

氮、磷、钾优化配比在薄壳山核桃果实及叶片中分配效应研究

冯英, 赵悦竹, 戚晶, 柯好, 谷勋刚*

(安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036)

摘要: 为提高薄壳山核桃种植的经济效益, 以4年生果树为研究对象, 以“3414”优化施肥方案为基础, 研究氮、磷、钾配比对目标林木的作用效应、分配规律的影响。结果表明: 氮、磷协同作用是关键, 制约着氮、磷、钾在果仁及叶片中的分布, 其中氮的效果更为明显, 磷其次, 综合以处理14、5、6效益最佳, 即每株薄壳山核桃施用尿素804 g、磷酸二胺362~724 g、硫酸钾320~640 g, 不仅能促进树体健康可持续生长发育, 并且显著提高种植者的经济效益, 在实际生产中有一定推广价值。

关键词: 薄壳山核桃; 氮、磷、钾配比; 养分供应; 施肥

中图分类号: S664.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2023)05-0798-04

Studies of nitrogen, phosphorus and potassium optimum mixture ratios on distributional effects in *Carya illinoensis* fruits and leaves

FENG Ying, ZHAO Yuezhu, QI Jing, KE Hao, GU Xungang

(School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: In order to improve the economic benefits of *Carya illinoensis* planting, this experiment took 4-year-old fruit trees as the research object, based on the "3414" optimized fertilization program, to study the effects of nitrogen, phosphorus and potassium ratios on the role of the target forest trees, the distribution of the law. The results showed that: the synergistic effect of nitrogen and phosphorus is the key, which restricts the distribution of nitrogen, phosphorus and potassium in the kernels and leaves, of which the effect of nitrogen is more obvious, followed by phosphorus, and the recommended treatment of 14,5 and 6 was the optimal fertilization scheme, that is, 804 g of urea, 362-724 g of diamine phosphate and 320-640 g of potassium sulfate were applied per *Carya illinoensis*, which not only promotes the tree's healthy and sustainable growth and development, but also significantly improves the economic benefits of the growers, which has certain popularization value in actual production.

Key words: *Carya illinoensis*; ratios of nitrogen, phosphorus and potassium; nutrient supply; fertilization

薄壳山核桃(*C.illinoensis* (Wangenh.) k.Koch)产于北美, 又名碧根果, 果仁味香、营养丰富, 油脂、蛋白质、碳水化合物含量很高^[1-2], 并含有对人体有益的多种氨基酸、维生素、酚类物质、植物甾醇等保健成分, 具有抗氧化、抗衰老、降低胆固醇等多种功效^[3-4], 深受消费者青睐, 市场潜力巨大。薄壳山核桃根系发达, 具有极强的保水、保肥、保土的能力; 树冠庞大, 是优良的绿化林木, 在干旱、半干旱地区大面积栽培能显著改善环境^[5]。因经济效益好, 薄壳山核桃已引种到浙江、江苏、安徽、云

南和江西等地, 产业化规模已经初步形成。大面积推广薄壳山核桃种植时, 提高产量和改善品质是最终目标, 除筛选优良品种、有效管理及病虫害防治^[6-7]等措施外, 施肥是不可缺少的有效手段, 根据薄壳山核桃营养生长和生殖生长的规律, 合理的施肥能显著提高经济效益。

目前, 薄壳山核桃栽培管理、品种性状等方面研究的工作较深入^[8-9], 但优化施肥领域的研究内容较少^[10]。合理的肥料配比及施用量无疑对产量、品质、果树的生长状况等产生有利的影响^[10]。本研究

收稿日期: 2022-11-21

基金项目: 薄壳山核桃管养体系提升与研发重点项目(KJ20200372)和国家自然科学基金(31470688)共同资助。

作者简介: 冯英, 硕士研究生。E-mail: 869895400@qq.com

* 通信作者: 谷勋刚, 博士, 教授。E-mail: xggu89@ahau.edu.cn

根据种植区土壤养分供应状况, 结合区域气候环境条件、目标产量等因素, 初步确定了推荐施肥量。在此基础上采用农业生产中常用“3414”田间试验进行优化处理, 通过调查氮、磷、钾在叶片、果实中分布状况确定最佳施肥方案, 以期为薄壳山核桃的科学施肥提供理论和实践支持。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验区位于安徽省合肥市肥西县官亭镇, 该区为万利生态农业有限公司薄壳山核桃种植基地, 种

