

‘库尔勒香梨’园测土配方推荐施肥研究

丁邦新¹, 刘雪艳¹, 何雪菲¹, 陈波浪^{1,2}, 柴仲平^{1,2*}

(¹新疆农业大学草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052; ²新疆土壤与植物生态过程实验室, 乌鲁木齐 830052)

摘要:【目的】制定不同树龄‘库尔勒香梨’园的推荐施肥方案。【方法】以‘库尔勒香梨’为试材, 在库尔勒市大致等间距选定 100 个香梨园, 运用 GPS 定位技术进行田间调查与采样, 并结合室内养分测定, 分析不同树龄段‘库尔勒香梨’园土壤养分分布特征, 并根据养分平衡法和地力差减法制定了不同树龄‘库尔勒香梨’园的推荐施肥方案。【结果】随着树龄的增加香梨园土壤碱解氮含量表现为先升高后降低的趋势, 树龄 8~10 a(年)香梨园土壤碱解氮含量属于 5 级缺的水平, 树龄 12~15 a、16~20 a、22~25 a 香梨园土壤碱解氮含量属于 4 级平的水平。随着树龄的增加香梨园土壤有效磷含量表现为先降低后升高的趋势。不同树龄段的‘库尔勒香梨’园有效磷含量均属于 3 级平的水平。随着树龄的增加香梨园土壤速效钾含量表现为先升高后降低的趋势, 树龄 8~10、12~15 a 香梨园土壤速效钾含量属于 3 级平的水平, 树龄 16~20 a 香梨园土壤速效钾含量属于 1 级丰的水平, 树龄 22~25 a 香梨园土壤速效钾含量属于 2 级丰的水平。【结论】树龄 8~10 a 果园目标产量下氮(N)、磷(P₂O₅)、钾肥(K₂O)推荐施用量分别为 76、80、20 kg·hm⁻²。树龄 12~15 a 果园目标产量下氮(N)、磷(P₂O₅)、钾肥(K₂O)推荐施用量分别为 158、258、30 kg·hm⁻²。树龄 16~20 a 的果园目标产量下氮(N)、磷(P₂O₅)、钾肥(K₂O)推荐施用量分别为 232、374、38 kg·hm⁻²。树龄 22~25 a 的果园目标产量下氮(N)、磷(P₂O₅)、钾肥(K₂O)推荐施用量为 300、476、50 kg·hm⁻²。

关键词:‘库尔勒香梨’园; 土壤养分; 测土配方; 推荐施肥

中图分类号:S661.2

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2019)08-1020-09

Recommendation of fertilization for ‘Kuerlexiangli’ pear orchards based on soil testing

DING Bangxin¹, LIU Xueyan¹, HE Xuefei¹, CHEN Bolang^{1,2}, CHAI Zhongping^{1,2*}

(¹College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, Xinjiang, China; ²Xinjiang Key Laboratory of Soil and Plant Ecological Process, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract:【Objective】‘库尔勒香梨’梨是新疆最著名的水果之一。其果皮薄，果肉脆，营养价值高。种植区域主要分布在巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏等地。到 2016 年，‘库尔勒香梨’的种植面积已达到 51 810 hm²，已成为当地的主要水果。然而，仍有许多不合理的地方生产实践。例如，过量施肥导致土壤板结，土壤透气性下降，营养失衡，从而影响果实品质。太少的施肥会导致树木营养不良，导致生长不良，果实着色不均匀，产量低等。对不同树龄的‘库尔勒香梨’园进行了研究，制定了不同树龄的推荐施肥方案。在有机肥料的合理应用基础上，提出了氮、磷、钾元素的施肥量和施肥期，以改善‘库尔勒香梨’树的营养平衡。为树木提供了合理的补充营养，保持了‘库尔勒香梨’园的土壤肥力，为树木生长提供了足够的营养。

收稿日期:2018-11-19 接受日期:2019-04-09

基金项目:国家自然科学基金(31460548);自治区自然科学基金面上项目(2017D01A38);自治区青年科技创新人才培养工程(QN2016YX0670);土壤学新疆维吾尔自治区重点学科资助项目

作者简介:丁邦新,男,在读硕士研究生,研究方向:果树营养与施肥。Tel:13201306593,E-mail:357353092@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel:13565912598, E-mail:chaizhongpingth@sina.com

