

# Preliminary Study of Efficient Fertilization Technology on Walnut in High Altitude Area

Pingsheng Wang<sup>1</sup>, Weihong Qi<sup>1\*</sup>, Taolin Lu<sup>1</sup>, Caijuan Wang<sup>1</sup>, Shimin Yang<sup>2</sup>,  
Shiquan Wang<sup>1</sup>, Xiamin Kang<sup>1</sup>, Yuhong Yang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Linxia Academy of Agricultural Sciences of Gansu, Linxia Gansu

<sup>2</sup>Linxia Forest Pest Control and Quarantine Station, Linxia Gansu

Email: lxwps8861@sina.com, \*1362978679@qq.com

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2020; accepted: May 5<sup>th</sup>, 2020; published: May 12<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

To provide theoretical basis for high-yield and high-efficiency fertilization technology of walnut in high-altitude areas, the effects on different fertilization periods and methods on the growth, nutritional status and yield of walnut trees are studied by taking 8-year-old "Qingxiang" as the object. This research is carried out with six different periods and methods of fertilization as following: 1) base fertilization at germination, 2) base fertilization in fruit expanding stage, 3) base fertilization of fruit nucleation period, 4) base fertilization in fruit slow growth, 5) germination base fertilization plus supplementary fertilizer of fruit expansion stage, 6) germination base fertilization plus supplementary fertilizer of fruit nucleation period. The results show that, the sample of 6) is the highest in yield of per plant (4.2 kg) and fertilization benefit (30,600 yuan/hm<sup>2</sup>), the diameter breast-high (1.4 cm) and annual increment of branch diameter (1.09 mm), leaf area (83.0 cm<sup>2</sup>) and louver weight (35.0 g). The later the time of one-time base fertilization, the lower the yield and fertilization benefit. However, the annual increment of diameter breast-high and branch, leaf area and louver weight are significantly increased. While, these are significantly lower than that of two-time fertilization sample. At the same time, the change of tree height always contrary with above. With the postponement of one-time base fertilization, the nitrogen content in the leaves greatly increases, while the phosphorus content decreases. The two-time fertilization is in the middle level in the nitrogen content and about 1/3 with the phosphorus content. It also finds that the potassium content hard to change in one-time or two-time base fertilization. Above all, in the high altitude walnut planting area, the germination base fertilization (0.36 kg N + 0.4 kg P + 0.3 kg K) with supplementary fertilizer of fruit nucleation (0.24 kg N) can not only meet the needs of different growth periods of walnut tree, but also improve the fertilization efficiency achieving the goal of environmental friendliness and high yield.

## Keywords

Walnut, Fertilization Time, Yield, Diameter Breast-High, Leaf Growth

---

\*通讯作者。

# 高海拔区核桃高效施肥技术研究初报

王平生<sup>1</sup>, 祁维红<sup>1\*</sup>, 鲁涛林<sup>1</sup>, 王彩娟<sup>1</sup>, 杨世民<sup>2</sup>, 王世全<sup>1</sup>, 康夏民<sup>1</sup>, 杨或红<sup>1</sup>

<sup>1</sup>甘肃省临夏州农业科学院, 甘肃 临夏

<sup>2</sup>甘肃省临夏州森林病虫害防治检疫站, 甘肃 临夏

Email: lxwps8861@sina.com, 1362978679@qq.com

收稿日期: 2020年4月21日; 录用日期: 2020年5月5日; 发布日期: 2020年5月12日

## 摘要

探究不同施肥时期与方法对核桃树体生长发育、营养状况及产量的影响, 为高海拔区核桃高产高效施肥技术提供理论依据, 以8年生“清香”为研究对象, 设1) 萌发期基施、2) 果实膨大期基施、3) 果实硬核期基施、4) 果实缓慢生长期基施、5) 萌发基施 + 果实膨大期追施、6) 萌发基施 + 果实硬核期追施, 6个不同时期与方法施肥处理, 开展此项试验研究。结果表明: 处理6)的单株产量和施肥效益、树体胸径和侧枝直径年增量、叶面积和百叶重为最高, 分别为4.2 kg和30,600元/hm<sup>2</sup>、1.4 cm和1.09 mm、83.0 cm<sup>2</sup>和35.0 g。一次性基施的时间越迟, 其产量和施肥效益越低, 而树体胸径年增加量、侧枝直径年增量、叶面积、百叶重均有明显提高, 但明显低于二次施肥的各处理, 树高变化反之。一次性基施时期的推迟, 叶片中氮素含量近倍数提高, 二次施肥处理介于中间水平; 磷素含量有所降低, 二次施肥处理约占1/3; 钾素含量各处理变幅不大。结论: 在高海拔核桃种植集聚区的盛果期核桃园, 每株在萌发期基施(0.36 kg氮 + 0.4 kg磷 + 0.3 kg钾) + 果实硬核期追施(0.24 kg氮)肥料, 即能够满足核桃树体不同生长发育阶段的需求, 又能提高施肥效率, 达到环境友好、高产高效的目的。

