

我国梨产区灌溉水 pH 及矿质营养元素分析

余 兴¹, 汤婷婷², 丁 伟², 贾 兵², 朱立武²

(1. 安徽省地质实验研究所, 合肥 230001; 2. 安徽农业大学果树学重点实验室, 合肥 230036)

摘 要:为研究我国梨产区灌溉水矿质元素含量,以国家梨产业技术体系 14 个试验站 78 个灌溉水样品为试材,测定了 pH、NH₄⁺、NO₂⁻、NO₃⁻、PO₄³⁻、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻、Fe、Mn、Cu、Zn 和 B 的含量,并对其分布规律及相关性进行了分析。结果表明,灌溉水 pH 平均值为 7.74, pH 大于 7.5 以上碱性水占供试样品的 75.64%。参照 GB5084-2005 对农田灌溉水质的规定,灌溉水 pH 有 4 个样品不符合要求;在选择性控制项目中,灌溉水 B 含量有 5 个样品不符合要求。灌溉水中 pH 值与 Cu 呈极显著负相关。NO₃⁻与 Ca²⁺; K⁺与 Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻; Ca²⁺与 Mg²⁺、SO₄²⁻; Mg²⁺与 SO₄²⁻都呈极显著正相关。

关键词:梨; 灌溉水; pH; 矿质元素

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2017)03-0513-06

Analysis of pH and mineral elements in the irrigation water in the pear-producing area in China

YU Xing¹, TANG Tingting², DING Wei², JIA Bing², ZHU Liwu²

(1. Anhui Geological Experiment Research Institute, Hefei 230001;

2. Key Laboratory of Pomology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: In order to study the content of mineral elements in the irrigation water in the pear-producing area in China, 78 irrigation water samples from 14 Experiment Stations of China Pear Research System (ESCPRS) were collected. The pH, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, Fe, Mn, Cu, Zn and B of these samples were measured, and pH distribution and correlation between mineral elements were analyzed. The results showed that the average pH value of the irrigation water was 7.74, and the alkaline water with pH value above 7.5 accounted for 75.64% of the selected samples. According to the regulations of GB5084-2005 on the water quality of farmland irrigation, four samples did not meet pH requirement; in selective-control projects, five samples did not meet B requirement. The pH value was significantly negatively correlated with Cu. The NO₃⁻ and Ca²⁺; the K⁺ and Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻; the Ca²⁺ and Mg²⁺, SO₄²⁻; the Mg²⁺ and SO₄²⁻ in the irrigation water all had a highly significantly positive correlation.

Key words: pear; irrigation water; pH; mineral nutrient

梨是我国栽培面积第三大果树,主产区在渤海湾、黄河故道及西北黄土高原地区^[1]。我国梨生产以家庭为单位的小规模生产为主,果农对梨果品质和质量安全的重要性认识不够,常常忽视灌溉水质量问题,不能做到合理灌溉和施肥,影响了经济效益的提高和产业的可持续发展。灌溉不仅能提供了梨树生长所需的水分,也提供了所需的矿质营养,对梨果品质形成和质量安全有重要的影响。测土配

方施肥是根据土壤养分状况、梨树需肥特性及灌溉水中矿质元素的含量等来综合确定施肥量,可提高肥料利用效率,降低生产成本,是科学合理施肥的重要环节。灌溉水可影响果园土壤 pH 值,也间接影响果园矿质元素的吸收和利用,如苹果园土壤酸化导致钙、镁和钾等盐基离子的加速淋失以及锰离子溶解度的增加,进而导致果实苦痘病、痘斑病、水心病和粗皮病的普遍发生^[2-3];土壤 pH 下降又会

收稿日期: 2016-11-17

基金项目: 国家现代农业(梨)产业技术体系建设资金(CARS-29-14)资助。

作者简介: 余 兴, 工程师。E-mail: 30575353@qq.com

影响土壤养分有效性, 增加某些有害金属离子^[4-6]。国内围绕梨园土壤养分状况、灌溉量及灌溉方式的研究较多, 而对于灌溉水矿质元素含量的研究较少。本研究旨在分析我国梨园灌溉水的质量状况, 为科学灌溉、施肥及梨树矿质元素循环流动模型的建立