We aimed to improve the efficient use of nutrient resources in ‘Kuerlexiangli’ orchard, to promote productivity and sustainability of ‘Kuerlexiangli’, and to improve the economic returns while protecting farmland ecological environment.【Methods】‘Kuerlexiangli’ pear trees of different ages were used as the test material. 100 ‘Kuerlexiangli’ orchards at approximately equal intervals in Korla municipality were selected for sampling. The ages of the trees for the ‘Kuerlexiangli’ orchards were different. There were 13 ‘Kuerlexiangli’ orchards with trees at the age of 8-10 years, 29 at the age of 12-15 years, 45 at the age of 16-20 years, and 13 at the age of 22-25 years. GPS technology was used to conduct field investigation and sampling. Based on nutrient analysis, the soil nutrient distribution patterns in the orchards in different tree age groups were analyzed. Based on the comprehensive soil nutrient test, nutrient balance method and soil fertility subtraction method, fertilization schemes for ‘Kuerlexiangli’ orchards at different ages were recommended.【Results】Soil available nutrients in ‘Kuerlexiangli’ orchards of different ages were generally low. The minimum content of alkaline hydrolyzable N in the orchards with the tree age of 8-10 years was $56.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, and the nutrient grading was at level 5 (shortage). The highest alkaline hydrolyzable N content was found in the orchards with the tree ages of 16-20 years, which was $75.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ at level 4 (median). The content of soil alkaline hydrolyzable N in the orchards was generally low, within shortage to median level. The soil available phosphorus in 8-10 and 22-25 years old ‘Kuerlexiangli’ orchards was $11.40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ at level 3 (median), higher than the other age groups. The content of soil available phosphorus was generally low and fell in the median level. The minimum content of available potassium in the orchards with the tree ages of 8-10 years was $148 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, and the nutrient grading was at level 3. The highest available potassium content was $203 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in the ‘Kuerlexiangli’ orchards with the tree ages of 16-20 years, and the nutrient grading is at level 1 (abundant). The content of soil available potassium was relatively high at median to abundant levels.【Conclusion】Organic fertilizer (sheep manure) was applied at $18\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in orchards with 8-10 year old and 12-15 year old trees, and at $27\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in those with 16-20 year old and 22-25 year old trees. Fertilizers used included urea (N 46%), heavy superphosphate (P_2O_5 46%) and potassium sulfate (K_2O 51%). 60% urea was used as the base fertilizer before budbreak, and the remaining 40% in the early stage of fruit expansion. Phosphate and potassium fertilizers were both used as the base fertilizers and applied before budbreak. In the 8-10 year old ‘Kuerlexiangli’ orchards with average alkaline hydrolzable N of $57.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, available phosphorus of $11.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, and available potassium of $148 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in the soils, for a productivity of $17\ 936 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the recommended nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer application rates are N $76 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, K_2O $20 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. In 12-15 year old orchards with average alkaline hydrolyzable N of $63.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, available phosphorus of $10.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, and available potassium of $150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, for target productivity of $26\ 372 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the recommended nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer application rates are N $158 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $258 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, and K_2O $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. In 16-20 year old orchards with alkaline hydrolyzable N of $75.50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, available phosphorus of $10.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, and available potassium of $203 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, for target productivity of $33\ 091 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the recommended nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer application rates are N $232 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $374 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, and K_2O $38 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. In 22-25 year old orchards with alkaline hydrolzable N of $71.78 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, available phosphorus of $11.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, and available potassium of $158 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, for target productivity of $40\ 288 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the recommended nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer application rates are N $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $476 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, and K_2O $50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively.

Key words: ‘Kuerlexiangli’ pear orchard; Soil nutrients; Soil testing formula; Recommended fertilization

测土配方施肥是以土壤测试和肥料田间试验为基础,根据作物的需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应,在合理施用有机肥的基础上,提出氮、磷、钾及中、微量元素的施用数量、施用时期、施用方法的一项精准施肥技术^[1]。通过结合土壤养分含量测试值与田间试验结果来制定施肥方案,能大大提高施肥的准确性,并且能有效防止过量施肥造成的资源浪费和环境污染,降低施肥不足或不平衡对作物产量造成的影响^[2]。作物产量高低是由影响作物生长发育的诸多因子综合作用的结果,但其中必有一个起主导作用的限制因子在一定程度上制约了产量^[1],只有不断完善施肥方案,提高施肥的准确性,才能够达到肥料的最佳增产作用,提高肥料的经济效益。测土配方施肥技术的关键是调节养分的供需矛盾,根据作物实际需要,合理的补充营养元素,从而提高目标作物产量、改善品质^[3]。测土配方施肥已经成为我国一项长期性、基础性和公益性的重要工作,作为科技入户工程的第一大技术在全国范围实施推广,并且在逐年扩大项目规模^[4],在全国各地进行的大量N、P、K肥料试验,采用了现代肥料试验设计与土壤测试数据相结合的方法,形成了许多作物的推荐施肥模型^[5],并在实际运用中取得了良好的效果,叶国军^[6]在水晶梨上应用测土配方施肥,结果表明测土配方施肥能有效提高单果质量、含糖量,增强树势,延长落叶时间。罗庆华等^[7]的研究表明,测土配方施肥处理下的水蜜桃单果质量较对照组均有不同程度的提高,配方施肥各处理中水蜜桃果实硬度、可溶性固形物含量均高于对照组,配方施肥对水蜜桃总酸含量影响较大,各处理总酸含量均显著低于对照组。随着果树科学施肥的不断研究,产生了许多不同的施肥模式,地力分区(或级)配方法(经验性的);目标产量配方法(养分平衡法、地力差减法),肥料效应函数法(多因子正交回归设计法、养分丰缺指标法、氮磷钾比例法)。这些方法各有优缺点和技术特点,因此在实际应用中常以1种方法为主,配合其他方法使用。目前果树上开展最多的是肥料效应函数法和树木营养诊断法^[8]。

‘库尔勒香梨’是新疆最为出名的水果之一,种植区主要分布在新疆南疆巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏等地,至2016年为止种植面积已达到51 810 hm²,已成为该区域林果产业的主要种植树种。然而,在‘库尔勒香梨’实际生产中的施肥方面仍然存

在许多不合理的地方,如施肥过多引起土壤板结、通透性下降,造成树体营养失衡,影响果品质;施肥过少,树体养分贫乏、长势差、着色不均匀、产量低等生产实际问题。这些问题严重影响着‘库尔勒香梨’产业的可持续发展,因此本研究针对‘库尔勒香梨’进行测土配方施肥研究,以期获得其专用配方肥,为改善树体养分平衡,提高梨园养分资源的高效利用提供技术支撑,为促进‘库尔勒香梨’增产、稳产,增加经济效益及保护生态环境提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