## 关键词

核桃, 施肥时期, 产量, 胸径, 叶片生长

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

核桃是甘肃最重要的木本油料和经济林树种, 适应性广, 随着种植产业结构调整、国家政策扶持和相对种植效益的提高, 在甘肃积石山县大河家镇的高海拔区核桃气候次适宜区[1]生产的“鸡蛋皮核桃”产品已荣获“甘肃名牌产品”和“国家地理标志保护”产品[2], 种植面积逐年扩大, 已成为当地农村经济的支柱产业, 也是群众的主要经济来源之一。施肥是果园管理的重要基础, 大量研究表明, 矿质营养元素及其施用肥料的种类、形态、数量、时期和方法, 不仅对果树的产量与品质产生作用, 而且对树体的生长发育具有重要的影响[3]。前人研究[4]-[9]结果表明, 不同 N、P、K 施肥处理对核桃单位冠幅产量、单果重、出仁率影响显著; 氮磷钾配施的互作效应最高, 其次为氮、钾肥和氮、磷肥的互作效应, 磷、钾肥的互作效应相对较差。长期过量施用化肥, 造成土壤微生态系统失衡, 土传病害加剧等, 而平衡施肥技术是提高单产、改善品质、降低种植成本、培肥土壤地力、减少肥料污染和降低不可再生资源消耗

速度的重要措施。等氮量分次追施氮肥,随着施肥次数的增加,能提高对氮素的积累和分配,有利于冬枣树体的生长及产量和品质的提高。秋施氮肥植株吸收肥料氮总量 17.8%比夏施 14.7%高得多,稍差于春施 20.8%。由于核桃树各个时期的生长发育不同,所需的养分种类和数量也不一样[10],只有充分利用来自土壤和环境的养分资源,实现根层养分供应与高产作物需求在数量上匹配、时间上同步、空间上一致,才能提高作物产量和养分利用效率,协调作物高产与环境保护[11]。在甘肃高海拔核桃种植集聚区,制定相应的高效施肥技术方案,对于指导合理施肥、满足树体生长发育、提高果品产量品质、维持果园可持续生产能力具有重要意义。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验基地概况

试验于 2018 年 3 月~11 月在甘肃省积石山县大河家镇(35°49.937N, 102°45.994E)大河家村核桃园实施。试验地位于甘青两省四县(永靖、民和、循化、化隆)交界处的黄河岸边,距县城 27 公里,属典型的大陆性季风气候,冬春季干燥,夏秋季湿润,海拔 1816 m,年日照时数 2323.4 h,年平均气温 8.0℃,≥0℃积温 2552.5℃,≥10℃积温 1760.3℃,年降水量 660.2 mm,无霜期 153 d。试验地有灌溉条件,土壤为川谷地麻红土,质地中壤,耕层容重 1.18g/cm<sup>3</sup>,耕层理化性状:有机质 10.5 g/kg,全氮 0.636 g/kg,碱解氮 31.85 mg/kg,全磷 0.707 g/kg,有效磷 14.7 mg/kg,缓效钾 0.872 g/kg,速效钾 188.36 mg/kg, pH 8.39。

### 2.2. 试验材料

试验以当地主栽品种‘清香’为材料,该品种属晚实类型中结果早,中冠树形,适应性广,丰产性好,抗逆性和嫁接亲和力强,树龄为 8 年,株行距 5 m × 4.5 m,每公顷 400 株,常年产量水平约 1.25 t/hm<sup>2</sup>。在园中选取品种、树龄、树干、树高和树冠基本一致,无病虫害,历年产量相近的 30 棵核桃树(其中:不同施肥时期试验 18 棵,不同施肥方式 12 棵)为研究样本对象。有机-无机复混肥(N 9%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6%、K<sub>2</sub>O 3%,有机质 22%),尿素(N 46%),过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%)。

