

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.21570

施肥量对“红阳”猕猴桃产量、品质及氮磷钾含量的影响

何立楠¹, 张荣全², 李文志¹, 袁腾², 樊荣^{1,3}, 龙幔², 尹显慧^{1,3}, 龙友华^{1,3*}

(1. 贵州大学猕猴桃工程研究中心, 贵州 贵阳 550025; 2. 水城县东部农业产业园区管理委员会, 贵州 六盘水 553000; 3. 贵州大学作物保护研究所, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 探求不同施肥量对猕猴桃产量及品质的影响, 以明确最佳施肥量, 分析施肥量对猕猴桃氮磷钾含量的影响。以“红阳”猕猴桃为研究对象, 猕猴桃萌芽期一次性施入复合肥料 0 kg/株 (对照)、0.25、0.5、0.75、1 kg/株, 研究了不同施肥量对“红阳”猕猴桃产量、品质 (包括可溶性固形物、可溶性总糖、可滴定酸、可溶性蛋白、维生素 C) 及氮磷钾含量的影响。结果表明: (1) 施肥可有效提高猕猴桃平均横、纵径, 施肥量为 0.75、1 kg/株的平均横、纵径与对照差异达到显著水平; 不同施肥量均可提高猕猴桃果实平均单果质量, 各处理与对照相比, 分别提高了 15.10%、12.55%、27.21%、13.08%, 其中, 施肥量为 0.75 kg/株的处理与对照差异达到显著水平。(2) 施肥能提高猕猴桃果实可溶性固形物、维生素 C 和可溶性总糖的含量; 施肥量为 1 kg/株的果实可溶性固形物与空白对照相比差异显著; 施肥量为 0.5 kg/株的果实维生素 C 含量最高, 达 145.29 mg/100 g; 施肥量为 0.75 kg/株的果实可滴定酸和可溶性总糖含量分别为 1.18% 和 6.04%, 均高于其他处理。(3) 整个生育期间, 猕猴桃果实干物质含量总体均呈“S”形上升的变化趋势, 叶片及果实的氮磷钾含量随施肥量的增加呈“上升-下降”的变化趋势。(4) 整个生育期内各器官氮含量顺序为叶>果, 其中叶氮含量呈“上升-下降”的变化趋势, 果实的氮含量总体呈下降的变化趋势; 各器官磷含量顺序为叶>果, 叶的磷含量总体呈“下降-上升-下降”的变化趋势, 果实的磷含量总体呈下降的变化趋势; 叶的钾含量呈波动下降的变化趋势, 果实钾含量总体呈“下降-上升”的变化趋势。综上所述, 不同施肥量可以不同程度地提高猕猴桃果实平均单果质量、可溶性固形物、维生素 C 和可溶性总糖的含量, 改善果实营养品质, 综合效果以施肥量为 0.75 kg/株最佳; 整个生育期间, 果实干物质含量呈“S”形上升的变化趋势, 各器官氮磷钾含量为叶>果, 叶的钾含量呈波动下降的变化趋势, 果实钾含量总体呈“下降-上升”的变化趋势。

关键词: 施肥量; “红阳”猕猴桃; 产量; 品质; 氮磷钾

猕猴桃 (*Actinidia chinensis*), 也称奇异果, 质地柔软, 口感酸甜^[1-2]。猕猴桃除含有多种有机物、微量元素和人体所需的 17 种氨基酸外, 还含有丰富的维生素 C、果糖、柠檬酸、苹果酸。同时还具有医疗保健等功效, 誉有“水果之王”、“果中珍品”之美称, 深受广大消费者的喜爱, 具有极高的经济效益^[3-5]。近年来, 随着农业产业化发展, 猕猴桃产业深受各政府和企业的支持, 其栽培面积不断扩大。目前, 猕猴桃在贵州种植面积超过

4 万 hm², 如何实现猕猴桃丰产优质已成为当地政府和人民普遍关心的问题。施肥是实现作物高产、保持土壤肥力的重要技术措施, 如何在保证产量的前提下明确作物养分需求特征, 提高肥料效益进而提升作物品质, 科学高效使用肥料成为当代的研究重点^[6-9]。

氮、磷、钾被称为“植物营养三要素”, 对植物生长发育以及产量和品质具有重要作用^[10]。研究表明, 长期均衡施肥可以提高作物产量、土壤肥力以及养分吸收能力。偏施肥易导致土壤肥力不平衡, 过量施肥则引起土壤肥力过高和土壤供肥能力过强, 从而导致作物生长不平衡而减产。综合考虑土壤肥力及作物养分需求特性进行平衡施肥, 不仅能够提高作物产量和肥料利用效率, 还可以减少资源浪费和环境污染^[11-13]。闫鹏科等^[14]对“富士”苹果大量元素进行了研究, 分析了各器官干物质累

收稿日期: 2021-10-25; 录用日期: 2021-12-27

基金项目: 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑 [2020] 1Y016 号); 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑 [2019] 2403 号)。