提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验以国家梨产业技术体系 14 个试验站提供

表 1 梨产区灌溉水样品编号
Table 1 The sample numbers of irrigation water from pear-producing area

编号 Sample number	试验站 Experiment station	取样地点 Sampling spot	编号 Sample number	试验站 Experiment station	取样地点 Sampling spot
S1	贵阳	黔西县谷里镇龙广村	S40	杨凌	乾县试验站
S2	贵阳	黔西县林泉镇大兴村	S41	烟台	延吉市果园
S3	贵阳	毕节市梨树镇二堡村	S42	延边	图们市凉水镇果园
S4	贵阳	毕节市杨家湾镇茶厂	S43	延边	龙井市智新镇果园
S5	贵阳	威宁县哈喇河乡马店村	S44	延边	珲春蔬山果树场
S6	贵阳	水城县钟山区大河镇大箐基地	S45	延边	吉林和龙市西城镇果园
S7	贵阳	普安县新店乡	S46	泰安	泰安梨站信阳取样
S8	贵阳	修文县谷堡乡折溪村	S47	太谷	酥梨标准园
S9	贵阳	贵阳市小碧乡马寨村	S48	杨凌	蒲城县兴镇桑楼 11 队
S10	贵阳	贵阳市小河区金山村	S49	杨凌	蒲城县兴镇曹家七组
S11	兰州	张掖黑河 (本区灌溉水源)	S50	杨凌	蒲城县兴镇桑楼 11 队
S12	兰州	兰州试验站	S51	兰州	兰州实验站
S13	兰州	兰州试验站	S52	杨凌	陕西省富平县农业局渭南
S14	兰州	兰州试验站	S53	老河口	湖北老河口
S15	昌黎	泊头亚丰公司	S54	老河口	湖北老河口
S16	昌黎	辛集市路过村	S55	昆明	云南后林示范县
S17	昌黎	河北昌黎县孔庄	S56	徐州	江苏农科院
S18	昌黎	晋州市周家庄	S57	烟台	烟台农科院
S19	昌黎	辛集市东张口	S58	烟台	烟台农科院
S20	昌黎	晋州市吕家庄	S59	烟台	烟台农科院
S21	昌黎	滦南材场	S60	烟台	烟台农科院
S22	昌黎	滦南虫林村	S61	烟台	烟台农科院
S23	昌黎	泊头市李福台	S62	烟台	烟台农科院
S24	昌黎	昌黎试验站	S63	烟台	烟台农科院
S25	昌黎	昌黎试验站	S64	郑州	西华黄泛区郭庄村户主郭树堂
S26	昌黎	昌黎团林	S65	郑州	西华黄泛区郭庄村户主尹中堂
S27	库尔勒	高德成	S66	郑州	西华黄泛区郭庄村周保正东
S28	库尔勒	轮台园艺场	S67	郑州	西华黄泛区郭庄村周保正西
S29	库尔勒	轮台哈乡 6 大队迪那河水	S68	郑州	西华黄泛区园艺场户主李忠亮
S30	库尔勒	2 香梨 29 团园 1 连	S69	郑州	西华黄泛区郭庄村户主张保同
S31	库尔勒	2 香梨 29 团园 1 连	S70	郑州	西华黄泛区园艺场户主金水岭
S32	库尔勒	轮台园艺场右长富	S71	郑州	西华黄泛区良种场户主孙军
S33	库尔勒	张林	S72	郑州	西华黄泛区园艺场户主刘新国
S34	库尔勒	汤平林乡井水	S73	郑州	西华黄泛区示范场
S35	库尔勒	库尔勒试验站	S74	徐州	江苏海安
S36	库尔勒	库尔勒试验站	S75	太谷	山西运城盐湖
S37	库尔勒	库尔勒试验站	S76	太谷	山西运城盐湖
S38	杨凌	乾县试验站	S77	北京	平谷
S39	郑州	河南省虞城县大候乡许庄村	S78	北京	密云

