

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.01.012

董彩霞, 谢昶琰, 李红旭, 等. 黄河流域主要梨园土壤养分丰缺状况. 土壤, 2021, 53(1): 88–96.

黄河流域主要梨园土壤养分丰缺状况^①

董彩霞¹, 谢昶琰¹, 李红旭², 王东升³, 王少敏⁴, 徐凌飞⁵, 郭黄萍⁶, 徐阳春^{1*}

(1 南京农业大学江苏省固体有机废弃物资源化高技术研究重点实验室/江苏省有机固体废弃物协同创新中心/教育部资源节约型肥料工程技术研究中心, 南京 210095; 2 甘肃省农业科学院果树科学研究所, 兰州 730070; 3 河南省农业科学院园艺研究所, 郑州 450002; 4 山东省果树研究所, 山东泰安 271000; 5 西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100; 6 山西省农业科学院果树研究所, 山西太谷 030815)

摘要:在国家梨产业技术体系黄河流域5个综合试验站224个主产区梨园,采集树冠滴水线下0~20 cm土样用于土壤理化性状的分析。结果表明:除泰安试验站有20.0%梨园土壤pH处于3.95~5.34外,其余4个试验站梨园土壤pH均在6.62~7.82;90%以上梨园土壤有机质含量低于20 g/kg,其中24.1%梨园有机质含量低于10 g/kg。62.1%梨园土壤碱解氮含量低于60 mg/kg,且绝大多数低于90 mg/kg;约18%梨园土壤有效磷含量低于15 mg/kg,而43.3%梨园高于40 mg/kg;17.4%梨园土壤有效钾含量低于100 mg/kg,但有41.1%梨园高于200 mg/kg;梨园土壤有效磷钾富集现象明显。梨园土壤交换性钙、镁含量均较高,平均值分别达3 073 mg/kg和219.8 mg/kg。土壤微量元素含量表现为:75%梨园有效铁含量低于10 mg/kg,27%左右梨园有效锰含量低于7 mg/kg,29.2%梨园有效铜含量低于1 mg/kg,30%左右梨园有效锌含量低于1 mg/kg;有效硼含量在0.25~1.0 mg/kg及>1 mg/kg范围的梨园分别约占57.6%和27.2%。针对上述梨园土壤养分含量特征,建议黄河流域梨栽培中应加强有机肥或有机物料的投入,提高土壤有机质含量,适量施用磷钾肥,重视补充微量元素铁、锰、锌、硼等。

关键词:黄河流域;梨园;土壤;养分丰缺

中图分类号: S661.2 **文献标志码:** A

Soil Nutrient Status in Main Pear Orchards of Yellow River Basin Area

DONG Caixia¹, XIE Changyan¹, LI Hongxu², WANG Dongsheng³, WANG Shaomin⁴, XU Lingfei⁵, GUO Huangping⁶, XU Yangchun^{1*}

(1 *Jiangsu Provincial Key Lab of Solid Organic Waste Utilization/Jiangsu Collaborative Innovation Center of Solid Organic Wastes/Educational Ministry Engineering Center of Resource-saving Fertilizers, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*; 2 *Fruit Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China*; 3 *Institute of Horticulture, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China*; 4 *Shandong Institute of Pomology, Taian, Shandong 271000, China*; 5 *College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China*; 6 *Pomology Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taigu, Shanxi 030815, China*)

Abstract: Five integrated experimental stations in the national pear industry technology system around Yellow River basin were selected, 224 soil samples (0–20 cm) under tree canopy drip lines were collected, and their physiochemical properties were measured. The results showed that the average of soil pH was 6.62–7.82 except some soil samples in Taian Station whose pH was in the range of 3.95–5.34. More than 90% of the samples were less than 20 g/kg in organic matter, of which 24.1% less than 10 g/kg. 62.1% of the samples were less than 60 mg/kg in available nitrogen, while vast majority lower than 90 mg/kg. 18% of samples were less than 15 mg/kg in available phosphorus, while 43.3% more than 40 mg/kg. 17.4% of samples were less than 100 mg/kg in available potassium, while 41.1% more than 200 mg/kg, which meant available phosphorus and potassium were abundant. The contents of exchangeable calcium and magnesium were higher, with the average contents of 3 073 mg/kg and 219.8 mg/kg, respectively. 75% of samples were lower than 10 mg/kg in available iron, about 27% of samples lower than 7 mg/kg in available manganese, 29.2% of samples lower than 1 mg/kg in available copper, about 30% of samples lower than 1 mg/kg in available zinc. About 57.6% and 27.2% of samples were within the range of 0.25–1.0 mg/kg and >1 mg/kg in available boron,

①基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-28-10)资助。

* 通讯作者(ycxu@njau.edu.cn)

作者简介: 董彩霞(1972—),女,山东文登人,博士,教授,主要从事植物营养与施肥方面的科研工作。E-mail: cxdong@njau.edu.cn

respectively. In view of the above nutrient content characteristics, it is suggested that pear orchards in the Yellow River Basin should pay more attention to the input of organic fertilizer or organic materials in order to increase soil organic matter content, and appropriately apply phosphorus and potassium fertilizers, meanwhile supply the fertilizers of trace elements such as iron, manganese, zinc, copper and boron.