作者简介: 何立楠 (1996-), 硕士研究生, 研究方向为植物保护及农产品质量安全。E-mail: 1745390537@qq.com。

通讯作者: 龙友华, E-mail: gzlyh126@126.com。

积规律及养分动态变化,并探明了苹果各时期的需肥规律。马征等^[15]研究了氮磷钾平衡施用对大葱产量、养分吸收及利用的影响,试验结果表明,平衡施肥可优化氮磷钾配比,提高施肥产投比,促进养分吸收。刘秀春等^[16]通过研究南国梨周年干物质和氮磷钾积累动态,明确了其周年动态累计规律,并为其优化施肥量和施肥时期提供依据。杨小锋等^[17]研究了氮磷钾施用量对水培生菜产量和品质的影响,结果表明,氮磷钾三者对产量影响的大小顺序为:氮肥>磷肥>钾肥。杜少平等^[18]研究氮磷钾配施对砂田西瓜产量和品质的影响,结果表明,不同因素对西瓜产量的影响:磷肥>氮肥>钾肥,适宜的N、P₂O₅、K₂O施用比例为1:0.86:0.98。

目前,随着猕猴桃产业的迅速发展,有关猕猴桃病虫害及果实品质已有了初步研究,但针对需肥规律的相关研究还较少。摸清不同施肥量与猕猴桃各器官的养分含量、产量以及品质的变化,可按需科学施肥,提高肥料的利用率,同时改善果实品质,提高产量。基于以上特点,本研究以水城“红阳”猕猴桃为研究对象,研究不同施肥量对猕猴桃氮磷钾含量、产量和品质的影响,以期“红阳”猕猴桃科学施肥及养分高效管理提供技术支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验点位于贵州省水城县米箩镇俄嘎村,属高原盆谷地貌,是典型的喀斯特山区低热河谷地带,海拔1200~1250 m,黑壤土,属温暖湿润的高原亚热带季风气候,年均气温12.8℃,年均降水量1100~1350 mm,无霜期280~320 d,年均日照时数1690 h。

1.2 试验设计

该试验在猕猴桃萌芽期一次性施入复合肥料(N-P₂O₅-K₂O=17-17-17,总养分≥51%,新洋丰农业科技股份有限公司)0(空白对照)、0.25、0.5、0.75、1 kg/株;共5个处理,采用随机区组设计,每处理5株,重复4次。施肥采用水肥一体化方式。试验期间不追肥。施肥后每10 d采集每处理叶片及果实,测定不同时期样品的鲜重、干重以及干样品的养分含量。成熟期采集各处理果实,测定果实品质指标。试验前在试验地各小区内随机、多点

混合采集深度为0~60 cm的土壤样品作为土壤背景值,土壤基础理化指标见表1。

表1 试验地土壤基础理化指标

pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
4.49	49.67	2.90	158.76	65.16	763

1.3 测定方法

1.3.1 果实品质测定

果实纵径、横径、单果质量:每个重复随机测定10个果后求平均值。果实内在品质测定:可溶性总糖含量采用硫酸-蒽酮比色法测定;维生素C含量采用2,6-二氯酚法测定;可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定;可溶性固形物含量采用PAL-1型折射仪测定;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝染色法测定。

1.3.2 干物质含量测定

烘干法测定,干物质含量(%)=切片鲜重(g)/切片干重(g)×100。

1.3.3 植株样品测定

将采回的植株样品用蒸馏水冲净,于烘箱105℃杀青0.5 h,之后在60~70℃下烘干,粉碎,用于测定植株的全氮、全磷和全钾含量。全氮含量采用HClO₄-H₂SO₄消煮,凯氏定氮法测定;全磷含量采用钒钼黄比色法测定;全钾含量采用火焰光度法测定^[17]。

1.3.4 土壤样品测定

采回的土样风干、磨细,过1和0.25 mm筛,用于测定pH值、全盐、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、全氮和全磷的含量。pH采用水浸提电位法测定;有机质采用高温外热重铬酸钾氧化容量法测定;全氮采用半微量凯氏法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;有效磷采用NaHCO₃法(NY/T 1121.7-2014)测定;速效钾采用乙酸铵浸提-火焰分光光度法测定。

1.4 数据处理

采用Excel 2016、DPS v7.05进行统计分析,多重比较采用Duncan新复极差法,采用Excel 2016作图。

2 结果与分析

2.1 施肥量对“红阳”猕猴桃横、纵径及产量的影响

由表2可以看出,施肥可有效提高猕猴桃平均横纵径,施肥量为0.75、1 kg/株的平均横、纵径与

表 2 施肥量对“红阳”猕猴桃横、纵径及果实产量的影响

处理 (kg/株)	平均横径 (mm)	平均纵径 (mm)	平均单果质量 (g)
0 (空白对照)	40.05 ± 1.18bA	44.47 ± 2.93bA	65.63 ± 3.03bA
0.25	45.82 ± 0.73abA	50.84 ± 0.91abA	75.53 ± 2.55abA
0.5	44.79 ± 1.82abA	50.37 ± 3.17abA	73.86 ± 6.41abA
0.75	46.84 ± 0.99aA	55.17 ± 1.29aA	83.48 ± 2.83aA
1	46.18 ± 3.15aA	53.03 ± 2.01aA	74.21 ± 6.12abA