的 78 份灌溉水样品为试材, 每份灌溉水均于夏季 8 月份采集, 且采用 5 点取样, 混合后待检测。具体样品编号和取样地点如表 1 所示。

1.2 方法

玻璃电极法测定土壤 pH 值^[7], NH_4^+ 采用纳氏试剂比色法测定 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)^[8]; NO_3^- 采用二磺酸酚分光光度法测定 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)^[9]; NO_2^- 采用对氨基苯磺酸法测定 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)^[10]; PO_4^{3-} 钼锑抗比色法测定 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)^[11]; K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 采用原子分光光度计测定 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)^[12]; B 采用姜黄素分光光度法^[13]; Fe、Mn、Cu、Zn 和 SO_4^{2-} 采用电感耦合等离子体原子发射光谱法 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)^[14]。

每份水样重复测定 3 次, 求其平均值。

2 结果与分析

2.1 灌溉水 pH 值

灌溉水 pH 值测定结果如表 2 所示, 平均 pH 为 7.74 偏弱碱性, 其中 pH 最小的是贵阳试验站 (S4) 仅 3.3, 属极强酸性, pH 最大的是贵阳试验站普安县 (S7) 高达 9.34, 属于极强碱性。pH 值小于 6.0 的强酸性灌溉水占供试样品的 1.28%, pH 值在 6.0~6.5 之间的弱酸性灌溉水占供试样品的 1.28%, pH 值在 6.5~7.5 之间的中性灌溉水占供试样品的 21.79%, pH 值在 7.5~8.0 之间的弱碱性灌溉水占供试样品的 38.46%, pH 值大于 8.0 以上的碱性灌溉水占供试样品的 37.18%。

表 2 梨产区灌溉水 pH 值与矿质元素含量

Table 2 The pH value and mineral elements content of irrigation water from pear-producing area

