

秦岭北麓猕猴桃果园施肥现状与评价

—以周至县俞家河流域为例

路永莉^{1,2}, 康婷婷^{1,2}, 张晓佳^{1,2}, 高晶波^{1,2}, 陈竹君^{1,2}, 周建斌^{1,2*}

(1 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2 农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西杨凌 712100)

摘要: 【目的】秦岭北麓是陕西省优质猕猴桃(*Actinidia deliciosa*)适栽区和分布最为集中的区域之一。摸清该地区猕猴桃果园的施肥现状、养分输入特征和养分管理中存在的问题,对于提高果品质量、增加果农经济收益和规范猕猴桃产业良好发展具有重要意义。【方法】秦岭北麓猕猴桃主产区俞家河流域是一个典型的闭合流域。采用实地走访结合问卷记录的方式,于2012~2013年连续两年调查了该流域内240余个果园的生产和养分管理现状。调查内容主要包括:建园基本情况、果园面积、主栽品种、树龄、栽种密度、施肥量、肥料品种、施肥时期、施肥方法、果实产量和灌溉等。根据调查果园的实际肥料投入量和各肥料产品中标注的有效养分含量,计算化肥中各养分的投入量;根据《中国有机肥料养分志》提供的标准值,计算有机肥提供的养分量。结合该区域文献资料推荐的果园肥料用量最终确定了果园的合理施肥量,并以此为标准对该流域果园养分投入现状进行了初步评价。【结果】通过实际调查和文献资料汇总,当猕猴桃产量在24~42 t/hm²时,建议化肥用量分别为:N 375~500 kg/hm², P₂O₅ 186~266 kg/hm², K₂O 286~350 kg/hm²,有机肥用量为30000~65000 kg/hm²,N:P₂O₅:K₂O养分比例约为1:0.5:0.73。果园养分投入评价结果显示,流域内果园有机肥投入比例及用量严重不足。其中,完全不施有机肥的果园占36.4%,即使在施用有机肥的果园中,亦有94.3%的果园有机肥投入不足,其提供养分的比例不足总养分的30%。化学氮肥投入量普遍偏高,平均为N 891 kg/hm²。氮肥投入合理(N 375~500 kg/hm²)的比例仅为5.0%,过量(N 500~750 kg/hm²)的比例22.7%,过高(N > 750 kg/hm²)的比例高达59.1%。磷肥投入合理(P₂O₅ 186~266 kg/hm²)的比例为19.4%,不足(P₂O₅ < 186 kg/hm²)和过量(P₂O₅ > 266 kg/hm²)的比例分别为28.9%和51.7%。钾肥投入合理(K₂O 286~350 kg/hm²)的比例仅为10.7%,不足(K₂O < 286 kg/hm²)的比例为30.6%,过量(K₂O > 350 kg/hm²)的比例为58.7%。【结论】秦岭北麓俞家河流域猕猴桃果园有机肥投入严重不足。氮肥过量投入问题严重,过量比例高达81.8%。磷、钾肥过量和不足现象并存。因此,在今后该区域果树养分管理中,应大力增加有机肥投入量和施用比例,大幅度降低氮肥用量,同时合理引导磷、钾肥的科学施用。另外,因研究区耕地多以坡地为主,优化养分管理和减少养分损失带来的农业面源污染问题也是今后重点研究的方向。

关键词: 秦岭北麓; 猕猴桃; 施肥现状; 果园

中图分类号: S661.1

文章标识码: A

文章编号: 1008-505X(2016)02-0380-08

Evaluation of current fertilization status in kiwifruit orchards on the northern slope of Qinling Mountains: A case study of Yujiahe catchment, in Zhouzhi County

LU Yong-li^{1,2}, KANG Ting-ting^{1,2}, ZHANG Xiao-jia^{1,2}, GAO Jing-bo^{1,2}, CHEN Zhu-jun^{1,2}, ZHOU Jian-bin^{1,2*}

(1 College of Resources and Environmental Science, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2 Key Laboratory of Plant Nutrition and the Agri-environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling 712100, China)

Abstract: 【Objectives】The northern slope region of the Qinling Mountains is suitable for kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cultivation, and now has developed large area of Kiwi orchards in Shaanxi Province. Therefore, investigating the current nutrient inputs and the problems in kiwifruit orchards is of great significance for increasing

收稿日期: 2014-09-10 接受日期: 2015-04-07 网络出版日期: 2015-04-21

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目课题(2012BAD15B04); 高等学校学科创新引智计划(B12007)项目资助。