### 2.3. 试验设计

试验在施氮磷钾肥相同条件下,以 60%无机氮素与 40%有机氮素肥(F6M4)为氮素组分;先以有机态氮为标准计算,氮、磷、钾养分不足部分用化学肥料补剂,有机态氮以有机-无机复混肥含氮量为计算依据。试验设萌发期(4 月 19 日)、果实膨大期(5 月 11 日)、果实硬核期(6 月 1 日)、果实缓慢生长期(7 月 11 日)6 个不同施肥处理与方法处理(表 1),每处理为 1 株树,重复 3 次,共 18 株树,采用随机区组排列设计。肥料一次施肥处理:按处理生育时期施入;肥料二次施肥处理:氮肥用量的 60%和全部磷钾肥在第一次生育期施入,40%氮肥按处理生育期进行第二次施入。施肥方式为条状施肥,在树的两侧挖双侧沟施法,长 × 宽 × 深为 100 cm × 40 cm × 30cm;其它田间管理与当地相同。

**Table 1.** Fertilization time effects on walnut

**表 1.** 核桃施肥时期效应试验

处理	养分量(kg/株)				
	TN	MN	FN	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
① 萌发期	0.6	0.24	0.36	0.4	0.3
② 果实膨大期	0.6	0.24	0.36	0.4	0.3
③ 果实硬核期	0.6	0.24	0.36	0.4	0.3

Continued

④ 果实缓慢生长期	0.6	0.24	0.36	0.4	0.3
⑤ 萌发 + 膨大期	0.6	0.24	0.36	0.4	0.3
⑥ 萌发 + 硬核期	0.6	0.24	0.36	0.4	0.3

## 2.4. 数据采集与方法

年生长量的测定,先在树体上做好项目对应的标记,每处理在施肥前(4月19日)与落叶后(10月28日)进行测定数据,以平均数计,计算周年差值。胸径年增加量在距地面1m处用测树钢围尺测量树干周长;标准枝直径增加量,每处理选择3棵标准枝,在距主枝5cm处用数显游标卡尺测量其直径;用克萊期顿测高仪测量树高。叶片样本于果实缓慢生长期(8月7日)采集,每个处理每株采样树的东、西、南、北4个方向各取发育枝中部成熟健康的叶片(含叶柄)20片,每处理60个叶为一个样品。鲜叶重经1/1000天平称取叶片重量;叶面积选用干净纸绘制成单位网格,用重量与面积换算为线形模型方程,再将纸与叶片重叠并剪呈叶片形状,称其叶片状的纸片重量,用模拟方程测算其叶片面积;叶片干重经烘干至恒重后称取其重量;叶片营养成分测定,烘干后的叶片样研磨后用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消解,全氮用全自动凯氏定氮仪测定,全磷采用钒钼黄比色法测定,全钾用火焰光度法测定[12]。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同施肥时期与方式对核桃产量及效益的影响

表2可看出,在施量相同的条件下,核桃单株产量二次施肥处理明显高于一次施肥处理,萌发期施肥+硬核期追施处理单株产量最高,为4.20 kg/株,萌发期基肥+果实膨大期追施两处理的单株产量居二位,相对产量99.3%,两处理较果实膨大期追施处理产量差异达显著水平,较果实硬核期基肥和果实缓慢生长期基肥产量差异均达极明显水平,说明二次施肥有利于当年核桃对养分的吸收转化利用。萌发期一次性施肥单株产量居第三位,较果实硬核期基肥和果实缓慢生长期基肥产量差异均达极明显水平,说明施肥时期越晚产量越低,早施肥料利于核桃对养分的吸收转化利用。

Table 2. Effect of fertilization with different times and methods on yield and benefit of walnut

表2. 不同时期与方式施肥对产量及效益的影响

处理	产量(kg/株)	相对产量(%)	产值(元/hm <sup>2</sup> )	施肥投入(元/hm <sup>2</sup> )	施肥效益(元/hm <sup>2</sup> )
① 萌发期	4.00 abA	95.2	32,000	1500	30,500
② 果实膨大期	3.80 bAB	90.5	30,400	1500	28,900
③ 果实硬核期	3.40 cBC	81.0	27,200	1500	25,700
④ 果实缓慢生长期	3.10 cC	73.8	24,800	1500	23,300
⑤ 萌发 + 膨大期	4.17 aA	99.3	33,360	3000	30,360
⑥ 萌发 + 硬核期	4.20 aA	100.0	33,600	3000	30,600