样品编号 Sample number	pH	NH_4^+ / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	NO_3^- / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	NO_2^- / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	PO_4^{3-} / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	K^+ / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Ca^{2+} / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Mg^{2+} / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	SO_4^{2-} / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Fe / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Mn / $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Cu / $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Zn / $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	B / $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
S1	7.15	0.070	4.560	<0.003	<0.1	3.060	31.570	8.550	30.260	<0.05	1.540	0.580	18.730	<20
S2	7.61	0.072	1.280	<0.003	<0.1	2.440	50.540	30.330	97.990	<0.05	1.490	0.800	14.530	<20
S3	7.59	0.060	4.150	<0.003	<0.1	1.940	83.970	13.780	37.650	<0.05	0.650	<0.2	0.540	<20
S4	3.30	0.240	11.660	<0.003	<0.1	3.120	65.720	12.450	163.780	0.208	2.368.000	3.250	70.420	<20
S5	8.12	0.074	0.410	<0.003	<0.1	2.080	72.500	17.160	83.510	<0.05	5.740	0.920	0.760	72.880
S6	8.07	0.060	25.680	<0.003	<0.1	3.100	53.690	2.890	31.110	<0.05	3.740	0.470	1.330	<20
S7	9.34	0.058	<0.2	<0.003	<0.1	0.890	19.480	2.430	10.240	<0.05	0.890	0.820	3.130	<20
S8	8.14	0.066	17.970	<0.003	<0.1	1.440	52.180	28.900	24.290	<0.05	0.620	0.470	1.450	<20
S9	7.97	0.072	13.640	<0.003	<0.1	2.220	80.930	21.010	42.370	<0.05	<0.5	0.640	1.930	<20
S10	8.20	0.076	7.750	<0.003	<0.1	0.870	74.680	33.080	76.180	<0.05	2.980	0.530	6.870	<20
S11	8.26	0.070	4.510	<0.003	<0.1	2.320	68.770	28.960	134.600	<0.05	<0.5	1.000	0.970	110.300
S12	8.11	0.068	66.580	<0.003	<0.1	4.700	49.080	57.190	209.400	<0.05	3.360	0.470	0.940	878.000
S13	7.40	0.072	16.790	<0.003	<0.1	3.170	67.430	27.480	135.100	<0.05	<0.5	1.380	0.590	162.700
S14	8.00	0.062	29.120	<0.003	0.100	5.640	129.000	161.500	790.020	<0.05	4.140	1.750	0.880	1235.000
S15	8.09	0.062	<0.2	<0.003	<0.1	0.780	22.390	28.340	213.980	<0.05	3.670	0.550	3.770	153.400
S16	8.01	0.066	1.030	<0.003	0.140	3.030	53.370	29.660	174.480	<0.05	0.560	0.420	<0.2	96.150
S17	7.52	0.080	2.760	<0.003	0.180	0.770	39.360	5.770	41.580	<0.05	2.660	0.610	2.430	22.370
S18	7.91	0.070	0.780	<0.003	<0.1	1.490	25.610	55.810	121.800	<0.05	<0.5	3.180	0.560	64.150
S19	8.32	0.068	15.720	<0.003	0.110	1.190	54.950	48.250	152.100	<0.05	4.650	0.340	0.240	199.200
S20	8.82	0.072	1.930	<0.003	0.120	2.000	94.670	66.850	152.600	<0.05	0.590	0.430	<0.2	205.800
S21	8.01	0.056	45.680	<0.003	0.420	0.570	78.740	12.360	80.210	<0.05	<0.5	0.500	<0.2	24.510
S22	8.01	0.056	86.440	0.004	0.150	0.580	73.050	19.330	67.730	<0.05	0.860	0.650	<0.2	28.910
S23	8.59	0.050	1.030	<0.003	0.120	1.520	13.340	8.800	167.800	<0.05	1.390	0.530	0.340	161.500
S24	8.23	0.050	111.620	<0.003	<0.1	0.840	60.910	17.610	46.200	<0.05	<0.5	0.470	0.470	<20
S25	8.29	0.060	1.430	<0.003	0.230	0.830	10.990	13.540	77.060	<0.05	0.990	0.250	5.310	280.700
S26	7.73	0.072	318.120	<0.003	0.140	1.220	246.300	28.780	178.800	<0.05	5.040	0.870	2.600	53.020
S27	7.70	0.072	1.630	<0.003	<0.1	25.490	190.400	279.300	1471.470	<0.05	6.890	1.830	1.170	888.400
S28	8.07	0.066	3.300	<0.003	<0.1	2.800	57.040	20.860	177.800	<0.05	6.060	0.620	0.640	77.290
S29	7.85	0.070	3.830	<0.003	<0.1	3.070	66.610	17.400	159.100	<0.05	4.740	1.100	1.130	57.490
S30	7.56	0.114	3.330	<0.003	<0.1	9.500	44.230	56.320	249.020	<0.05	10.880	3.700	1.470	122.400