作者简介: 路永莉(1987—), 女, 甘肃白银人, 博士研究生, 主要从事果园养分综合管理及农业面源污染防控方面的研究。

E-mail: yongli1210@126.com。

* 通信作者 Tel: 029-87082793, E-mail: jbzhou@nwsuaf.edu.cn

fruit quality, generating farmers' income and promoting industrial development in this region. **【Methods】** The Yujiahe River catchment is a typical and relatively isolated catchments on the northern slope of the Qinling Mountains. More than 240 kiwifruit orchards were surveyed face-to-face, combined with questionnaire records in two consecutive years (2012 and 2013). The investigated items included orchard basic situations, planting area, fruit varieties, tree ages, densities, fertilizer rates, fertilizer varieties, fertilizer nutrient content, fertilization methods, fruit yield and irrigation. The nutrient input from chemical fertilizers in kiwifruit orchards were calculated according to the actually surveyed chemical fertilizer application rates and the nutrient content labeled on these fertilizers. The nutrient input from organic fertilizer were calculated based on the standards provided by the Chinese Organic Fertilizer Nutrients Record. The reasonable fertilizer rates in kiwifruit orchards were determined on the basis of our study in combination with the regional literatures, and further the nutrients input status were evaluated. **【Results】** The investigation results and literature summary suggested the recommended fertilizer rates were N 375 – 500 kg/hm², P₂O₅ 186 – 186 kg/hm², K₂O 286 – 350 kg/hm² and organic fertilizers 30000 – 65000 kg/hm², respectively, the N:P₂O₅:K₂O ratio was about 1:0.5:0.73 when the yields of kiwifruits are within 24–42 t/hm². The actual nutrients input surveys showed: organic fertilizer are rarely applied, approximately 36.4% of orchards never have any manure input; In the kiwifruit orchards using organic fertilizer, the applied amount were seriously insufficiently in about 94.3% of the orchards, the nutrient provided by manures was less than 30% of the total nutrient inputs. Excessive application of N fertilizer is very common with an average input of N 891 kg/hm². Only 5.0% of the investigated orchards apply reasonable amount (N 375–500 kg/hm²), 22.7% apply N of 500–750 kg/hm², and 59.1% more than 750 kg/hm². The ratio of orchards with a reasonable phosphate fertilizer input (P₂O₅ 186–266 kg/hm²) was 19.4%, low input (P₂O₅ < 186 kg/hm²) and excessive input (P₂O₅ > 266 kg/hm²) were 28.9% and 51.7%, respectively. The orchards with reasonable potassium application rate (K₂O 286–350 kg/hm²) was only 10.7%, with low input (K₂O < 286 kg/hm²) and excessive input (K₂O > 350 kg/hm²) were up to 30.6% and 58.7%, respectively. **【Conclusions】** The organic fertilizer inputs in the kiwifruit orchards in the Yujiahe catchments was extremely inadequate, N fertilizers were generally excessively, and excessive and deficient application of phosphate and potassium fertilizers existed simultaneously. Therefore, it was strongly suggested to increase organic fertilizer inputs, reduce nitrogen fertilizer, strengthen the reasonable application of phosphate and potassium in kiwifruit production in future. The widely distribution of sloped cultivated lands in this region require optimizing nutrient management and controlling nutrient losses in the future research.

Key words: Northern slope of Qinling Mountains; kiwifruit; fertilization current; orchard

陕西省是我国猕猴桃生产第一大省,而秦岭北麓又是陕西省优质猕猴桃适栽区,栽种面积和产量占陕西省总量的80%~90%^[1],在全国猕猴桃生产中具有重要作用。目前,猕猴桃产业已成为振兴秦岭北麓农业经济和实现农民增收的重要支柱产业。然而,随着近年来秦岭北麓猕猴桃产业的迅猛发展,由于果农缺乏大规模商品化栽培的实践经验,导致果园栽培水平偏低且管理粗放。同时,广大果农普遍缺乏科学施肥知识和资源环境保护意识,为了追求更高的经济收益,实践中往往盲目增加养分投入量,不但对果品产量和质量的提升产生了不利的影响^[2-3],而且造成了一系列潜在的环境风险^[4-5]。因此,摸清该地区猕猴桃果园的施肥现状、养分输入特征和养分管理存在的问题是提高果品质量、增加

果农收益和规范猕猴桃产业良好发展的重要前提。

俞家河流域是秦岭北麓典型的山丘地带,又是猕猴桃种植密集区,果园养分投入量普遍偏高^[6-7],加之该区域土壤多发育于山前洪积扇,耕地坡度大,同时降雨充沛,灌溉便捷,容易造成水、土资源和养分的大面积流失,成为农业面源污染高风险区。因此,掌握该流域猕猴桃果园的实际生产现状,可为果园养分优化管理和农业面源污染防治提供理论基础。

因此,本研究于2012~2013年连续两年对秦岭北麓猕猴桃主产区周至县俞家河流域的242个果园进行了详细的调查,包括果园基本情况、施肥现状和产量等,并结合该流域基于文献资料推荐的果园合理施肥量对该区域果园养分投入特征进行分析

和评价,旨在为该流域果园养分优化管理和生态环境保护提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于秦岭北麓陕西省周至县俞家河流域 (E 107°39'~108°37', N 33°42'~34°14')。该流域南依秦岭,北濒渭水,流域面积为 412.37 hm²,属温带大陆性季风气候,年平均气温 13.2℃,年平均降水 675 mm,日照充足,适宜猕猴桃栽种。该区域土壤多发育于山前洪积扇,耕地以坡地为主。目前,猕猴桃产业发展迅猛,猕猴桃已成为该流域果树栽培的主栽树种,栽培面积大,集约化程度高,且果园集中分布于俞家河河道两旁(图 1)。

