

陕西省关中地区桃园土壤肥力状况分析与评价¹

郑旭阳, 朱静雯, 胡亚楠, 赵彩平^{*1}, 赵护兵^{*2}

(¹西北农林科技大学园艺学院 陕西 杨凌 712100; ²西北农林科技大学资源环境学院陕西 杨凌 712100)

摘要: 【目的】通过调查陕西省关中地区桃园土壤肥力状况,旨在为该区桃园土壤养管理理和施肥提供科学依据。【方法】本研究以咸阳、宝鸡、铜川和渭南4市共24个桃园0~40 cm土层土壤为研究对象,对土壤容重、孔隙度、pH值及有机质、全氮、有效磷、有效钾、硝态氮和铵态氮含量进行测定分析并评价。

【结果】陕西省关中地区桃园0~20 cm土层土壤容重和孔隙度处于适宜范围,而在20~40 cm土层,咸阳地区土壤容重较高,宝鸡地区土壤容重较高且孔隙度较低,均超出适宜范围;研究区土壤pH平均值为8.1,除宝鸡桃园土壤pH值在6.4~6.9之间外,其余地区桃园均为碱性土壤,pH值在8.2~9.0之间;陕西省关中地区土壤肥力总体水平不高,土壤有机质最为缺乏,在0~40 cm土层中,66.7%以上的桃园土壤有机质和全氮含量均处于缺乏水平;0~40 cm土壤有效钾含量均处于适宜或丰富水平,20~40 cm土层的土壤有效磷含量处于缺乏水平;关中地区速效氮平均含量在10.8 mg·kg⁻¹,处于缺乏状态,其中渭南的桃园土壤铵态氮和硝态氮含量最高,0~40 cm土层平均值分别为5.1 mg·kg⁻¹,13.6 mg·kg⁻¹,咸阳、铜川地区次之,宝鸡地区最低。【结论】陕西省关中地区桃园土壤有机质含量低,肥力低,应采取综合措施调节土壤通气保水性、降低碱度并培肥土壤。

关键词: 桃园; 土壤养分状况; 肥力评价; 陕西关中地区

中图分类号: S662.1 文献标志码: A 文章编号: 1009-9980(2024)06-0001-08

Analysis and evaluation of soil fertility of main peach orchards in Guanzhong area of Shaanxi province

ZHENG xuyang, ZHU jingwen, HU yanan, ZHAO caiping^{*1}, ZHAO hubing^{*2}

(¹College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100; ²College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: 【Objective】 Peach is an important cash crop in Shaanxi province, which plays an important role in increasing farmers' income and rural revitalization. According to the statistics of Shaanxi Yearbook in 2021, peach producing areas in Shaanxi are mainly concentrated in the Guanzhong Plain, with an output of about 640,000 t, accounting for about 84% of the peach output

收稿日期: 2024-01-17 接受日期: 2024-04-08

基金项目: 国家桃产业技术体系西安综合试验站(CARS-30-Z-16); 陕西省秦创原引用高层次创新创业人才项目(QCYRCXM-2022-234)

作者简介: 郑旭阳, 女, 在读硕士研究生, 主要从事果树栽培与生理研究。Tel: 15630948529, E-mail: yyy15630948529@163.com

*通信作者 Author for correspondence. 赵彩平, E-mail: cpzhao403@163.com; 赵护兵, E-mail: zhaohubing@hotmail.com

in the province. Among them, Xianyang area(XYA) ranks the first, and the main producing areas are distributed in Liquan, Jingyang and Qian County, followed by Dali County in Weinan area(WNA). Although Shaanxi is a suitable ecological cultivation area for peach, the overall quality of fruit is not satisfactory. Peasant household lack of science in peach garden soil management is a major reason, and they mainly rely on experience to fertilize and conduct daily soil operations. Therefore, in this study, soil samples from the main peach producing areas in Guanzhong, Shaanxi Province were collected to quantitatively determine their nutrient elements. The purpose is to understand the soil conditions of peach orchard in Guanzhong area of Shaanxi Province, explore their physical properties and nutritional abundance, and provide scientific basis for soil management and fertilization in peach orchard. **【Methods】** Soils of 0~20 cm and 20~40 cm soil were collected from 24 peach orchard in Xianyang area (XYA), Baoji area(BJA), Tongchuan area(TCA) and Weinan area(WNA) in Guanzhong region of Shaanxi province. Based on the nutrient classification standard of the second national soil survey and previous studies, the soil nutrient status in major peach orchard in Guanzhong region of Shaanxi province was evaluated and analyzed. Including: soil bulk density, porosity, pH value and organic matter, total nitrogen, effective phosphorus, effective potassium, nitrate nitrogen and ammonium nitrogen content. **【Results】** The soil bulk density and porosity of 0~20 cm soil layer of peach orchard in Guanzhong area of Shaanxi Province are in the suitable range. However, in the 20~40 cm soil layer, the soil volume density was high in XYA and high with low porosity in BJA, which were beyond the suitable range. The soil is relatively tight, which is not conducive to soil nitrogen permeability and water retention. The average pH of peach orchards soil in Guanzhong region was 8.1, except for the pH value in BJA between 6.4 and 6.9, which in other areas were alkaline soil, with pH value between 8.2 and 9.0. The overall level of soil fertility in Guanzhong region is not high, especially the soil organic matter is the most lacking. In the 0~40 cm soil layer, more than 66.7% of peach orchards soil organic matter and total nitrogen were in deficient levels. The content of organic matter and total nitrogen decreased with the increase of soil depth. The average content of 0~20 cm soil in Guanzhong area was $12.38 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, and 20~40 cm soil was $10.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. In addition, the average total nitrogen content in the 0~20 cm soil layer was $0.81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, and the 20~40 cm soil layer was $0.58 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The effective phosphorus and effective potassium content of 0~20 cm soil layer in the investigated area is basically no shortage, but with the increase of soil depth, some of the soil with 20~40 cm soil layer is lacking, especially in TCA. In the soil of 0~20 cm soil, the proportion of effective phosphorus content in the deficiency level was 16.7% and 20~40 cm. In terms of effective potassium content, 0~20 cm soil is at abundant or suitable level, and 37.5% of peach orchards in 20~40 cm soil is in deficient level. The average content of