续表 2 Continued table 2

S31	7.61	0.126	3.550	<0.003	<0.1	9.620	43.270	56.950	251.940	<0.05	1.680	4.100	1.990	124.200
S32	7.81	0.070	6.570	<0.003	0.310	5.140	163.200	43.520	329.950	<0.05	<0.5	0.680	0.660	170.000
S33	7.73	0.066	0.880	<0.003	<0.1	45.340	175.800	294.310	1 209.670	<0.05	2.080	1.580	0.750	1 403.000
S34	7.66	0.066	2.890	<0.003	<0.1	29.040	240.600	269.330	1 063.370	<0.05	6.370	1.630	1.080	597.300
S35	7.73	0.074	2.370	<0.003	<0.1	11.760	137.500	81.920	327.560	<0.05	4.640	1.670	0.840	121.700
S36	7.45	0.120	4.060	<0.003	<0.1	5.010	65.380	41.330	179.700	<0.05	<0.5	1.200	0.320	101.500
S37	7.55	0.070	61.780	<0.003	<0.1	9.240	172.700	87.700	341.800	<0.05	<0.5	1.050	0.720	178.800
S38	8.18	0.070	20.370	<0.003	0.220	1.600	20.710	63.690	109.600	<0.05	0.500	1.010	0.770	779.800
S39	7.53	0.068	33.570	<0.003	<0.1	1.930	131.300	100.610	157.310	<0.05	1.170	0.890	0.570	254.800
S40	8.20	0.040	20.390	0.003	0.230	1.300	21.850	66.560	115.200	<0.05	<0.5	0.520	0.320	817.800
S41	8.31	0.090	2.900	<0.003	<0.1	6.020	48.460	10.340	55.730	<0.05	<0.5	1.600	0.230	128.100
S42	7.66	0.060	0.230	<0.003	<0.1	0.830	9.530	2.140	9.550	<0.05	<0.5	1.250	1.650	<20
S43	8.20	0.030	54.620	<0.003	0.590	0.790	59.990	6.770	18.220	<0.05	<0.5	0.500	<0.2	<20
S44	6.77	0.056	148.540	<0.003	<0.1	3.980	46.740	14.030	30.760	<0.05	<0.5	1.500	2.530	<20
S45	8.19	0.060	<0.2	<0.003	<0.1	1.530	52.620	6.790	11.570	<0.05	<0.5	0.990	0.500	<20
S46	7.62	0.056	28.160	<0.003	<0.1	2.630	45.220	10.460	75.060	<0.05	20.670	1.020	1 116.000	26.420
S47	8.13	0.026	73.000	<0.003	0.100	2.840	85.830	170.910	657.270	<0.05	<0.5	1.090	9.780	592.700
S48	8.05	0.030	6.630	<0.003	<0.1	5.100	183.000	140.320	1 744.050	<0.05	<0.5	1.880	8.080	2 790.000
S49	6.39	3.000	4.010	<0.003	0.200	1.780	33.010	33.870	188.500	0.918	96.070	1.150	4.890	1 021.000
S50	7.95	0.028	7.850	<0.003	<0.1	4.450	157.800	125.780	1 520.750	<0.05	7.270	1.610	4.780	2 463.000
S51	8.13	0.026	29.410	<0.003	<0.1	1.980	79.290	19.850	41.610	<0.05	<0.5	1.450	13.090	83.060
S52	7.65	1.120	0.230	0.019	0.830	3.770	69.910	85.510	306.150	<0.05	34.480	1.610	6.450	421.000
S53	7.90	0.370	<0.2	0.005	<0.1	2.370	101.700	18.720	65.760	<0.05	990.600	1.300	583.000	<20
S54	7.91	0.080	95.820	1.718	<0.1	2.910	124.800	33.200	104.400	<0.05	20.340	2.010	26.700	21.090
S55	8.09	0.064	5.590	0.022	<0.1	1.070	81.400	9.160	10.150	<0.05	4.310	1.290	24.420	<20
S56	7.47	11.000	1.370	<0.003	1.790	5.570	57.740	11.720	39.320	<0.05	201.900	0.950	9.050	37.430
S57	6.84	0.056	354.110	0.731	<0.1	2.250	145.000	40.990	122.700	<0.05	12.190	4.010	5.950	34.800
S58	7.81	0.076	73.000	0.709	<0.1	1.940	68.370	22.780	122.800	<0.05	1.100	3.150	1.670	29.610
S59	7.34	0.130	30.260	1.033	<0.1	2.830	32.730	12.260	77.990	<0.05	<0.5	3.840	3.000	27.700
S60	7.00	0.140	16.490	<0.003	<0.1	2.760	14.590	10.410	51.300	2.147	14.210	4.820	8.710	22.740
S61	7.42	0.070	84.150	0.727	<0.1	2.400	68.290	14.360	103.100	<0.05	<0.5	1.510	0.380	21.540
S62	7.83	0.068	44.130	0.009	<0.1	3.820	84.950	24.700	113.700	<0.05	<0.5	1.580	0.350	25.080
S63	7.49	0.026	29.710	<0.003	<0.1	1.010	67.900	22.120	65.420	<0.05	<0.5	5.790	254.200	<20
S64	7.34	0.068	33.570	0.416	<0.1	0.500	170.800	54.850	190.880	<0.05	0.520	2.080	0.670	40.040
S65	7.53	0.074	22.180	0.183	0.240	1.440	69.030	80.990	129.800	<0.05	<0.5	3.760	0.600	128.300
S66	7.31	0.076	118.410	2.181	<0.1	1.230	162.800	76.100	197.500	<0.05	2.130	4.050	0.450	60.980
S67	7.44	0.074	2.280	0.027	<0.1	0.520	97.360	53.070	223.200	<0.05	4.980	1.110	0.230	107.600
S68	7.43	0.136	147.430	0.091	<0.1	1.240	164.900	90.530	196.740	<0.05	<0.5	1.590	0.370	78.780
S69	7.45	0.066	43.610	0.215	<0.1	0.670	105.400	79.660	160.500	<0.05	<0.5	1.150	0.280	74.260
S70	7.47	0.066	0.230	<0.003	<0.1	1.110	105.900	98.520	174.790	<0.05	5.260	1.190	1.030	98.110
S71	7.92	0.068	147.980	0.155	<0.1	1.030	161.000	89.590	198.040	<0.05	<0.5	1.370	<0.2	81.070
S72	7.60	0.062	7.790	<0.003	0.120	4.270	74.190	127.110	190.600	<0.05	<0.5	1.230	<0.2	158.500
S73	7.52	0.064	<0.2	<0.003	<0.1	1.000	125.400	79.280	177.950	<0.05	4.290	0.470	0.550	76.030
S74	7.75	5.250	1.400	<0.003	2.250	13.860	80.450	43.990	184.400	0.316	198.000	1.490	1.000	136.100
S75	8.42	0.054	17.800	0.004	<0.1	1.790	14.320	30.470	37.490	<0.05	2.380	0.460	<0.2	292.700
S76	8.04	0.056	3.500	<0.003	<0.1	2.120	60.390	43.190	215.100	<0.05	2.780	1.260	5.050	358.400
S77	8.07	0.054	7.960	<0.003	<0.1	1.240	51.600	31.800	9.230	<0.05	<0.5	1.090	0.890	22.140
S78	7.23	0.052	47.530	0.083	<0.1	1.150	50.410	11.560	69.750	<0.05	0.980	0.770	1.200	<20