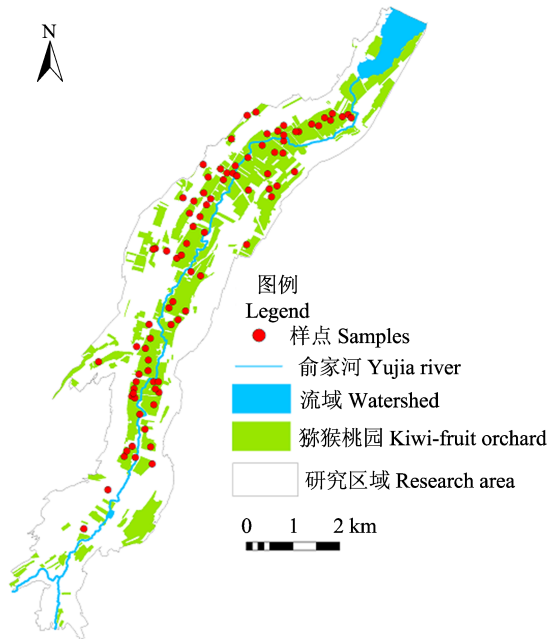


图 1 俞家河流域土地利用现状

Fig.1 The situation of land use in Yujia river catchment

1.2 调查方法与项目

2012 年和 2013 年 10~11 月,果实收获后随机选取该流域内猕猴桃果园,采用实地走访结合问卷调查的方式调查了果园的生产和养管理现状。2012 年共调查了 131 个果园,2013 年共调查了 111 个果园,调查果园的具体地理位置如图 1 所示,基本上覆盖了整个流域内果园的分布区域。调查的内容主要包括:建园基本情况、果园面积、猕猴桃主栽品种、树龄、挂果年限、栽种密度、施肥量、肥料品种、施肥时期、施肥方法、果实产量和灌溉情况等。

1.3 肥料养分计算

化肥养分含量根据实际调查的果园施肥量和各肥料产品中标注的养分含量计算获得;有机肥养分含量按《中国有机肥养分志》提供的标准值^[8]计算。

1.4 数据处理

数据整理和统计分析采用 Excel 2007 和 SAS 9.0 进行,图形的绘制采用 Sigma Plot 12.0 软件进行。

2 结果与分析

2.1 猕猴桃园概况

由表 1 可知,虽然研究区猕猴桃品种较多,但多以‘秦美’为主,其栽种比例高达 78%,其它品种仅为 2%~12%。因当地土地分配的原因,调查区平均每户的果园面积均较小,约为 0.11~0.17 hm²。为了在有限的土地资源上获取较高的收益,近年来果农普遍缩减果树的株行距,增加栽种密度,‘秦美’从最初的 833 增加至 2220 plant/hm²。同时,本研究区是猕猴桃的原生区和最佳适生区,猕猴桃种植年限较长,特别是秦美,其中 93%的果园为成龄果园,而其它栽种品种多为新品种,且引入时间较晚,达到成龄果园的比例相对较低。不同品种间产量存在差异,‘秦美’产量相对较高,但各品种间差异均未达到显著性水平($P < 0.05$)。

表 1 俞家河流域猕猴桃果园的基本情况

Table 1 Status of investigated kiwifruit orchards in Yujiahe river catchment

品种 Cultivar	秦美 Qinmei	亚特 Yate	华优 Huayou	海沃德 Hayward	其它 Others
果园数 Orchard number	188	30	7	5	12
品种比例 Cultivar ratio (%)	78	12	3	2	5
户面积 Average area per household (hm ²)	0.13	0.11	0.17	0.11	0.12
平均栽培密度 Average density (plant/hm ²)	1650	2140	2037	2000	2140
栽培密度变幅 Density range (plant/hm ²)	833~2220	1250~2380	1666~2220	833~2220	1250~2220
成龄果园比例 Mature orchard proportion (%)	93	70	67	60	63
平均产量 Averaged yield (t/hm ²)	34.7 ± 8.6 a	30.1 ± 10.9 a	30.8 ± 4.2 a	33.2 ± 5.4 a	34.3 ± 7.7 a

2.2 猕猴桃果园养分投入现状

2.2.1 有机肥施用状况 连续两年调查结果表明,研究区猕猴桃果园有机肥投入严重不足(表2)。其中,2012年约有46.6%的果园未施用有机肥,2013年该比例虽有所下降,但仍有26.1%的果园未施用有机肥。另外,从有机肥所提供的养分量(指施用有机肥果园的平均值)来看,2012年果园有机肥总

养分($N + P_2O_5 + K_2O$)投入量为 598.7 kg/hm^2 ,占果园总养分投入量的24.4%,其中 N 、 P_2O_5 和 K_2O 养分投入量分别为 206.6 kg/hm^2 、 200.9 kg/hm^2 和 191.2 kg/hm^2 。2013年果园有机肥总养分投入量较2012年有所增加,为 762.0 kg/hm^2 ,占果园总养分投入量的30.1%,其中 N 、 P_2O_5 和 K_2O 养分投入量分别为 274.1 、 265.1 和 222.9 kg/hm^2 。

表2 2012和2013年研究区猕猴桃园有机肥养分投入量(kg/hm^2)
Table 2 Nutrient inputs from manure in Yujia river catchment in 2012 and 2013

年份 Year	不施有机肥果园比例(%) Orchards not using manure	养分投入量(kg/hm^2) Nutrients input	有机肥养分占总比(%) Manure nutrients/total nutrient
2012 ($n = 131$)	46.60	N	18.8
		P_2O_5	33.9
		K_2O	25.3
		$N + P_2O_5 + K_2O$	24.4
2013 ($n = 111$)	26.10	N	23.7
		P_2O_5	41.6
		K_2O	30.3
		$N + P_2O_5 + K_2O$	30.1