植面积超过 13 000 亩。选择地势较平缓、树体长势一致的园区进行优化施肥试验, 试验区土壤基本理化性质见表 1。

1.2 试验材料

供试薄壳山核桃为 4 年生“波尼”, 所用肥料为尿素 (N 含量为 46%)、磷酸二铵 (N 含量为 18%, P₂O₅ 含量为 46%)、硫酸钾 (K₂O 含量为 52%)。结合土壤中有效态氮、磷、钾的含量, 以及当地的施肥经验和专家建议, 确定氮、磷、钾推荐施用量分别为每株尿素 804 g、磷酸二铵 724 g、硫酸钾 640 g。

表 1 试验区土壤的基本理化性质

Table 1 Basic physico-chemical properties of test soils

pH 值	有机质/(g·kg ⁻¹)	全氮/(g·kg ⁻¹)	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)
4.43±0.02	6.17±0.11	0.51±0.03	56.79±1.54	8.16±0.22	169.1±4.3

1.3 试验设计

采用常规的“3414”方案, 3 因素 4 水平 14 个处理。3 个因素为氮、磷、钾, 4 个水平为 0、1、2、3 个水平, 其中 2 水平为推荐施肥量, 0 水平为不施肥, 1 水平为 2 水平×0.5, 3 水平为 2 水平×1.5。每个处理随机选择 9 颗树进行重复试验, 树株行间距 6 m×8 m, 施肥时间为 2021 年 4 月 4 日。

1.4 样品处理及分析

取长势一致的叶片约 200 片, 采集的部位为营养生长枝条的第 3 片叶。收集新鲜果实 4 kg, 大小一致, 尽量位于枝条的基部。样品在实验室进行表面清洗处理, 叶片用烘箱在 105℃ 下杀青 10 min, 75℃ 下烘至恒重, 冷却后研磨过 60 目筛装袋备用; 果实先烘干, 然后将果皮、果壳、果仁分离, 最后在 75℃ 下烘至恒重, 果皮和果壳粉碎后过 60 目筛

备用, 果仁在测试前用研钵研细均匀再进行消煮。待测溶液的制备均采用硫酸-双氧水氧化法处理, 氮磷钾的测定采用常规分析法^[1]。

2 结果与分析

“3414”试验是公认的最优试验方案, 本研究以推荐施肥量为基础, 开展优化施肥研究。

2.1 薄壳山核桃叶片内氮、磷、钾含量的变化

叶片是光合作用合成有机物质的场所, 氮、磷是叶片结构性物质, 钾在有机物质合成的过程中有多重作用, 因此氮、磷、钾含量的高低一定程度上反映了叶片合成有机物质的能力^[6]。实施“3414”试验时, 测定叶片中氮、磷、钾含量, 有助于判别吸收养分的效果。叶片中氮、磷、钾变化如表 2。

表 2 叶片中氮、磷、钾含量变化

Table 2 The change of contents of nitrogen, phosphorus and potassium in leaves

处理	施肥水平	N/%	P/%	K/%
1	N ₀ P ₀ K ₀	0.089 7±0.003 1	0.010 0±0.000 2	0.141 2±0.003 2
2	N ₀ P ₂ K ₂	0.114 1±0.003 8	0.011 0±0.000 1	0.207 0±0.005 8
3	N ₁ P ₂ K ₂	0.126 7±0.004 2	0.011 2±0.000 4	0.272 6±0.004 1
4	N ₂ P ₀ K ₂	0.116 3±0.003 7	0.011 1±0.000 5	0.221 1±0.004 4
5	N ₂ P ₁ K ₂	0.103 6±0.003 5	0.010 6±0.000 2	0.187 6±0.005 9
6	N ₂ P ₂ K ₂	0.107 2±0.004 1	0.010 6±0.000 5	0.212 9±0.007 3
7	N ₂ P ₃ K ₂	0.117 0±0.003 8	0.011 0±0.000 3	0.248 9±0.005 7
8	N ₂ P ₂ K ₀	0.108 8±0.004 1	0.010 9±0.000 2	0.272 6±0.003 2
9	N ₂ P ₂ K ₁	0.106 4±0.004 9	0.011 0±0.000 5	0.286 0±0.005 9
10	N ₂ P ₂ K ₃	0.116 6±0.004 0	0.010 9±0.000 2	0.226 1±0.005 1
11	N ₃ P ₂ K ₂	0.102 0±0.003 7	0.010 7±0.000 4	0.235 7±0.004 6
12	N ₁ P ₁ K ₂	0.121 0±0.003 9	0.010 9±0.000 5	0.230 9±0.004 3
13	N ₁ P ₂ K ₁	0.113 1±0.003 4	0.010 7±0.000 2	0.236 4±0.004 0
14	N ₂ P ₁ K ₁	0.117 7±0.002 7	0.011 0±0.000 3	0.228 0±0.005 1