quick nitrogen (quick nitrogen = nitrate nitrogen + nitrate nitrogen) in peach orchard soil in Guanzhong region is $10.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, which is lacking. Among them, the highest nitrate nitrogen and ammonia nitrogen in WNA, followed by XYA and TCA, and the lowest in BJA. **【Conclusion】** According to this survey, the analysis results of the soil fertility status of the main peach orchard in Guanzhong region, Shaanxi province show that the nutrient resource management in this region should focus on increasing the soil organic matter content, fertilizing the soil and promoting the conversion of total nitrogen to mineral nitrogen. Among them, XYA and BJA areas should strengthen the deep loosening and soil preparation to increase the air permeability and water retention of 20~40 cm soil layer. Mainly affected by the geographical location, the soil pH of peach orchards in XYA, TCA and WNA except BJA is in a weak alkaline or strongly alkaline state, so the technology can be used by applying more acidic fertilizer or orchard grass to control the soil pH value. The content of total nitrogen and organic matter, mineral nitrogen, namely nitrate nitrogen and ammonia nitrogen, is lacking. The main source of soil nitrogen is the provision of organic matter after mineralization and decomposition, so it is very important to fertilize the soil by increasing the content of soil organic matter.

Keywords: peach orchard; soil nutrient status; fertility evaluation; Guanzhong area, Shaanxi

桃是陕西省重要经济作物，栽培历史悠久，品种资源丰富，产地主要集中在关中平原。2021 年统计表明，关中平原桃产量占全省桃产量的 84%左右，其中以咸阳市居首，主要产区分布在礼泉、泾阳和乾县，其次为渭南市大荔县。尽管陕西是桃的适宜栽培地区，但生产的桃果实品质不尽人意、缺乏市场竞争力^[1]。

果实品质的提高离不开果园土壤环境。而果园土壤养分状况是果园养分资源管理和施肥方案的重要依据^[2]，了解果园土壤养分含量与分布特征，制定合理施肥方案、适度培肥土壤对实现果树优质高产有重要作用。褚长彬等^[3]通过对上海郊区桃园土壤养分状况的调查研究表明该种植区桃园的土壤养分含量普遍处于高或极高水平，各桃园应根据当前养分状况适当降低施肥量、调整有机肥施用比例，从而实现土壤养分的高效利用。李贵美等^[4]研究发现鲁中山区不同种植区域桃园的土壤养分存在较大差异，其土壤有效磷含量普遍处于盈余状态，建议适当调整桃园的施肥方案。张东等^[5]通过对黄土高原成龄富士苹果园土壤养分调查提出，该地区应提高土壤有机质和有效养分的含量，并注意适度深施肥，提高 20~60 cm 土层的有效养分含量。国外果园也已经广泛开展了测土配方施肥工作^[6-8]。至今，针对陕西关中地区桃主产区桃园土壤养分状况进行的研究较少。基于土壤养分推荐施肥的方法可以根据土壤中不同养分含量以及作物生长的养分需求量进行施肥推荐，

桃树根系主要分布在 0~50 cm 的土层中，随着土层的加深，根量随之减少^[9]。土壤养分状况直接影响桃树的生长发育和果实品质，目前果农在桃园养分管理方面缺乏科学依据，例如不合理施肥和经验施肥，这不仅影响树体健康生长和果实产量与品质，同时也破坏土壤

生态，不利于桃园长期、持久、高效益发展^[10-12]。为了全面了解和掌握陕西关中地区桃主产区果园土壤养分状况，本课题组于 2022 年通过对陕西关中地区代表性桃园 0~20 cm 和 20~40 cm 土层土壤进行养分调查与综合分析，为该区桃园的养分资源管理与科学施肥提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 桃园概况

采样区位于陕西省桃主要产区关中平原，该地区属暖温带半湿润气候，年平均气温 12~14 °C，年平均降雨量 680 mm 左右，年日照时数达 2616 h，全年无霜期 204 d。根据关中产区桃种植园的地理位置、种植规模及影响力等情况，选取关中地区具有代表性的 24 个桃园为土壤样品采集点，包括：咸阳市杨凌区西北农林科技大学桃试验基地，咸阳市礼泉县、南位镇、乾县、泾阳县；宝鸡市眉县西北农林科技大学桃试验基地；铜川市王益区黄堡镇、王益街道；渭南市大荔县（图 1）。

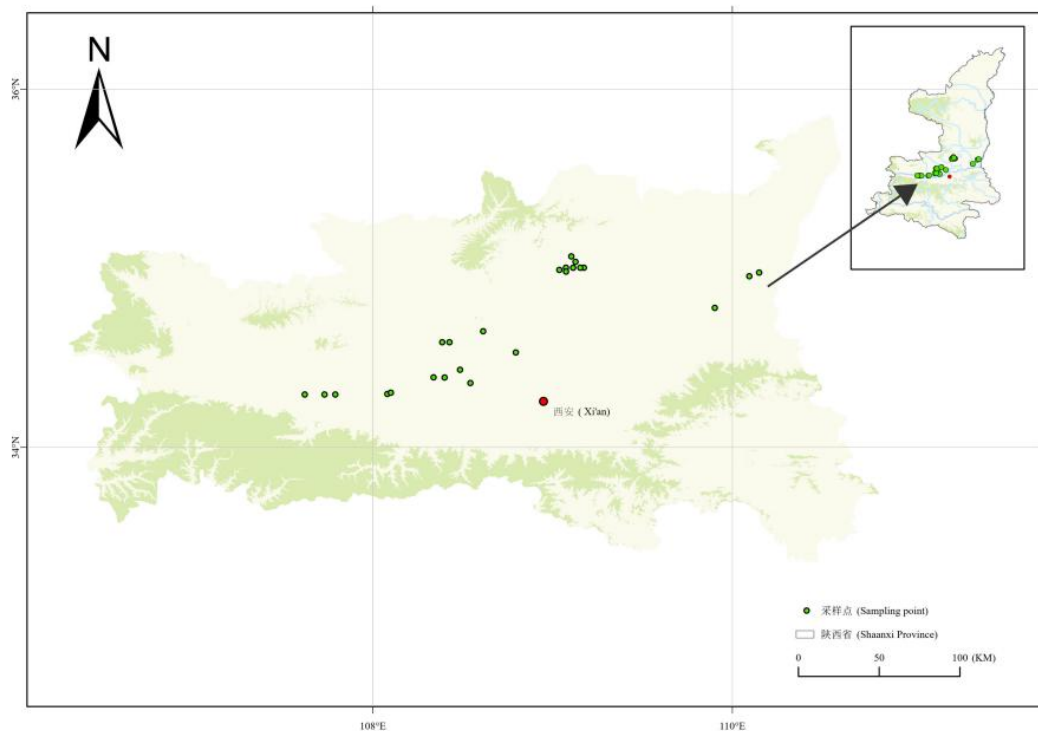


图 1 桃园采样点分布图

Fig.1 Soil sampling sites of peach orchard

1.2 土壤样品采集与前处理

2022 年 9 月中下旬选取关中地区咸阳市、宝鸡市、铜川市和渭南市共 24 个桃园进行土壤样品的采集。根据每个果园地形和面积，采取“S”形随机选 10~15 个点，在距离树干 1 m 处取样，且避开施肥点。使用土钻分别采集 0~20 cm、20~40 cm 深度的土壤样品，剔