2.2.2 化肥施用状况 研究区猕猴桃果园化肥投入量普遍较高,且果园间差异较大(图2)。在调查的242个果园中,氮肥用量的变幅为 $93.8 \sim 3990.8 \text{ kg/hm}^2$,平均高达 891 kg/hm^2 。磷肥平均用量为 386 kg/hm^2 ,变幅为 $0 \sim 2430 \text{ kg/hm}^2$ 。钾肥平均用量为 559 kg/hm^2 ,变幅为 $0 \sim 1920 \text{ kg/hm}^2$ 。

由图2同时可知,2013年化肥氮、磷和钾养分平均投入量较2012年均有所下降,分别从 N 898 kg/hm^2 、 P_2O_5 401 kg/hm^2 和 K_2O 597 kg/hm^2 下降

为 N 884 kg/hm^2 、 P_2O_5 372 kg/hm^2 和 K_2O 521 kg/hm^2 ,这可能是因为2012年调查结束后,我们立即对调查数据进行了汇总、整理和分析,并将果园施肥现状评价结果及时反馈于各户果农,建议果农可以在来年施肥中降低果园的化肥投入量。

2.3 猕猴桃产量与施肥量的关系

将连续两年调查的果园肥料养分投入量进行分级,并统计了对应的果实产量水平(图3)。结果表明,随着化肥氮、磷和钾养分投入量的增加,果实产

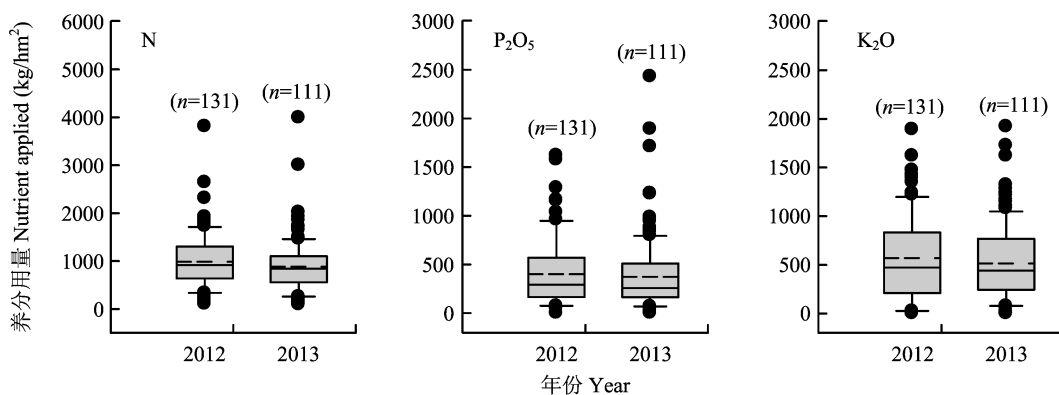


图2 2012年($n = 131$)和2013年($n = 111$)流域内猕猴桃果园化肥氮、磷、钾养分投入量

Fig. 2 N , P_2O_5 and K_2O inputs from chemical fertilizer in Yujia river catchment in 2012 ($n = 131$) and 2013 ($n = 111$)

[注(Note): 矩形盖中间实线和虚线,上、下边框,箱外的上下边缘和点分别代表中位数和平均值,全部数值的25%,75%,5%,95%分位。The solid and dashed lines, lower and upper edges, bars and dots in or outside the boxes represent median and mean values, 25th and 75th, 5th and 95th, and <5th and >95th percentiles of all data, respectively.]

量呈现先增加后保持不变或先增加后降低的趋势,说明化肥养分投入整体上表现出报酬递减的规律。

由图 3A 可知,当氮肥用量低于 $500 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 范围时,随着施氮量的增加,果实产量呈现持续增加的趋势,且增幅较大。当氮肥用量为 $400 \sim 500 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,猕猴桃产量已高达 $43.2 \text{ t}/\text{hm}^2$ 。然而,当施氮量超过 $500 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 后,继续增加施氮量,果实产量不但没有明显增加,甚至出现波动或缓慢下降的趋势。

从图 3B 可知,磷肥用量为 $200 \sim 300 \text{ kg}/\text{hm}^2$

时,猕猴桃产量即可达到相对较高值,过量施用磷肥后存在果品产量下降的风险。由图 3C 可以看出,钾肥用量与果实产量关系不明显,可能是因为秦岭北麓土壤钾素本底值较高的原因。考虑到果园每年因果实收获及枝条修剪等携出钾素量较多,因此,在研究区钾肥用量控制在 $300 \sim 400 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 范围内较为合适。图 3D 表明,果园不施用有机肥的比例高达 36.4% ,且随着有机肥施用量的增加,果实产量呈现稳步的增加趋势,即使在有机肥用量超过 $30000 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,果实产量仍表现出增加的趋势。

