

王 贵,白 娜,邹宗峰,等. 莱阳梨果实矿质元素含量与果实品质的关系[J]. 江苏农业科学,2021,49(24):178-183.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.24.031

莱阳梨果实矿质元素含量与果实品质的关系

王 贵¹,白 娜²,邹宗峰¹,李元军³,慈志娟³,刘笑宏³,牟红梅³

(1. 山东省烟台市农业技术推广中心,山东烟台 264000;2. 山东省烟台市农业综合执法支队,山东烟台 264000;
3. 山东省烟台市农业科学研究院,山东烟台 264000)

摘要:通过研究莱阳梨果实矿质元素与果实品质的关系,分析影响莱阳梨果实品质的主要矿质元素,为莱阳梨园合理施肥和品质提升提供一定理论依据。以山东省烟台市 12 个莱阳梨果园的成熟果实为样品,应用相关分析和通径分析方法研究莱阳梨果实矿质元素与果实品质之间的相关性和通径系数。结果表明,不同果园莱阳梨果实矿质元素含量存在一定程度差异。相关性分析表明,N 与可滴定酸显著正相关,Ca 与果实硬度呈显著正相关,Mn 与可溶性固形物呈显著正相关。通径分析表明,N 对可滴定酸的通径系数为 0.655,Mn 对可溶性固形物的通径系数为 0.606;K 对固酸比直接通径系数为 0.815,达到显著水平。莱阳梨生产中合理协调好各种矿质元素的比例可提高果实品质,实现莱阳梨的优质生产。

关键词:莱阳梨;果实品质;矿质元素;通径分析

中图分类号:S661.201 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)24-0178-06

莱阳梨(*Pyrus brestschneideri* Rehd)属于蔷薇科(Rosaceae)梨亚科(Pomoideae)梨属(*Pyrus*)中白梨系统,果实中含有大量糖类、有机酸、维生素等多种营养物质,是烟台地区“名、优、特”水果之一。近年来,由于管理粗放,商品意识差等原因,其存在的问题也逐渐凸显,主要表现为果心大、品质下降、果皮粗糙等,影响了莱阳梨的果实品质。果实品质是决定市场竞争力的重要因素,矿质元素的缺失或者过量都会影响果树的生理代谢和果实品质提升^[1-6]。Neilsen 研究发现,果实中含量充足的钾元素(K)可提高果实糖含量及增加果实色泽^[7]。张强等的研究表明,果实中氮(N)和磷(P)与果实硬度、可溶性固形物含量呈负相关,钾(K)和铁(Fe)与果实可溶性固形物含量呈正相关,N 和锌(Zn)与果实可滴定酸含量呈正相关^[8]。徐慧等认为 N、K、Fe 与果实硬度呈显著负相关,铜(Cu)与可溶性固形物含量呈显著负相关,而果实单果质量与各矿质元素间不存在显著相关性^[9]。矿质元素与果实品质间的关系在苹果^[10]、甜柿^[11]、柚子^[12]、库尔勒香梨^[13-14]上均

有报道,但果树各品种品质不同,所需矿质元素的代谢效率不同,国内关于莱阳梨果实矿质元素与果实品质的关系尚未报道。本研究通过采集莱阳梨主产区的果实,利用相关性和通径分析研究莱阳梨果实矿质元素含量与果实品质指标的关系,筛选出影响果实指标的主要矿质元素因子,明确影响莱阳梨果实品质的关键矿质营养元素,为莱阳梨园合理施肥和补充营养及果实品质提升提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2019 年 10 月上旬果实成熟期,在山东省烟台市选择 12 个莱阳梨生产园,树龄 20 年左右的莱阳梨树。在果实成熟期,各采样点随机选取 5 株树,随机采果 3 个,带回实验室待分析。