除石砾和植物残根等杂物，所采土样按层均匀混合，混匀后用四分法留取 1 kg 左右放入取样袋中供分析使用。采集的土样经风干、研磨后，过 1 mm 和 0.25 mm 的筛，用于土壤养分状况相关指标测定。

1.3 样品测定方法

土壤样品测定指标包括土壤容重、孔隙度，土壤 pH 值，土壤有机质、全氮、有效磷、有效钾、硝态氮、铵态氮含量。其中，容重和孔隙度用 105 °C 烘干法测定^[13]；pH 用 pH 自动测量系统测定；有机质采用外加热 K₂Cr₂O₄ 容量法测定；有效钾用乙酸铵浸提，火焰光度计法测定；有效磷、全氮和矿质氮（硝态氮和铵态氮）分别用 0.5 mol·L⁻¹ 碳酸氢钠浸提、硫酸和催化剂消解及 1 mol·L⁻¹ KCl 溶液浸提后，用连续流动分析仪测定^[5]。

1.4 土壤养分状况评价方法

基于全国第二次土壤普查养分分级标准^[14]（表 1）和前人研究结果^[22]对陕西关中地区主要桃园土壤养分状况进行评价分析。

表 1 土壤养分分级标准
Table 1 Soil nutrient classification standard

级别	描述	pH 值	土壤养分含量 Soil nutrient content			
			有机质/(g·kg ⁻¹)	全氮/(g·kg ⁻¹)	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	有效钾/(mg·kg ⁻¹)
Level	Description	pH value	Organic	Total nitrogen	Effective phosphorus	Available potassium
1	很丰富	>8.5 (强碱性)	>40	>2	>40	>200
	Very rich	Strong alkaline				
2	丰富	7.5~8.5 (弱碱性)	30~40	1.5~2	20~40	150~200
	Rich	Weak alkaline				
3	适量	6.5~7.5 (中性)	20~30	1.0~1.5	10~20	100~150
	Moderate	Neutral				
4	缺乏	5.5~6.5 (弱酸性)	10~20	0.75~1.0	5~10	50~100
	Lacking	Weak acidic				
5	很缺乏	4.5~5.5 (酸性)	6~10	0.5~0.75	3~5	30~50
	Very lacking	Acidic				
6	极缺乏	< 4.5 (强酸性)	< 6	< 0.5	< 3	< 30
	Deficient	Strong acidic				

1.5 数据处理分析

采用 ArcGIS Pro 3.0.0 软件制作采样点分布图，Excel 2010 软件记录数据与处理分析，

采用 SPSS Statistics 25 软件检验不同处理之间的显著性差异($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 陕西关中地区主要桃园土壤容重和孔隙度状况

土壤容重和孔隙度直接影响土壤的透气性、保水性和根系的生长,从而影响桃树树体生长。国内外良好果园土壤容重和孔隙度范围分别为 $1.2\sim 1.5\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 和 $40\sim 60\%$ ^[15]。由图 2 可知,陕西关中地区桃园 0~40 cm 土层土壤容重为 $1.40\sim 1.66\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 和孔隙度为 $37.32\sim 47.09\%$ 。除宝鸡地区的 20~40 cm 土层土壤容重显著高于 0~20 cm 土层,孔隙度显著低于 0~20 cm 土层外,其他地区差异不显著。宝鸡地区 20~40 cm 土层土壤容重显著高于铜川和渭南地区,为 $1.66\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。其次是咸阳地区,为 $1.52\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;同时该地区土壤孔隙度显著低于铜川和渭南地区,为 37.32% 。其次是咸阳地区,为 42.59% 。因此,咸阳和宝鸡地区 20~40 cm 土层的土壤容重偏高,导致该土层土壤紧实度过高,不利于土壤通气 and 保水。铜川和渭南地区桃园土壤容重和孔隙度状况良好,更加适宜桃树生长。