从表 2 可知, 叶片中氮含量超过 0.12% 的包括处理 3 ($N_1P_2K_2$) 和处理 12 ($N_1P_1K_2$)。磷的含量较低, 并且变化幅度不大, 可能与磷素的移动性较小有关。钾含量超过 0.27% 的施肥处理最高的有 3 个, 即处理 3 ($N_1P_2K_2$)、8 ($N_2P_2K_0$) 及 9 ($N_2P_2K_1$), 涉及到钾施肥 2 水平、1 水平及 0 水平, 说明本试验中钾肥的用量与叶片中含量水平相关性不大, 可能与土壤中钾的含量很高 ($169.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 有关, 以及采集的叶片是第 3 片叶, 位于较顶端, 钾的流动性较大。从叶片中氮、磷、钾的分布来看, 处理

3 效果最理想, 施肥处理总体上都优于不施肥的处理 1, 叶片中氮、磷、钾的变化是各个元素协同作用的结果。

2.2 薄壳山核桃果仁氮、磷、钾的变化

薄壳山核桃品质高低的衡量指标就是果仁中营养成分的含量, 其中氮是构成蛋白质的主要元素之一, 磷是磷脂的构成成分, 钾是人体需要的重要元素, 体现了重要的营养和保健功效^[1,10]。进行不同施肥处理后果仁中氮、磷、钾含量变化如表 3。

表 3 果仁中氮、磷、钾含量变化

Table 3 The change of contents of nitrogen, phosphorus and potassium in kernels

处理	施肥水平	N/%	P/%	K/%
1	$N_0P_0K_0$	0.841 ± 0.012	0.2607 ± 0.0059	0.2540 ± 0.0089
2	$N_0P_2K_2$	1.042 ± 0.026	0.2787 ± 0.0068	0.2967 ± 0.0095
3	$N_1P_2K_2$	1.060 ± 0.031	0.2752 ± 0.0039	0.3116 ± 0.0112
4	$N_2P_0K_2$	1.114 ± 0.033	0.2963 ± 0.0062	0.2666 ± 0.0094
5	$N_2P_1K_2$	1.272 ± 0.035	0.2985 ± 0.0047	0.3376 ± 0.0113
6	$N_2P_2K_2$	1.263 ± 0.067	0.2997 ± 0.0076	0.3086 ± 0.0105
7	$N_2P_3K_2$	1.171 ± 0.032	0.2725 ± 0.0052	0.2935 ± 0.0108
8	$N_2P_2K_0$	1.150 ± 0.041	0.3058 ± 0.0071	0.3033 ± 0.0110
9	$N_2P_2K_1$	1.040 ± 0.058	0.2804 ± 0.0072	0.2708 ± 0.0094
10	$N_2P_2K_3$	1.424 ± 0.051	0.3113 ± 0.0079	0.3286 ± 0.0115
11	$N_3P_2K_2$	1.101 ± 0.044	0.2841 ± 0.0061	0.2987 ± 0.0104
12	$N_1P_1K_2$	1.162 ± 0.048	0.2702 ± 0.0076	0.2799 ± 0.0101
13	$N_1P_2K_1$	1.153 ± 0.042	0.2867 ± 0.0069	0.2873 ± 0.0106
14	$N_2P_1K_1$	1.251 ± 0.033	0.2990 ± 0.0072	0.3123 ± 0.0111

