

叶面喷肥对杂交榛产量和品质的影响

陈 凤, 苏淑钗, 张 兵, 陈志刚, 王文浩

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为了研究氮、磷、钾不同配方喷肥对北京地区杂交榛 *Corylus heterophylla* × *C. avellana* 产量和品质的影响, 优选氮、磷、钾组合配比, 为杂交榛人工栽培叶面追肥提供技术依据。采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验设计, 研究了不同氮、磷、钾配方喷肥对杂交榛产量、单果质量、仁质量、出仁率、可溶性糖质量分数、粗脂肪质量分数等的影响。结果表明: 在新梢生长期喷施氮肥能够显著 ($P < 0.05$) 地增加杂交榛的产量, 喷施磷肥和钾肥对杂交榛的产量影响不大; 叶面喷施氮肥、磷肥和钾肥对杂交榛外在品质的影响均不显著, 喷施磷肥可以提高果实中的粗蛋白质量分数, 降低粗脂肪质量分数; 喷施钾肥可以提高果实中的粗脂肪质量分数, 降低粗蛋白质量分数; 喷施氮肥对杂交榛果实的内在品质影响不显著。在 16 个处理中, 处理 14[氮 ($3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 磷 ($1.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 钾 ($5.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)], 处理 15[氮 ($3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 磷 ($2.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 钾 ($2.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)] 和处理 16[氮 ($3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 磷 ($3.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 钾 (0)] 对杂交榛的增产效果都很好, 分别比对照增产 278.1%, 159.49% 和 373.7%, 其最优组合是氮 ($3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 磷 ($3.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 钾 (0)。综合分析显示: 不同叶面喷肥处理对杂交榛产量和品质的提高效果以处理 14[氮 ($3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 磷 ($1.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 钾 ($5.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)] 和处理 16[氮 ($3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 磷 ($3.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 钾 (0)] 最佳。表 9 参 17

关键词: 经济林学; 杂交榛; 叶面喷肥; 产量; 果实品质

中图分类号: S759.3; S664.4 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2014)06-0932-08

Hazelnut yield and fruit quality with foliar N, P, K fertilizer

CHEN Feng, SU Shuchai, ZHANG Bing, CHEN Zhigang, WANG Wenhao

(Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: To set a technical basis for foliar fertilizer application when cultivating hybrid hazelnut, a $L_{16}(4^5)$ orthogonal design method was used to study the effects of foliar N, P, and K applications on yield and fruit quality of hybrid hazelnut and to select appropriate N, P, K ratios in the Beijing District. In the experiment, we used three kinds of fertilizer: N, P, and K. And the application rate of N was $0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, and $3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; the application rate of P was $0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, and $3.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; the application rate of K was $0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $5.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, and $7.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Results showed that a foliar application of $3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ N at the shoot growing stage significantly increased the yield ($P = 0.012$) and the single grain weight ($P = 0.042$) of hybrid hazelnut, but P and K did not. The foliar application of N, P, and K did not affect the apparent quality of hybrid hazelnut significantly except $3.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ P, it increased the fruit diameter ($P = 0.022$) and the rate of shell ($P = 0.003$) of hybrid hazelnut significantly. The application of $1.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ N reduced the crude protein content significantly ($P = 0.024$); the application of $2.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ P significantly increased the crude protein content ($P = 0.049$) and significantly reduced the crude fat content ($P = 0.029$); the application of $5.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ K and $7.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ K significantly increased the crude fat content ($P_{5.2} = 0.044$, $P_{7.9} = 0.014$); the application of $2.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ K significantly reduced the crude protein content ($P = 0.013$) and significantly

收稿日期: 2013-11-30; 修回日期: 2014-02-19

基金项目: 国家林业局重点资助项目(2011-03)

作者简介: 陈凤, 从事经济林栽培研究。E-mail: 840911804@qq.com。通信作者: 苏淑钗, 教授, 博士, 从事经济林良种选育及高效栽培技术的研究。E-mail: sushuchai@sohu.com

increased the soluble sugar content ($P=0.028$). For the sixteen treatments, Tr14, Tr15, and Tr16 increased hybrid hazelnut yield the most; compared to no fertilization the effects were an increase of 278.1% for Tr14, 159.5% for Tr15, and 373.7% for Tr16. The best combination was $3.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ N}$, $3.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ P}$, and $0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ K}$. According to this comprehensive analysis, yield and fruit quality of hybrid hazelnut improved the most with Tr14 and Tr16. [Ch, 9 tab. 17 ref.]