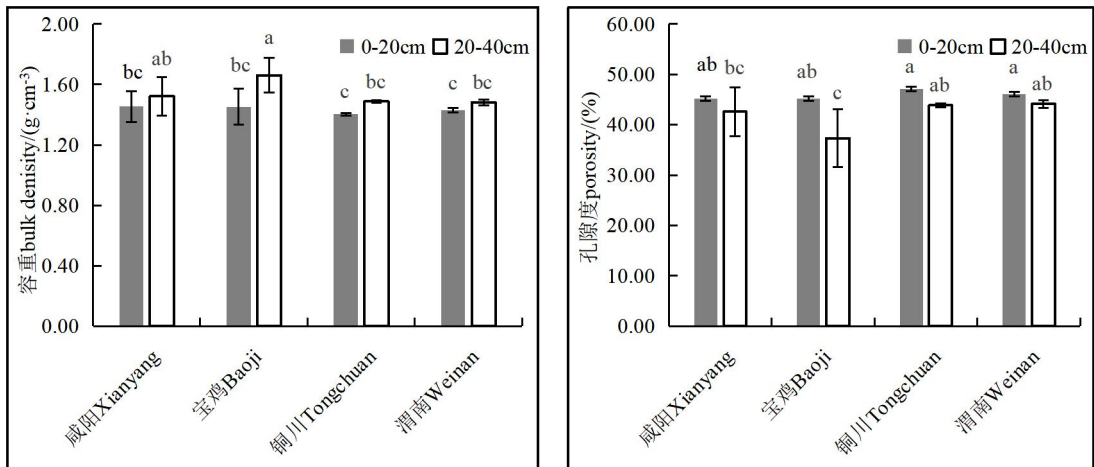


图 2 不同区域桃园土壤容重和孔隙度状况

Fig.2 Soil bulk density and porosity of peach orchards in different regions

2.2 陕西关中地区主要桃园土壤 pH 状况

土壤酸碱度与土壤养分形态特征及桃树生长关系密切,桃树适宜生长的土壤 pH 值范围为 $5.5\sim 7.5$ 。陕西关中地区绝大多数桃园土壤呈碱性,平均值为 8.1,超过桃树适宜生长的土壤 pH 值范围,其中,宝鸡地区的桃园土壤 pH 值在 $6.4\sim 6.9$ 之间,显著低于其他三个地区,接近桃树生长的最适 pH 值范围。在同一地区内,桃园 0~20 cm 和 20~40 cm 土层的土壤 pH 值并未表现出显著差异(图 3)。因此,除了宝鸡桃园的土壤呈弱酸性至中性,适宜桃树生长外,关中地区其他调查地区的桃园土壤普遍呈碱性,这也符合北方桃园土壤的酸碱特性,例如,尚霄丽等^[16]表明河南省濮阳市清丰县桃园的土壤 pH 值为 8.87;滑小赞^[17]等研究表明山西省运城市油桃主产区土壤 pH 平均值为 8.4。

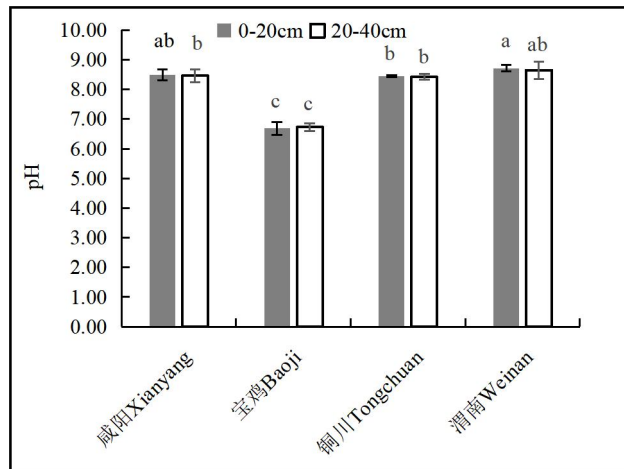


图 3 不同地区桃园土壤 pH 状况

Fig.3 Soil pH values of peach orchards in different regions

2.3 陕西关中地区主要桃园土壤养分状况

2.3.1 土壤有机质和全氮含量分析

土壤有机质和全氮含量是土壤肥力诸因素中很重要的因素，特别是全氮能作为衡量土壤供氮能力的重要指标。有机质中含有作物生长所需的各种养分，土壤氮素的主要来源就是有机质分解后提供的，二者联系密切。从表 2 来看，所调查关中地区桃园 0~20 cm 土层的土壤有机质平均含量为 12.38 g·kg⁻¹，20~40 cm 土层为 10.5 g·kg⁻¹，有机质变幅在 5.5~20.3 g·kg⁻¹ 之间；桃园 0~20 cm 土层的土壤全氮平均含量为 0.81 g·kg⁻¹，20~40 cm 土层为 0.58 g·kg⁻¹，变幅在 0.26~1.71 g·kg⁻¹。有机质和全氮含量随土层深度增加而降低，参考全国第二次土壤普查养分分级标准（表 1），有机质变幅小，所调查 4 个地区处于适量至缺乏状态；全氮变幅大，所调查 4 个地区处于丰富至极缺乏状态。

根据全国第二次土壤普查养分分级标准（表 1），所调查的关中地区主要桃园，在 0~40 cm 深的土层中，66.7% 以上的桃园有机质和全氮含量处于缺乏水平。所调查的 24 个桃园中，0~20 cm 土层土壤有机质、全氮含量达到丰富水平、适宜水平、缺乏水平的比例分别为 0、16.7%、83.3%，4.2%、29.2、66.7%；20~40 cm 土层土壤有机质含量全部桃园均处于缺乏水平，4.2% 的桃园土壤全氮含量处于适量水平，其余均处于缺乏水平（表 3）。综上所述，基于全国第二次土壤普查养分分级标准，陕西关中地区绝大多数桃园的土壤有机质和全氮含量不足。

表 2 不同地区桃园土壤有机质和全氮含量

Table2 Soil organic matter and total nitrogen content of peach orchards in different regions

地区	土层深度 /(cm)	有机质含量/(g·kg ⁻¹) Organic content				全氮含量/(g·kg ⁻¹) Full nitrogen content			
		平均值	变幅	标准差	变异系数 /(%)	平均值	变幅	标准差	变异系数 /(%)
Area	Soil depth	Mean	Amplitude	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Amplitude	Standard deviation	Coefficient of variation
咸阳	0~20	12.8	6.0~20.3	6.4	49.7	0.92	0.36~1.40	0.38	41.3
Xianyang	20~40	9.1	8.1~10.6	1.4	15.1	0.5	0.26~0.82	0.2	40
宝鸡	0~20	15.2	8.1~20.1	6.3	41.5	0.83	0.61~1.01	0.2	24.1
Baoji	20~40	12.3	8.5~16.6	4.1	33.1	0.78	0.62~1.07	0.26	33
铜川	0~20	13.1	8.5~16.9	3.4	26.3	0.83	0.48~1.71	0.4	48.2
Tongchuan	20~40	9.7	4.4~13.9	3.3	34	0.53	0.41~0.69	0.1	18.9
渭南	0~20	10.4	5.5~18.2	6.6	60.9	0.64	0.49~0.72	0.13	19.8
Weinan	20~40	8.4	6.5~10.9	2.2	26.8	0.51	0.38~0.58	0.11	22

表 3 陕西关中地区主要桃园养分含量分级统计及分布频率

Table3 Classification statistics and distribution frequency of nutrient contents in main peach orchards in Guanzhong region of Shaanxi province

指标	土层深度/(cm)	分级分布频率/(%) Classification distribution frequency			
		很丰富水平	丰富水平	适量水平	缺乏水平
Index	Soil depth	Very rich	Rich	Moderate	Lacking
有机质	0~20	0	0	16.7	83.3
Organic	20~40	0	0	0	100
全氮	0~20	0	4.2	29.2	66.7
Total nitrogen	20~40	0	0	4.2	95.8
有效磷	0~20	12.5	33.3	37.5	16.7
Effective phosphorus	20~40	4.2	12.5	25	58.3
有效钾	0~20	58.3	20.8	20.8	0
available potassium	20~40	12.5	20.8	29.2	37.5