1.2 仪器与设备

电子分析天平;GY-1 型硬度计;手持糖度折光仪(Pocket Pal-1, Atago, Japan);HH-S 数显恒温水浴锅;K-35 凯氏定氮仪。

1.3 方法

采集的果实用自来水洗净,再用去离子水冲洗 2 次,在通风处阴干。果实 N 含量采用凯氏定氮法测定;P 含量采用钼锑抗比色法测定;K 含量采用火焰光度计法测定;Cu、Ca、Mg、Mn、Zn 含量采用硝酸-高氯酸消解原子吸收分光光度法测定^[15-17]。

收稿日期:2021-04-25

基金项目:山东省农业良种工程项目(编号:2019LZGC008)。

作者简介:王 贵,男,硕士,农艺师,主要从事作物育种、高效栽培研究。E-mail:woxinqiji@163.com。

通信作者:牟红梅,女,硕士,农艺师,主要从事果树育种与高效栽培技术研究。E-mail:345414617@qq.com。

果实单果质量用电子天平称取;用电子数显卡尺测量果实的纵径和横径,纵径和横径之比即为果形指数^[18];果实去皮后用硬度计测定果实硬度。可溶性固形物含量用手持测糖仪测定;用蒽酮比色法测可溶性糖含量^[19];可滴定酸含量用酸碱滴定法测定^[20],固酸比用可溶性固形物含量与可滴定酸含量的比值表示;糖酸比用可溶性糖含量与可滴定酸含量的比值表示。各指标重复 3 次,取平均值。

1.4 数据处理与分析

应用 Excel 和 SPSS 软件对试验数据进行计算

和统计分析。

2 结果与分析

2.1 莱阳梨果实品质指标和矿质元素含量分析

由表 1 可知,不同莱阳梨果园的果实品质指标存在一定差异,其中,单果质量变异系数最大(17.06%),可溶性固形物含量变异系数最小(5.76%)。由表 2 可知,不同果园莱阳梨果实的矿质元素含量差异较大,其中,Ca 元素变异系数最大(69.82%),P 元素变异系数最小(6.91%)。

表 1 莱阳梨果实品质概况

项目	单果质量 (g)	硬度 (kg/cm ²)	可溶性固形物 含量(%)	可溶性糖 含量(%)	可滴定酸 含量(%)	糖酸比	固酸比
平均值	378.50	6.60	14.30	8.98	0.115	79.71	126.48
最大值	531.60	7.50	15.70	9.83	0.139	100.32	157.45
最小值	274.00	5.90	12.90	7.93	0.091	65.11	93.53
变异系数	17.06%	7.54%	5.76%	6.97%	12.90%	15.13%	14.82%

表 2 莱阳梨果实矿质元素含量概况

项目	N (%)	K (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
平均值	98.98	109.31	6.09	611.06	480.16	94.22	182.64	35.73	6.88
最大值	178.74	172.57	6.82	67.51	937.99	183.11	250.68	64.81	12.72
最小值	55.54	52.61	5.14	201.72	244.19	48.62	110.21	21.79	3.51
变异系数	40.90%	33.42%	6.91%	69.82%	43.05%	36.48%	21.40%	30.25%	45.25%

2.2 莱阳梨果实矿质元素与果实品质相关性

为研究莱阳梨果实矿质元素与果实品质之间的关系。以 N、K、P、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 和 Zn 为整体,单果质量、果实硬度、可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸、糖酸比和固酸比为整体,进行相关性分析。由表 3 可知,莱阳梨果实矿质元素与果实品质存在一定的相关性。不同矿质元素对莱阳梨果实品质的影响不同。其中,果实可溶性固形物和 N 元素存在显著负相关,Ca 元素与果实硬度显著正相关,Fe 元素和可溶性糖显著正相关,Mg 元素与糖酸比和固酸比显著正相关。