注：同列数值后不同小写字母表示处理间差异达 5% 显著水平，不同大写字母表示处理间差异达 1% 极显著水平。表 3、4 同。

对照达到显著差异水平；不同施肥量均可提高猕猴桃果实平均单果质量，各处理与对照相比分别提高了 15.10%、12.55%、27.21%、13.08%，其中，施肥量为 0.75 kg/株的处理与对照达到显著差异水平。综上所述，施肥可有效提高猕猴桃产量，施肥量为

0.75 kg/株的处理对猕猴桃产量效果最佳，其次是施肥量为 0.25 kg/株的处理。

2.2 施肥量对“红阳”猕猴桃果实营养品质的影响

如表 3 所示，不同施肥量处理引起了猕猴桃果实营养品质的变化。不同施肥量均能提高猕猴桃果实可溶性固形物、维生素 C 和可溶性总糖的含量。施肥量为 1 kg/株的果实可溶性固形物和可溶性蛋白含量与空白对照相比差异显著；施肥量为 0.5 kg/株的果实维生素 C 含量最高，达 145.29 mg/100 g；施肥量为 0.75 kg/株的果实可滴定酸和可溶性总糖含量分别为 1.18% 和 6.04%，均高于其他处理。由此可见，施肥能提高猕猴桃果实可溶性固形物、维生素 C 和可溶性总糖含量，改善果实口感。表明生育期施肥可较好地改善猕猴桃果实的食用品质和营养品质，提高猕猴桃的商品价值。

表 3 施肥量对“红阳”猕猴桃果实营养品质的影响

处理 (kg/株)	可溶性固形物 (%)	维生素 C (mg/100 g)	可滴定酸 (%)	可溶性总糖 (%)	可溶性蛋白 (mg/g)
0 (空白对照)	8.13 ± 0.28bA	123.02 ± 13.31aA	1.11 ± 0.07aA	5.860 ± 0.230aA	0.28 ± 0.03bB
0.25	9.12 ± 0.44abA	128.47 ± 18.68aA	1.04 ± 0.05aA	6.010 ± 0.012aA	0.27 ± 0.02bB
0.5	9.03 ± 0.30abA	145.29 ± 4.21aA	1.10 ± 0.02aA	6.018 ± 0.065aA	0.31 ± 0.01bAB
0.75	8.43 ± 0.24abA	134.57 ± 11.23aA	1.18 ± 0.05aA	6.040 ± 0.075aA	0.29 ± 0.02bAB
1	9.56 ± 0.61aA	132.99 ± 11.29aA	1.11 ± 0.03aA	5.970 ± 0.052aA	0.38 ± 0.03aA

注：表中果实的各项外观指标为施肥后 130 d 所测。

2.3 施肥量对“红阳”猕猴桃干物质含量的影响

由图 1 可以看出，在整个采样时间段内，不同施肥量处理猕猴桃果实干物质含量总体均呈“S”形上升的变化趋势。施肥后 120 d 猕猴桃果实达到成熟期，干物质含量达到峰值，其中施肥量为 0.75

kg/株时最高，达 25.66%，其次是施肥量为 1、0.5 kg/株，分别达到 24.75%、23.63%。猕猴桃果实干物质含量大小依次为施肥量 0.75 kg/株 > 0.5 kg/株 > 1 kg/株 > 0.25 kg/株 > 0 kg/株。

2.4 施肥量对“红阳”猕猴桃氮磷钾含量的影响

2.4.1 全氮变化

图 2 表明，同一器官不同时期不同施肥量，其氮含量不同，整个生育期内各器官氮含量顺序为：叶 > 果。各施肥量处理叶氮含量呈“上升-下降”的变化趋势，空白对照和各施肥量处理叶的氮含量均在施肥后 80 d 达到峰值，之后下降。各施肥量处理果的氮含量总体呈下降的变化趋势，0.5、0.75、1 kg/株的处理分别在施肥后 60、90、70 d 达到低谷，分别为 0.64%、0.77%、0.73%。

