棠得分较高,而且万齐农业、沙坡头果业都位于宁夏中卫市,沙坡头和万齐都属于中卫市沙坡头区南山台子产区。综上所述,类比主成分分析的结果,可以得到宁夏万齐农业的果实品质相对较高,南山台子是金冠苹果的优质产区。

**2.8 土壤因素与果实品质之间的相关性分析**

通过图1可以得到不同土壤营养与金冠系苹果果

表 8 成分矩阵

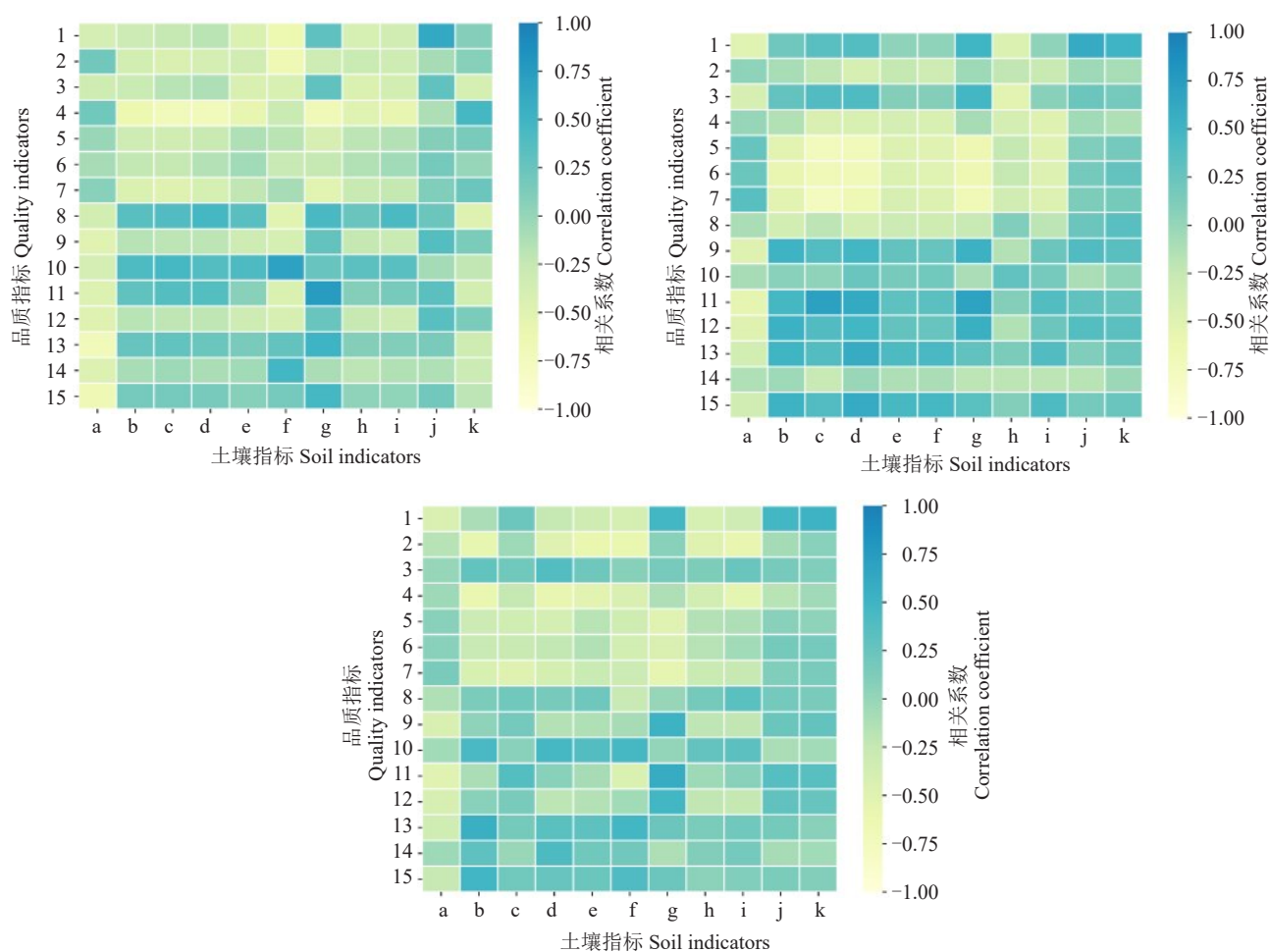
Table 8 Ingredient matrix

成分 Ingredients	初始特征值 Initial eigenvalues			提取载荷平方和 Extract the sum of squares of the loads		
	总计 Total	方差贡献率 Percentage of variance/%	累计方差贡献率 Cumulative/%	总计 Total	方差贡献率 Percentage of variance/%	累计方差贡献率 Cumulative/%
1	4.63	30.89	30.89	4.63	30.89	30.89
2	3.85	25.68	56.57	3.85	25.68	56.57
3	3.47	23.12	79.69	3.47	23.12	79.69
4	1.45	9.67	89.37	1.45	9.67	89.37
5	0.86	5.70	95.07			
6	0.45	2.99	98.06			
7	0.21	1.37	99.42			
8	0.09	0.58	100.00			
9	6.18×10 <sup>-16</sup>	4.12×10 <sup>-15</sup>	100.00			
10	1.59×10 <sup>-16</sup>	1.06×10 <sup>-15</sup>	100.00			
11	9.17×10 <sup>-17</sup>	6.11×10 <sup>-16</sup>	100.00			
12	6.86×10 <sup>-17</sup>	4.57×10 <sup>-16</sup>	100.00			
13	-1.16×10 <sup>-17</sup>	-7.75×10 <sup>-17</sup>	100.00			
14	-1.39×10 <sup>-17</sup>	-9.25×10 <sup>-16</sup>	100.00			
15	-2.87×10 <sup>-17</sup>	-1.91×10 <sup>-15</sup>	100.00			

表9 不同金冠系苹果果实品质 TOPSISI 评价法分析

Table 9 Analysis of TOPSISI evaluation method for fruit quality of different 'Golden delicious' strains

果园代号 Code	品种 Cultivars	正理想距离 $D$ Positive solution distance $D$	负理想距离 $D^-$ Negative ideal solution distance $D^-$	相对接近度 $C$ Relative proximity $C$	排序结果 Sort the results
SPT	金冠 Golden delicious	30.55	96.69	0.76	3