2.3 莱阳梨果实矿质元素与果实品质指标的通径分析

由于各矿质元素间还有相互作用的关系,各矿质元素与果实指标相关程度的大小并不能完全代表其对果实品质的作用大小,其相互作用的大小需要通过通径分析来进一步估算。通径分析能更好地反映各相关指标间的相互影响及每个指标对果实品质性状的相对重要性,其绝对值的大小反映了

各矿质元素对果实品质的影响大小^[11]。

由表 4 可知,影响单果质量的矿质元素依次是:Mg(0.966) > Cu(-0.935) > Zn(0.797) > P(-0.69) > Ca(0.547) > Fe(0.246) > N(0.14) > K(-0.127) > Mn(-0.047)。其中,Mg 为最大影响因子。莱阳梨矿质元素对单果质量影响较大的矿质元素为 Mg、Cu 和 Zn。

由表 5 可知,各矿质元素对硬直接贡献大小的顺序为:Zn(-0.713) > Ca(0.69) > Mg(-0.47) > Mn(0.367) > Cu(0.316) > P(0.235) > N(0.23) > K(-0.059) > Fe(0.022)。其中,Zn、Mg 和 K 对硬度的直接贡献为负值,Ca、Mn 和 Cu 对硬度的直接贡献为正值。因此,对莱阳梨果实硬度影响较大的为 Zn 和 Ca。

由表 6 可知,对可溶性固形物有较大直接影响的矿质元素有 Mn(x_7)、N(x_1)、Fe(x_6)、K(x_2) 和 Zn(x_9)。各矿质元素对可溶性固形物的直接通径系数大小为:Mn(0.606) > N(-0.541) > Fe(-0.394) > K(0.393) > Mg(-0.388) >

表 3 莱阳梨果实品质与果实矿质元素相关性

元素	相关系数						
	单果质量	果实硬度	可溶性固形物	可溶性糖	可滴定酸	糖酸比	固酸比
N	-0.075	0.185	-0.493	-0.435	0.632 **	-0.657 **	-0.624 **
K	0.339	-0.004	0.346	0.024	-0.462	0.365	0.464
P	-0.307	0.207	-0.349	-0.395	-0.069	-0.064	-0.016
Ca	0.115	0.747 **	-0.321	-0.313	-0.070	-0.132	-0.116
Mg	0.274	0.219	0.296	0.286	-0.102	0.173	0.151
Fe	0.151	0.369	-0.385	-0.524 **	-0.250	-0.012	0.079
Mn	0.284	-0.245	0.560 **	0.376	-0.362	0.441	0.477
Cu	-0.081	0.376	0.025	0.227	0.065	0.096	0.005
Zn	0.140	-0.540 *	-0.025	0.014	-0.132	0.151	0.133

注：*、** 分别表示相关性显著 ($P<0.05$)、极显著 ($P<0.01$)。

表 4 莱阳梨果实矿质元素与单果质量的通径分析

作用因子	直接 通径系数	间接通径系数								
		通过 x_1	通过 x_2	通过 x_3	通过 x_4	通过 x_5	通过 x_6	通过 x_7	通过 x_8	通过 x_9
N(x_1)	0.140		0.016	-0.004	-0.085	0.089	-0.026	0.002	-0.129	-0.078
K(x_2)	-0.127	-0.018		-0.133	0.169	0.386	0.007	-0.013	-0.047	0.115
P(x_3)	-0.690	0.001	-0.025		0.195	-0.094	0.110	0.006	-0.185	0.375
Ca(x_4)	0.547	-0.022	-0.039	-0.246		0.247	0.107	0.014	-0.35	-0.144
Mg(x_5)	0.966	0.013	-0.051	0.067	0.140		-0.025	-0.025	-0.683	-0.129
Fe(x_6)	0.246	-0.015	-0.004	-0.309	0.239	-0.097		-0.005	-0.063	0.160
Mn(x_7)	-0.047	-0.006	-0.035	0.087	-0.164	0.508	0.027		-0.326	0.240
Cu(x_8)	-0.935	0.019	-0.006	-0.137	0.204	0.705	0.017	-0.017		0.068
Zn(x_9)	0.797	-0.014	-0.018	-0.325	-0.099	-0.156	0.049	-0.014	-0.08	