2.4.2 全磷变化

图 3 表明，整个生育期内不同施肥量处理，各器官磷含量顺序为：叶 > 果。不同施肥量处理猕猴桃叶的磷含量总体呈“下降-上升-下降”的变化趋

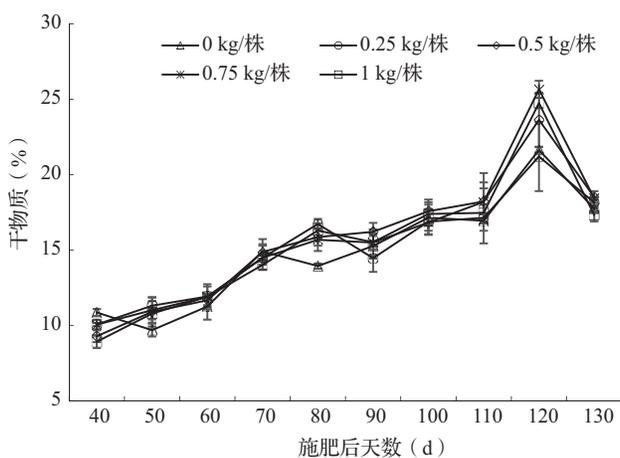


图 1 施肥量对“红阳”猕猴桃干物质含量的影响

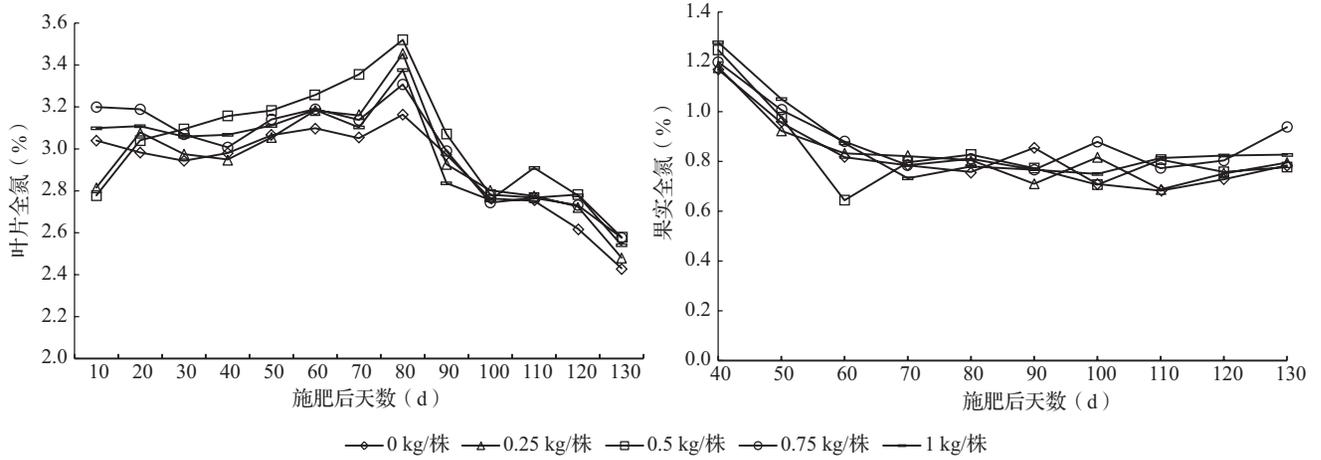


图2 不同施肥量“红阳”猕猴桃叶片及果实全氮含量动态变化

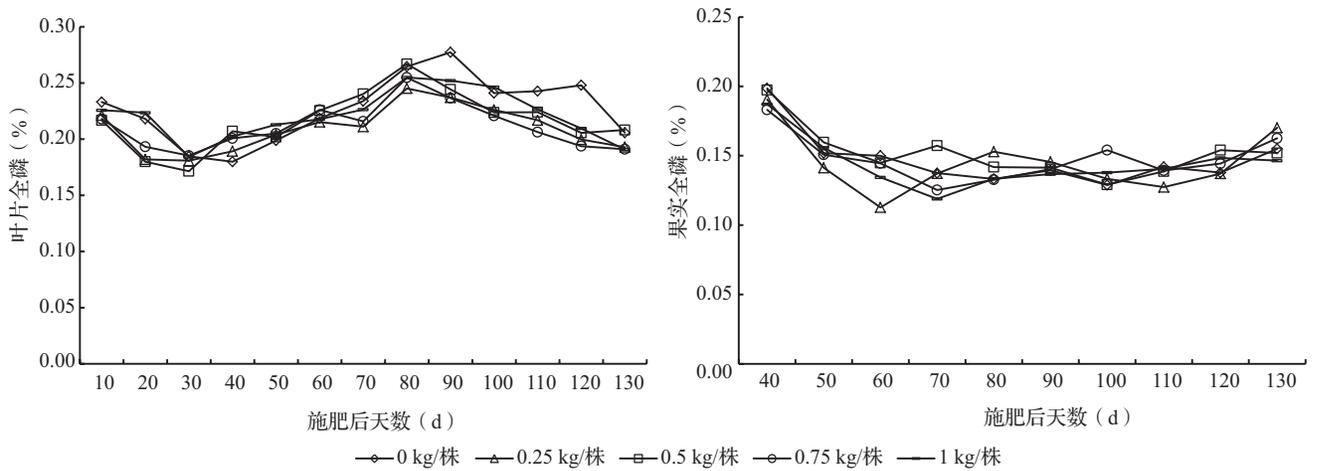


图3 不同施肥量“红阳”猕猴桃叶片及果实全磷含量动态变化

势。施肥量为 0.25、0.5、0.75 kg/株以及空白对照叶的磷含量均在施肥后 80 d 达到峰值，分别为 0.27%、0.25%、0.25%、0.25%。施肥量为 1 kg/株叶的磷含量在施肥后 90 d 达到峰值，为 0.28%。不同施肥量处理