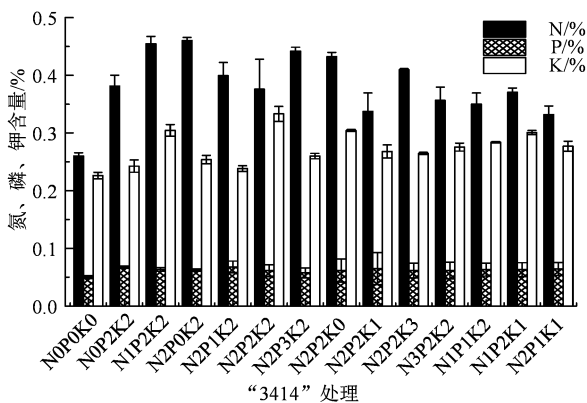


图 1 不同施肥处理对果壳中氮、磷、钾含量的影响
Figure 1 Effects of fertilization treatment on contents of nitrogen, phosphorus and potassium in shells

总体上来看, 果仁中氮、磷、钾的含量均远高于叶片中的含量; 施肥的各个处理均高于不施肥的处理 1, 但磷、钾的提升比例相对较小, 氮的提升幅度较大。从果仁中氮磷钾的含量水平来看, 薄壳山核桃种植时施肥是必要的, 显然能提高品质^[10]。从果仁中单个元素指标来看, 氮含量最高的依次是处理 10、5、6 及 14, 分别为 1.42%、1.27%、1.26%和

1.25%, 如果按照蛋白质中氮含量在 16%~18%来计算, 这种品种果仁中蛋白质含量在 8%左右。磷在处理 10 ($N_2P_2K_3$)、8 ($N_2P_2K_0$) 的试验中含量最高, 分别为 0.311 3%和 0.305 8%, 与不施肥处理比较增加了 5%左右, 二者比较来看, 氮、磷用量相同, 唯有钾的用量为 3 水平和 0 水平的区别, 这与土壤中钾的含量很高、供应充足有关, 钾素已经不是影响品质的控制因子, 氮磷协同影响了果仁中磷的分配。钾在植物体内的流动性较强, 表 3 的结果显示, 处理 5 ($N_2P_1K_2$)、10 ($N_2P_2K_3$) 中钾含量较高, 分别为 0.337 6%和 0.328 6%, 其他处理虽有差别, 但变化幅度相对较小。从果仁中氮、磷、钾综合含量水平来看, 处理 5 和处理 10 的结果较好。

2.3 薄壳山核桃果壳及果皮中氮、磷、钾的变化

一般而言, 果壳与果皮对薄皮山核桃壳种植而言均是农业废弃物, 其中氮、磷、钾含量的高低对产品质量没有影响。它们包裹在果仁的外层, 影响着果仁中养分分布, 另外, 果皮及果壳总量较大, 探讨废弃物资源化利用也需要确定其中的氮磷钾含量, 因此试验中也测定了其中养分的含量, 结果见

图 1 及 2。

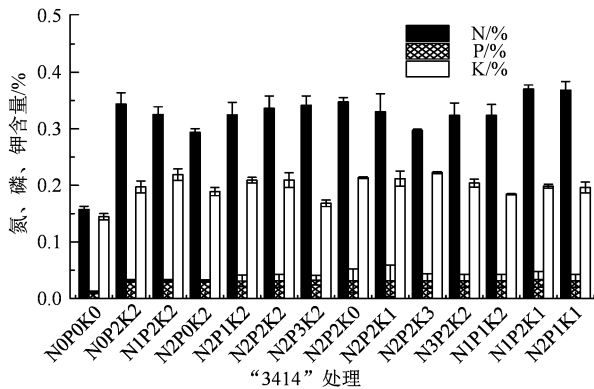


图 2 不同施肥处理对果皮中氮、磷、钾含量的影响
Figure 2 Effects of fertilization treatment on contents of nitrogen, phosphorus and potassium in peels

对比图 1 与图 2, 可以看到, 虽然不同处理有差异, 总体上果皮与果壳中氮、钾的含量类似, 果壳中氮的含量稍高, 平均在 0.4% 左右, 而果皮中在 0.35% 上下; 钾的含量变化也与氮类似。果壳中磷的含量也明显高于果皮。薄壳山核桃中氮、磷、钾的分布规律是果仁>果壳>果皮, 即养分含量由内到外层依次降低。