注:表中数据为3次重复的平均值;同列数值后不同大小写字母分别表示各处理间差异极显著或显著水平;施1次肥所需机械、人工费用1500元/hm<sup>2</sup>,商品核桃价格20元/kg。

萌发期基肥+硬核期追施处理的产值33,600元/hm<sup>2</sup>,施肥人工投入3000元/hm<sup>2</sup>,施肥效益最高30,600元/hm<sup>2</sup>,其次是萌发期施肥和萌发期施肥+硬核期追肥处理分别为30,500元/hm<sup>2</sup>和28,900元/hm<sup>2</sup>,第二、三位,果实缓慢生长期基肥处理的施肥效益最低,仅为23,300元/hm<sup>2</sup>。说明高海拔区核桃萌发期基肥+硬核期追施能明显提高当季的施肥效益,若一次性施肥,在核桃高效施肥时期于萌发期基肥。

### 3.2. 不同施肥时期与方式对核桃树体生长的影响

不同施肥方式和时期对核桃生长影响较大。从表 3 看出, 各处理核桃胸径增加量变化, 二次施肥明显高于一次性施肥, 萌发期基施肥+硬核期追施处理的增加量最高, 为 1.40 cm, 萌发基施+果实膨大期追施处理次之, 相对胸径增量为 85.7%, 萌发期基施处理最低, 相对胸径增加量仅为 51.4%, 说明二次施肥更有利于胸径的增长; 一次性基施肥处理间相比较, 果实硬核期基施处理的胸径较高, 相对于其余处理胸径提高了 13.4%~29.2%, 说明核桃硬核期是胸径累积量最大时期。核桃树体侧枝平均 25 枝, 各处理间标准枝的年直径增长量相比较, 二次施肥处理明显高于一次性施肥处理, 其增长变化规律基本与胸径相一致, 说明二次施肥有利于侧枝的生长; 一次性施肥处理间相比较, 随着施肥时期的推迟标准枝的直径增长量随之增加, 其生长规律呈线性增加模型, 以果实硬核期施肥为最大值, 再推迟施肥侧枝的增长量变化不大, 说明果实硬核期施肥处理是侧枝生长最大时期。表 3 还可以看出, 处理间树高的变化规律, 一次性施肥处理明显高于二次性施肥生长, 随着施肥时期的推迟树高随之降低, 说明一次施肥有利于树高的生长, 施肥时期越早更有利于树高生长。

**Table 3.** Effect of fertilization with different times and methods on tree's dry matter accumulations

**表 3.** 不同时期与方式施肥对树体干物质累积量的影响

处理	胸径增量 (cm)	相对胸径增量 (%)	标准枝直径增量 (mm)	相对标准枝直径增量 (%)	树高增长量 (cm)	相对树高增长量 (%)
① 萌发期	0.72	51.4	0.82	75.2	1.02	125.9
② 果实膨大期	0.75	53.6	0.83	76.1	0.95	117.3
③ 果实硬核期	0.93	66.4	0.98	89.9	0.82	101.2
④ 果实缓慢生长期	0.82	58.6	0.98	89.9	0.72	88.9
⑤ 萌发 + 膨大期	1.20	85.7	1.02	93.6	0.77	95.1
⑥ 萌发 + 硬核期	1.40	100.0	1.09	100.0	0.81	100.0

### 3.3. 不同施肥时期与方式对叶片生长及养分含量的影响

不同施肥时期与方式对叶片生长影响较大。表 4 可知, 各处理间的叶片形态指标相比较, 叶面积、百叶鲜重及叶干重指标二次施肥处理均高于一次施肥处理, 以萌发期基施+硬核期追肥处理为最高, 分别为 83.0 cm<sup>2</sup>、110.0 g 和 35.0 g, 较一次性施肥处理相比较, 分别提高了 6.5%~28.9%、3.0%~26.9%和 10.8%~43.4%; 萌发期基施+膨大期追肥处理次之, 分别提高了 0.8%~21.9%、9.7%~35.2%和 2.5%~32.8%, 说明二次施肥有利于核桃叶片的生长和干物质累积; 一次性施肥各处理之间相比较, 随着施肥时期的推迟, 核桃生长天数的增加, 施肥时期(当季生长天数)与叶面积、百叶鲜重和百叶干重分别呈线性正增长模型, 分别为  $y = 0.178x + 0.186$ ,  $R^2 = 0.818$ ,  $y = 0.264x - 0.318$ ,  $R^2 = 0.870$ ,  $y = 0.086x + 0.205$ ,  $R^2 = 0.994$ , 且相关系数较高( $p < 0.05$ ), 说明随着施肥时期的推迟, 更利于叶片生长和叶干物质的累积。