库尔勒市位于新疆巴州地区,行政面积为7 116.9 km²,地处塔里木盆地东北边缘,北接天山支脉,南临世界第二大沙漠塔克拉玛干沙漠,海拔高度为918.7 m,暖温带大陆性干旱荒漠气候,年平均气温为10.7~11.2 ℃,最低为-28 ℃,主导风向为东北风,年均积温4 200 ℃以上,无霜期170~227 d,日照时数2 762.1~3 186.3 h,年平均降水量58.6 mm,年最大蒸发为2 788.2 mm。根据库尔勒市2015年统计资料核定全市香梨园面积为2 646.6 hm²,果园土壤类型主要为灌淤土和黄潮土。

1.2 样点布设与采样

通过收集和整理研究区域相关资料,在研究区内大致等间距选定13个树龄8~10 a、29个树龄12~15 a、45个树龄16~20 a、13个树龄22~25 a的果园,共计100个果园(单个果园面积≥1 hm²)。土壤样品于2012年9月果实成熟期进行采集,利用土钻在果树冠幅内进行土样采集(0~60 cm),每个果园采集5~8个样点并分层混合作为1个样品(图1)。同时对采集土壤样品的香梨树进行单株测产,准确数出每株树所结的果实总数,在每株香梨树上随机取鲜果5~10个,分别称重,取平均值即为其单果质量,以每棵树的结果总数与这棵树的平均单果质量之积计算单株产量,测得单株产量后折合hm²产量^[9]。

1.3 样品测定

土壤样品采集完成后,经过风干、研磨、过筛、混匀、装瓶处理待测定分析时用。土壤养分指标均采用常规分析方法测定^[10],利用碱解扩散法测定碱解氮含量,利用钼锑抗比色法测定有效磷含量,利用火焰光度计法测定速效钾含量。

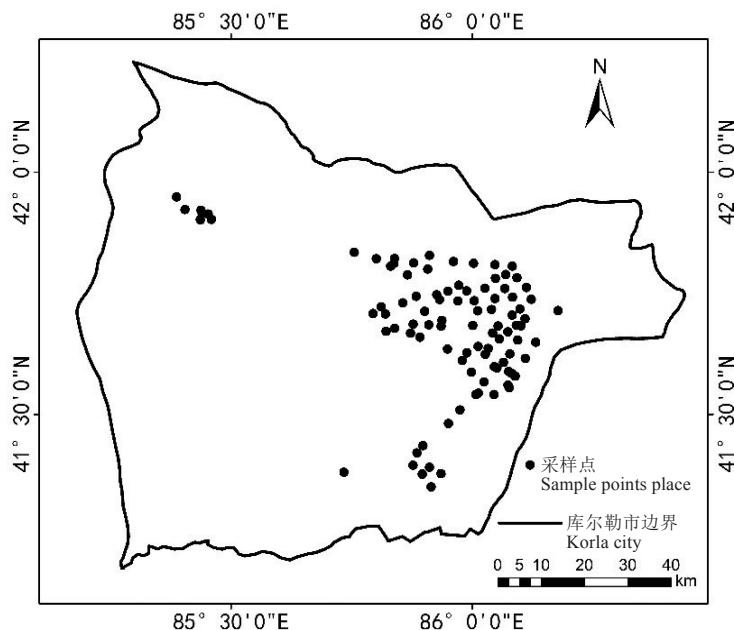


图1 ‘库尔勒香梨’园样点分布

Fig. 1 The sampling point distribution of ‘Kuerlexiangli’ pear orchards in Korla municipality

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS19.0 进行数据处理与分析。最终根据养分平衡法和地力差减法制定‘库尔勒香梨’专用肥配方^[13]。

$$\text{施肥量} = \frac{\text{目标产量需肥总量} - \text{土壤供肥量}}{\text{肥料中养分含量} \times \text{肥料当季利用率}} \quad (1)$$

(1) N、P 养分需求总量(即纯养分施肥量)的确定计算方法如下:

$$\text{施肥量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \frac{\text{库尔勒香梨目标产量需肥总量} - \text{土壤供肥量}}{\text{肥料当季利用率}} \quad (2)$$

$$\text{目标产量所需养分总量} (\text{kg}/\text{hm}^2) = \frac{\text{每公顷产量}}{\text{树体形成1 kg果实需吸收的养分质量}} \quad (3)$$

$$\text{土壤供肥量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \frac{\text{土壤养分测定值} \times 150000 \times 15 \times 3 \times \text{有效养分校正系数}}{1000000} \quad (4)$$

150 000 为 666.7 m² 农田土壤耕作层土壤质量, 单位 kg;

土壤养分测定值: 剖面 0~60 cm 处养分均值, 即乘系数 3。

(2) 果实吸收 K 的量:

果实带走 K 养分的量 =

$$\frac{\text{每公顷产量} \times 1 \text{ kg 香梨从土壤中带走的 K 养分质量} \times \text{香梨干物质比重} 0.16}{1000} \quad (5)$$

2 结果与分析

2.1 不同树龄‘库尔勒香梨’园土壤速效养分含量

依据 100 个‘库尔勒香梨’园所采集的土样的检测结果, 计算各香梨园土壤养分含量的平均值, 以此结果代表各香梨园的土壤养分检测结果, 并依据表 1 对土壤养分进行分级。

由表 1、表 2 可知, 随着树龄的增加香梨园土壤碱解氮含量表现为先升高后降低的趋势, 在树龄为 8~10 a 的梨园土壤碱解氮含量最低 56.7 mg·kg⁻¹, 在树龄为 16~20 a 的梨园土壤碱解氮含量最高 75.5 mg·kg⁻¹。树龄为 16~20 a 的梨园土壤碱解氮含量与

表 1 土壤养分分级标准^[11-12]Table 1 The classification standards of soil nutrients^[11-12]