表 5 莱阳梨果实矿质元素与硬度的通径分析

作用因子	直接 通径系数	间接通径系数								
		通过 x_1	通过 x_2	通过 x_3	通过 x_4	通过 x_5	通过 x_6	通过 x_7	通过 x_8	通过 x_9
N(x_1)	0.230		0.008	0.001	-0.107	-0.043	-0.002	-0.015	0.044	0.069
K(x_2)	-0.059	-0.030		0.045	0.213	-0.188	0.001	0.101	0.016	-0.103
P(x_3)	0.235	0.001	-0.011		0.246	0.046	0.010	-0.047	0.063	-0.335
Ca(x_4)	0.690	-0.036	-0.018	0.084		-0.12	0.010	-0.110	0.118	0.129
Mg(x_5)	-0.470	0.021	-0.024	-0.023	0.176		-0.002	0.193	0.231	0.115
Fe(x_6)	0.022	-0.024	-0.002	0.105	0.302	0.047		0.040	0.021	-0.143
Mn(x_7)	0.367	-0.009	-0.016	-0.030	-0.207	-0.247	0.002		0.110	-0.215
Cu(x_8)	0.316	0.032	-0.003	0.047	0.258	-0.343	0.001	0.128		-0.061
Zn(x_9)	-0.713	-0.022	-0.009	0.111	-0.125	0.076	0.004	0.111	0.027	

Zn(-0.372) > Cu (0.306) > Ca (-0.254) > P(-0.002)。Mn 和 K 对可溶性固形物有显著正效应,N、Fe 和 Mg 对可溶性固形物有负效应。由此得出,对可溶性固形物影响较大的矿质元素为 Mn、N 和 Fe。协调好果实中 Mn、N 和 Fe 含量可以提高果实可溶性固形物含量。

由表 7 可知,对可溶性糖的主要影响因子有 Cu

(x_8)、N(x_1)、Fe(x_6) 和 Mg(x_5)。各矿质元素对可溶性糖影响的大小顺序为: Cu (0.582) > N(-0.566) > Fe (-0.468) > Mg (-0.266) > Ca(-0.259) > Mn (0.239) > P (-0.178) > K(0.103) > Zn(-0.090)。其中,Cu、Mn 和 K 对可溶性糖的影响为正值,N、Fe、Ca、P 和 Zn 对可溶性糖的影响为负值,表明对可溶性糖影响较大的因子

表 6 莱阳梨果实矿质元素与可溶性固形物的通径分析

作用因子	直接 通径系数	间接通径系数								
		通过 x_1	通过 x_2	通过 x_3	通过 x_4	通过 x_5	通过 x_6	通过 x_7	通过 x_8	通过 x_9
$N(x_1)$	-0.541		-0.051	0.000	0.039	-0.036	0.042	-0.025	0.042	0.036
$K(x_2)$	0.393	0.07		0.000	-0.078	-0.155	-0.012	0.167	0.015	-0.054
$P(x_3)$	-0.002	-0.003	0.076		-0.09	0.038	-0.177	-0.077	0.061	-0.175
$Ca(x_4)$	-0.254	0.084	0.121	-0.001		-0.099	-0.172	-0.182	0.114	0.067
$Mg(x_5)$	-0.388	-0.05	0.157	0.000	-0.065		0.040	0.319	0.223	0.060
$Fe(x_6)$	-0.394	0.058	0.012	-0.001	-0.111	0.039		0.066	0.021	-0.075
$Mn(x_7)$	0.606	0.022	0.108	0.000	0.076	-0.204	-0.043		0.107	-0.112
$Cu(x_8)$	0.306	-0.075	0.020	0.000	-0.095	-0.283	-0.027	0.211		-0.032
$Zn(x_9)$	-0.372	0.053	0.057	-0.001	0.046	0.063	-0.079	0.183	0.026	