猕猴桃果的磷含量总体呈下降的变化趋势。

2.4.3 全钾变化

图 4 表明，整个生育期内，不同施肥量处理猕猴桃叶的钾含量呈波动下降的变化趋势，施肥后

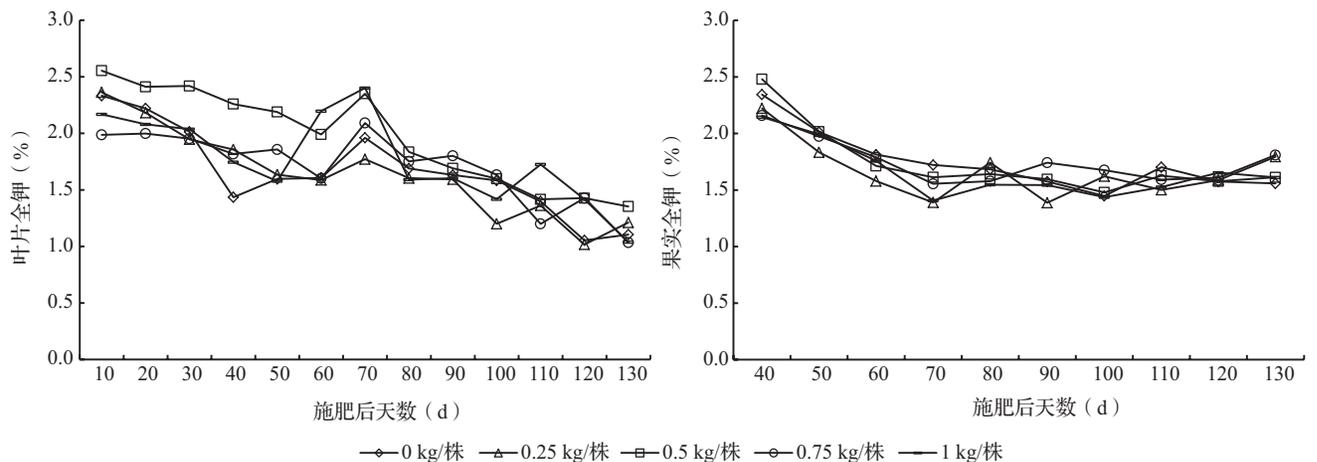


图4 不同施肥量“红阳”猕猴桃叶片及果实全钾含量动态变化

40 ~ 60 d, 施肥量为 0.25、0.75 kg/株以及空白对照的各器官钾含量顺序为: 果 > 叶。不同施肥量处理猕猴桃果的钾含量总体呈“下降-上升”的变化趋势。施肥量为 0.25、0.5、0.75、1 kg/株以及空白对照分别在施肥后 90、100、70、70、100 d 达到低谷, 分别为 1.39%、1.48%、1.55%、1.41%、1.45%。

3 讨论

3.1 施肥量对“红阳”猕猴桃产量的影响

科学施肥是提高果实产量和品质的基础, 研究表明施肥对果实产量具有积极影响^[19-21]。本研究结果表明, 施肥量为 0.75、1 kg/株的平均横、纵径与对照差异达到显著水平; 不同施肥量均可提高猕猴桃果实平均单果质量, 各处理与对照相比分别提高了 15.10%、12.55%、27.21%、13.08%, 施肥量为 0.75 kg/株与对照差异达到显著水平。试验结果与前人^[22-26]研究结果一致。

3.2 施肥量对“红阳”猕猴桃果实营养品质的影响

品质是除产量外决定水果经济效益的又一直接因素^[27], 前人研究表明, 施肥有利于果树对营养成分的吸收, 对改善果实营养品质发挥着重要作用^[28-29]。本试验结果表明, 不同施肥量均能提高猕猴桃果实可溶性固形物、维生素 C 和可溶性总糖的含量, 改善果实口感。生育期施肥可较好地改善猕猴桃果实的食用品质和营养品质, 提高猕猴桃的商品价值。

3.3 施肥量对“红阳”猕猴桃干物质含量的影响

生育期内干物质的积累是作物产量形成的基础, 干物质积累水平决定产量水平^[30]。张英英等^[31]研究发现, 蒙古黄芪全株干物质积累量随生育期变化而逐渐增加。本研究结果表明, 在整个生育期间, 不同施肥量处理猕猴桃果实干物质含量总体均呈“S”形上升的变化趋势, 与张英英等^[31]、闫鹏科等^[32]、柴仲平等^[33]的研究结果相似, 其原因是生长初期, 其光合面积小, 植物生长速率慢; 生长中期, 随着光合面积的迅速扩大, 生长速率加快; 生长后期, 树木渐渐衰老, 光合速率减慢, 根系生长缓慢, 生长减慢以至停止^[34]。