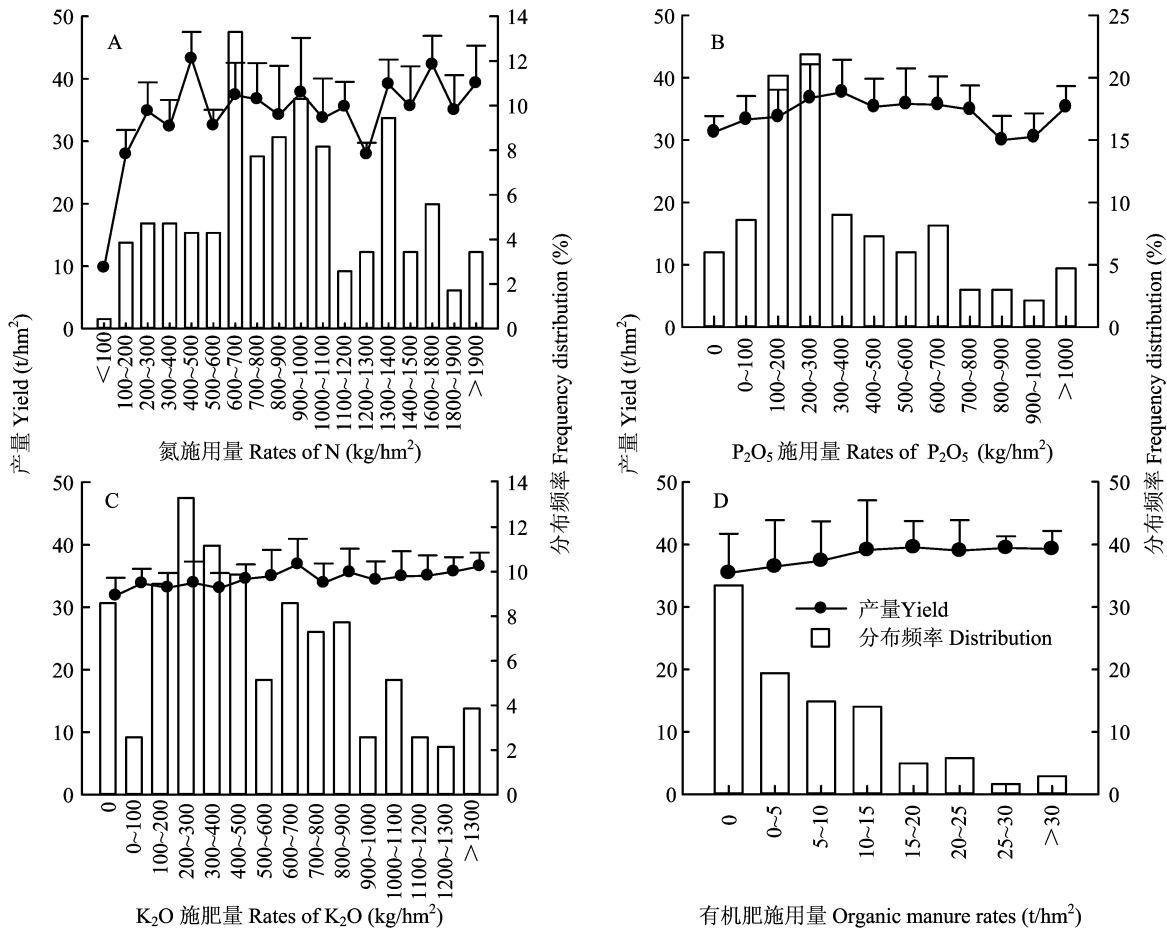


图 3 猕猴桃果园化肥不同投入水平下的产量和果园样本分布频率

Fig. 3 Frequency distribution of yield and samples in the investigated orchards under different levels of chemical fertilizer input to kiwifruit orchards

2.4 研究区猕猴桃果园施肥状况评价

2.4.1 果园合理施肥量的确定 本研究通过调查分析秦岭北麓猕猴桃主产区果园实际养分投入量与产量的关系,并结合该区域文献资料推荐的果园合理施肥量^[2,6,9-13],最终确定该流域猕猴桃果园肥料的合理用量(表 3)。从表 3 中可知,猕猴桃产量在 $23946 \sim 41652 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 之间时,建议肥料施用量为: N $375 \sim$

$500 \text{ kg}/\text{hm}^2$, P₂O₅ $186 \sim 266 \text{ kg}/\text{hm}^2$, K₂O $286 \sim 350 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 有机肥用量为 $30000 \sim 65000 \text{ kg}/\text{hm}^2$, N:P₂O₅:K₂O 养分比例约为 $1:0.5:0.73$ 。

2.4.2 猕猴桃施肥量分级标准的确定 在果园合理施肥量的基础上(表 3),根据养分投入量的分级方法和原则^[7],将小于合理用量 50% 定义为“过低”,大于合理用量 50% 为“过高”,“合理”与“过低”之

间为“偏低”,“合理”与“过高”之间为“偏高”。依据这一分级标准,秦岭北麓猕猴桃果园施肥用量

分级结果如表 4。

表 3 俞家河流域猕猴桃果园合理施肥量

Table 3 Reasonable fertilization rate for kiwifruit orchards in Yujia river catchment