Key words: Yellow river basin area; Pear orchard; Soil; Nutrient abundant and deficiency

近年来,我国梨园快速发展。最新统计数据 displays, 我国梨栽培面积和产量分别占世界总栽培面积和总产量的 69.1% 和 68.4%, 稳居世界首位^[1-2], 主产区主要集中于华北与黄河流域^[3]。梨园土壤的养分状况直接影响梨树的生长状况和果实品质, 适宜的土壤养分含量对梨树生长至关重要, 是制定梨园土壤养分管理和合理施肥方案的重要依据之一^[3]。有研究^[4-5]指出, 近年来由于不合理施肥带来了诸多土壤养分问题。河北省果园主要以尿素和复合肥形式投入氮肥, 以普钙、二铵和三元复合肥形式投入磷肥^[6], 这些肥料的过量投入不仅造成农民经济上的损失, 而且引起水体富营养化, 并在一定程度上降低果实品质^[7-9]。钙是植物需要量较大的元素之一, 缺钙时易出现早衰、果皮枯斑、果心发黄, 甚至果肉坏死等现象^[10-12]。梨果实缺钙易出现“鸡爪病”^[13], 但导致果实缺钙的因素却很复杂, 多数情况下土壤并不缺乏有效钙, 因此在这种情况下叶面喷施钙肥效果优于土壤施用。微量元素虽然需求量很少, 但其含量的高低严重影响作物产量与品质^[14]。有研究^[15]发现, 土壤缺铜抑制茶树根系生长, 缺锌易导致茶树叶片脱落, 缺铁会造成茶树叶片失绿等缺素症状。目前, 仍有相当多梨产区采用传统的土肥水管理方式, 如大水漫灌和凭经验施肥, 导致梨园病虫害和果实生理病害愈加严重、果实品质下降^[2]。本文通过对国家梨产业技术体系黄河流域 5 个综合试验站 224 个主产区梨园土壤养分含量进行综合分析, 以期为黄河流域梨园合理施肥和养分管理提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 土壤样品采集

国家梨产业技术体系在黄河流域地区有 5 个综合试验站, 每个试验站选择 3 ~ 5 个示范县, 共 224 个梨园进行土样采集(表 1)。2011 年 10 月将梨园按照“S”形布点, 在树冠滴水线下对角采集 0 ~ 20 cm 深混合土样, 除去石块、根系等杂质, 5 ~ 10 个采样点的土壤混合均匀后用 4 分法留取 1 kg 左右样品带回实验室。土样经风干、研磨、过 20 目筛后用于 pH 及各种有效养分含量分析, 以及过 100 目筛供土壤

有机质含量的测定。

表 1 黄河流域各试验站梨园采样点分布状况
Table 1 Distribution of pear orchards tested in different stations of Yellow River basin

样区	试验站	梨园分布区域	样本数
甘肃	兰州	静宁县、景泰县、张掖市、天水市秦州区、秦安县	49
陕西	杨凌	杨陵区、乾县、蒲城县、富平县、渭城区	31
山西	太谷	运城市、祁县、代县、隰县、平陆县	59
河南	郑州	西华县、宁陵县、内乡县	35
山东	泰安	费县、冠县、滕州县、阳信县、济南市历城区	50
总计	-	-	224

1.2 测定方法

土壤理化指标测定^[16]: pH 采用标准型 PB-10 pH 计测定(水土质量比为 2.5 : 1); 有机质采用重铬酸钾-浓硫酸外加热法测定; 碱解氮采用 H₃BO₃ 指示剂, 1 mol/L NaOH 碱解扩散法测定; 有效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定; 有效钾和交换性钙镁采用 1 mol/L 醋酸铵浸提法测定, 有效态铁、锰、铜、锌采用 0.005 mol/L DTPA 浸提法提取, 有效硼采用李坤等^[17]的沸水浸提法提取, 浸提液中各微量元素均用 ICP-OES(电感耦合等离子体发射光谱仪)法测定。

1.3 数据处理

参照全国第二次土壤普查中的分级标准^[18]分析土壤碱解氮、有效磷和有效钾含量, 参照李美桂等^[19]标准分析微量元素铁、锰、铜、锌、硼的适宜值。采用 SPSS 20.0 统计分析软件对数据进行分析 and Pearson 相关性分析, Origin 9.1 和 Microsoft excel 2007 进行图表制作。

2 结果与分析

2.1 梨园土壤 pH

由图 1 可知, 兰州、杨凌、太谷、郑州和泰安 5 个试验站梨园土壤 pH 范围分别为 7.50 ~ 7.82、7.04 ~ 7.62、7.32 ~ 7.76、7.15 ~ 7.41 和 3.95 ~ 7.48, 平均值分别为 7.70、7.44、7.60、7.33 和 6.65。除泰安站有少数梨园土壤 pH 较低外, 其他试验站主要梨园土壤

pH 均在 6.5 以上。各试验站中, pH 在 6.5 ~ 7.5 的梨园比 与郑州站(100.0%)>泰安站(80.0%)>杨凌站(51.6%)>太谷站(11.9%); pH>7.5 的梨园比例为兰州站(100.0%)>太谷站(88.1%)>杨凌站(48.4%)。泰安站

有 20.0% 的梨园土壤 pH 为 3.95 ~ 5.34。整体上看, 黄河流域梨主产区 4.5% 的梨园土壤 pH<6.5; 土壤 pH 在 6.5 ~ 7.5 的梨园占 43.8%; 51.7% 的梨园 pH>7.5。