表 7 莱阳梨果实矿质元素与可溶性糖的通径分析

作用因子	直接 通径系数	间接通径系数								
		通过 x_1	通过 x_2	通过 x_3	通过 x_4	通过 x_5	通过 x_6	通过 x_7	通过 x_8	通过 x_9
$N(x_1)$	-0.566		-0.013	-0.001	0.040	-0.025	0.050	-0.010	0.081	0.009
$K(x_2)$	0.103	0.073		-0.034	-0.080	-0.106	-0.014	0.066	0.029	-0.013
$P(x_3)$	-0.178	-0.003	0.020		-0.092	0.026	-0.210	-0.030	0.115	-0.042
$Ca(x_4)$	-0.259	0.088	0.032	-0.063		-0.068	-0.205	-0.072	0.218	0.016
$Mg(x_5)$	-0.266	-0.052	0.041	0.017	-0.066		0.047	0.126	0.425	0.015
$Fe(x_6)$	-0.468	0.060	0.003	-0.08	-0.113	0.027		0.026	0.039	-0.018
$Mn(x_7)$	0.239	0.023	0.028	0.022	0.078	-0.140	-0.051		0.203	-0.027
$Cu(x_8)$	0.582	-0.078	0.005	-0.035	-0.097	-0.194	-0.032	0.083		-0.008
$Zn(x_9)$	-0.090	0.055	0.015	-0.084	0.047	0.043	-0.094	0.072	0.050	

为 Cu、N 和 Fe。

由表 8 可知,对可滴定酸的主要影响因子有 $K(x_2)$ 、 $N(x_1)$ 、 $Cu(x_8)$ 、 $Mg(x_5)$ 。各元素对莱阳梨果实可滴定酸影响的大小顺序为: $K(-0.764) > N(0.655) > Cu(-0.635) > Ca(0.589) > Mg(0.501) > Fe(-0.412) > Zn(0.357) > P(0.051) > Mn(-0.045)$ 。因此,果实中 K、N 和 Cu 的含量是调节果实中可滴定酸含量的关键。

由表 9 可知,对糖酸比的主要影响因子有 $Cu(x_8)$ 、 $Ca(x_4)$ 、 $N(x_1)$ 、和 $Mg(x_5)$ 。各元素对糖酸比影响的大小顺序为: $Cu(0.893) > Ca(-0.808) > N(-0.769) > K(0.745) > Mg(-0.544) > Zn(-0.352) > Fe(0.229) > P(-0.082) > Mn(0.007)$ 。Cu 为最大影响因子。其中,Cu、K、Fe、Mn 对糖酸比的影响为正值,Ca、N、Mg、Zn 和 P 对糖酸比的影响为负值。对糖酸比影响较大的因

表 8 莱阳梨果实矿质元素与可滴定酸的通径分析

作用因子	直接 通径系数	间接通径系数								
		通过 x_1	通过 x_2	通过 x_3	通过 x_4	通过 x_5	通过 x_6	通过 x_7	通过 x_8	通过 x_9
$N(x_1)$	0.655		0.099	0.000	-0.091	0.046	0.044	0.002	-0.088	-0.035
$K(x_2)$	-0.764	-0.085		0.010	0.182	0.200	-0.012	-0.013	-0.032	0.052
$P(x_3)$	0.051	0.004	-0.148		0.210	-0.049	-0.185	0.006	-0.126	0.168
$Ca(x_4)$	0.589	-0.102	-0.236	0.018		0.128	-0.180	0.014	-0.237	-0.065
$Mg(x_5)$	0.501	0.06	-0.305	-0.005	0.151		0.041	-0.024	-0.464	-0.058
$Fe(x_6)$	-0.412	-0.07	-0.023	0.023	0.257	-0.05		-0.005	-0.043	0.072
$Mn(x_7)$	-0.045	-0.027	-0.211	-0.006	-0.177	0.263	-0.045		-0.222	0.108
$Cu(x_8)$	-0.635	0.091	-0.038	0.010	0.220	0.366	-0.028	-0.016		0.031
$Zn(x_9)$	0.357	-0.064	-0.111	0.024	-0.107	-0.081	-0.083	-0.014	-0.054	