表 3 灌溉水矿质元素的相关性分析
Table 3 The correlative analysis of mineral elements in irrigation water

矿质元素 Mineral element	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺
pH	1.000						
NH ₄ ⁺	-0.109	1.000					
NO ₃ ⁻	-0.143	-0.100	1.000				
NO ₂ ⁻	-0.121	-0.054	0.361**	1.000			
PO ₄ ³⁻	-0.008	0.836**	-0.096	-0.074	1.000		
K ⁺	-0.045	0.087	-0.147	-0.091	0.116	1.000	
Ca ²⁺	-0.091	-0.076	0.392**	0.191	-0.061	0.432**	1.000
Mg ²⁺	0.015	-0.083	-0.050	-0.039	-0.073	0.752**	0.632**
SO ₄ ²⁻	0.017	-0.065	-0.099	-0.076	-0.065	0.617**	0.588**
Fe	-0.255*	0.116	-0.061	-0.051	0.059	-0.015	-0.178
Mn	-0.697**	0.102	-0.073	-0.048	0.064	-0.009	-0.024
Cu	-0.407**	-0.040	0.183	0.405**	-0.063	0.106	0.081
Zn	-0.056	-0.020	-0.041	-0.046	-0.046	-0.047	-0.060
B	0.084	-0.015	-0.133	-0.128	-0.042	0.354**	0.319**
Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
1.000							
0.812**	1.000						
-0.096	-0.061	1.000					
-0.104	-0.043	0.063	1.000				
0.091	0.087	0.311**	0.159	1.000			
-0.121	-0.080	-0.022	0.204	0.054	1.000		
0.580**	0.854**	0.014	-0.069	-0.015	-0.083	1.000	

注: *、**分别为 0.05 及 0.01 水平上的显著性差异。

Note: "*" and "**" refer to different significance at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