养分名称 Nutrients name	分级标准 Classification standard					
	丰 Abundant		平 Average		缺 Lack	
	1	2	3	4	5	6
碱解氮 Alkaline hydrolysis N/(mg·kg ⁻¹)	≥ 150	120~150	90~120	60~90	30~60	<30
有效磷 Available phosphorus/(mg·kg ⁻¹)	≥ 40	20~40	10~20	5~10	3~5	<3
速效钾 Available potassium/(mg·kg ⁻¹)	≥ 200	150~200	100~150	50~100	30~50	<30

表2 不同树龄‘库尔勒香梨’园土壤速效养分含量

Table 2 The soil available nutrient contents in ‘Kuerlexiangli’ pear orchards with different tree ages

树龄 Tree age/a	w(土壤养分)Soil nutrients/(mg·kg⁻¹)				预测产量 Forecast production/(kg·hm⁻²)
	碱解氮 Alkaline hydrolyzable N	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium		
8~10	56.7±6.8 b	11.4±2.7 a	148±21 b	1 4947±1 246 d	
12~15	63.3±3.1 b	10.0±2.6 a	150±12 b	2 1977±1 383 c	
16~20	75.5±6.0 a	10.2±3.8 a	203±19 a	2 7576±1 895 b	
22~25	71.8±2.9 a	11.4±4.6 a	158±16 b	3 3573±1 405 a	

注: 同列不同小写字母分别表示各处理间差异显著($p < 0.05$)。下同。

Note: Different small letters in the same column meant significant difference among treatments at $p < 0.05$ level. The same below.

树龄8~10、12~15 a的香梨园土壤碱解氮含量存在显著性差异,与树龄22~25 a的梨园土壤碱解氮含量无显著性差异。树龄8~10 a的梨园土壤碱解氮的养分分级属于5级缺的水平,树龄12~15 a、16~20 a、22~25 a的梨园土壤碱解氮的养分分级均属于4级平的水平。随着树龄的增加香梨园土壤有效磷含量表现为先降低后升高的趋势。在树龄为12~15 a的梨园土壤有效磷含量最低 $10.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,在树龄为8~10、22~25 a的梨园土壤有效磷含量最高 $11.40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。不同树龄段的梨园有效磷含量无显著性差异,养分分级均属于3级平的水平。随着树龄的增加香梨园土壤速效钾含量表现为先升高后降低的趋势,在树龄为8~10 a的梨园土壤速效钾含量最低 $148 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,在树龄为16~20 a的梨园土壤速效钾含量最高 $203 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。树龄为16~20 a的香梨园土壤中速效钾含量与树龄8~10 a、12~15 a和22~25 a的香梨园土壤速效钾含量存在显著性差异。树龄8~10 a、12~15 a梨园土壤速效钾的养分分级属于3级平的水平,树龄16~20 a的梨园土壤速效钾的养分分级属于1级丰的水平,树龄22~25 a的梨园土壤速效钾的养分分级属于2级丰的水平。

依据实际调查所获得的不同树龄香梨产量进行

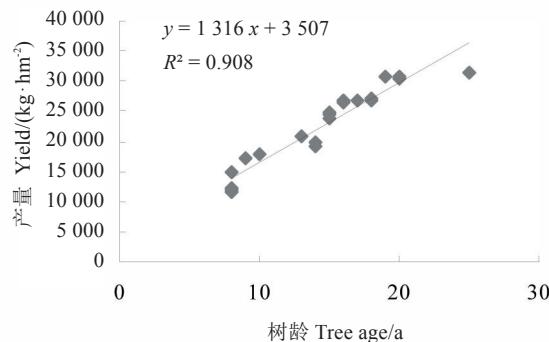


图2 ‘库尔勒香梨’树龄与产量的线性关系

Fig. 2 The linear relationship between yield and tree age of ‘Kuerlexiangli’ pear

香梨产量与树龄之间的线性回归分析(图2),建立香梨产量预测模型: $y = 1316x + 3507 (R^2 = 0.908)$ ($8 \leq x \leq 25$),其中y代表产量,x代表树龄。*‘库尔勒香梨’*树龄在22~25 a时获得最大产量平均值为 $33573 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.2 不同树龄‘库尔勒香梨’园目标产量与施肥量

‘库尔勒香梨’的目标产量按预测产量的120%计算。N、P、K养分校正系数和肥料利用率,根据田间试验结果^[14],N、P、K养分校正系数为0.18、0.28、0.13,肥料利用率为52.22%、20.78%、216.5%。目标产量下,‘库尔勒香梨’的需肥量依据其形成单位产量的养分效率来计算。*‘库尔勒香梨’*N、P、K养分效率分别为 165.10 、 622.51 、 $121.24 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$,由于K的肥料利用率为216.5%且土壤中钾的含量相对较高,因此K的需肥量按果实带走的养分进行归还,每形成 1000 kg ‘库尔勒香梨’需吸收钾 6.05 kg ,所以其单位产量带走K的量按 $6.05 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 计算^[15]。香梨的施肥量,依据目标产量下其需肥量、果园土壤的供肥能力以及肥料利用效率和养分校正系数来计算。

由表3可知,随着树龄和目标产量的增加,‘库尔勒香梨’对养分N、P、K的需肥量也在增加,且不同树龄段之间差异较为显著。这是由于树龄与产量呈正相关的关系,产量增大、地上部生物量增多,树体的养分需求也逐渐增大。不同树龄目标产量下对养分N的需求为 $109\sim244 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,施N为 $76\sim300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,‘库尔勒香梨’对养分N的需求值与施肥值之间增减的变化幅度相对较小,主要是因为与其他养分元素相比香梨园土壤供氮能力相对较强且氮肥利用率相对较高所导致。不同树龄目标产量下对养分P的需求为 $29\sim65 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,施P为 $35\sim207 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,‘库尔勒香梨’对养分P的需求值与施肥值之间增减的变化幅度相对较大,主要是因为与其他养分元素相比香梨园土壤供磷能力相对较强和磷肥利