PS	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	49.58	77.12	0.61	5
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	124.84	6.52	0.05	9
FT	无锈金冠 Rust-free Golden delicious	41.35	84.63	0.67	4
QK	金冠 Golden delicious	19.45	112.13	0.85	2
WQ	无锈金矮生 Rust-free Gold Spur	5.82	125.23	0.96	1
WZLC	无锈金冠 Rust-free Gold delicious	54.44	74.43	0.58	6
WZLC	无锈金冠 Rust-free Gold delicious	68.94	57.21	0.45	7
TD	金冠 Golden delicious	107.31	19.20	0.15	8



纵坐标是品质指标,1~15 分别代表维生素 C 含量、可溶性固形物含量、含酸量、固酸比、单果质量、纵径、横径、果形指数、硬度、内聚性、黏附性、破裂力、弹性、胶黏性、咀嚼性;横坐标是土壤指标,a~k 分别代表有机质、全氮、水解性氮、有效磷、速效钾、交换性钙、有效铁、有效锌、有效硼、有效钼含量;从左到右依次是 0~20 cm、>20~40 cm、>40~60 cm 土壤深度下果实品质与土壤营养的相关性大小,颜色越深,相关系数越大。

The ordinates are quality indicators, and 1-15 respectively represent Vc content, soluble solids, acid content, solid acid ratio, single fruit weight, vertical diameter, horizontal diameter, fruit shape index, hardness, cohesion, adhesion, breaking force, elasticity, gumminess, and mastication; The abscissa is the soil index, a-k represents organic matter, total nitrogen, hydrolytic nitrogen, available phosphorus, available potassium, exchangeable calcium, available iron, available zinc, available boron, and available molybdenum respectively; From left to right, the correlation between fruit quality and soil nutrition is 0-20 cm, >20-40 cm and >40-60 cm respectively. The deeper the color is, the greater the correlation coefficient is.