2.2 灌溉水矿质元素含量

灌溉水矿质元素含量测定结果(表 2)显示: NH₄⁺的平均含量为 0.330 mg·L⁻¹, 含量最低的是烟台试验站(S63)为 0.026 mg·L⁻¹, 含量最高的是徐州试验站(S56)为 11.000 mg·L⁻¹; NO₃⁻离子有 5 个样品含量小于 0.200 mg·L⁻¹无法测定, 含量最高的是烟台试验站(S57)为 354.114 mg·L⁻¹离子; NO₂⁻离子有 58 个样品含量小于 0.003 mg·L⁻¹无法测定, 含量最高的是郑州试验站(S66)为 2.181 mg·L⁻¹; PO₄³⁻离子有 57 个样品含量小于 0.100 mg·L⁻¹无法测定, 含量最高的是徐州试验站(S74)为 2.245 mg·L⁻¹; K⁺离子的平均含量为 3.980 mg·L⁻¹, 其含量最低的是泰安试验站(S64)为 0.504 mg·L⁻¹, 含量最高的是库尔勒试验站(S33)为 45.340 mg·L⁻¹; Ca²⁺离子的平均含量为 82.265 mg·L⁻¹, 其中含量最低的是延

边试验站(S42)为 9.534 mg·L⁻¹, 含量最高的是昌黎试验站(S26)为 246.300 mg·L⁻¹; Mg²⁺离子的平均含量为 52.544 mg·L⁻¹, 含量最低的是延边试验站(S42)为 2.141 mg·L⁻¹, 含量最高的是库尔勒试验站(S33)为 294.310 mg·L⁻¹; SO₄²⁻离子的平均含量为 222.77 mg·L⁻¹, 含量最低的是北京试验站(S77)为 9.229 mg·L⁻¹, 含量最高的是杨凌试验站(S48)为 1744.050 mg·L⁻¹。Fe 元素含量普遍小于 0.05 mg·L⁻¹无法测定, 只有 4 个样品测出结果, 分别是烟台试验站(S60)为 2.147 mg·L⁻¹, 杨凌试验站(S49)为 0.918 mg·L⁻¹, 徐州试验站(S74)为 0.316 mg·L⁻¹和贵阳试验站(S4)为 0.208 mg·L⁻¹; Mn 元素有 28 个样品含量小于 0.500 μg·L⁻¹, 其中含量最高的是贵阳试验站(S4)为 2 368.000 μg·L⁻¹; Cu 元素有 1 个样品含量小于 0.200 μg·L⁻¹无法测定, 含量最高的

为烟台试验站(S63)为 $5.786 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; Zn元素有8个样品含量小于 $0.200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 无法测定,含量最高的是泰安试验站(S46)为 $1116.000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; B元素有18个样品含量小于 $20.000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 无法测定, B元素含量最高的是杨凌试验站(S48)为 $2790.000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

2.3 灌溉水矿质元素含量相关性分析

灌溉水中的pH值与矿质元素做出相关分析(表3)结果表明,灌溉水中pH值与Cu、Mn呈极显著负相关,相关系数为-0.407和-0.697; NH_4^+ 与 PO_4^{3-} 呈极显著正相关,相关系数为0.836。 NO_3^- 与 Ca^{2+} 呈极显著正相关,相关系数为0.392; K^+ 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 呈极显著正相关,相关系数分别为0.432、0.752、0.617; Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 呈极显著正相关,相关系数为0.632、0.588; Mg^{2+} 与 SO_4^{2-} 呈极显著正相关,相关系数为0.812, Fe与Cu呈极显著正相关,相关系数为0.311。

3 讨论

2005年,国家制订了农田灌溉水质标准^[15],其中在农田灌溉用水水质基本控制项目表中,规定pH标准值为5.5~8.5,在本研究供试的78个水样中,有4个灌溉水样品不符合要求;在选择性控制项目表中,规定B含量对于敏感作物应 $\leq 1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,李选伦和罗胜利^[16]研究表明,梨对B不足与过量均敏感。在本研究供试的样品中,有5个灌溉水样品不符合要求。因此,规范梨产区灌溉水十分必要,应引起果农、种植大户及政府主管部门的高度重视。