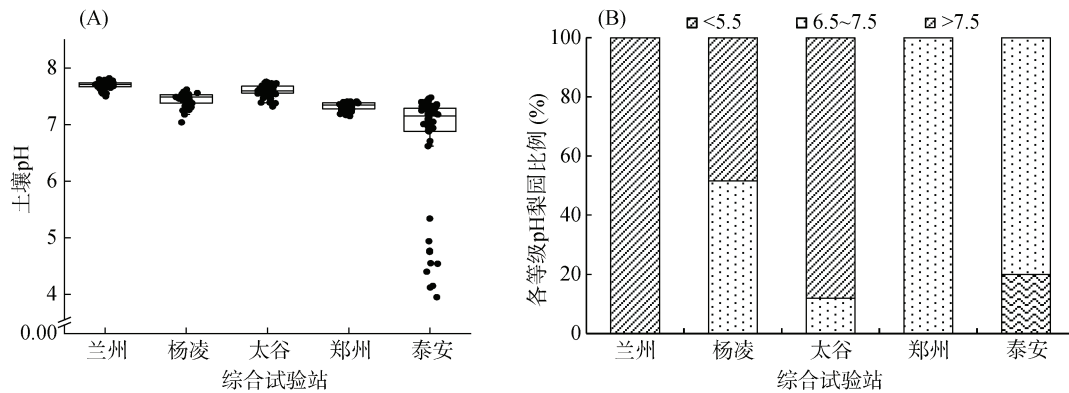


图 1 黄河流域梨园土壤 pH 状况

Fig. 1 Soil pH in pear orchards of Yellow River basin

2.2 梨园土壤有机质含量

土壤有机质是土壤肥力的重要指标。黄河流域梨园土壤有机质含量的差异较明显(图 2), 有机质含量最高的是泰安站, 兰州、杨凌站次之, 郑州站表现最低。各试验站中, 有机质含量低于 10 g/kg 的梨园比例表现为郑州站(62.8%)> 太谷站(32.2%)> 泰安站(16.0%)> 兰州站(8.2%)> 杨凌站(3.2%); 有机质含量

在 10 ~ 20 g/kg 的梨园比例为杨凌站(90.3%)> 兰州站(75.5%)> 太谷站(67.8%)> 泰安站(64.0%)> 郑州站(37.2%), 太谷站和郑州站梨园土壤有机质含量均低于 20 g/kg; 而有机质含量高于 20 g/kg 的梨园中以泰安站最多(20.0%), 兰州站次之(16.3%)。整体来看, 黄河流域 90% 以上的梨园有机质含量低于 20 g/kg, 其中 24.1% 的梨园有机质含量低于 10 g/kg。

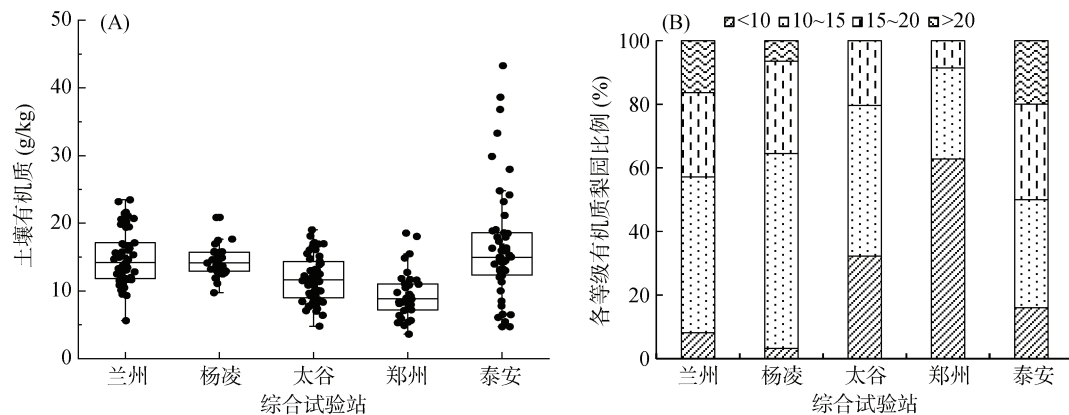


图 2 黄河流域梨园土壤有机质含量状况

Fig. 2 Soil organic matter contents in pear orchards of Yellow River basin

2.3 梨园土壤大量元素含量

2.3.1 梨园土壤碱解氮含量

由图 3 可知, 黄河流域 99.6% 的梨园土壤碱解氮含量低于 90 mg/kg, 其中 62.1% 的梨园低于 60 mg/kg, 29.0% 的梨园处于 60 ~ 90 mg/kg。各试验站中, 碱解氮含量在 30 ~ 60 mg/kg 的梨园比例为兰州站(71.0%)>太谷站(62.7%)>郑州站(51.0%)>杨凌站(42.0%)>泰安站(24.0%); 碱解氮含量在 60 ~ 90 mg/kg 的梨园比例为杨凌站

(52.0%)>泰安站(46.0%)>兰州站(20.0%)>郑州站(17.0%)>太谷站(16.9%)。

2.3.2 梨园土壤有效磷含量

由图 4 可以看出, 杨凌站梨园土壤有效磷含量最高(均高于 15 mg/kg), 泰安站次之, 太谷站最低。太谷、兰州、郑州和泰安 4 站土壤有效磷含量低于 15 mg/kg 的梨园比例分别为 37.3%、22.4%、17.1% 和 2.0%, 高于 40 mg/kg 的梨园比例分别为杨凌站(87.1%)>泰安站(78.0%)>兰州站