图1 相关性分析热图

Fig. 1 Correlation analysis heat map

实品质之间的关系。0~20 cm 土层 pH 值、有机质含量、水解性氮含量与果实品质中的维生素 C、可溶性固形物含量、酸含量、纵横径等指标呈负相关,相关性不显著( $p>0.05$ ); >40~60 cm 土层 pH、有机质含量、水解性氮与果实品质中纵横径、单果质量、果形指数等呈负相关,相关性不显著( $p>0.05$ ); 只有 >20~40 cm 土层 pH 值、有机质、水解性氮、全氮、有效磷、速效钾、交换性钙等的含量与果实部分外观品质、内在品质、质地品质呈正相关,其中土壤有机质、水解性氮、有效磷、速效钾、交换性钙的含量与金冠系苹果果实品质中维生素 C 含量、单果质量、纵横径以及质地指标相关性显著( $p<0.05$ )。这说明 >20~40 cm 土层的营养元素对金冠系苹果果实品质影响最大,也说明 >20~40 cm 土层是果树根系吸收土壤营养主要部分。通过增加土壤中水解性氮、有效磷、速效钾、交换性钙等的含量可以有效提升金冠系苹果果实品质。

### 3 讨 论

从内在品质来看,本试验研究表明土壤中的 pH 值以及有机质、氮磷钾等营养元素含量与果实的可溶性固形物含量、维生素 C 含量、固酸比、胶黏性、黏附性、破裂力等品质指标都密切相关。在 pH 弱碱性情况下,提升有机质水平,提升氮、磷、钾含量可以有效提高金冠系苹果部分风味品质,如可溶性固形物、维生素 C 含量等;提升果实质地品质,如硬度、内聚性、黏附性、破裂力、弹性、胶黏性、咀嚼性。路超等<sup>[21]</sup>通过研究表明,果实可溶性固形物含量、硬度与土壤中全氮、全磷含量相关性达到显著水平( $p<0.05$ )。张秀志等<sup>[22]</sup>研究证明商品有机肥可以有效提升蜜脆苹果可溶性固形物含量。同延安等<sup>[23]</sup>认为,有效锌的施加对果实可溶性固形物含量具有显著的促进作用,这些研究与本试验研究相一致。张鑫等<sup>[24]</sup>研究认为在逐渐增加果园磷肥用量情况下,苹果果实可溶性固形物含量、硬度有先升高后降低的趋势。这与本试验研究结果略有不同,这可能是磷肥施用过量导致果树吸收养分能力削弱,从而降低品质。

从外在品质来看,本研究表明土壤中 pH 值及有机质、水解性氮、全氮、有效磷、速效钾、交换性钙等指标与果实单果质量、纵径、横径等指标呈正相关且相关性显著( $p<0.05$ )。段志龙等<sup>[25]</sup>认为施加土壤有机绿肥后,果实纵径、横径得到了提高。陶爱群

等<sup>[26]</sup>认为施加生物有机质可以有效提升果实单果质量。陈红玉等<sup>[27]</sup>研究证实土壤中碱解氮、有效磷、有效钾含量均与果实单果质量呈正相关。这些研究均与本试验研究结果相符,说明适当增加土壤有机质、全氮、有效磷、有效钾可以提升果实外在品质。

有些果实样品存在果实种类一致、嫁接砧木不同、果实内在品质和外在品质有差异的现象,这可能是矮化自根砧 M9-T337 具有输送养分能力强、抗病性好、果实性状表现好的原因,较 M9 砧木更具优势。

本试验中,以宁夏万齐农业的苹果果实品质更为突出,表明砂质土壤条件及氮磷钾肥等科学补充对苹果果实品质的形成有积极的作用。通过 TOPISIS 综合得分来看,只有较为合适的 pH 值、有机质、全氮、水解性氮、有效磷、速效钾、交换性钙等离子指标才能对宁夏金冠系苹果品种的糖含量、酸含量、维生素 C 含量、可溶性固形物含量等内在指标以及纵横径、果形指数等物理指标起到很好的推动作用,这与李庆军等<sup>[28]</sup>研究有相同之处。过于干燥的砂质土壤也并不利于优良果实品质的形成。在果园土壤的改良中,选择对宁夏地区有利的有机肥以及氮、磷、钾肥等,才会对金冠系苹果果实品质的提升起到正面作用。通过对宁夏各个果园的土壤实际养分含量按需进行施肥,提高改良土壤质量,才能更加行之有效地提升金冠系苹果的品质。可以看到,>20~40 cm 深度的土壤营养与果实品质之间相关性更显著,果实品质综合较好的宁夏万齐无锈金矮生的维生素 C 含量、单果质量、纵径、横径、硬度、内聚性、黏附性等质地品质指标均随土壤有机质、氮、磷、钾等指标的提高而提高,这说明土壤中较丰富的有机质、氮、磷、钾营养元素有利于果实品质的形成及提升。