2.3.2 土壤有效磷和有效钾含量分析

有效磷和有效钾是桃树生长所需的两种重要元素，可以被果树根系直接吸收利用。从表4可以看出，关中地区所调查咸阳、宝鸡、铜川和渭南4个地区在0~20 cm土层中，桃园土壤有效磷平均值为28.2、15.3、12.6、27.3 mg·kg⁻¹，有效钾含量平均值为281.5、193.6、206.9、287.8 mg·kg⁻¹；20~40 cm土层中有效磷平均值为10.4、17.2、7.2、19.0 mg·kg⁻¹，有效钾含量平均值为158.5、137.2、117.4、209.8 mg·kg⁻¹。宝鸡桃园各土层土壤有效磷和有效钾含量最为稳定一致，而在咸阳和渭南，桃园各土层土壤有效磷和有效钾含量不稳定，各土层变异系数均大于50%；所调查关中地区4个地区（咸阳、宝鸡、铜川和渭南），随着土层加深，土壤有效磷含量降幅为64.0%、32.2%、43.4%、30.2%，有效钾含量降幅为43.7%、60.3%、43.3%、27.1%。

所有调查的关中地区桃园中，0~20 cm土层土壤有效磷含量处于缺乏水平的比例为16.7%，20~40 cm为58.3%；在有效钾含量方面，0~20 cm土层土壤均处于丰富或适宜水平，37.5%的桃园20~40 cm土层土壤有效钾含量处于缺乏水平（表3）。总体来看，陕西关中地区桃园0~20 cm土层土壤有效磷和有效钾含量基本不缺乏，而随着土层深度的增加，在20~40 cm土层的土壤中，部分桃园处于缺乏水平，尤以铜川地区最为明显。

表4 不同地区桃园土壤有效磷和有效钾含量
Table4 Available phosphorus and available potassium in soil of peach orchards in different region

地区	土层深度 /(cm)	有效磷含量/(mg·kg ⁻¹)				有效钾含量/(mg·kg ⁻¹)			
		Effective phosphorus				Available potassium			
Area	Soil depth	平均值	变幅	标准差	变异系数/(%)	平均值	变幅	标准差	变异系数/(%)
		Mean	Amplitude	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Amplitude	Standard deviation	Coefficient of variation
咸阳	0~20	28.7	6.8~67.6	17.8	61.9	281.5	611.8	154.1	54.8
Xian- yang	20~40	10.4	3.5~26.9	7.8	75.2	158.5	79.2~368.5	101.4	64
宝鸡	0~20	25.3	16.0~37.9	11.2	44.4	193.6	244.2	32.1	16.6
Bao- ji	20~40	17.2	14.8~21.6	3.8	22.3	137.2	154.0	15.6	11.4
铜川	0~20	12.6	8.6~28.4	6.5	51.3	206.9	357.0	68.1	32.9
Tong- chuan	20~40	7.2	2.4~28.4	8.8	123	117.4	83.4~357.0	36.0	30.7
渭南	0~20	27.3	12.9~48.1	18.5	67.8	287.8	464.8	169.2	58.8

Wei-										
nan	20~40	19.0	4.0~42.6	20.7	108.6	209.8	74.9~403.8	172.2	82.1	

2.3.3 土壤氨态氮和硝态氮含量分析

作物体内的氮源主要来自于吸收土壤中的铵态氮和硝态氮，因此测定土壤中的硝态氮、铵态氮的含量可作为土壤肥力研究的重要指标之一，在北方土壤速效氮的形式主要是硝态氮，硝态氮也是高等植物最易吸收利用的氮形态^[18]。根据调查结果（表5），咸阳、宝鸡、铜川和渭南四个地区桃园0~20 cm土层铵态氮含量平均值为2.3、1.2、3.0、5.1 mg·kg⁻¹，硝态氮含量平均值为9.5、0.8、5.1、9.7 mg·kg⁻¹；20~40 cm土层铵态氮含量平均值为2.5、1.1、2.4、5.1 mg·kg⁻¹，硝态氮含量平均值为13.1、2.9、5.1、17.5 mg·kg⁻¹。渭南地区的桃园土壤硝态氮和氨态氮含量最高，咸阳、铜川地区次之，宝鸡地区最低。从变异系数角度来看，同一地区内桃园的土壤铵态氮和硝态氮含量差异较大，在同一地区，土壤氨态氮含量随土层深度的变化不明显，而土壤硝态氮含量则随土层深度的增加而增加，这可能与土壤氮素的淋失和迁移有关。

据全国第二次土壤普查及有关标准^[14,19]，土壤速效氮含量等级标准:6级<30 mg·kg⁻¹，5级30~59 mg·kg⁻¹，4级60~89 mg·kg⁻¹，3级90~119 mg·kg⁻¹，2级120~150 mg·kg⁻¹，1级>150 mg·kg⁻¹，关中地区各地区土壤速效氮（速效氮=硝态氮+铵态氮）的分级情况见表6，根据果园速效氮标准，关中地区速效氮平均含量在10.8 mg·kg⁻¹，处于缺乏状态。

表5 不同地区桃园土壤铵态氮和硝态氮含量分析结果

Table5 Analysis results of content of available phosphorus and available potassium in soil in different regions of peach orchards

地区	土层深度 (cm)	铵态氮含量/(mg·kg ⁻¹)				硝态氮含量/(mg·kg ⁻¹)			
		Ammonium nitrogen content				Nitrate nitrogen content			
		平均值	变幅	标准差	变异系数/(%)	平均值	变幅	标准差	变异系数/(%)
Area	Soil depth	Mean	Amplitude	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Amplitude	Standard deviation	Coefficient of variation
咸阳	0~20	2.3	1.9~3.3	0.4	18.9	9.5	1.7~18.1	6.1	64.2
Xianyang	20~40	2.5	1.4~5.7	1.3	53.1	13.1	3.1~25.3	10.2	77.7
宝鸡	0~20	1.2	0.7~2.1	0.8	62.8	0.8	0.7~1.3	0.4	53.6
Baoji	20~40	1.1	0.1~2.4	1.2	117.8	2.9	1.8~3.7	1.0	35.1
铜川	0~20	3.0	2.4~3.3	0.3	10.8	5.1	2.2~10.4	3.0	58.6
Tongchuan	20~40	2.4	1.8~2.9	0.4	16.7	5.1	1.3~14.0	4.6	88.9
渭南	0~20	5.1	3.1~3.8	0.34	6.63	9.7	1.9~19.3	8.9	92.1
Weinan	20~40	5.1	2.4~6.5	2.05	39.97	17.5	2.2~26.0	13.3	75.8