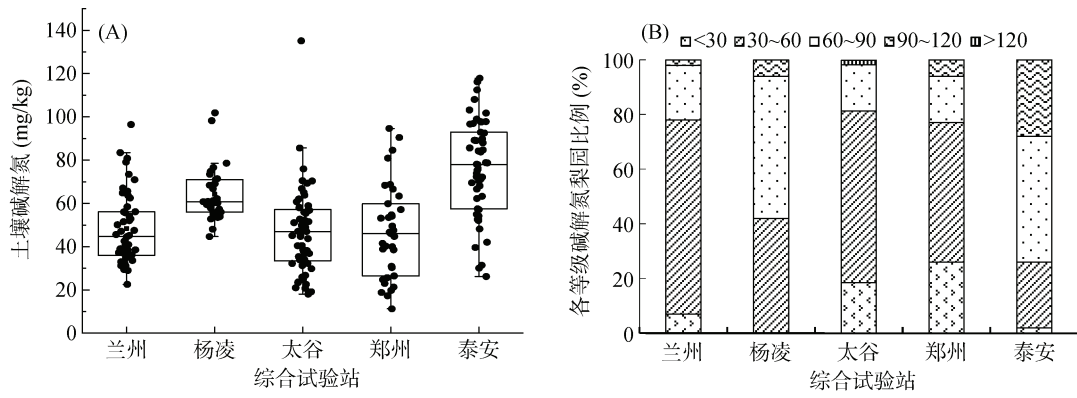


图 3 黄河流域梨园土壤碱解氮含量状况
Fig. 3 Alkaline hydrolytic nitrogen contents in pear orchards of Yellow River basin

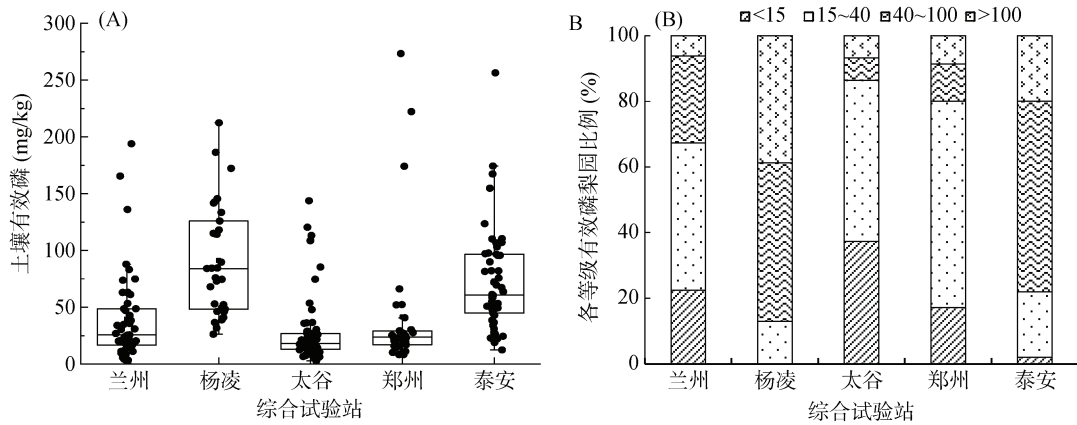


图 4 黄河流域梨园土壤有效磷含量状况
Fig. 4 Soil available phosphorus contents in pear orchards of Yellow River basin

(32.6%)>郑州站(20.0%)>太谷站(13.5%)。整体来看，黄河流域有 17.9% 的梨园有效磷含量低于 15 mg/kg，土壤磷素供应不足，应加大磷肥的投入；而有效磷含量高于 40 mg/kg 的梨园有 43.3%，有效磷富集现象明显。

2.3.3 梨园土壤有效钾含量 图 5 显示，杨凌站梨园土壤有效钾含量最高，兰州站次之，郑州站最低。

各试验站中，有效钾含量低于 100 mg/kg 的梨园比例为郑州站(45.7%)>太谷站(22.0%)>泰安站(16.0%)>兰州站(4.1%)；有效钾含量在 100 ~ 150 mg/kg 的梨园比例为泰安站(32.0%)>郑州站(22.9%)>兰州站(22.4%)>太谷站(22.0%)；有效钾含量高于 200 mg/kg 的梨园比例以杨凌站最多(高达 93.5%)，兰州、太谷和泰安站分别为 44.9%、32.3% 和 32.0%，郑州站占

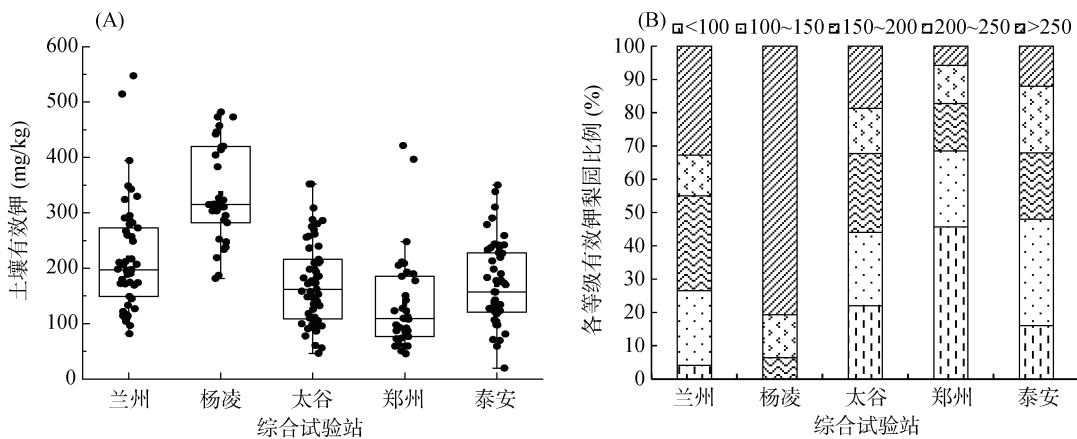


图 5 黄河流域梨园土壤有效钾含量状况
Fig. 5 Soil available potassium contents in pear orchards of Yellow River basin

比最少(17.1%)。整体来看,黄河流域土壤有效钾含量低于 100 mg/kg 的梨园占 17.4%,41.1% 的梨园有效钾存在富集现象(高于 200 mg/kg)。