表 9 莱阳梨果实矿质元素与糖酸比的通径分析

作用因子	直接 通径系数	间接通径系数								
		通过 x_1	通过 x_2	通过 x_3	通过 x_4	通过 x_5	通过 x_6	通过 x_7	通过 x_8	通过 x_9
N(x_1)	-0.769		-0.096	0.000	0.125	-0.05	-0.024	0.000	0.124	0.034
K(x_2)	0.745	0.100		-0.016	-0.249	-0.217	0.007	0.002	0.045	-0.051
P(x_3)	-0.082	-0.004	0.144		-0.288	0.053	0.103	-0.001	0.177	-0.165
Ca(x_4)	-0.808	0.119	0.230	-0.029		-0.139	0.100	-0.002	0.334	0.064
Mg(x_5)	-0.544	-0.071	0.298	0.008	-0.207		-0.023	0.004	0.652	0.057
Fe(x_6)	0.229	0.082	0.022	-0.037	-0.353	0.055		0.001	0.061	-0.071
Mn(x_7)	0.007	0.031	0.205	0.010	0.243	-0.286	0.025		0.312	-0.106
Cu(x_8)	0.893	-0.106	0.037	-0.016	-0.302	-0.397	0.016	0.002		-0.030
Zn(x_9)	-0.352	0.075	0.108	-0.038	0.146	0.088	0.046	0.002	0.077	

由表 10 可知,影响固酸比的主要因子有 N(-0.694) > Mg (-0.560) > Zn (-0.446) > K(0.815) > Ca(-0.768) > Cu(0.725) > Fe(0.282) > Mn(0.140) > P(0.007)。说明影响果实固酸比含量的主要矿质因子为 K、Ca 和 Cu。

表 10 莱阳梨果实矿质元素与固酸比的通径分析

作用因子	直接 通径系数	间接通径系数								
		通过 x_1	通过 x_2	通过 x_3	通过 x_4	通过 x_5	通过 x_6	通过 x_7	通过 x_8	通过 x_9
N(x_1)	-0.694		-0.105	0.000	0.119	-0.052	-0.03	-0.006	0.100	0.043
K(x_2)	0.815	0.090		0.001	-0.237	-0.224	0.008	0.039	0.036	-0.065
P(x_3)	0.007	-0.004	0.157		-0.273	0.054	0.126	-0.018	0.144	-0.210
Ca(x_4)	-0.768	0.108	0.251	0.003		-0.143	0.123	-0.042	0.271	0.081
Mg(x_5)	-0.560	-0.064	0.326	-0.001	-0.196		-0.028	0.074	0.529	0.072
Fe(x_6)	0.282	0.074	0.024	0.003	-0.335	0.056		0.015	0.049	-0.09
Mn(x_7)	0.140	0.028	0.225	-0.001	0.231	-0.294	0.031		0.253	-0.135
Cu(x_8)	0.725	-0.096	0.041	0.001	-0.287	-0.409	0.019	0.049		-0.038
Zn(x_9)	-0.446	0.068	0.118	0.003	0.139	0.09	0.057	0.042	0.062	