表 6 陕西关中地区主要桃园速效氮含量分级统计及分布频率

Table 3 Classification statistics and distribution frequency of rapid nitrogen content in main peach orchard in Guanzhong of Shaanxi province

地区	土层深度/(cm)	分级分布频率/(%) Classification distribution frequency	
		5 级	6 级
Area	Soil depth	Level 5	Level 6
咸阳	0~20	0	100
Xianyang	20~40	10	90
宝鸡	0~20	0	100
Baoji	20~40	0	100
铜川	0~20	0	100
Tongchuan	20~40	0	100
渭南	0~20	0	100
Weinan	20~40	33.33	66.67

3 讨论

本研究所调查陕西关中地区的 4 个桃主产区,从土壤容重方面看,咸阳和宝鸡地区 20~40 cm 土层土壤通气性和保水性较差,由于桃树根系浅、寿命短,在土壤疏松的情况下,根系生长的阻力小,更加有利形成强大的根群,以保证树体良好生长和延长树体寿命,咸阳和宝鸡地区应该注意深松整地,增加 20~40 cm 土层土壤的透气性和保水性。此外,谷艳蓉等^[20]表明果园自然生草覆盖技术能够改善土壤理化性质,提高果园蓄水保墒及抗旱能力。

土壤酸碱性方面,宝鸡地区土壤 pH 在 6.4~6.9 之间,呈弱酸性至中性,最接近桃树生长的适宜酸碱度,其他 3 个地区桃园土壤均呈碱性。这一结果与前人对近 40 年陕西省耕层土壤 pH 的研究结果^[21]相一致,铜川、渭南、咸阳之间的耕层土壤 pH 不存在显著性差异,但均显著高于宝鸡市耕层土壤 pH。这与宝鸡土壤 pH 的本底值也有一定关系,宝鸡所调查桃园位于渭河以南,由于其特殊的地理位置,土壤的碱性较关中其他地区更为明显。咸阳、铜川和渭南桃园土壤酸碱度处于弱碱性或强碱性状态,可采用施用控释肥或果园生草等技术控制土壤 pH 值^[16],以利于桃树更加良好的生长发育。

同一地区不同区域果园的土壤肥力状况存在差异,张东等^[5]通过对黄土高原成龄富士苹果园土壤养分含量的研究,表明所调查地区果园土壤有效养分偏低且含量变异较大,地域和深度分布不均衡问题较为突出;赵峥等^[12]研究表明,上海郊区四种不同类型果园中土壤养分特征存在较大差异,葡萄园土壤中有效态磷、钾含量普遍高于其他三种果园(桃、柑橘和梨),而柑橘园土壤主要养分含量则普遍较低。褚长彬等^[3]调查上海郊区不同种植区域桃园土壤中养分含量发现,浦东区的土壤有效磷和速效钾含量均显著高于其他种植区,在土壤有

机质含量方面,则是金山区普遍高于其他种植区。而本研究通过调查发现,在关中地区桃园土壤主要养分方面,除有效磷和有效钾含量不同地区存在一定差异外,所调查各个地区土壤全氮和有机质均处于缺乏水平,桃园土壤矿质氮即硝态氮和氨态氮含量也处于缺乏状态。

全国第二次土壤普查养分分级标准用于评价果园(桃园)的土壤养分状况未必适合,但除此标准没有更好的统一标准来评价。基于此标准,本研究所调查关中地区桃园土壤氮含量为处于缺乏水平,但放眼我国北方桃产区来看,滑小赞等^[17]表明的山西省油桃主产区 0~40 cm 土壤全氮含量 $0.87 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$;王晨冰^[23]等研究显示西北黄土高原旱地桃园 0~30 cm 土壤全氮含量在 $0.75\sim 10.95 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间;张彦山等^[24]表明宁县黄甘桃园土壤铵态氮含量为 $1.56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,硝态氮为 $19.13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。而且,该研究采样时间是 9 月中下旬,该时期果园采收已经完成并且处于秋施基肥以前,此时土壤全氮含量在一年中处于较低水平。因此,本研究所调查桃园土壤的氮含量属于中等稍偏下水平。

土壤全氮和有机质含量是土壤肥力诸多因素中很重要的两个因素,二者也存在着密切的正相关关系^[22],有机质中含有作物生长所需的各种养分,可以直接或间接地为作物生长提供氮元素,除施入的氮肥外,土壤氮素的主要来源就是有机质矿化分解后提供,所以增加土壤有机质含量培肥土壤至关重要,参考前人研究^[10,25-27],可增施土壤有机肥或应用果园生草等技术提高土壤有机质和全氮含量,李婷等^[28]通过调研表明,西瓜种植者通过将商品有机肥与粪肥搭配施用的方式来补充土壤有机质含量。关中地区桃园土壤整体来看有效钾含量充足,有效磷含量不缺乏。桃树需钾肥量较高,另外钾元素常被认为是品质元素,所以有效钾含量要保持丰富状态,尤其在桃树结果期^[29-30];矿质氮含量直接反映土壤短期氮素供应状况,北方土壤以硝态氮为主。此外,总氮矿化越来越被认为是调控植物生产力和氮素生地化循环的关键过程,王丽娜等^[31]研究表明,氮的矿化以 pH 6~8 时最好。

基于本次调研陕西关中地区主要桃园土壤肥力状况分析,陕西关中地区桃园今后养分资源管理的重点是:增加土壤有机质含量培肥土壤并增强全氮养分向矿质氮养分转化。其中咸阳、铜川和渭南地区的桃园控制并尽可能降低土壤 pH,咸阳和宝鸡更应加强深耕,增加深层土壤通气保水性能。此外,基于现有的研究结果,基于测土的施肥配方并不能良好展现桃园对养分的实际需求,具有一定的局限性与不足之处,因此需要改进方法,针对不同施肥方案的桃园,探索不同的土壤取样方法,结合叶片营养与果实产量指标相关性,方能实现针对陕西关中地区桃园做到精细化指导施肥。