2.4 梨园土壤交换性钙镁含量

从泰安站来看,土壤交换性钙含量低于 1 000 mg/kg 的梨园占有 16%,1 000~2 000 mg/kg 的梨园占有 26%(表 2)。其余 4 站除太谷站有 1.7% 的梨园

交换性钙含量处于 1 000~2 000 mg/kg,其他梨园均高于 2 000 mg/kg。各试验站中,土壤交换性钙含量高于 3 000 mg/kg 的梨园比例分别为杨凌站(100.0%)>兰州站(97.9%)>太谷站(96.6%)>郑州站(45.7%)>泰安站(16.0%)。总体上,研究区约有 90% 的梨园土壤交换性钙含量在 2 000 mg/kg 以上。

表 2 黄河流域梨园土壤交换性钙含量状况
Table 2 Soil exchangeable Ca contents in pear orchards of Yellow River basin

样区	交换性钙(mg/kg)		各等级交换性钙(mg/kg)梨园占比(%)				
	范围	平均值	<1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	3 000~3 500	>3 500
兰州站	2 912~4 051	3 398	-	-	2.1	71.4	26.5
杨凌站	3 254~3 914	3 612	-	-	-	25.8	74.2
太谷站	1 907~4 149	3 427	-	2.0	1.7	62.7	33.9
郑州站	2 414~3 661	2 909	-	-	54.3	42.9	2.8
泰安站	217~4 130	2 117	16.0	26.0	42.0	10.0	6.0
黄河流域	217~4 149	3 073	3.6	6.3	18.8	44.6	26.7

由表 3 可知,研究区有 86.6% 梨园土壤交换性镁含量处于 100 mg/kg 以上。从各试验站来看,杨凌站所有梨园交换性镁含量均高于 100 mg/kg;泰安站和郑州站中交换性镁含量低于 100 mg/kg 的梨园占 20%~30%。交换性镁含量在 100~250 mg/kg 的梨园比例为郑州站(60.0%)>太谷站(59.3%)>泰安站(56.0%)>兰州站(34.7%)>杨凌站(19.3%),高于 250 mg/kg 的梨园比例为泰安站(14.0%)<郑州站(17.1%)<太谷站(30.5%)<兰州站(63.3%)<杨凌站(80.7%)。

2.5 梨园土壤微量元素含量

2.5.1 梨园土壤有效铁含量 从各试验站来看,有效铁含量低于 10 mg/kg 的梨园为太谷站(96.6%)>杨凌站(93.5%)>兰州站(69.4%)>郑州站(65.7%)>泰安站

(50.0%),其中太谷站和杨凌站几乎所有梨园有效铁含量均低于 10 mg/kg,泰安、郑州和兰州 3 站有 50%~70% 的梨园有效铁含量低于 10 mg/kg;而有效铁含量低于 4.5 mg/kg 的梨园中以太谷站最多(高达 55.9%),树木缺铁的风险较高;有效铁含量在 10~30 mg/kg 梨园比例为郑州站(34.3%)>泰安站(34.0%)>兰州站(30.6%)>杨凌站(6.5%)>太谷站(3.4%) (表 4)。

2.5.2 梨园土壤有效锰含量 研究区有 27.2% 的梨园土壤有效锰含量低于 7 mg/kg,含量偏低(表 5)。从各试验站来看,土壤有效锰含量低于 7 mg/kg 的梨园比例为泰安站(64.0%)>郑州站(31.4%)>太谷站(28.8%)>兰州站(2.0%),可能会造成树木锰素缺乏,而杨凌站各梨园土壤有效锰含量均处于 7 mg/kg 以上。

表 3 黄河流域梨园土壤交换性镁含量状况
Table 3 Soil exchangeable Mg contents in pear orchards of Yellow River basin

样区	交换性镁(mg/kg)		各等级交换性镁(mg/kg)梨园占比(%)				
	范围	平均值	<50	50~100	100~250	250~400	>400
兰州站	92.4~442.7	272.5	-	2.0	34.7	57.1	6.2
杨凌站	161.2~551.4	331.0	-	-	19.3	61.3	19.4
太谷站	85.0~590.7	212.8	-	10.2	59.3	25.4	5.1
郑州站	64.8~386.9	167.5	-	22.9	60.0	17.1	-
泰安站	22.4~321.2	144.2	6.0	24.0	56.0	14.0	-
黄河流域	22.4~590.7	219.8	1.3	12.1	47.8	33.5	5.3

表 4 黄河流域梨园土壤有效铁含量状况
Table 4 Soil available Fe contents in pear orchards of Yellow River basin

样区	有效铁(mg/kg)		各等级有效铁(mg/kg)梨园占比(%)			
	范围	平均值	<4.5	4.5~10	10~30	30~100
兰州站	4.2~17.0	9.27	2.1	67.3	30.6	—
杨凌站	5.5~11.7	7.71	—	93.5	6.5	—
太谷站	2.2~22.1	5.27	55.9	40.7	3.4	—
郑州站	3.3~25.5	9.41	11.4	54.3	34.3	—
泰安站	2.9~81.7	18.82	6.0	44.0	34.0	16.0
黄河流域	2.2~81.7	10.15	18.3	56.7	21.4	3.6

表 5 黄河流域梨园土壤有效锰含量状况
Table 5 Soil available Mn contents in pear orchards of Yellow River basin

样区	有效锰(mg/kg)		各等级有效锰(mg/kg)梨园占比(%)			
	范围	平均值	<7	7~15	15~30	>30
兰州站	6.3~19.1	12.23	2.0	77.6	20.4	—
杨凌站	12.4~22.3	16.58	—	35.5	64.5	—
太谷站	3.7~19.0	9.85	28.8	55.9	15.3	—
郑州站	3.0~15.4	8.56	31.4	68.6	—	—
泰安站	2.7~51.1	10.86	64.0	18.0	6.0	12.0
黄河流域	2.7~51.1	11.32	27.2	51.3	18.8	2.7