表3 不同树龄‘库尔勒香梨’园目标产量下的施肥量

Table 3 The fertilization volume for target productivity of ‘Kuerlexiangli’ pear orchards with different tree ages

树龄 Tree age/a	目标产量 Target yield/(kg·hm ⁻²)	需肥量 Fertilizer needed/(kg·hm ⁻²)			施肥量 Fertilization/(kg·hm ⁻²)		
		N	P	K	N	P	K
8~10	17 936±1 495 d	109±9 d	29±2 d	17±1 d	76±24 c	35±22 c	17±1 d
12~15	26 372±1 660 c	160±10 c	42±3 c	26±2 c	158±25 b	113±29 b	26±2 c
16~20	33 091±2 274 b	200±14 b	53±4 b	32±2 b	232±34 a	163±36 ab	32±2 b
22~25	40 288±1 687 a	244±10 a	65±3 a	39±2 a	300±40 a	207±50 a	39±2 a

用率相对较低所导致。不同树龄目标产量下对养分 K 的需求为 17~39 kg·hm⁻², 施 K 范围和需 K 范围保持一致, 主要是因为与其他养分元素相比香梨园土壤供钾能力较强, 钾肥利用率也较高, 所以钾的需求量和施用量是以果实形成所带走的钾的量为依据而导致。

2.3 不同树龄‘库尔勒香梨’园推荐施肥量

化肥肥料选用尿素(N 46%)、重过磷酸钙(P₂O₅

46%)和硫酸钾(K₂O 51%)。尿素 60% 做基肥在果树萌芽前施用, 剩余 40% 在膨果前期追施。磷肥和钾肥全部做基肥, 在萌芽前一次性施入。由表 4 可知, 不同树龄目标产量下推荐 N 的基施为 46~180 kg·hm⁻², 追施为 30~120 kg·hm⁻²。P₂O₅ 和 K₂O 都做基肥施用, 推荐范围分别为 80~476 kg·hm⁻² 和 20~50 kg·hm⁻²。树龄为 8~10 a、12~15 a、16~20 a 和 22~25 a 的梨园 N、P₂O₅、K₂O 的推荐施肥总量分别为

表4 不同树龄‘库尔勒香梨’园推荐施肥量

Table 4 The recommended fertilization volumes in ‘Kuerlexiangli’ pear orchards with different tree ages

树龄 Tree ages/a	施肥量 Fertilization/(kg·hm ⁻²)			基肥施肥量 Basal fertilization/(kg·hm ⁻²)			追施 N 肥量 Chasing fertilization of N/(kg·hm ⁻²)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
8~10	76±24 c	80±51 c	20±2 d	46±14 c	80±51 c	20±2 d	30±10 c
12~15	158±25 b	258±65 b	30±2 c	95±15 b	258±65 b	30±2 c	63±10 b
16~20	232±34 a	374±83 ab	38±3 b	140±20 a	374±83 ab	38±3 b	92±14 a
22~25	300±40 a	476±114 a	50±2 a	180±24 a	476±114 a	50±2 a	120±16 a

176、446、644、826 kg·hm⁻²。

3 讨论

3.1 ‘库尔勒香梨’园土壤速效养分现状特征

‘库尔勒香梨’园施肥缺乏针对性、科学性,普遍存在根据经验盲目施肥的现象^[16], 果农为了获得高产, 向土壤中施用较多的肥料, 而果树对养分需求是有限的, 随着肥料投入量的增加, 肥料利用率则出现逐年递减的趋势, 施用的越多损失越多^[2]。氮肥一部分被树体吸收, 一部分残留在土壤中并易随水流失造成环境污染, 磷、钾元素在土壤中移动性相对较小, 被土壤胶体固定后残留于土壤中, 果园土壤中的有效养分因为过度施肥而增加^[17]。‘库尔勒香梨’园土壤速效养分(氮、磷、钾)含量因种植年限不同会产生一定差异, 不同的速效养分随着树龄的增加表现出不同变化趋势, 这主要是因为区域环境和栽培、施肥等管理方式的影响而造成的。‘库尔勒香梨’园土壤碱解氮含量的变化表现为先升高后降低的趋势,

与蔡金良^[18]、李志军^[19]、秦晓飞^[20]等的研究结果一致。这主要是与其长期施用化肥有关, 并且随着树龄的增加果园的施肥量也在增加, 树体的凋落物也逐渐增多, 凋落物作为绿肥回到土壤中, 使得土壤中的养分并没有随着树龄的增大而减少。碱解氮含量在树龄 22~25 a 时出现下降的趋势, 这主要是由于‘库尔勒香梨’在树龄 22~25 a 时生长旺盛, 进入盛果期, 与香梨产量预测模型相印证, ‘库尔勒香梨’在树龄为 22~25 a 时获得最大产量的平均值为 33 573 kg·hm⁻²。因而树体生长对养分的吸收增加、果实生长对养分消耗增大, 从而导致土壤养分含量开始下降^[21]。‘库尔勒香梨’园土壤有效磷含量的变化呈先降低后升高的趋势, 与蔡葵等^[22]在不同树龄胶园中的研究结果一致, 这可能是由于随着树龄的增加, 树体对磷的吸收量也在不断增加, 土壤中的养分含量逐渐减少。树龄 22~25 a 的‘库尔勒香梨’树进入盛果期后, 土壤有效磷含量理应保持下降趋势, 但根据实际调查, 进入盛果期的梨园往往会得到更好的水