3.4 施肥量对“红阳”猕猴桃氮磷钾含量的影响

氮、磷、钾对作物生长发育及产量形成具有极其重要的作用^[35-36]。为了满足自身的需求, 植物在生长发育过程中不断从外界吸收各种矿质营养, 不同生育期各器官所含营养元素的数量和种类

不同。闫鹏科等^[32]研究结果表明, 随着生育期的推进苹果各器官氮含量呈下降的趋势, 叶和果实的磷含量呈下降的变化趋势, 叶的钾含量是先增加后降低的变化趋势, 果实的钾含量呈先降低后升高的变化趋势。周喜荣等^[37]研究认为, 随生育期的推进, 枸杞树叶片磷含量呈“下降-上升-下降”的趋势。闫鹏科等^[14]研究发现, 整个生育期内‘同心圆枣’树叶和果的氮含量呈下降的变化趋势; 叶的磷含量呈“下降-上升-下降”的变化趋势, 果实的磷含量呈逐渐下降的变化趋势; 叶的钾含量呈先上升后下降的变化趋势, 果的钾含量呈逐渐上升的变化趋势。

本研究表明, 施肥可有效提高“红阳”猕猴桃叶片及果实的氮磷钾含量。在整个生育期间, “红阳”猕猴桃叶片及果实的氮磷钾含量随施肥量的增加呈“上升-下降”的变化趋势。各器官不同时期不同施肥量, 其氮磷钾含量不同, 整个生育期内各器官氮含量顺序为: 叶 > 果, 其中叶氮含量呈“上升-下降”的变化趋势, 果的氮含量总体呈下降的变化趋势, 这是因为结果后植物生长由营养生长转向生殖生长, 氮含量降低, 进入生殖生长后, 营养器官为生殖器官提供营养, 叶和果实氮含量基本呈下降的变化趋势; 随着生育期的推进, 各器官磷含量顺序为: 叶 > 果, 叶的磷含量总体呈“下降-上升-下降”的变化趋势, 果实的磷含量总体呈下降的变化趋势, 分析其原因, 前期器官建造主要利用果树内的磷素, 叶和果实的磷含量逐渐降低, 中期果实膨大期磷逐渐从茎向叶移动, 叶磷含量增加; 后期从膨大期到成熟期磷从营养器官向生殖器官转移, 同时果实干物质积累量逐渐增大, 叶和果实磷含量逐渐下降; 随着生育期的推进, 叶的钾含量呈波动下降的变化趋势, 果实钾含量总体呈“下降-上升”的变化趋势。分析其原因, 从转色期到成熟期, 果实中淀粉糖化, 对钾的需求量大, 此时, 叶中的钾向果实转移, 使得叶的钾含量降低, 果实的钾含量增加。

4 结论

施肥可有效提高猕猴桃平均横、纵径, 施肥量为 0.75、1 kg/株的平均横、纵径与对照差异达到显著水平; 不同施肥量均可提高猕猴桃果实平均单果质量, 各处理与对照相比, 分别提高了 15.10%、12.55%、27.21%、13.08%, 其中, 施肥量为 0.75 kg/

株的处理与对照差异达到显著水平。不同施肥量均能提高猕猴桃果实可溶性固形物、维生素 C 和可溶性总糖的含量。施肥量为 1 kg/株的果实可溶性固形物和可溶性蛋白含量与空白对照相比差异显著；施肥量为 0.5 kg/株的果实维生素 C 含量最高，达 145.29 mg/100 g；施肥量为 0.75 kg/株的果实可滴定酸和可溶性总糖含量分别为 1.18% 和 6.04%，均高于其他处理。整个生育期间，猕猴桃果实干物质含量总体呈“S”形上升的变化趋势，“红阳”猕猴桃叶片及果实的氮磷钾含量随施肥量的增加呈“上升-下降”的变化趋势。整个生育期内各器官氮含量顺序为：叶>果，其中叶氮含量呈“上升-下降”的变化趋势，果的氮含量总体呈下降的变化趋势；随着生育期的推进，各器官磷含量顺序为：叶>果，叶的磷含量总体呈“下降-上升-下降”的变化趋势，果实的磷含量总体呈下降的变化趋势；整个生育期内，叶的钾含量呈波动下降的变化趋势，果实钾含量总体呈“下降-上升”的变化趋势。