4 结论

陕西关中地区桃园 20~40 cm 土层土壤通气透水性较差,咸阳和宝鸡最明显;宝鸡土壤呈微酸至中性,其余均为碱性;关中地区桃园土壤肥力水平总体不高:有效钾含量高,有机质,全氮与有效磷含量低。因此,关中地区可采取果园深耕、追加有机肥和生物菌肥等综合措施调节土壤通气保水性、降低碱度并培肥土壤。今后需要通过研究桃树叶片、果实品质及产量与土壤肥力的相关性更全面评价土壤养分供应及施肥对策。

参考文献 References:

- [1] 徐泽, 王安柱, 赵彩平. 陕西桃产业发展现状、存在问题与发展对策[J]. 西北园艺(果树), 2022, (06): 3-6.
- XU Ze, WANG Anzhu, ZHAO Caiping. Development status, existing problems and development countermeasures of Shaanxi peach industry[J]. Northwest Horticulture (fruit trees), 2022, (06): 3-6.
- [2] 郭文龙, 刘家玉, 党菊香, 马勤安. 旱塬区果园土壤养分与施肥状况及对策[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(04): 86-91.
- GUO Wenlong, LIU Jiayu, DANG Juxiang, MA Qin'an. Current situation of soil nutrient and fertilization in apple orchards in Weibei dryland and its countermeasures[J]. Agricultural Science in Shaanxi Province, 2021, 67(04): 86-91.
- [3] 褚长彬, 赵峥, 周德平, 吴淑杭, 金海洋. 上海郊区不同种植区域桃园土壤养分特征研究[J]. 上海农业学报, 2020, 36(02): 108-113.
- CHU Changbin, ZHAO Zheng, ZHOU Deping, WU Shukang, JIN Haiyang. Soil nutrients characteristics in different cultivation area of peach orchards in Shanghai suburb[J]. Shanghai Agricultural Journal, 2020, 36(02): 108-113.
- [4] 李贵美, 彭福田, 肖元松, 张华美, 王兆燕, 王中堂. 鲁中山区桃园土壤养分状况评价与氮磷负荷风险研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2011, 42(3): 392-400.
- LI Guimei, PENG Futian, XIAO Yuansong, ZHANG Huamei, WANG Zhaoyan, WANG Zhongtang. Evaluation of soil nutrient status and N、P load risk in peach orchards at mountainous area in mid-Shandong[J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science edition), 2011, 42(3): 392-400.
- [5] 张东, 郑立伟, 韩明玉, 高琛稀, 罗文文, 马娟娟. 黄土高原成龄富士苹果园土壤养分含量标准值研究[J]. 园艺学报, 2016, 43(01): 121-131.
- ZHANG Dong, ZHENG Liwei, HAN Mingyu, GAO Chenxi, LUO Wenwen, MA Juanjuan. Studies of the standard range of the soil nutrients in apple orchard in Loess Plateau[J]. Journal of Horticulture, 2016, 43(01): 121-131.
- [6] POGULA S, TRUPTIMAYEE, MISHRA A, SAREN S, DEY P. Soil Test Based Fertilizer Recommendation for Targeted Yield of French Bean (*Phaseolus vulgaris*) under Rice-French Bean Cropping System[J]. International Journal of Bio-resource and Stress Management, 2016, 7(5): 1128-1130.
- [7] JEYABASKARAN K, MUSTAFFA M, MURUGAN V. Development and evaluation of soil-test-based fertilizer tailoring equations for Ney Poovan and Nendran bananas[J]. International Journal of Innovative Horticulture, 2013, 2(2): 142-148.
- [8] POLARA B K, HADIYAL M T, BABARIYA B N, SAKAVADIA B N, PARMAR B K. Soil Test Based Fertilizer Recommendation for Onion (*Allium cepa*L.) in Saurashtra Region of Gujarat[J]. An Asian Journal of Soil Science, 2012, 7(2): 345-349.
- [9] 杨凯, 郝锋珍, 续海红, 郭向红, 张鹏飞. 果树根系分布研究进展[J]. 中国农学通报, 2015, 31(22): 130-135.
- YANG Kai, HAO Fengzhen, XU Haihong, GUO Xianghong, ZHANG Pengfei. Research progress of the root distribution[J]. China Agriculture Bulletin, 2015, 31(22): 130-135.
- [10] 林云弟, 高静, 韩霞, 李田, 肖龙, 赵婧杰. 现代桃园省力化栽培品种与关键性技术探讨[J]. 落叶果树, 2022, 54(04): 5-8.

- LIN Yundi, GAO Jing, HAN Xia, LI Tian, XIAO Long, ZHAO Jingjie. Discussion on selection of labor-saving varieties and key cultivation techniques in modern peach orchards[J]. *Deciduous Fruit Trees*, 2022, 54 (04) : 5-8.
- [11]张进.渭北苹果园土壤养分状况调查与评价[D].西北农林科技大学, 2010.
- ZHANG Jin. Suevey and evaluation of soil nutrients in the apple orchards in Weibei highland[D]. Northwest A & F University, 2010.
- [12]赵峥, 褚长彬, 周德平, 王庆峰, 吴淑杭.上海郊区四种不同类型果园土壤养分特征研究[J].*土壤通报*, 2021, 52 (03) : 635-641.
- ZHAO Zheng, CHU Changbin, ZHOU Deping, WANG Qingfeng, WU Shuhang. Soil nutrient characteristics in four orchards of Shanghai suburb[J]. *Soil Bulletin*, 2021, 52 (03) : 635-641.
- [13]鲍士旦.土壤农化分析[M].中国农业出版社, 2000.
- BAO Shidan, *Agrochemical analysis of the soil*[M]. China Agricultural Press, 2000.
- [14]全国土壤普查办公室. 中国土壤 [M] . 北京: 中国农业出版社, 1998.
- The National Soil Census Office. *The Chinese soil*[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1998.
- [15]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 Qiping, 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]. *Journal of Horticulture*, 2011, 38 (11) : 2180-2186.
- [16]尚霄丽, 张建鹏, 李涵, 王俪睿, 杨佩星.不同施肥方式对桃生长及土壤养分的影响[J].*经济林研究*, 2018, 36 (03) : 172-175.
- SHANG Xiaoli, Zhang Jianpeng, Li Han, Wang Lirui, Yang Peixing. Effects of different fertilization methods on growth of peach and soil nutrients[J]. *Economic Forest Research*, 2018, 36 (03) : 172-175.
- [17]滑小赞, 程滨, 赵瑞芬, 侯家富, 王森, 王钊.基于主成分分析的山西省油桃主产区土壤肥力评价[J].*北方园艺*, 2023, (05) : 77-84.
- HUA Xiaozan, Cheng Bin, Zhao Ruifen, Hou Jiafu, Wang Sen, Wang Zhao. Evaluation of soil fertility in main peach production areas of Shanxi Province based on principal component analysis[J]. *Northern Horticulture*, 2023, (05) : 77-84.
- [18]禹婷.果树硝态氮和铵态氮营养研究综述[J].*安徽农学通报*, 2008, 14 (21) : 144-146.
- YU Ting. Summary of nitrate and ammonium nutrition studies in fruit trees[J]. *Anhui Agricultural Bulletin*, 2008, 14 (21) : 144-146.
- [19]黄莉, 王建伟, 吴运泽, 夏文倩, 余莉, 付帅, 杨再婷.黔东南州稻田土壤硝态氮和铵态氮含量评价[J].*安徽农业科学*, 2017, 45 (05) : 96-98+169.
- HUANG Li, WANG Jianwei, WU Yunze, XIA Wenqian, YU Li, FU Shuai. Evaluation of soil nitrate nitrogen and ammonium nitrogen in rice fields of Qiandongnan Prefecture[J]. *Anhui Agricultural Science*, 2017, 45 (05) : 96-98+169.
- [20]谷艳荣, 张海玲, 胡燕红.果园自然生草覆盖对土壤理化性状及大桃产量和品质的影响[J].*北京农业*, 2010, (S1) : 165-169.
- GU Yanrong, Zhang Hailing, Hu Yanhong. Effect of natural orchard grass cover on soil physiochemical traits and large peach yield and quality[J]. *Agriculture in Beijing*, 2010, (S1) : 165-169.
- [21]王洪, 曹婧, 毋俊华, 陈怡平.近 40 年来陕西省耕层土壤 pH 的时空变化特征[J].*中国生态农业学报*, 2021,