不同施肥时期与方式对叶片营养元素含量影响较大。叶片氮素变化呈现出, 随着施肥时期的推迟, 叶片中全氮的含量随之增加, 果实缓慢生长期基施肥处理全氮含量最高, 为 4.688%, 果实硬核期基施次之, 二次施肥的两处理居三、四位, 果实膨大期和萌发期基施处理较低。说明不同施肥时期对养分吸收后其分配途径各异, 前期(萌发至果实膨大期)施肥优先分配到贮藏器官(包括主干、多年生侧枝和粗根), 后供应新器官(叶片、新生营养枝、细根及果实), 中期(果实硬核至缓慢生长期)施肥直接用于新器官的生长; 二次施肥提高了利用效率, 介于二者之间。叶片磷素含量变化呈现随着氮肥施肥时期的推迟,



叶片中全磷含量随之降低, 萌发期基施的叶片全磷含量 0.197% 为最高, 与果实膨大期、硬核期、缓慢生长期基施处理相比较, 分别提高了 5.9%、16.6% 和 64.2%, 与二次施肥两处理相比较, 分别提高了 203.1% 和 239.7%, 说明叶片中的磷流向营养贮藏器官, 二次施肥营养加速向贮藏器官累积, 叶片磷素含量的降低。不同施肥时期和方式对叶片钾素含量变化幅度影响不大, 可能试验耕地有效钾含量较高有关, 同时前期配施钾肥对树体吸收氮、磷元素发生了拮抗作用, 导致了叶片中氮、磷含量相对较低。

**Table 4.** Effects of fertilization with different times and methods on leaf growth and nutrient contents

**表 4.** 不同时期与方式施肥对叶片生长及养分含量的影响

处理	叶面积(cm <sup>2</sup> )	百叶鲜重(g)	百叶干重(g)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
① 萌发期	64.4	86.7	24.4	1.337	0.197	1.479
② 果实膨大期	66.0	88.6	26.6	1.756	0.186	1.621
③ 果实硬核期	76.5	102.6	28.6	3.402	0.169	1.256
④ 果实缓慢生长期	77.9	106.8	31.6	4.688	0.120	1.449
⑤ 萌发 + 膨大期	78.5	117.2	32.4	2.394	0.065	1.360
⑥ 萌发 + 硬核期	83.0	110.0	35.0	2.009	0.058	1.666

#### 4. 结果与讨论

树体生长期, 地上部分与地下部分各器官的养分存在竞争, 是养分需求的关键时期, 此期土壤养分供应不足导致产量下降, 过多导致树旺长, 影响其它元素的吸收, 同时易引起氮素淋溶损失, 因此适量、适时的氮素供应将保障树体各器官的正常功能及果实的优质高产。基肥是供给核桃植株全年生长发育所需的基础肥料, 是当年结果后恢复树势和次年丰产的物质保证[13]。果树对氮的吸收分配存在较大差异, 不同时期追施氮肥效果不同[14]。彭玲等[8]研究结果表明, 冬枣各器官 Ndff 值(植株器官从肥料中吸收分配到的 <sup>15</sup>N 量对该器官全氮量的贡献率)随追氮次数的增多而显著增大; 4 次追氮处理 <sup>15</sup>N 利用率分别比 1 次和 2 次追氮处理高 27.4% 和 15.5%。张进等[15]研究结果表明, 随着施肥期的后延, 植株对 <sup>15</sup>N—尿素的当季利用率逐渐下降。本研究结果表明, 二次施肥(萌发期基施+果实硬核期追施和萌发期基施+果实膨大期追施)两处理单株产量分别为 4.20 kg 和 4.17 kg, 除萌发期基施处理增产 5.0% 和 4.25% 差异不显著外, 较其余处理分别增产 10.5%~35.5% 和 9.7%~34.5%, 产量差异达显著或极显著水平, 二次施肥既能满足树体不同生长发育阶段的养分需求, 又能减少地下淋溶造成的损失, 提高肥料的当季利用效率; 从施肥效益的角度来看, 萌发期基施+果实硬核期追施处理优于萌发期基施 + 果实膨大期追施。一次性基施各处理间, 基施时期越迟产量越低, 可能造成养分供应与核桃树体需求在数量上不匹配、时间上不同步、分配不协调, 直接引起产量的下降; 富钾区基施钾素肥料, 又可能引起钾素对氮、磷、钙等元素发生拮抗作用[16], 树体营养元素之间的不平衡, 造成相对产量的下降; 本试验结论与前人研究成果基本吻合。因此, 在高海拔区核桃种植区, 最佳施肥组合是 60% 氮肥和全部磷肥在萌发期基施, 40% 氮肥和钾肥果实硬核期追施。