参考文献：

- [1] 张维, 付复华, 罗赛男, 等. 湖南红心猕猴桃品种品质评价及综合分析 [J]. 食品与发酵工业, 2021, 47 (5): 201-210.
- [2] 张婷, 李琛, 罗安伟, 等. 8 种猕猴桃不同组织部位的体外抗氧化活性 [J]. 食品科学, 2016, 37 (19): 88-93.
- [3] 黎晓茜, 龙友华, 尹显慧, 等. 茉莉酸甲酯处理对猕猴桃软腐病菌作用机制及果实品质的影响 [J]. 食品科学, 2019, 40 (15): 239-248.
- [4] 张春兰, 李苇洁, 姚红艳, 等. 不同猕猴桃品种根际 AM 真菌多样性与土壤养分相关性分析 [J]. 果树学报, 2017, 34 (3): 344-353.
- [5] 黄诚, 周长春, 李伟. 猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究 [J]. 食品科技, 2007 (4): 51-55.
- [6] 牛劭斌, 许华森, 孙志梅, 等. 氮磷钾肥用量及基追比例对山药产量及养分利用的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26 (9): 1702-1713.
- [7] Zhang X, Meng F Q, Li H, et al. Optimized fertigation maintains high yield and mitigates N₂O and NO emissions in an intensified wheat-maize cropping system [J]. Agricultural Water Management, 2019, 211: 26-36
- [8] 白由路. 高效施肥技术研究的现状与展望 [J]. 中国农业科学, 2018, 51 (11): 2116-2125.
- [9] 赵玉芬, 尹应武. 我国肥料使用中存在的问题及对策 [J]. 科学通报, 2015, 60 (36): 3527-3534.
- [10] 唐海龙, 龚伟, 王景燕, 等. 氮磷钾不同配比对藤椒产量和品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2019, 47 (10): 18-26.
- [11] Wang J Y, Yan X Y, Gong W. Effect of long-term fertilization on soil productivity on the north China plain [J]. Pedosphere, 2015, 25 (3): 450-458.
- [12] 杨曾平, 张杨珠, 曾希柏, 等. 不合理施肥引起高产稻田土壤退化研究 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2007 (2): 225-231.
- [13] 陈轩敬, 赵亚南, 柴冠群, 等. 长期不同施肥下紫色土综合肥力演变及作物产量响应 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (S1): 139-144.
- [14] 闫鹏科, 于茹, 王丹青, 等. ‘同心圆枣’树氮、磷、钾含量及需肥规律年动态变化 [J]. 果树学报, 2020, 37 (1): 77-87.
- [15] 马征, 崔荣宗, 贾德, 等. 氮磷钾平衡施用对大葱产量、养分吸收及利用的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (3): 109-114.
- [16] 刘秀春, 陈丽楠, 王炳华, 等. 南果梨周年干物质与氮磷钾积累动态 [J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22 (3): 786-793.
- [17] 杨小锋, 别之龙. 氮磷钾施用量对水培生菜生长和品质的影响 [J]. 农业工程学报, 2008, 24 (S2): 265-269.
- [18] 杜少平, 马忠明, 薛亮. 有机无机肥配施对砂田西瓜产量、品质及水氮利用率的影响 [J]. 果树学报, 2020, 37 (3): 380-389.
- [19] 张朝坤, 黄婉莉, 康仕成. 增施有机肥对番石榴产量和品质的影响 [J]. 热带作物学报, 2021, 42 (12): 3553-3558.
- [20] 任如冰. 不同施肥方式对土壤钾素有效性及番茄产量品质的影响 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.
- [21] 杨莉莉. 不同肥料对猕猴桃产量、品质及果园养分的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [22] 冯嘉仪, 谢姗姗, 吴道铭, 等. 氮磷钾配施对银杏果实和外种皮产量及品质的影响 [J]. 生态学杂志, 2021, 40 (6): 1650-1659.
- [23] 李艳丽, 何潇, 张琳. 不同有机肥配比对中秋酥脆枣光合作用及果实品质的影响 [J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41 (1): 45-51.
- [24] 董作珍, 吴良欢, 柴婕, 等. 不同氮磷钾处理对浙优 1 号水稻产量、品质、养分吸收利用及经济效益的影响 [J]. 中国水稻科学, 2015, 29 (4): 399-407.
- [25] 苏利荣, 秦芳, 曾成城, 等. 不同施肥水平对核桃产量品质及叶片养分的影响 [J]. 中国南方果树, 2020, 49 (6): 111-115, 120.
- [26] 安祥瑞, 江尚焘, 李焕苓, 等. 减施化肥配施有机肥对荔枝生长、产量品质及肥料利用率的影响 [J]. 土壤, 2021, 53 (6): 1174-1184.
- [27] 邢英英, 张富仓, 吴立峰, 等. 基于番茄产量品质水肥利用效率确定适宜滴灌灌水施肥量 [J]. 农业工程学报, 2015, 31 (S1): 110-121.
- [28] 李荣飞, 王明明, 杨艺, 等. 不同施肥处理对龙安柚果实产量和品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2020, 36 (10): 60-68.