### 4 结 论

主成分分析的结果表明宁夏万齐农业的果实品质相对较高,南山台子是金冠苹果的优质产区;>20~40 cm 土壤的营养元素对金冠系苹果果实品质影响最大,>20~40 cm 土壤是金冠苹果根系吸收土壤营养的主要部分;有机质、全氮、水解性氮、有效磷、速效钾、交换性钙等离子指标与金冠系苹果品质指标呈正相关,通过提高其含量可提升果实品质;通过对宁夏金冠系苹果生长的土壤条件对比分析,在 pH 值弱碱性、有机质含量  $1\sim 6\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮含量  $0.15\sim 0.30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、水解性氮含量  $9.2\sim 32.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有效磷

含量  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  以下以及速效钾含量  $40 \sim 70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的条件下对金冠系苹果果实的外观性状、口感和营养成分积累最为有效。

致谢: 中卫沙坡头果业、红寺堡区鹏盛农牧科技开发公司、吴忠市富腾果品营销专业合作社、渠口农场林果公司、宁夏万齐农业科技有限公司、吴忠林场、吴忠通达果业有限公司帮助采样, 谨此致谢。

## 参考文献 References:

- [1] 葛玉全, 李红锋, 王春燕, 魏晓霞, 苏娟, 东莎莎. 我国苹果产业现状及可持续发展建议[J]. 现代食品, 2021(11):4-6.  
GE Yuquan, LI Hongfeng, WANG Chunyan, WEI Xiaoxia, SU Juan, DONG Shasha. Status and sustainable development proposals of apple industry in China[J]. Modern Food, 2021(11):4-6.
- [2] 孙琛梅. 胶东地区苹果园土壤质量特征及其与苹果产量和品质的关系[D]. 泰安: 山东农业大学, 2021.  
SUN Chenmei. Soil quality characteristics of apple orchards in Jiaodong area and its relationship with apple yield and quality[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2021.
- [3] 张晓敏. 肥料种类对葡萄品质构成因子影响研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2019.  
ZHANG Xiaomin. Study on the influence of fertilizer types on grape quality components[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2019.
- [4] 夏燕飞, 张文会, 王荣, 黄翠香, 韩甜甜, 沈向. 土壤有机营养对红富士苹果果实产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(4):868-877.  
XIA Yanfei, ZHANG Wenhui, WANG Rong, HUANG Cuixiang, HAN Tiantian, SHEN Xiang. Effect of soil organic nutrition matter on yield and quality of Fuji apple[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2013, 19(4):868-877.
- [5] 孙琛梅, 程冬冬, 杨越超, 李丁一, 任师可, 段崇鑫, 刘艳, 姜远茂. 土壤肥力质量与苹果生长、产量及品质关系的研究进展[J]. 中国土壤与肥料, 2022(2):207-215.  
SUN Chenmei, CHENG Dongdong, YANG Yuechao, LI Dingyi, REN Shike, DUAN Chongxin, LIU Yan, JIANG Yuanmao. Research progress of the relationship between soil fertility quality and the growth, yield and quality of apple[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2022(2):207-215.
- [6] 张秀志. 不同施肥处理下‘蜜脆’苹果叶片营养与果实品质及土壤肥力的分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.  
ZHANG Xiuzhi. Analysis of leaf nutrition, fruit quality and soil fertility of ‘Micui’ apple under different fertilization treatments[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2021.
- [7] NEILSEN D, NEILSEN G. Nutritional effects on fruit quality for apple trees[J]. New York Fruit Quality, 2009, 17(3):21-24.