肥管理,注重有机肥施用量,土壤理化性质得到了改善,而植物所需磷素的唯一来源是通过根系从土壤中吸收的,土壤的理化性状对土壤磷的形态、有效性和供应潜力有着很大程度上的影响^[23],从而导致有效磷的含量在树龄为22~25 a的香梨园有增高的趋势。*‘库尔勒香梨’园土壤速效钾含量的变化呈先升高后降低的趋势,而李佳昊^[24]在渭北旱源的苹果园中发现土壤速效钾含量随着苹果种植年限呈一直增长的趋势,这可能是由于气候、母质以及栽培管理方式的不同而造成的。*‘库尔勒香梨’园土壤中的速效钾较为丰富,刘茂等^[11]的研究表明,库尔勒全市香梨园速效钾含量大部分集中在二等肥力范围,占香梨园总面积的74.5%,其余分别分布在一等肥力、三等肥力与四等肥力肥力范围,分别占6.2%、11.5%与7.8%,再加上果园长期施用化肥并随着树龄的增加不断增大施肥量,速效钾呈现先升高的趋势,进入盛果期后,养分需求量增大,土壤中的速效钾被树体吸收,含量又开始下降。**

3.2 ‘库尔勒香梨’园推荐施肥方案

新疆库尔勒市是*‘库尔勒香梨’*的主产区之一,合理施用肥料是*‘库尔勒香梨’*增产、稳产的必要前提。通过测土配方施肥,可以有效地诊断出当地限制作物产量的养分因子,为制定作物经济、合理、高产的施肥制度提供科学依据,从而提高施肥的针对性^[25-26]。根据测土配方施肥的研究结果,*‘库尔勒香梨’园目标产量下N的推荐施肥量为76~300 kg·hm⁻²,P₂O₅的推荐施肥量为80~476 kg·hm⁻²,K₂O的推荐施肥量为20~50 kg·hm⁻²。*‘库尔勒香梨’*目标产量下的N肥施用量与杨婷婷等^[27]以产量为目标时的推荐施肥量相符合,梨园的施氮量应控制在300 kg·hm⁻²以内。王成等^[28]的研究表明,在*‘库尔勒香梨’园尿素施用量为300 kg·hm⁻²时,N₂O排放系数最小*。由此可见,无论是以产量为目标还是以环境保护为目标,N的推荐施肥量都是合理的。柴仲平等^[9,29]的研究以香梨产量和内部品质指标中的还原糖和维生素C含量为生产目标时P₂O₅、K₂O的推荐施用范围分别为250~375 kg·hm⁻²、50~75.0 kg·hm⁻²。本研究中*‘库尔勒香梨’*目标产量下P₂O₅的推荐施用范围与其推荐P₂O₅的施用量范围有重叠区间,说明本研究中推荐P₂O₅的施用量对于提高香梨产量和果实内部品质也有较好的效果。而K₂O的推荐施用量与其推荐范围有重合点。本研究依据测土配方结*

果推荐的N、P₂O₅、K₂O施用量的范围都较大,这主要是因为测土配方推荐施肥是针对树龄8~25 a*‘库尔勒香梨’园*,而柴仲平等^[9,29]是针对树龄20 a左右的*‘库尔勒香梨’园*进行的研究。另外有机肥中除含有N、P、K及各种微量元素外,还含有大量的有益微生物和有机胶体,可以减少化肥损失,提高化肥利用率,提高土壤生物酶的活性,促进养分的转化,具有改土保肥等作用^[30]。胡诚等^[31]经7 a的研究发现,长期施用生物有机肥的土地土壤肥力有明显提高。柴仲平等^[32]在*‘库尔勒香梨’*施用有机肥的试验研究中表明,施用有机肥(羊粪)18 000 kg·hm⁻²时对树龄8~10 a和12~15 a的*‘库尔勒香梨’*增产和改善品质的效果最佳。施用有机肥(羊粪)27 000 kg·hm⁻²时,对树龄16~20 a和22~25 a的*‘库尔勒香梨’*增产和改善品质的效果最佳。因此*‘库尔勒香梨’*的科学合理施肥要在应用测土配方推荐施肥的基础上配合有机肥同时施用。

4 结 论

不同树龄的*‘库尔勒香梨’园土壤速效养分总体偏低*。其中香梨园土壤碱解氮含量较低,速效磷含量处于中等水平,速效钾含量丰富。不同树龄*‘库尔勒香梨’*目标产量下推荐N的基施范围为46~180 kg·hm⁻²,追施范围为30~120 kg·hm⁻²。P₂O₅和K₂O都做基肥施用,推荐范围分别为80~476 kg·hm⁻²和20~50 kg·hm⁻²。

参考文献 References:

- [1] 王立平. 测土配方施肥技术基本原理、方法、原则及主要过程[J]. 北京农业, 2007, 4(10): 43-44.
WANG Liping. Basic principles, methods, principles and main processes of soil testing and formula fertilization technology[J]. Beijing Agriculture, 2007, 4(10): 43-44.
- [2] 胡政权, 周稷. 肥料发展与科学施用探讨[J]. 中国农资, 2011, 8(8): 53-54.
HU Zhengquan, ZHOU Ji. Discussion on fertilizer development and scientific application[J]. Chinese Agricultural Resources, 2011, 8(8): 53-54.
- [3] 刘哲, 张瑞庆, 王欢元. 养分平衡法在水稻测土推荐施肥中的应用[J]. 西部大开发(土地开发工程研究), 2018, 3(2): 65-70.
LIU Zhe, ZHANG Ruiqing, WANG Huanyuan. Application of nutrient balance method in recommended fertilization for rice soil testing[J]. Western Development (Land Development Engineering Research), 2018, 3(2): 65-70.
- [4] 罗小娟, 冯淑怡, 石晓平, 曲福田. 太湖流域农户环境友好型技