数据来源 Data source	样本数 Samples No.	产量 Yield (kg/hm ²)	推荐施肥量 (kg/hm ²) Fertilizer recommendation			有机肥 Manure (kg/hm ²)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
本研究结果 From this study		27891 ~ 43225	400 ~ 500	200 ~ 300	300 ~ 400	> 30000
文献资料 Literatures	7	20000 ~ 40080	350 ~ 500	171 ~ 231	272 ~ 300	30000 ~ 65000
汇总 General comment		23946 ~ 41652	375 ~ 500	186 ~ 266	286 ~ 350	30000 ~ 65000

表 4 俞家河流域猕猴桃果园施肥量分级标准

Table 4 Classification standards of fertilization rates in kiwifruit orchards of Yujia river catchment

养分 Nutrient	施肥量 Fertilizer rate (kg/hm ²)				
	过低 Low	偏低 Slightly low	合理 Rational	偏高 Slightly high	过高 High
N	< 188	188 ~ 375	375 ~ 500	500 ~ 750	> 750
P ₂ O ₅	< 93	93 ~ 186	186 ~ 266	266 ~ 400	> 400
K ₂ O	< 143	143 ~ 286	286 ~ 350	350 ~ 525	> 525
有机肥 Manure	< 15000	15000 ~ 30000	30000 ~ 65000	65000 ~ 97500	> 97500

2.4.3 猕猴桃园施肥状况评价 根据表 4 确定的猕猴桃果园施肥量分级标准,对秦岭北麓俞家河流域猕猴桃果园化肥和有机肥养分投入量进行总体分析与评价(图 4)。由图 4 可知,化学氮肥投入合理比例仅为 5.0%,过量比例高达 81.8%。其中,氮肥投入过高(超过 750 kg/hm²)的比例占 59.1%,氮肥平均过量 454 kg/hm²,说明该区域猕猴桃果园氮肥投入过量现象非常严重;磷肥投入合理的比例为 19.4%,不足及过量比例分别为 28.9% 和 51.7%,其中,偏低和偏高比例分别为

12.8% 和 36.8%,可见科学引导果农施用磷肥也是该流域猕猴桃果园养分优化管理的重要内容之一;钾肥投入合理比例仅占 10.7%,不足比例为 30.6%,过量比例高达 58.7%,因此,提倡果园增施钾肥应分区进行,不能一概而论,应合理引导并适当控制钾肥投入。有机肥用量评价结果显示,研究区果园有机肥投入严重不足,不足比例高达 94.3%。同时,从图 4 中可以看出,2012 年和 2013 年研究区果园各养分投入量分级比例基本保持一致。

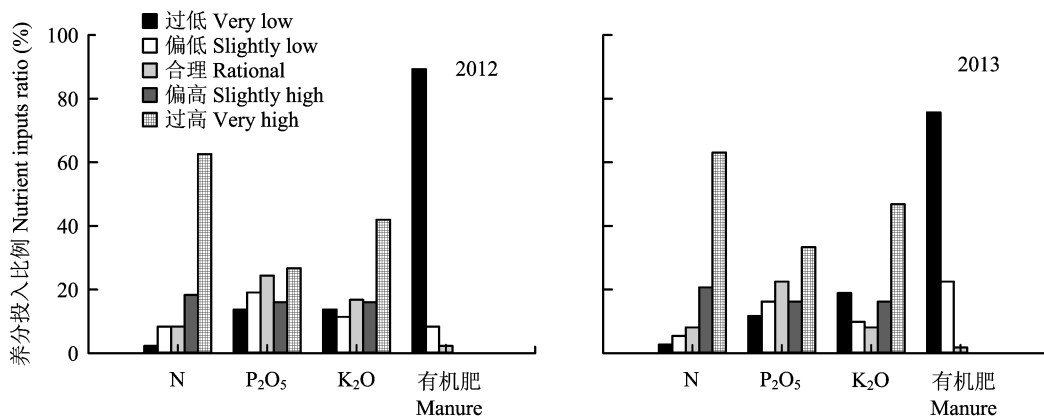


图 4 2012 年和 2013 年俞家河流域猕猴桃果园各养分不同投入水平所占比例

Fig. 4 Percentage of nutrient input levels in the kiwifruit orchards in Yujia river catchment in 2012 and 2013

3 讨论

本研究在连续两年施肥调查的基础上,结合当地文献资料推荐的肥料用量,制定了该流域猕猴桃果园的合理施肥量:猕猴桃产量在 24 ~ 42 t/hm² 时,建议有机肥用量为 30000 ~ 65000 kg/hm²,化学氮肥(N)施用量为 375 ~ 500 kg/hm²,磷肥(P₂O₅)施用量为 186 ~ 266 kg/hm²,钾肥(K₂O)施用量为 286 ~ 350 kg/hm²,N:P₂O₅:K₂O 养分比例约为 1:0.5:0.73。与制定的标准相比,目前研究区猕猴桃果园生产及养分管理中存在以下突出问题:

3.1 有机肥投入严重不足

猕猴桃是多年生藤本植物,因选择性吸收养分,很容易导致土壤养分不平衡。有机肥不仅能提供多种养分,还具有培肥土壤、增加产量和改善品质,增施有机肥可以很好地缓解这一矛盾^[12-17]。然而连续两年调查结果表明,研究区不施有机肥的猕猴桃果园比例高达 36.4% (图 3D),即使在施用有机肥的果园中,亦有 94.3% 的果园有机肥投入严重不足(图 4),且提供的养分不足总养分量的 30% (表 2),远低于有机肥提供养分量占总养分量的 60% ~ 70% 以上的标准^[18]。另外,该区域土壤多发于山前洪积扇,耕地坡度大,立地条件差,土壤肥力薄弱。为了保证该区域果园生产力的可持续和健康发展,建议在今后的施肥实践中采取多种途径尽量增大有机肥投入量,从而达到改善土壤理化性状和培肥地力的效果。