子为 Cu、Ca 和 N。

3 讨论

果实中矿质元素含量不仅与栽培土壤的营养状况、肥力水平和吸收利用效率有关,而且在果树的生长发育、果实的形成及果实品质调控等方面发挥着重要作用^[21-22]。汤婷婷在分析梨主栽品种果实品质与矿质营养关系时发现,果实中 N、Ca、Mg、Mn 含量与单果质量呈极显著负相关,可溶性固形物与 N 和 K 含量显著正相关,与 Cu 含量负相关,可滴定酸含量与 N、K、Ca、Mn 含量显著正相关^[23]。本研究结果显示,莱阳梨果实中 N 元素与可滴定酸呈显著正相关,Ca 元素与果实硬度呈显著正相关,Mn 元素与可溶性固形物呈显著正相关,说明莱阳梨果实矿质元素含量对莱阳梨果实品质具有重要的影响。在研究云南保山“次郎”甜柿和陕西眉县“阳

丰”甜柿果实品质与果实矿质元素的关系,得出单果质量、果形指数、果实硬度存在显著差异,果实中 N 和 P 元素含量及变异程度也不同^[24]。果实矿质元素与品质间的具体关系,生产中会因品种与栽培区域的不同而异,揭示莱阳梨果实品质与果实矿质元素间的关系,具有重要的现实意义。本试验结果与前期结果不尽相同,可能是由于相关分析时只考虑了单个元素对果实品质指标的影响,元素间相互作用不能充分体现,也可能是因果树种类、品种、土壤质地和栽培管理技术等不同效应所致。

本研究数据显示,烟台地区不同莱阳梨园果实品质和果实矿质元素含量存在一定差异。果实中 P 和 Mn 元素变异系数较小,Ca 和 Zn 元素变异系数较大,果实可溶性固形物、可溶性糖变异系数较小,单果质量变异系数较大,这可能是土壤质地、施肥水平和栽培管理技术等不同而导致的。

在生物学研究中,通径分析主要用来研究植物遗传育种及栽培等方面多变量各性状间的相关性。通径分析是标准化变量的多元线性回归分析,通过通径分析可以将因变量与自变量的相关影响分解为直接影响(直接通径系数)和间接影响(间接通径系数),不仅能明确各自变量对因变量直接作用的方向与大小,还能明确两两相关自变量共同对因变量作用的方向与大小^[25]。分析了解果实元素间存在的关系,在果树养分管理中可根据这些关系,科学施肥,调控养分的平衡。本研究结果表明,莱阳梨果实矿质元素对果实品质指标影响结果不同。通过直接通径系数得出,对单果质量影响的顺序为:Mg > Cu > Zn > P > Ca > Fe > N > K > Mn;对硬度影响顺序依次为:Zn > Ca > Mg > Mn > Cu > P > N > K > Fe;对可溶性固形物的影响顺序为:Mn > N > Fe > K > Mg > Zn > Cu (0.306);对可溶性糖影响的顺序依次为:Cu > N > Fe > Mg;对可滴定酸影响的大小顺序为:K > N > Cu > Ca > Mg;对糖酸比影响的大小顺序为:Cu > Ca > N > K > Mg;对固酸比影响的大小顺序为:K > Ca > Cu > N > Mg。本研究对烟台地区莱阳梨果实矿质元素与果实品质间的关系进行了研究分析,进一步验证丰富了莱阳梨果实矿质元素与品质间的关系研究,为烟台地区莱阳梨园精准施肥提供了参考。

4 结论

本研究以烟台 12 个果园莱阳梨为材料,开展莱阳梨果实矿质元素与品质指标间的关系研究。结果表明,莱阳梨果实 N、Mg、Fe、K 元素与果实品质密切相关,在莱阳梨生产中通过增施 Mg、Fe、K、Mn 肥,同时协调好各种营养元素的施肥比例,可以提高莱阳梨果实品质,从而实现莱阳梨的优质高效栽培。

参考文献:

- [1] Huang L P, Zhang Q R, Zhang Z, et al. Overview of relation between mineral nutrient elements and growth and development of fruit trees [J]. *Asian Agricultural Research*, 2017, 9(10): 75–76, 81.
- [2] Reed B M, Wada S, DeNoma J, et al. Mineral nutrition influences physiological responses of pear *in vitro* [J]. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 2013, 49(6): 699–709.
- [3] 黄丽萍, 张倩茹, 尹蓉, 等. 矿质营养元素与果树生长发育的关系[J]. *湖北农业科学*, 2017, 56(4): 601–602, 607.
- [4] Wojcik P, Wojcik M. Effect of boron fertilization on ‘Conference’ pear tree vigor, nutrition, and fruit yield and storability [J]. *Plant and Soil*, 2003, 256(2): 413–421.
- [5] 郝国伟, 白牡丹, 高鹏, 等. 氮磷钾肥对玉露香梨果实矿质元素含量的影响[J]. *山西农业科学*, 2017, 45(1): 60–62, 66.
- [6] Miqueloto A, Amarante C V T D, Steffens C A, et al. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit [J]. *Scientia Horticulturae*, 2014, 165: 319–323.
- [7] Neilesen D, Neilesen G. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. *New York Fruit Quarterly*, 2009, 17(3): 21–24.
- [8] 张强, 魏钦平, 蒋瑞山, 等. 富士苹果矿质营养含量与几个主要品质指标的相关性分析[J]. *园艺学报*, 2011, 38(10): 1963–1968.
- [9] 徐慧, 陈欣欣, 王永章, 等. ‘富士’苹果果实矿质元素与品质指标的相关性与通径分析[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(25): 116–121.
- [10] 张强, 魏钦平, 刘惠平, 等. 苹果园土壤养分与果实品质关系的多元分析及优化方案[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(8): 1654–1661.
- [11] 宋少华, 刘勤, 李曼, 等. 甜柿果实矿质元素与品质指标的相关性及通径分析[J]. *果树学报*, 2016, 33(2): 202–209.
- [12] 张涓涓, 杨莉, 刘德春, 等. 马家柚果实品质与土壤、叶片、果实矿质养分的相关性分析[J]. *江西农业大学学报*, 2015, 37(5): 811–818.
- [13] 柴仲平, 王雪梅, 陈波浪, 等. 不同氮磷钾施肥配比对库尔勒香梨果实品质的影响[J]. *经济林研究*, 2013, 31(3): 154–157.
- [14] 位杰, 蒋媛, 林彩霞, 等. 6 个库尔勒香梨品种果实矿质元素与品质的相关性和通径分析[J]. *食品科学*, 2019, 40(4): 259–265.
- [15] 蔡艳荣, 刘媛, 李玲玲, 等. 原子吸收光谱法测定水果中 10 种元素含量及分布[J]. *卫生研究*, 2011, 40(3): 361–364.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [17] 柴仲平, 王雪梅, 孙霞, 等. 氮磷钾不同配比滴灌施肥对灰枣中矿质元素含量的影响[J]. *节水灌溉*, 2011(5): 23–26.
- [18] 刘群龙, 郝燕燕, 吴国良, 等. 外源硒对砀山酥梨果实品质和硒含量的影响[J]. *河南农业科学*, 2015, 44(8): 113–117.
- [19] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [20] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [21] Iglesias D J, Cercós M, Colmenero – Flores J M, et al. Physiology of citrus fruiting [J]. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 2007, 19(4): 333–362.
- [22] 王磊彬, 陈兴望, 李天宇, 等. 江苏丰县地区富士苹果果实矿质元素与品质的相关性通径分析[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(7): 146–151.
- [23] 汤婷婷. 梨主栽品种果实品质分析与矿质营养平衡施肥研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2013: 31.
- [24] 徐阳, 龚榜初, 刘同祥, 等. ‘次郎’甜柿果实矿质元素与果实品质关系研究[J]. *林业科学研究*, 2020, 33(4): 108–116.
- [25] 杜家菊, 陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. *生物学通报*, 2010, 45(2): 4–6.