2.5.3 梨园土壤有效铜含量 研究区梨园土壤有效铜含量平均值处于 1 mg/kg 以上, 有效铜含量低于 1 mg/kg 的梨园比例为太谷站(71.1%)>郑州站(23.0%)>泰安站(16.0%)和兰州站(16.0%), 平均有 29.2% 梨园的土壤有效铜含量低于 1 mg/kg; 有效铜

含量在 1~4 mg/kg 的梨园比列为杨凌站(94.0%)>兰州站(84.0%)>郑州站(37.0%)>泰安站(32.0%)>太谷站(27.0%); 而郑州站和泰安站中有效铜含量高于 10 mg/kg 的梨园分别占 29.0% 和 22.0%, 兰州站和杨凌站均无有效铜含量高于 10 mg/kg 的梨园(表 6)。

表 6 黄河流域梨园土壤有效铜含量状况
Table 6 Soil available Cu contents in pear orchards of Yellow River basin

样区	有效铜(mg/kg)		各等级有效铜(mg/kg)梨园占比(%)			
	范围	平均值	<1	1~4	4~10	>10
兰州站	0.67~3.27	1.47	16.0	84.0	—	—
杨凌站	1.09~8.25	1.90	—	94.0	6.0	—
太谷站	0.37~10.73	1.06	71.1	27.0	—	1.9
郑州站	0.27~48.06	11.50	23.0	37.0	11.0	29.0
泰安站	0.29~37.93	7.43	16.0	32.0	30.0	22.0
黄河流域	0.27~48.06	4.32	29.2	51.0	10.0	9.8

2.5.4 梨园土壤有效锌含量 研究区土壤有效锌含量低于 1 mg/kg 的梨园比例为太谷站(55.9%)>兰州站(46.9%)>郑州站(17.2%)>泰安站(4.0%)>杨凌站(3.2%); 有效锌含量在 1~4 mg/kg 的梨园比例为杨凌站(90.3%)>泰安站(74.0%)>郑州站(62.9%)>兰州站(53.1%)>太谷站(37.3%); 而有效锌含量高于 4 mg/kg 的梨园中以泰安站最多(达 22.0%)。整体来看, 黄河流域 30% 左右的梨园土壤有效锌含量低于 1 mg/kg,

树体及果实缺锌的风险较高; 60.3% 梨园有效锌含量在 1~4 mg/kg(表 7)。

2.5.5 梨园土壤有效硼含量 从各试验站来看, 土壤有效硼含量低于 0.5 mg/kg 的梨园比列为泰安站(72.0%)>郑州站(68.6%)>太谷站(49.2%)>兰州站(12.3%); 有效硼含量在 0.5~1.0 mg/kg 的梨园比例为兰州站(36.7%)>杨凌站(32.3%)>太谷站(30.5%)>郑州站(26.0%)>泰安站(25.7%); 而有效硼含量高于

1.0 mg/kg 的梨园以杨凌站最多,兰州站次之。整体来看,黄河流域梨园土壤有效硼含量低于 0.25 mg/kg 的梨园占 15.2%,其中太谷、郑州和泰安 3 个试验站有效硼含量低于 0.25 mg/kg 的梨园分别占 13.6%、28.6%

和 32.0%;有效硼含量在 0.25 ~ 1.0 mg/kg 及 > 1 mg/kg 的梨园分别约占 57.6% 和 27.2%,其中兰州站和杨凌站梨园有效硼含量均在 0.25 mg/kg 以上(表 8)。

表 7 黄河流域梨园土壤有效锌含量状况
Table 7 Soil available Zn contents in pear orchards of Yellow River basin

样区	有效锌(mg/kg)		各等级有效锌(mg/kg)梨园占比(%)				
	范围	平均值	<0.5	0.5~1	1~4	4~6	>6
兰州站	0.36~2.76	1.14	10.2	36.7	53.1	-	-
杨凌站	0.96~14.40	2.27	-	3.2	90.3	3.2	3.3
太谷站	0.11~10.29	1.38	25.4	30.5	37.3	5.1	1.7
郑州站	0.49~14.98	2.96	2.9	14.3	62.9	11.4	8.5
泰安站	0.55~11.76	3.06	-	4.0	74.0	12.0	10.0
黄河流域	0.11~14.98	2.07	9.4	19.6	60.3	6.3	4.4

表 8 黄河流域梨园土壤有效硼含量状况
Table 8 Soil available B contents in pear orchards of Yellow River basin

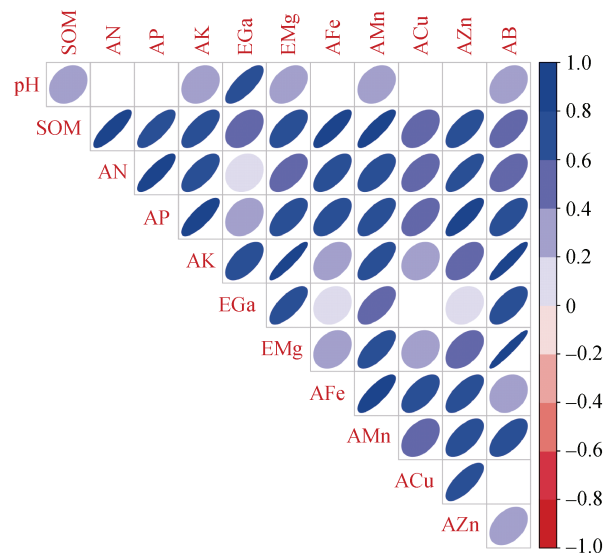
样区	有效硼(mg/kg)		各等级有效硼(mg/kg)梨园占比(%)			
	范围	平均值	<0.25	0.25~0.5	0.5~1.0	>1.0
兰州站	0.37~3.30	1.10	-	12.3	36.7	51.0
杨凌站	0.62~2.67	1.34	-	-	32.3	67.7
太谷站	0.16~2.23	0.67	13.6	35.6	30.5	20.3
郑州站	0.06~1.42	0.44	28.6	40.0	25.7	5.7
泰安站	0.04~1.07	0.40	32.0	40.0	26.0	2.0
黄河流域	0.04~3.30	0.76	15.2	27.2	30.4	27.2