3.2 盲目追求高产,化肥施用过量现象非常普遍

通过 2012 ~ 2013 连续两年对俞家河流域 242 个果园施肥现状的调查发现,果园化学氮肥过量现象非常严重,平均用量是推荐量的 2 倍以上,过量施氮果园的比例高达 81.8%,其中 59.1% 的果园氮肥用量超过 750 kg/hm²;磷肥投入合理比例为 19.4%,不足及过量比例分别为 28.9% 和 51.7%。可见,合理引导果农施用磷肥也将是今后俞家河流域猕猴桃果园养分管理的重要内容之一;钾肥施用过量和不足并存,过量和不足的比例分别为 58.7% 和 30.6%,完全逆转了上世纪末果园钾素投入严重不足的局面(不施钾或少施钾果园比例高达 60%)^[6-7]。造成此现状的原因可能是:一方面,为了提高果实产量和品质,近年来政府大力倡导果园增施钾肥,果农已经开始注重钾肥的投入;另一方面,随着猕猴桃经济收益的增加,果农的施肥意识也在增强,愿意加大投入的力度。因此,针对猕猴桃果园施肥中存在的诸多问题,迫切需要农业工作者采取积极有效的措施,向广大果农普及和推广科学合理的施肥技术,制定适宜的施肥量和比例。

3.3 过量施肥的潜在环境威胁

秦岭北麓地区果园养分过量投入现象十分普遍。长期氮肥过量投入不仅造成大量肥料资源的浪费,同时会引起硝酸盐在土壤剖面中的大量累积,从而引起地下水硝酸盐污染的潜在威胁^[19]。吕殿青等^[20]研究报道,树龄在 8 年以上的苹果园,0—2 m 和 0—4 m 土层硝态氮累积量分别高达 1602 和 3414 kg/hm²。赵佐平等研究指出^[5],关中灌区猕猴桃果园氮素平均盈余量达到了 1046.1 kg/hm²。另外,该流域果园 85% 分布在 2 ~ 15° 的坡地上,加之该区域降雨量充足,灌溉系统便捷,为养分以径流途径损失提供了更多载体和介质,易成为农业面源污染发生的高风险区。因此,应进一步以养分循环及高效利用理论为指导,研究通过源头控制^[21]、过程阻拦^[22]及末端治理^[23]等过程,合理施用养分,减少养分损失带来的农业面源污染问题。

4 结论

秦岭北麓俞家河流域猕猴桃果园有机肥投入严重不足。其中完全不施用有机肥的果园占 36.4%。即使在施有机肥的果园中,亦有 94.3% 的果园有机肥投入严重不足,且提供养分的比例不足总养分的 30%。化肥养分中,氮肥投入过量现象非常普遍,纯氮施用量超过 750 kg/hm² 的果园比例高达 59.1%;磷、钾肥过量和不足现象并存,其中过量比例分别为 51.7% 和 58.7%。因此,在今后该区域果树施肥实践中,应大力增加有机肥投入量和施用比例,大幅度降低氮肥投入量,同时合理引导磷、钾肥的科学施用。另外,因研究区特殊的地形特征,优化养分管理和减少养分损失带来的农业面源污染问题也是今后应重点研究的问题。

参考文献:

- [1] 陕西省统计局. 2012 年陕西省果业发展统计(监测)公报 [EB/OL]. <http://esb.sxdaily.com.cn/shtml/sxrb/20130402/198111.shtml>.
B©ureau of Statistics of Shaanxi. In 2012, the Shaanxi provincial fruit industry development statistics bulletin (monitoring) [EB/OL]. <http://esb.sxdaily.com.cn/shtml/sxrb/20130402/198111.shtml>.
- [2] 来源,同延安,陈黎岭,等. 施肥对猕猴桃产量和品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(10): 171-176.
Lai Y, Tong Y A, Chen L L, et al. Effect of fertilization on kiwifruit yield and quality [J]. Journal of Northwest A & F university (Nat. Sci. Ed.), 2011, 39(10): 171-176.
- [3] 别智鑫,翟梅枝,李春茂,等. 不同施肥处理对“秦美”猕猴桃贮藏性及其品质的影响 [J]. 西北植物学报, 2006, 26(9): 1950-1954.