- [8] 姜学玲, 于忠范, 于波, 张广和, 宋勇义. 胶东苹果粗皮病发生原因与防治对策[J]. 落叶果树, 1998, 30(1):36-38.  
JIANG Xueling, YU Zhongfan, YU Bo, ZHANG Guanghe, SONG Yongyi. Causes and control countermeasures of apple rough skin disease in Jiaodong[J]. Deciduous Fruits, 1998, 30(1):36-38.
- [9] 李庆军, 田利光, 刘庆花, 李俊良, 刘成连, 原永兵. 山东省果园土壤酸化状况及酸化原因分析[J]. 山东农业科学, 2011, 43(10):57-59.  
LI Qingjun, TIAN Liguang, LIU Qinghua, LI Junliang, LIU Chenglian, YUAN Yongbing. Acidification of orchard soil in Shandong Province and analysis of acidification causes[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2011, 43(10):57-59.
- [10] 张强, 魏钦平, 蒋瑞山, 刘旭东, 刘惠平, 王小伟. 北京苹果主产区果园土壤理化性状和果实品质评价分析[J]. 园艺学报, 2011, 38(11):2180-2186.  
ZHANG Qiang, WEI Qinqing, JIANG Ruishan, LIU Xudong, LIU Huiping, WANG Xiaowei. Evaluation and analysis of soil physicochemical characteristics and fruit quality in main apple production regions of Beijing[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(11):2180-2186.
- [11] 梁倩, 王玉英, 刘树庆. 河北省葡萄产区土壤中微量元素分布特征及其对果实品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(9):119-123.  
LIANG Qian, WANG Yuying, LIU Shuqing. Distribution characteristics of trace elements in soil of grape producing areas in Hebei Province and their effects on fruit quality[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(9):119-123.
- [12] 王培周. 黄土高原苹果主产区养分投入和土壤养分状况及其空间分布特征[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.  
WANG Peizhou. Nutrient input and soil nutrient status and their spatial distribution characteristics in the main apple producing areas in the Loess Plateau[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2021.
- [13] 郑伟. 套餐施肥对渭北红富士苹果生长发育及果园土壤肥力的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.  
ZHENG Wei. Effects of package fertilization on growth and development of Red fuji apple in Weibei and soil fertility in orchard[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2015.
- [14] 田野. 有机肥与化肥配施对苹果园区果实品质、产量与土壤理化性状的影响[D]. 太谷: 山西农业大学, 2020.  
TIAN Ye. Effects of combined application of organic fertilizer and chemical fertilizer on fruit quality, yield and physical and chemical properties of apple garden[D]. Taigu: Shanxi Agricultural University, 2020.
- [15] 杨文彬, 曲亦刚, 张翔, 夏国宁. 打造宁夏精品黄元帅苹果[J]. 宁夏农林科技, 2007, 48(5):144.  
YANG Wenbin, QU Yigang, ZHANG Xiang, XIA Guoning. Create Ningxia boutique Huangyuanshuai apple[J]. Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology, 2007, 48(5):144.
- [16] 魏天军, 李天兵. 金冠密植园优质稳产栽培技术[J]. 宁夏农林