2.6 土壤养分间的相关性

对 224 个梨园土壤各养分指标进行 Pearson 相关性分析,从图 6 中可以看出,除 pH、交换性钙与有效铜的相关性外,其余指标间均呈极显著正相关,其中,相关性较高的有有效钾与交换性镁、有效钾与有效硼、交换性镁与有效硼,其相关系数分别为 0.918、0.920 和 0.952,表明梨园各土壤养分指标之间存在不同程度的相关性。

3 讨论

对黄河流域 5 个试验站梨主产区 224 个梨园土壤养分的调查表明,大部分梨园土壤 pH 在 6.6~7.8,这与该地区属于石灰性土壤有关。泰安试验站有 20.0% 梨园土壤 pH 处于 3.95~5.34,有效钙镁含量相对较低,有效铁、锰、铜含量较高,这可能与土壤成土母质有关。土壤 pH 过高或过低均会加剧元素间的拮抗或促进作用^[20],因此,施肥时注重施入肥料的酸碱性,既可调节土壤 pH,又对作物的根系生长和土壤养分吸收起重要作用。土壤有机质含量是土壤肥力的物质基础,有机质的胶体特性能吸附土



(图中 SOM 表示有机质, AN、AP、AK 表示有效氮、磷、钾, ECa、EMg 表示交换性钙、镁, AFe、AMn、ACu、AZn、AB 表示有效铁、锰、铜、锌、硼)

图 6 梨园土壤养分相关性

Fig. 6 Correlation among soil nutrients in pear orchards

壤中阳离子,使其具有保肥力和缓冲性,还可改善土壤的理化性状^[21]。本研究中,土壤有机质与大量元

素之间呈极显著正相关, 与张强等^[22]研究结果一致, 表明土壤有机质与土壤肥力存在密切联系。谢凯等^[3]研究发现土壤有机质、碱解氮、pH 是环渤海湾地区梨园土壤养分的主要限制因子。李美阳^[23]指出, 延边地区苹果梨园土壤有机质含量范围为 13.4~23.2 g/kg, 而本研究结果表明, 黄河流域 90% 以上梨园土壤有机质含量低于 20 g/kg, 与日本梨园土壤有机质含量大多在 30 g/kg 以上^[24]形成鲜明对比。有机质含量低的原因与有机肥施用不足有直接关系, 也与施肥方式不当有关, 如生产上常采用撒施的方式覆盖在行间或树下, 导致肥料分解加速, 难以达到增加土壤有机质的目的。生产中采取果园生草、覆草、菌渣覆盖^[25]、施用生物质炭及各种有机肥均能提高果园土壤有机质含量^[26]。

黄河流域有 62.1% 的梨园土壤碱解氮含量低于 60 mg/kg, 处于较低水平, 这可能与该区土壤多为砂质土壤、易漏水漏肥有关。土壤有机质含量低也是碱解氮含量低的重要原因^[27]。该区土壤有效磷和有效钾含量有相似之处, 富集现象明显, 40% 左右的梨园含量偏高。土壤有效钾含量较高与土壤成土母质有关^[27], 而部分土壤有效磷钾含量过高的现象, 可能与生产中习惯使用高磷复合肥如磷酸氢二铵有关。从该区域梨树叶片养分含量可以看出, 但 44% 的梨园叶片氮含量超出适宜范围(未发表资料), 表现出氮过量现象, 也从侧面说明化学氮磷钾肥投入高但土壤氮素保持力低、磷钾富集严重, 急需合理调整养分投入比例, 按实际情况减少化肥施用。“十三五”以来, 果园中有机肥或有机资源如修剪枝条还田、生草还田等的大量采用可以有效降低化肥的使用量。如何在梨园中合理利用有机养分资源以达到减量施用化肥、提高土壤有机质, 对实现土壤改良和梨树稳产、提质增效具有重要意义。

虽然本研究中梨园土壤交换性钙、镁含量整体较为丰富, 但植株生理性缺钙、缺镁现象仍然存在(未发表资料)。大多数研究认为果面褐斑病的发生主要与缺钙有关^[28], 因此喷施钙肥是目前最常采用的补钙方式。王红^[28]研究表明, 生育期内喷施不同钙肥可有效提高成熟期黄冠梨果实钙含量, 且喷施糖醇钙对黄冠梨果面褐斑病的防治效果最佳。丁少男等^[29]研究表明, 施用有机肥可有效改善农田土壤中微量元素的亏缺状况, 且有机肥不论是单施还是配施均有利于土壤铜、锰、锌、铁的活化^[28]。本研究也发现土壤有机质与微量元素之间呈极显著正相关, 与卢映琼^[30]和常旭虹等^[31]研究结果一致, 说明提高土壤有