滴灌是果园高效节水灌溉方式,在实际生产中已得到推广。李昭楠等^[17]的研究发现,在甘肃河西走廊干旱荒漠区,对葡萄进行覆膜滴灌,其产量和水分有效利用率均得到显著提高。李敏敏等^[18]对苹果研究也得出相同结论。近年来,滴灌在梨园中应用越来越广泛^[19],通常要求每次下渗60 cm,每百年灌水总量约为 400 m^3 ^[20]。农业部也提出了“两减”的目标,即2020年,化肥农药的施用量要实现零增长,主要是要解决过度施肥和盲目施肥的问题,而随着精准灌溉和水肥一体化等轻简化栽培技术的应用^[21],通过测土、测水施肥显得尤为重要,在本试验78份样品中,全部检出的有 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 4种矿质元素,其平均含量分别为 $3.98 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $82.26 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $52.55 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $222.77 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,这相当于每年每亩梨园通过灌溉向土壤中施 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 分别为1.59 kg、32.90 kg、21.02 kg和89.10 kg,且78份供试样品中, K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和

SO_4^{2-} 最大值与最小值的比值分别为90.68、25.84、137.53和188.95,说明我国梨园灌溉水矿质营养水平差异大,梨树平衡施肥应将灌溉水中的矿质营养水平作为科学施肥的重要依据。

参考文献:

- [1] 李秀根,张绍铃.世界梨产业现状与发展趋势分析[J].烟台果树,2007(1):1-3.
- [2] TOM R. Soil pH and bitter pit in apples[J]. Good Fruit Grower, 1999(1):15-16
- [3] 叶优良,张福锁,于忠范,等.苹果粗皮病与锰含量的关系[J].果树学报,2002,19(4):219-222.
- [4] 谢志南,庄伊美,王仁玠,等.福建亚热带果园土壤pH与有效养分含量的相关性[J].园艺学报,1997,24(3):209-214.
- [5] 章明奎,方利平,张履勤.酸化和有机质积累对茶园土壤铅生物有效性的影响[J].茶叶科学,2005,25(3):159-164.
- [6] 许自成,王林,肖汉乾.湖南烟区土壤pH分布特点及其与土壤养分的关系[J].中国生态农业学报,2008,16(4):830-834.
- [7] 王志刚,赵永存,廖启林,等.近20年来江苏省土壤pH值时空变化及其驱动力[J].生态学报,2008,28(2):720-727.
- [8] 闫修花,王桂珍,陈迪军.纳氏试剂比色法测定海水中的氨氮[J].环境监测管理与技术,2003,15(3):21-23.
- [9] 李颖.酚二磺酸分光光度法测定硝态氮影响因素研究[J].广东化工,2015,42(7):176-178.
- [10] 萧浪涛,王三根.植物生理学实验技术[M].北京:中国农业出版社,2005:158-159.
- [11] 叶祥盛,童军,赵竹青.流动注射分析法与钼锑抗比色法分析土壤有效磷含量的比较[J].河北农业科学,2011,15(1):160-164.
- [12] 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,2002:56-59.
- [13] 国家环境保护总局科技标准司.水质 硼的测定—姜黄素分光光度法:HJ/T 49-1999[S].北京:中国标准出版社,1999.
- [14] 李享.电感耦合等离子体原子发射光谱法测定金属锰中硅磷铁[J].冶金分析,2011,31(2):60-62.
- [15] 中华人民共和国农业部.农田灌溉水质标准:GB 5084-2005[S].北京:中国标准出版社,2005.
- [16] 李选伦,罗胜利.梨树缺硼与硼害观察[J].果树科学,1994,11(1):30-32.
- [17] 李昭楠,李唯,刘继亮,等.不同滴灌水量对干旱荒漠区酿酒葡萄光合及产量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(6):1324-1329.
- [18] 李敏敏,安贵阳,郭燕,等.不同灌溉方式对渭北果园土壤水分及水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(4):174-179.
- [19] 孙继亮,李六林,陶书田,等.灌溉方式对梨园土壤水分及产量品质的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):61-65.
- [20] 张盼飞,宋宇琴,李洁,等.梨耗水规律研究进展[J].中国园艺文摘,2015,31(4):46-49.
- [21] 谷丽丽,魏珉,侯加林,等.精准灌溉施肥对日光温室土壤性状及黄瓜产量品质的影响[J].中国农业科学,2015,48(22):4507-4516.