- 术采纳行为及其环境和经济效应评价-以测土配方施肥技术为例[J]. 自然资源学报,2013,28(11): 1891-1902.
- LUO Xiaojuan, FENG Shuyi, SHI Xiaoping, QU Futian. Farm households' adoption behavior of environment friendly technology and the evaluation of their environmental and economic effects in Taihu Basin-taking formula fertilization by soil testing technology as an example[J]. Journal of Natural Resources, 2013,28(11): 1891-1902.
- [5] 曾素养,罗明,陆贵珍. 测土配方施肥“3414”完全试验结果初报[J]. 吉林农业,2011,23(7): 79.
- ZENG Suyang, LUO Ming, LU Guizhen. Preliminary report on the complete test results of soil testing formula fertilization “3414”[J]. Jilin Agriculture, 2011,23(7): 79.
- [6] 叶国军. 广东连州水晶梨测土配方施肥的田间调研与应用[J]. 农业工程技术,2017,37(14): 28-30.
- YE Guojun. Field investigation and application of soil testing and fertilization in Lianzhou Crystal Pear[J]. Agricultural Engineering Technology, 2017,37(14): 28-30.
- [7] 罗庆华,唐敦义,曹庆良,梁东. 测土配方施肥对水蜜桃桃园土壤理化性质和果实品质的影响[J]. 北方园艺,2017,41(22): 113-119.
- LUO Qinghua, TANG Dunyi, CAO Qingliang, LIANG Dong. Effects of formulated fertilization on soil physicochemical properties and fruit quality of ‘Ball Peach’ [J]. Northern Horticulture, 2017,41(22): 113-119.
- [8] 孙钊,高祥照. 果树测土配方施肥技术现状与建议[J]. 中国农业信息,2009,21(11):16-18.
- SUN Zhao, GAO Xiangzhao. Current status and suggestions on soil fertilization and formula fertilization technology[J]. China Agricultural Information, 2009,21(11) : 16-18.
- [9] 柴仲平,王雪梅,陈波浪,盛建东,刘茂,皇孝振. 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.
- CHAI Zhongping, WANG Xuemei, CHEN Bolang, SHENG Jiandong, LIU Mao, HUANG Xiaozhen. Influences of different treatments of N, P, K fertilization proportion on fruit quality in Pyrus brestschniederi[J]. Nonwood Forest Research, 2013, 31 (3): 154-157.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社,2000: 25-114.
- BAO Shidan. Soil and agricultural chemistryanalysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 25-114.
- [11] 刘茂,王雪梅,陈波浪,柴仲平,丁阔,王成. 库尔勒市香梨园土壤肥力评价[J]. 经济林研究,2015,33(3): 93-98.
- LIU Mao, WANG Xuemei, CHEN Bolang, CHAI Zhongping, DING Kuo, WANG Cheng. Soil fertility evaluation of fragrant pear orchard in Korla City[J]. Nonwood Forest Research, 2015, 33(3): 93-98.
- [12] 徐超,王雪梅,陈波浪,柴仲平,丁阔,霍凯丽. 不同树龄‘库尔勒香梨’园土壤养分的特征[J]. 果树学报,2016,33(3): 275-282.
- XU Chao, WANG Xuemei, CHEN Bolang, CHAI Zhongping, DING Kuo, HUO Kaili. Research on the characteristics of soil nutrients in a ‘Korla Fragrant Pear’ orchard with different ages for the trees[J]. Journal of Fruit Science, 2016 ,33(3): 275-282.
- [13] 刘方华. 水稻高产高效测土配方施肥最佳 NPK 用量研究[D]. 重庆: 西南大学,2014.
- LIU Fanghua,Research about the best NPK fertilizer rate ofhigh-efficient and high-yield rice soil testing[D]. Chongqing: Southwest University, 2014.
- [14] 柴仲平,陈波浪,蒋平安,盛建东,刘茂,沈幸,丁阔. ‘库尔勒香梨’施肥效应参数研究[J]. 果树学报,2014,31(3): 423-429.
- CHAI Zhongping, CHEN Bolang, JIANG Pingan, SHENG Jiandong, LIU Mao, SHEN Xing, DING Kuo. Parameters of fertilization effect on ‘Korla Fragrant Pear’ tree[J]. Journal of Fruit Science, 2014,31(3): 423-429.
- [15] 柴仲平,王雪梅,陈波浪,蒋平安,盛建东,刘茂. 库尔勒香梨年生长期生物量及养分积累变化规律[J]. 植物营养与肥料学报, 2013,19(3): 656-663.
- CHAI Zhongping, WANG Xuemei, CHEN Bolang, JIANG Ping'an, SHENG Jiandong, LIU Mao. Annual biomass and nutrient accumulation of Korla fragrant pear [J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2013,19(3): 656-663.
- [16] 康占稳. 果园施肥存在的问题及发展对策[J]. 中国果菜, 2017,37(6): 46-48.
- KANG Zhanwen. Problems and countermeasures of fertilization in orchard[J]. Chinese Fruit and Vegetable, 2017,37(6): 46-48.
- [17] 王芬,田歌,彭玲,何流,刘晓霞,葛顺峰,姜远茂. 富士苹果营养转换期肥料氮去向和土壤氮库盈亏研究[J]. 水土保持学报, 2017,31(4): 254-258.
- WANG Fen, TIAN Ge, PENG Ling, HE Liu, LIU Xiaoxia, GE Shunfeng, JIANG Yuanmao. Study on fertilizer nitrogen fate and soil nitrogen pool budget during nutrition transformation period of Fuji apple[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2017,31(4):254-258.
- [18] 蔡金良. 不同树龄的红松对土壤养分含量的影响[J]. 安徽农学通报,2017,23(11): 126,147.
- CAI Jinliang. Effects of different ages of Pinus koraiensis on soil nutrient contents[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2017,23(11): 126,147.
- [19] 李志军. 植年限对新疆南部果园土壤养分及有机碳组分的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学,2016.
- LI Zhijun. Effect of planting years in southern Xinjiang orchard soil nutrients and organic carbon components[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University,2016.
- [20] 秦晓飞. 不同树龄苹果园土壤特征及施沼液对土壤理化特性影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学,2012.
- QIN Xiaofei. Soil characteristics of apple orchards with different