3 讨论与结论

果仁中氮、磷、钾的含量是影响薄壳山核桃品质高低的核心部分, 决定着产品的经济效益, 除与施肥有关外, 还受土壤物理性质、有效态养分含量和分布等制约^[12], 共同决定着薄壳山核桃品质。本试验从优化施肥方面考虑问题, 事实上试验区土壤容重较大、通气不良 (容重 1.5~1.6 g·cm⁻³, 孔隙度 40% 左右, 数据未单独列出), 一定程度上影响着有效养分的吸收, 尽管如此, 养分含量高低依然是衡量供给的重要因素。试验中, 土壤速效钾的含量很高, 因此钾肥的效应不明显, 从表 2 叶片中钾的变化与施肥关系中就能体现出来; 果仁中 (表 3) 也存在着类似的情况, 如处理 5 和处理 10 中, 配肥时钾的用量不同, 但果仁中钾的含量差别不显著。

氮磷的协同作用在薄壳山核桃施肥过程中似乎很明显, 毕竟二者是果仁的结构物质, 在有机物合成过程中具有相互促进的效应^[13]。氮的影响似乎更大, 由表 3 的数据也能表现出来, 如处理 10、5、6 和 14 的数据显示, 果仁中氮含量较高, 配肥中氮处于 2 水平。而氮含量处于 0 和 1 水平的配比试验结果中, 氮含量较低。薄壳山核桃具有较强的低磷抵抗能力, 缺磷对其幼苗的光合作用参数影响不显著^[14], 因此成龄树体的光合作用影响也应该较小,

并且试验区土壤中速效磷的含量超过 8 mg·kg⁻¹ (表 1), 磷的有效供应能力不是很低, 因此表 2 叶片中及表 3 果仁中氮、磷、钾的分布虽然受磷的施用量影响, 但结果并不显著。

结合薄壳山核桃果仁及叶片中的实验数据分析, 考虑到施肥投入与产品产出的经济性、维持树体健康生长的可持续性, 本试验结果显示, 处理 14、5 和 6 是值得推荐的, 即每株薄壳山核桃施用尿素 804 g、磷酸二胺 362~724 g、硫酸钾 320~640 g。这种推荐施肥量不仅能促进树体健康可持续生长发育, 并且显著提高种植者的经济效益。

参考文献:

- [1] 张海军, 王红红, 胡渊渊, 等. 不同基质比对薄壳山核桃扦插苗成活率和光合作用的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(3):367-371.
- [2] 左继林, 孙颖, 吴妹杰, 等. 美国薄壳山核桃实生种源果实品质主成分分析与综合评价[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(18):235-240.
- [3] ALASALVAR C, BOLLING B W. Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects[J]. Br J Nutr, 2015, 113(S2): S68-S78.
- [4] DE LA ROSA L A, ALVAREZ-PARRILLA E, SHAHIDI F. Phenolic compounds and antioxidant activity of kernels and shells of Mexican pecan (*Carya illinoensis*)[J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(1): 152-162.
- [5] 杨标, 刘壮壮, 彭方仁, 等. 干旱胁迫和复水不同薄壳山核桃品种的生长和光合特性[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(6):991-998.
- [6] 邓秋菊, 李小飞, 陈文静, 等. 环剥、环割对薄壳山核桃新梢生长和叶片碳氮代谢物积累影响[J]. 安徽农业大学学报, 2017, 44(5): 790-795.
- [7] 巨云为, 赵盼盼, 黄麟, 等. 薄壳山核桃主要病害发生规律及防控[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(4): 31-36.
- [8] 李健, 凌骅, 杨先裕, 等. 美国引进的 6 个薄壳山核桃品种光合生理特性比较[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(2): 258-262.
- [9] 施娟娟, 叶生月, 俞世群, 等. 37 个新引进的薄壳山核桃品种遗传多样性 SSR 分析[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(1): 42-46.
- [10] 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.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [12] MICHAEL P S. Cogon grass biochar amendment and *Panicum coloratum* planting improve selected properties of sandy soil under humid lowland tropical climatic conditions[J]. Biochar, 2020, 2(4): 489-502.
- [13] 王富林, 周乐, 李洪娜, 等. 不同氮磷配比对富士苹果幼树生长及 ¹⁵N-尿素吸收、分配与利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(5): 1102-1108.
- [14] 徐舰航, 钱思源, 王舒哲, 等. 低磷胁迫对薄壳山核桃幼苗生长发育的影响[J]. 果树学报, 2022, 39(8): 1432-1442.