丁宁等[17]对矮化苹果研究结果表明, 萌芽期(3 月 20 日)施肥, 营养器官 <sup>15</sup>N 分配率最大; 春梢缓长期(6 月 5 日)施肥, 生殖器官的 <sup>15</sup>N 分配率最大; 秋梢生长期(7 月 10 日)施肥, 贮藏器官的 <sup>15</sup>N 分配率最大。张进等[14]对沾化冬枣研究结果表明, 生长季前期(4 月 2 日~5 月 16 日)施用 <sup>15</sup>N-尿素, <sup>15</sup>N 优先分配到贮藏器官中, 然后外运用于树体新生器官的形成, 果实采收后 <sup>15</sup>N 开始向贮藏器官回流; 果实硬核期(8 月 1 日)施肥, <sup>15</sup>N 直接用于树体营养生长和生殖生长, 而不是先贮藏再利用; 果实速长期(9 月 1 日)

施肥,  $^{15}\text{N}$  优先向贮藏器官中积累。陈林等[7]、方秀丽[17]对核桃研究结果表明, 核桃需氮最多的时期是展叶期, 第二高峰期是硬核期, 磷累积量最大时期是硬核期, 需钾最旺盛时期是果实膨大期。本试验结果表明, 前期(4月中旬至5月中旬)施肥, 根系吸收养分后, 经贮藏器官转化后, 优先供应于树高、新生枝条、果实等新生器官的生长, 树体的胸径增长量和侧枝的直径增加量相对较小, 而树高增加明显; 中期施肥(6月1日至7月11日)施肥, 养分直接用于生殖生长和营养生长, 树体的胸径增长量和侧枝的直径增加量相对增大, 而树高增长量相对降低; 二次施肥(萌发期基施 + 果实硬核期追施)的处理胸径增量和侧枝直径增加量最高, 分别为 1.4 cm 和 1.09 mm, 而树高增量适中为 0.81 cm, 与一次性施肥各处理相比较, 相对胸径增量分别为 51.4%、53.6%、66.4%和 58.6%, 相对侧枝直径增加量分别为 75.2%、76.1%、89.9%和 89.9%, 而相对树高增长量分别为 125.9%、117.3%、101.2%和 88.9%, 说明二次施肥满足了核桃树体需氮规律, 提高了氮素肥料利用效率, 还能促进磷、硼、铁、锌等元素的吸收, 再加之富钾区施钾肥, 钾素因浓度梯度而被动吸收, 因此, 满足了树体营养生长与生殖生长的营养要求, 缓解了贮藏器官与新生器官之间的营养需求竞争, 核桃胸径增加量和侧枝直径增加量相对较高, 而树高适度增长, 此结果与前人研究结论基本一致。

叶片养分水平与果实之间养分供应源库关系明显[18], 叶片也是光合作用的主要器官, 为果实生长发育提供、积累养分, 因此果树叶片矿质元素含量可反映树体对营养的吸收利用情况[19]。不同时期与方式施肥对叶片的生长发育影响较大, 这与养分的吸收、贮藏、分配、利用有关, 不同生育时期的生长中心器官各异。叶片采样期是核桃生长逐步转向生殖生长的时期, 此期叶片分配得到的 N 量越低, 果实竞争分配得到的 N 量就越高, 有利于核仁脂肪含量的积累[21], 硬核期叶片含 P 量与果实产量呈显著负相关[20]。本试验结果表明, 二次施肥既能为核桃前期的营养生长提高必要的养分, 又能为后期果实形成的关键时期提供充足的养分, 从而增加植株叶面积和叶质量, 提高了光合速, 进而提高核桃产量。另外, 试验仅开展了 1 年, 数据采集有限, 如叶片质量和养分含量与施肥时期和方法的关联, 还需进一步研究。