- [29] 张婷婷. 不同施肥处理对核桃生长、产量和坚果品质的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [30] 周宝元, 孙雪芳, 丁在松, 等. 土壤耕作和施肥方式对夏玉米干物质积累与产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2017, 50 (11): 2129-2140.
- [31] 张英英, 施志国, 魏廷邦, 等. 河西干旱区蒙古黄芪干物质积累及养分吸收规律研究 [J]. 中药材, 2021, 44 (1): 13-18.
- [32] 闫鹏科, 侯婷, 张丽, 等. 宁夏“富士”苹果大量元素动态分析和需肥规律 [J]. 中国土壤与肥料, 2020 (1): 113-118.
- [33] 柴仲平, 王雪梅, 陈波浪, 等. 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.
- [34] 张晋玮. 植物的营养生长与环境 [J]. 养殖技术顾问, 2014 (2): 85.
- [35] 田江梅. 氮磷钾肥对甘薯产量品质影响及光合和养分积累的调控 [D]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [36] 王乐政, 华方静, 曹鹏鹏, 等. 氮磷钾配施对红小豆干物质积累、产量和效益的影响 [J]. 核农学报, 2019, 33 (10): 2058-2067.
- [37] 周喜荣, 张丽萍, 蒋鹏, 等. 宁夏枸杞生育期干物质与氮磷钾积累动态和养分需求规律 [J]. 中国土壤与肥料, 2021 (1): 262-272.

Effect of fertilization amount on yield, quality and NPK of “Hongyang” kiwifruit

HE Li-nan¹, ZHANG Rong-quan², LI Wen-zhi¹, YUAN Teng², FAN Rong^{1, 3}, LONG Man², YIN Xian-hui^{1, 3}, LONG You-hua^{1, 3*} (1. Engineering and Technology Research Center of Kiwifruit, Guizhou University, Guiyang Guizhou 550025; 2. Management Committee of Eastern Agricultural Industrial Park of Shuicheng County, Liupanshui Guizhou 553000; 3. Institute of Crop Protection, Guizhou University, Guiyang Guizhou 550025)

Abstract: In order to determine the best fertilization amount on kiwifruit, it is necessary to explore the effects of different fertilization rates on the yield and quality of kiwifruit and analyze the effects of fertilization rates on the contents of nitrogen, phosphorus and potassium in kiwifruit. “Hongyang” kiwifruit was taken as the research object. Compound fertilizers of 0 kg/plant (control), 0.25, 0.5, 0.75, 1 kg/plant were applied at one time at the germination stage of kiwifruit to study the effects of different fertilization amount on the yield, quality (including soluble solids, soluble total sugar, titratable acid, soluble protein, vitamin C) and nitrogen, phosphorus and potassium contents of “Hongyang” kiwifruit. The results showed that: (1) Fertilization effectively increased the average transverse and longitudinal diameters of kiwifruit, and the difference of average transverse and longitudinal diameters between fertilization amount of 0.75, 1 kg/plant and control reached a significant level; Different fertilization amount improved the average fruit weight of kiwifruit, which was increased by 15.10%, 12.55%, 27.21% and 13.08%, respectively, compared with the control, and the fertilization amount of 0.75 kg/plant among them was significantly different from the control. (2) Fertilization increased the content of soluble solids, vitamin C and soluble total sugar in kiwifruit. Compared with the control, the fertilization amount of 1 kg/plant fruit soluble solids was significantly different. The content of vitamin C in 0.5 kg/plant fruit was the highest, reaching 145.29 mg/100 g. The contents of titratable acid and soluble total sugar were 1.18% and 6.04%, respectively, at the fertilization amount of 0.75 kg/plant, which were higher than other treatments. (3) During the whole growth period, the dry matter content of kiwifruit generally showed an “S”-shaped increasing trend, and the contents of nitrogen, phosphorus and potassium in leaves and fruits showed an “increasing-decreasing” trend with the increase of fertilizer application. (4) During the whole growth period, the order of nitrogen content in each organ was: leaves>fruits, in which the nitrogen content in leaves showed an “upward-downward” trend, and the nitrogen content in fruits generally showed a descending trend. The order of phosphorus content in each organ was: leaves>fruits, the phosphorus content in leaves generally showed a “downward-upward-downward” trend, and the phosphorus content in fruits generally showed a downward trend. The potassium content of leaves showed a fluctuating downward trend, and the potassium content of fruits generally showed a “downward-upward” trend. To sum up, fertilization increased the average single fruit weight, soluble solids, vitamin C and soluble total sugar content of kiwifruit in different degrees, and improved the nutritional quality of kiwifruit. The best comprehensive effect was fertilization rate of 0.75 kg/plant. During the whole growth period, the dry matter content of fruit showed an “S”-shaped upward trend, and the nitrogen and phosphorus content of each organ was as follows: leaves>fruits, the potassium content of leaves showed a fluctuating downward trend, and the potassium content of fruits generally showed a “downward-upward” trend.

Key words: fertilization amount; “Hongyang” kiwifruit; yield; quality; nitrogen, phosphorus and potassium