机质可明显改善铜、铁、锌等微量元素的有效性。有机质影响土壤微量元素, 不仅是因为其从源上直接向土壤中带入微量元素, 而且其也影响着微量元素在土壤中的吸附-解析过程^[32]。从本文的微量元素分析结果可以看出, 研究区存在较高的缺铁、锰、铜、锌或硼的风险, 因此, 该地区应在重视有机养分投入的基础上高度重视微量元素的及时、有效补充。

4 结论

黄河流域主要梨园土壤有机质含量普遍偏低, 碱解氮含量总体处于较低水平, 有效磷钾富集现象明显; 梨园土壤交换性钙、镁含量整体均偏高; 微量元素方面存在较高的缺铁、锰、铜、锌或硼的风险。实践栽培中应加强有机肥或有机物料的投入, 提高土壤有机质含量, 适量施用磷钾肥, 重视补充微量元素铁、锰、锌、硼等。

参考文献:

- [1] 联合国粮农组织数据库[OL]. 2019. [http://www.fao.org/home/en/\(FAOSTAT\)](http://www.fao.org/home/en/(FAOSTAT)).
- [2] 张绍铃, 谢智华. 我国梨产业发展现状、趋势、存在问题与对策建议[J]. 果树学报, 2019, 36(8): 1067-1072.
- [3] 谢凯, 李元军, 乐文全, 等. 环渤海湾地区主要梨园土壤养分状况及养分投入研究[J]. 土壤通报, 2013, 44(1): 132-137.
- [4] 石磊. 陕西省果树蔬菜施肥现状及对策研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2005.
- [5] Curtis D, Righetti T L, Mielke E, et al. Mineral analysis from corkspotted and normal 'Anjou' pear fruit[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1990, 115(6): 969-974.
- [6] 卢树昌, 陈清, 张福锁, 等. 河北省果园氮素投入特点及其土壤氮素负荷分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 858-865.
- [7] 陈磊, 伍涛, 张绍铃, 等. 丰水梨不同施氮量对果实品质形成及叶片生理特性的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(6): 871-876.
- [8] 何忠俊, 同延安. 钾对黄土区苹果、梨产量及品质的影响[J]. 西北农业学报, 1999, 3[增刊]: 53-58.
- [9] 刘艳, 高遐虹, 姚允聪. 不同植物源有机肥对沙质土壤黄金梨幼树营养效应的研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2546-2553.
- [10] 曹恭, 梁鸣早. 钙——平衡栽培体系中植物必需的中量元素[J]. 土壤肥料, 2003(2): 48-49.
- [11] Casero T, Benavides A, Puy J, et al. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in golden smoothee apples using multivariate regression techniques[J]. Journal of Plant Nutrition, 2004, 27(2): 313-324.

- [12] Taylor M D, Locascio S J. Blossom-end rot: a calcium deficiency[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2004, 27(1): 123-139.
- [13] 刘娜, 金昕, 谢昶琰, 等. 诱导条件下不同配施钙肥处理减缓‘黄冠梨’果面褐斑病的研究[J]. *南京农业大学学报*, 2017, 40(5): 867-873.
- [14] 唐伟天, 陈述惠. 博白县土壤有效微量元素状况及影响因素分析[J]. *广西农学报*, 2011, 26(3): 10-13.
- [15] 崔斗斗, 林昌虎, 何腾兵, 等. 乌王茶产地土壤微量元素有效态特征及影响因素研究[J]. *贵州科学*, 2011, 29(2): 60-64.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [17] 李坤, 张湘晖, 陈万明. ICP-AES 快速测定土壤中的有效硼[J]. *光谱实验室*, 2009, 26(2): 226-228.
- [18] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 860-934.
- [19] 李美桂, 谢文龙, 谢钟琛, 等. 早熟砂梨矿质营养适宜值研究[J]. *果树学报*, 2008, 25(4): 473-477.
- [20] 吴中营, 王东升, 张四普, 等. 河南省 3 个梨主产区果园土壤养分分析[J]. *河南农业科学*, 2013, 42(11): 60-63.
- [21] 王亚国, 李衡, 郭培明, 等. 陕西武功县猕猴桃园土壤养分调查与评价[J]. *土壤*, 2019, 51(6): 1100-1105.
- [22] 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.
- [23] 李美阳. 延边地区苹果梨园土壤营养特点的研究[D]. 延吉: 延边大学, 1999.
- [24] 李志辉, 张娟, 张冬林, 等. 现代日本梨的特性及栽培管理关键技术[J]. *经济林研究*, 2008, 26(4): 95-98.
- [25] 魏树伟, 王少敏, 张勇, 等. 不同土壤管理方式对梨园土壤养分、酶活性及果实风味品质的影响[J]. *草业学报*, 2015, 24(12): 46-55.
- [26] 刘茂. 库尔勒市香梨园土壤肥力评价与有机培肥效果研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014.
- [27] 李有芳, 张超博, 易晓瞳, 等. 云南玉溪柑橘园土壤养分状况与分布特征[J]. *土壤*, 2020, 52(3): 487-493.
- [28] 王红. 喷钙对梨生长、品质及生理缺钙病害影响的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [29] 丁少男, 薛蕊, 刘国彬, 等. 长期施肥对黄土丘陵区农田土壤微量元素有效含量的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2017, 45(1): 124-130.
- [30] 卢映琼. 赣南脐橙果园土壤微量元素含量分布特征[D]. 赣州: 赣南师范学院, 2015.
- [31] 常旭虹, 赵广才, 王德梅, 等. 生态环境与施氮量协同对小麦籽粒微量元素含量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014, 20(4): 885-895.
- [32] 朱静, 黄标, 孙维侠, 等. 农田土壤有效态微量元素的时空变化及其影响因素研究[J]. *南京大学学报(自然科学版)*, 2007, 43(1): 1-12.