## 5. 结论

不同时期与方法施肥不仅对核桃产量与施肥效益产生作用, 而且对树体的生长发育具有重要的影响, 同时对土壤环境造成潜在的风险。在高海拔核桃种植集聚区的盛果期核桃树, 每株在萌发期基施(0.36 kg 氮 + 0.4 kg 磷 + 0.3 kg 钾) + 果实硬核期追施(0.24 kg 氮)肥料, 即能够满足树体营养贮藏, 又能改善不同生长发育阶段的养分需求, 减少养分的地表径流和地下淋溶等损失, 提高施肥效率, 达到高产高效的目的。

## 基金项目

积石山县低产核桃提质增效技术示范推广(编号[2017]ZYTG13 号)资助。

## 参考文献

- [1] 贺春燕. 甘肃省核桃气候适宜性分区评价与种植区划[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42(4): 77-81.
- [2] 孔令波. 积石山县大河家蛋皮核桃种植农民专业合作社[J]. 甘肃农业, 2015(6): 58.
- [3] 曹贵寿, 柴晓芳, 杨晓华, 等. 施肥对红星苹果树体生长发育、营养状况及产量的影响[J]. 山西农业科技, 2016, 44(11): 1638-1642.
- [4] 刘杜玲, 张博勇, 彭少兵, 等. 氮磷钾配方施肥对核桃产量和品质指标的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(6): 113-117.
- [5] 彭少兵, 成艳霞, 董文浩, 刘杜玲. 核桃“3414”肥料效应试验及推荐施肥量的回归分析[J]. 经济林研究, 2018, 36(4): 27-32.
- [6] 张杰, 马亚君, 贺志斌, 等. 微生物肥料替代化肥在苹果种植中的应用效果研究[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(7): 128-135.

- [7] 陈林, 程滨, 赵瑞芬, 张一弓. 核桃养分需求规律研究[J]. 山西农业科学, 2012, 40(5): 555-558.
- [8] 彭玲, 董林水, 陈印平, 等. 等量分次施氮对冬枣  $^{15}\text{N}$  和  $^{13}\text{C}$  利用与分配特性的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1380-1388.
- [9] 高占峰, 陈良, 张永强, 等. 质谱法研究鸭梨最佳施肥期肥料 N 的平衡及其效应[J]. 分析测试通报, 1992, 11(5): 76-78.
- [10] 张兴旺. 核桃树的需肥特性和施肥方法[J]. 云南林业, 2002(4): 17.
- [11] 张富锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-114.
- [13] 马保林, 马生英. 薄皮核桃施肥技术探析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2008, 26(2): 71-73.
- [14] Zhao, D.-C., Jiang, Y.-M., Peng, F.-T., et al. (2006) Storage and Remobilization of Nitrogen by Chinese Jujube (*Z. jujube* mill. var. *inermis* Rehd) Seedling as Affected by Timing of  $^{15}\text{N}$  Supply. *Scientia Agricultura Sinica*, **39**, 1626-1631. (In Chinese)
- [15] 张进, 姜远茂, 束怀瑞, 等. 不同施肥期沾化冬枣对  $^{15}\text{N}$  的吸收、分配及利用特性[J]. 园艺学报, 2005, 32(2): 288-291.
- [16] 杨波, 车玉红, 徐叶挺, 等. 外源 N、P、K 肥对扁桃叶片矿质营养元素含量的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(4): 127-131.
- [17] 方秀丽. 核桃树周年施肥要点[J]. 山西果树, 2014(1): 48-49.
- [18] 童根平, 王卫国, 张圆圆, 等. 大田条件下山核桃林地土壤和叶片养分变化规律[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(4): 516-521.
- [19] 孙慧娟, 郭素娟, 张丽, 等. 修剪与施氮对板栗叶片 N、P 营养及产量的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(4): 816-822.
- [20] 刘亚全, 张鹏飞. 核桃叶片钾钙镁含量及光合速率变化的研究[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(1): 92-95.
- [21] 赵兰坡, 刘淑霞, 李月芬. 吉林省主要耕作土壤中钾素营养状况与钾肥的合理施用[J]. 吉林农业大学学报, 2000, 22: 102-105.