- Bie Z X, Zhai M Z, Li C M, *et al.* Influence of fertilization on post-harvest storage and quality of *Actinidia chinensis* fruits [J]. *Acta Botanica-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(9): 1950-1954.
- [4] 闫亚舟, 徐福利, 邹诚, 等. 黄土高原坡地苹果园土壤肥力及矿质氮累积分析[J]. *水土保持通报*, 2009, 29(4): 31-36.
Yan Y Z, Xu F L, Zou C, *et al.* Soil fertility and mineral N accumulation of slope apple orchard on the Loess Plateau [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2009, 29(4): 31-36.
- [5] 赵佐平, 闫莎, 刘芬, 等. 陕西果园主要分布区氮素投入特点及氮负荷风险分析[J]. *生态学报*, 2014, 34(19): 5642-5649.
Zhao Z P, Yan S, Liu F, *et al.* Analysis of nitrogen inputs and soil nitrogen loading in different kinds of orchards in Shaanxi Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34 (19): 5642-5649.
- [6] 刘侯俊, 巨晓棠, 同延安, 等. 陕西省主要果树的施肥现状及存在问题[J]. *干旱地区农业研究*, 2002, 20(1): 38-44.
Liu H J, Ju X T, Tong Y A, *et al.* The status and problems of fertilization of main fruit trees in Shaanxi Province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2002, 20(1): 38-44.
- [7] 王小英, 同延安, 刘芬, 等. 陕西省苹果施肥状况评价[J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(1): 206-213.
Wang X Y, Tong Y A, Liu F, *et al.* Evaluation of the situation of fertilization in apple fields in Shaanxi province [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2013, 19(1): 206-213.
- [8] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 2-194.
National Agricultural Technology Extension and Service Centre. *China organic fertilizer records* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999, 2-194.
- [9] 同延安. 北方果树测土配方施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011, 01
Tong Y A. *The fruit trees soil testing and fertilization recommendation in North China* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2011. 01.
- [10] 王建. 猕猴桃树体生长发育, 养分吸收利用与累计规律[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2008.
Wang J. *The growth, nutrient uptake, utilization and accumulation in kiwifruit tree* [D]. Yangling: Shaanxi, Thesis for Master Degree, Northwest A & F University, 2008.
- [11] 乔继宏, 张斌, 杨苏鲜. 户县猕猴桃测土配方施肥技术[J]. *中国农技推广*, 2009, 25(10): 41-42.
Qiao J H, Zhang B, Yang S X. The kiwifruit trees soil testing and fertilization recommendation in Huxian county [J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2009, 25(10): 41-42.
- [12] 张福锁, 陈新平, 陈清. 中国主要作物施肥指南[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009. 84-87.
Zhang F S, Chen X P, Chen Q. *Fertilization guide on major crops of China* [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2009. 84-87.
- [13] 刘旭峰. 猕猴桃栽培新技术[M]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2005.
Liu X F. *New cultivation techniques of kiwifruit* [M]. Yangling: Northwest A&F University press, 2005.
- [14] 姜远茂, 张宏彦, 张福锁, 等. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
Jiang Y M, Zhang H Y, Zhang F S, *et al.* The theory and practice of integrated management of nutrient resources in northern deciduous fruit trees [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2007.
- [15] 王圣瑞. 陕西省与北京市主要作物施肥状况与评价[D]. 北京: 中国农业大学博士学位论文, 2002.
Wang S R. *Current status and evaluation of crop fertilization in Shaanxi province and Beijing city* [D]. Beijing: PhD Dissertation, China Agricultural University, 2002.
- [16] 王允圃, 刘玉环, 阮榕生, 等. 有机肥改良农产品品质的科学探索[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(9): 51-56.
Wang Y P, Liu Y H, Ruan R S, *et al.* Study on the effect of organic manure on improving the quality of farm products [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(9): 51-56.
- [17] 赵佐平, 高义民, 刘芬, 等. 化肥有机肥配施对苹果叶片养分、品质及产量的影响[J]. *园艺学报*, 2013, 40(11): 2229-2236.
Zhao Z P, Gao Y M, Liu F, *et al.* Effects of organic manure application combined with chemical fertilizers on the leaf nutrition, quality and yield of fuji apple [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(11): 2229-2236.
- [18] 马国瑞. 园艺植物营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 123-156.
Ma G R. *Nutrition and fertilization of horticultural plants* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994. 123-156.
- [19] Ju X T, Xing G X, Chen X P. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems [J]. *PNAS*, 2009, 106(9): 3041-3046.
- [20] 吕殿青, 同延安, 孙本华. 氮肥施用对环境污染影响的研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 1998, 4(1): 8-15.
Lv D Q, Tong Y A, Sun B H. Study on effect of nitrogen fertilizer use on environmental pollution [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1998, 4(1): 8-15.
- [21] 薛利红, 杨林章, 施卫明, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践—源头减量技术[J]. *农业环境科学学报*, 2013, 32(5): 881-888.
Xue L H, Yang L Z, Shi W M, *et al.* Reduce-retain-reuse-restore technology for controlling the agricultural non-point pollution in countryside in China: Source reduction technology [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2013, 32(5): 881-888.
- [22] 常志州, 黄红英, 靳红梅, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践—氮磷养分循环利用技术[J]. *农业环境科学学报*, 2013, 32(10): 1901-1907.
Chang Z Z, Huang H Y, Jin H M, *et al.* Reduce-retain-reuse-restore technology for the controlling the agricultural non-point source pollution in countryside in China: reuse of nitrogen and phosphorous in agricultural wastes [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2013, 32(10): 1901-1907.
- [23] 施卫明, 薛利红, 王建国, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践—生态拦截技术[J]. *农业环境科学学报*, 2013, 32(9): 1697-1704.
Shi W M, Xue L H, Wang J B, *et al.* A reduce-retain-reuse-restore technology for controlling rural non-point pollution in China: Eco-retain technology [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2013, 32(9): 1697-1704.