- 科技,1999,40(6):30-31.
- WEI Tianjun, LI Tianbing. Cultivation techniques of high quality and stable yield in Jinguang close planting garden[J]. Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology, 1999,40(6):30-31.
- [17] 赵景景. 不同土壤有机质水平对苹果叶片光合、果实糖酸代谢及品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018.
- ZHAO Jingjing. Effects of different levels of soil organic matter on photosynthesis of leaves, sugar and organic acid metabolism as well as quality in apple fruit[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2018.
- [18] 赵佐平, 高义民, 刘芬, 王小英, 同延安. 化肥有机肥配施对苹果叶片养分、品质及产量的影响[J]. 园艺学报, 2013, 40(11): 2229-2236.
- ZHAO Zuoping, GAO Yimin, LIU Fen, WANG Xiaoying, TONG Yan'an. Effects of organic manure application combined with chemical fertilizers on the leaf nutrition, quality and yield of Fuji apple[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2013, 40(11): 2229-2236.
- [19] 徐朝阳. 2,6-二氯酚靛滴定法与碘量法测定蔬菜水果中维生素C方法的准确度比较[J]. 食品安全导刊, 2021(25):100-101.
- XU Zhaoyang. Accuracy comparison of 2,6-dichlorophenol indophenol titration and iodometric determination of vitamin C in vegetables and fruits[J]. China Food Safety Magazine, 2021(25):100-101.
- [20] 贾朝爽, 王志华, 王文辉. 不同货架温度结合 1-MCP 处理对华红、华月苹果质地性状的影响[J]. 华北农学报, 2022, 37(4): 128-140.
- JIA Chaoshuang, WANG Zhihua, WANG Wenhui. Effects of different shelf temperature combined with 1-MCP treatment on texture traits of Huahong and Huayue apples[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2022, 37(4): 128-140.
- [21] 路超, 薛晓敏, 王翠玲, 安国宁, 王金政. 山东省苹果园果实品质指标、叶片营养与土壤营养元素的相关性分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(25): 168-172.
- LU Chao, XUE Xiaomin, WANG Cuiling, AN Guoning, WANG Jinzheng. Correlation analysis on fruit quality and leaves nutrition and soil nutrient in apple orchard of Shandong Province[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(25): 168-172.
- [22] 张秀志, 郭甜丽, 焦学艺, 刘晨露, 李宇星, 马锋旺, 符轩畅, 李翠英. 商品有机肥配施对果园土壤肥力和“蜜脆”苹果果实品质的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(1): 65-74.
- ZHANG Xiuzhi, GUO Tianli, JIAO Xueyi, LIU Chenlu, LI Yuxing, MA Fengwang, FU Xuanchang, LI Cuiying. Effects of combined application of commercial organic fertilizer on soil fertility and fruit quality of 'Honeycrisp' apple[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2022, 44(1): 65-74.
- [23] 刘汝亮, 同延安, 樊红柱, 赵营. 喷施锌肥对渭北旱塬苹果生长及产量品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 62-65.
- LIU Ruliang, TONG Yan'an, FAN Hongzhu, ZHAO Ying. Effect of spraying zinc fertilizer on apple growth and fruit quality in Weibei dry-land[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2007, 25(3): 62-65.
- [24] 张鑫. 磷肥用量、氮磷配施和生草对土壤磷素形态和苹果磷素利用的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2021.
- ZHANG Xin. Effects of phosphorus application rate, combined of nitrogen and phosphorus and grass planting on phosphorus forms in soil and phosphorus utilization in apples[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2021.
- [25] 段志龙, 王晨光, 宋云. 陕北苹果园绿肥种植模式对土壤物理性质及果实品质和产量的影响[J]. 中国果树, 2022(1): 24-28.
- DUAN Zhilong, WANG Chenguang, SONG Yun. Effects of different green manure cultivation models on soil physical properties, apple quality and yield in fruit regions of Northern Shaanxi[J]. China Fruits, 2022(1): 24-28.
- [26] 陶爱群, 王仁才, 莫红专, 仇振华, 石浩. 不同肥料对玉泉冬枣光合特性及果实品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2017, 43(2): 166-170.
- TAO Aiqun, WANG Rencai, MO Hongzhan, QIU Zhenhua, SHI Hao. Effects of different fertilizers on photosynthetic characteristics and fruit quality of Yuquandongzaose (*Ziziphusgzaotalit*) [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2017, 43(2): 166-170.
- [27] 陈红玉, 卢桂宾, 马光跃, 杨俊强, 申仲妹, 李玉莲. 土壤养分与冬枣果实品质关系的多元回归分析[J]. 北方园艺, 2022(3): 58-64.
- CHEN Hongyu, LU Guibin, MA Guangyue, YANG Junqiang, SHEN Zhongmei, LI Yulian. Multiple regression analysis of relationship between soil nutrients and fruit quality of Dongzao jujube[J]. Northern Horticulture, 2022(3): 58-64.
- [28] 李庆军, 林英, 李俊良, 刘成连, 原永兵. 土壤 pH 和不同酸化土壤改良剂对苹果果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(14): 209-213.
- LI Qingjun, LIN Ying, LI Junliang, LIU Chenglian, YUAN Yongbing. Effects of soil pH and some meliorators of acidified soil on fruit qualities of apples (*Mulus domestica*) [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(14): 209-213.