- ages and effects of biogas slurry on soil physical and chemical properties[D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2012.
- [21] 王静,呼丽萍,李昶,李志鹏.种植年限对樱桃园土壤养分和酶活性的影响[J].水土保持通报,2013,33(4):155-158,165.
WANG Jing, HU Liping, LI Chang, LI Zhipeng. Effects of planting period on soil nutrient and soil enzyme activities in cherry orchards[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013, 33 (4): 155-158,165.
- [22] 蔡葵,蒋菊生,彭宗波,赵春梅,王春燕,牟彬彬,王章.不同树龄胶园土壤养分分布规律研究[J].林业资源管理,2015,44(4):92-97,103.
CAI Kui, JIANG Jusheng, PENG Zongbo, ZHAO Chunmei, WANG Chunyan, MOU Binbin, WANG Zhang. Study on distribution of nutrients in rubber plantations of different ages[J]. Forestry Resources Management, 2015, 44(4): 92-97,103.
- [23] 王庆仁,李继云,李振声.高效利用土壤磷素的植物营养学研究[J].生态学报,1999,19(3):129-133.
WANG Qingren, LI Jiyun, LI Zhensheng. Plant nutrition research on efficient utilization of soil phosphorus[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(3): 129-133.
- [24] 李佳昊.栽植年限对苹果园土壤肥力和生物学性状的影响及衰老果园土壤修复技术研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2018.
LI Jiahao. Effects of planting years on soil fertility and biological characteristics of apple orchard and soil restoration techniques in senescent orchards [D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry, 2018.
- [25] 刘艳飞.基于测土配方施肥试验的肥料效应与最佳施肥量研究[D].武汉:华中农业大学,2008.
LIU Yanfei. Study on fertilizer response and optimum fertilizer rate by soil testing and fertilizer recommendation experiments [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008.
- [26] 林木森,王娟,范志荣,李芹,李伟,罗国红,白永平,权正韬,常仕代.云南河口山地香蕉测土配方施肥的田间肥料效应研究[J].热带农业科学,2017,37(6): 18-22,30.
LIN Musen, WANG Juan, FAN Zhirong, LI Qin, LI Wei, LUO Guohong, BAI Yongping, QUAN Zhengtao, CHANG Shidai. Field fertilizer efficiency trial based on soil testing and fertilizer recommendation for banana plantations in the mountainous areas in Hekou, Yunnan Province[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2017, 37(6): 18-22,30.
- [27] 杨婷婷,王庆惠,陈波浪,柴仲平,王成,王前登,张学涛.不同施氮水平对库尔勒香梨园土壤无机氮分布的影响[J].经济林研究,2017,35(4):80-89.
YANG Tingting, WANG Qinghui, CHEN Bolang, CHAI Zhongping, WANG Cheng, WANG Qiandeng, ZHANG Xuetao. Effects of different nitrogen application levels on distribution of soil inorganic nitrogen in Korla fragrant pear orchard[J]. Economic Forest Research, 2017, 35 (4): 80-89.
- [28] 王成,陈波浪,玉素甫江·玉素音,王前登,柴仲平,刘雪艳.不同施氮水平对‘库尔勒香梨’园土壤 N₂O 排放的影响[J].果树学报,2018,35(11): 1353-1362.
WANG Cheng, CHEN Bolang, YUSUFUJIANG Yusuyin, WANG Qiandeng, CHAI Zhongping, LIU Xueyan. Effects of different nitrogen application levels on nitrous oxide emission from the soil of a ‘Kuerlexiangli’ pear orchard[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(11): 1353-1362.
- [29] 柴仲平,王雪梅,蒋平安,盛建东,盛立超.氮、磷、钾配施对库尔勒香梨长势与产量的影响[J].核农学报,2013,27(7): 1048-1053.
CHAI Zhongping, WANG Xuemei, JIANG Ping'an, SHENG Jiandong, SHENG Lichao. Influence on growth and yield of Korla fragrant pear under different treatments of N, P, K [J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2013, 27(7): 1048-1053.
- [30] 李健敏.山东省耕地施肥状况分析及最佳施肥参数研究[D].泰安:山东农业大学,2018.
LI Jianmin. Analysis of fertilization status and optimum parameters of cultivated land in Shandong Province[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2018.
- [31] 胡诚,刘东海,乔艳,刘友梅,李双来,陈云峰.施用生物有机肥对土壤酶活性及作物产量的影响[J].华北农学报,2017,32(增刊): 308-312.
HU Cheng, LIU Donghai, QIAO Yan, LIU Youmei, LI Shuanglai, CHEN Yunfeng. Effect of biological organic manure on soil enzyme activity and crop yields[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2017, 32(Suppl.): 308-312.
- [32] 柴仲平,王雪梅,陈波浪,孙霞,盛建东,丁阔.不同有机物料对库尔勒香梨长势和产量的影响[J].水土保持通报,2013,33 (5): 113-117.
CHAI Zhongping, WANG Xuemei, CHEN Bolang, SUN Xia, SHENG Jiandong, DING Kuo. Effect of different organic materials on growth and yield of Korla Fragrant Pear [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013, 33(5): 113-117.