29 (06) : 1117-1126.

WANG Hong, CAO Jing, WU Junhua, CHEN Yiping. Spatial and temporal variability in soil pH of Shaanxi Province over the last 40 years[J]. Chinese Journal of Ecological Agriculture (Chinese and English), 2021, 29 (06) : 1117-1126.

[22]张启新, 李洁.土壤有机质与全氮相关关系分析[J].硅谷, 2010 (16) : 122+162.

ZHANG Qixin, LI Jie. Analysis of the correlation between soil organic matter and total nitrogen[J]. Silicon Valley, 2010 (16) : 122+162.

[23]王晨冰, 张帆, 赵秀梅, 王鸿, 王发林.垄膜保墒集雨对旱地桃园土壤养分及酶活性的影响[J].干旱区地理, 2018, 41 (03) : 572-581.

WANG Chenbing, Zhang Fan, Zhao Xiumei, Wang Hong, Wang Falin. Effects of the ridge mulching and soil moisture on soil nutrient and enzyme activity in dryland peach orchard[J]. Geography of Arid Region, 2018, 41 (03) : 572-581.

[24]张彦山, 罗康宁, 李耀霞, 顾群英, 付镇芳, 张晓霞, 冯海伟.宁县黄甘桃土壤养分与果实品质的典型相关性分析及优化方案[J].经济林研究, 2023, 41 (02) : 38-48.

ZHANG Yanshan, Luo Kangning, Li Yaoxia, Gu Qunying, Fu Zhenfang, Zhang Xiaoxia, Feng Haiwei. Canonical correlation analysis and optimum proposals of soil nutrients and fruit quality of Ningxian yellow-flesh peach[J]. Research on Economic Forest, 2023, 41 (02) : 38-48.

[25]王田利, 赵彦华.桃园土壤的科学化管理[J].山西果树, 2019 (05) : 85-87.

WANG Tianli, ZHAO Yanhua. Scientific management of soil in peach orchard[J]. Fruit Trees, Shanxi Province, 2019 (05) : 85-87.

[26]吴田乡, 盛婧, 朱普平, 郭智.果园生草覆盖的生态效应研究进展及展望[J].江苏农业科学, 2023, 51 (03) : 28-34.

WU Tianxiang, SHENG Jing, ZHU Puping, GUO Zhi. Reserch progress and prospect on the ecological effect of grass mulching in orchards[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2023, 51 (03) : 28-34.

[27]周鸿韬, 杜栓柱.桃园生态栽培技术规范[J].果农之友, 2023 (10) : 32-36.

ZHOU Hongtao, DU Shuanzhu. Technical specifications for ecological cultivation of peach orchards[J]. Friends of Fruit Farmers, 2023 (10) : 32-36.

[28]李婷, 王洪旭, 江姣, 贾文红, 芦金生, 哈雪姣, 宗静, 曲明山.北京设施小果型西瓜用肥情况调研报告[J].中国瓜菜, 2023, 36 (09) : 42-47.

LI ting, WANG Hongxu, JIANG Jiao, JIA Wenhong, LU Jinsheng, HA Xuejiao, ZONG Jing, QU Mingshan. The status of fertilizer application of mini-watermelon in facilities in Beijing[J]. China Cucurbits And Vegetables, 2023, 36 (09) : 42-47.

[29]陈栋, 涂美艳, 杜晋城, 谢红江, 孙淑霞, 李靖, 江国良.不同施钾量对曙光油桃产量和品质的影响[J].西南农业学报, 2010, 23 (04) : 1173-1176.

CHEN Dong, TU Meiyang, DU Jincheng, XIE Hongjiang, SUN Shuxia, LI Jing, JIANG Guoliang. Effects of potassium nutrition on yield and quality of nectarine[J]. Journal of Southwest Agriculture, 2010, 23 (04) : 1173-1176.

[30]湛琛, 同延安, 路永莉, 高义民.不同钾肥种类对苹果产量、品质及耐贮性的影响[J].植物营养与肥料学报, 2016, 22 (01) : 216-224.

CHEN Chen, TONG Yan'an, LU Yongli, GAO Yimin. Effects of different potassium fertilizers on production, quality and storability of Fuji apple[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2016, 22 (01) : 216-224.

[31]王丽娜, 于永强, 芦东旭, 唐亚坤.土壤 pH 调控固氮植物和非固氮植物间的氮转移[J].植物生态学报, 2022, 46 (01) : 1-17.

WANG Lina , YU Yongqiang , LU Dongxu , TANG Yakun. Soil pH modulates nitrogen transfer from nitrogen-fixing plants to non-nitrogen-fixing plants[J]. Journal of Plant Ecology, 2022, 46 (01) : 1-17.