Key words: cash forestry; hybrid hazelnut; foliar application; yield; fruit quality

氮磷钾是植物生长必须的三大元素。氮磷钾施肥能够提高果树的产量, 改善果实的品质^[1-3]。叶面喷肥具有养分吸收快, 用量少, 养分吸收利用率高, 可及时缓解果树缺素症状, 提高果实品质, 增加产量等特点, 现已成为果树施肥中不可缺少的辅助措施, 在优良果品生产中作为常规措施来运用。因此, 叶面喷施氮磷钾肥成为生产上进行氮磷钾追肥的一种重要方式, 但叶面喷肥只能起补充和调节作用, 不能代替土壤施肥。达维是目前中国寒冷地区的主要杂交榛 *Corylus heterophylla* × *C. avellana* 栽培品种, 具有树势强壮, 果仁光洁, 饱满, 丰产性、适应强, 一序多果的特点^[4]。目前, 生产上榛子 *Corylus chinensis* 追肥主要采用土施法, 但由于磷、锌、硼、铁等元素易被土壤固定而难以很快发挥效用, 且不同土壤中的矿质元素含量不同, 施肥量不容易把握。在生产中, 由于缺乏科学指导施肥, 农民对榛子的施肥量较大, 偏施氮肥, 施肥量随意性大, 致使肥料的增产效果未能充分发挥出来, 还导致了一系列的生态环境问题^[5]。因此, 通过叶面追肥来补充土壤追肥的不足是一个很好的手段, 尤其是在土壤肥力不足的地区。到目前为止, 叶面追肥在榛子上的应用已有报道。薛光艳等^[6]研究了氨基酸螯合液肥对杂交榛子和野生榛子产量的影响, 研究结果显示: 叶面喷施氨基酸螯合液肥能够促进杂交榛子与野生榛子枝条生长, 提高果实产量。可见, 叶面追肥能够提高榛子的产量。但在国内针对氮磷钾叶面喷肥对榛子产量及果实品质的影响却未见报道。因此, 本试验研究了不同氮磷钾配比喷肥对杂交榛产量及果实品质的影响, 旨在对杂交榛适宜的氮磷钾用量及适宜比例进行初步探讨, 为杂交榛人工栽培叶面追肥提供技术依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地点和材料

试验于 2013 年在北京市昌平区西郊鹫峰林场实验基地(39°56'N, 116°28'E)进行。试验地土壤基础理化性质如表 1。供试材料为生长发育正常、无病虫害的 8 年生杂交榛达维。

表 1 供试榛园土壤基础理化性质

Table 1 Basical physical and chemical properties of soil of the selected hazel park

pH 值	全氮/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	碱解氮/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效磷/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效钾/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有机质/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
7.17	0.823	16.04	11.024	92.940	10.9

1.2 试验方法

试验采用正交设计, 选用正交表 $L_{16}(4^5)$ 得试验方案于表 2。使用肥料种类为尿素(含氮 $460.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 磷酸二氢钾(纯品含钾 $340.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 磷 $520.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 氯化钾(含钾 $525.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)。试验选择生长健壮、长势基本一致的植株, 于 2009 年 5 月 13 日和 5 月 21 日(新梢快速生长期)进行叶面喷肥试验, 以叶面布满水珠但不滴水为宜, 树叶正反面均匀喷施^[7]。试验采用单株小区, 随机排列。于 2013 年 8 月 27 日分别统计各处理的产量, 并采集果实供品质测定。

1.3 果实品质测定

坚果质量和种仁质量用千分之一天平测定, 果实的横纵径用游标卡尺测定。用蒽酮比色法测果实的可溶性总糖, 用索氏抽提法测果实的粗脂肪, 蒽酮比色法测果实的淀粉, 蛋白质用凯氏定氮法测定^[8]。所得数据用 Excel 2003 进行统计, 用 SPSS 18.0 进行方差分析, 用最小显著差法(LSD)检验。

2 结果与分析

2.1 叶面喷肥对杂交榛果实产量和品质的影响

2.1.1 叶面喷肥对杂交榛果实产量的影响 氮磷钾叶面喷肥对杂交榛果实产量的影响见表 3。从表 3 中

可以看出：在本试验田土壤矿质元素基本水平情况下，处理 16 的单株产量最高(841.21 g·株⁻¹)，与对照组(处理 1, 177.6 g·株⁻¹)相比，提高了 373.7%，其次是处理 14(671.51 g·株⁻¹)，其单株产量提高了 278.1%；处理 4 的单株产量最低(92.18 g·株⁻¹)，与对照组相比降低了 48.1%。处理 14 的单粒质量最大(2.57 g·粒⁻¹)，与对照组相比(处理 1.99 g·粒⁻¹)提高了 29.15%，处理 8 的单粒质量最小(1.78 g·粒⁻¹)，与对照相比降低了 11.80%。分析各因素对杂交榛单株产量及单粒质量的影响(表 4)，进行极差排序，*R*-单株产量：氮>钾>磷；*R*-单粒质量：氮>磷>钾，说明氮肥对杂交榛单株产量和单粒质量的影响最大。为进一步证实氮、磷和钾喷肥对杂交榛单株产量和单粒质量的效应，进行了方差分析。方差分析结果显示：除了 3.5 g·kg⁻¹ 的氮肥对杂交榛产量的影响达到了显著水平外($P=0.012$)，其他均不显著。由此可见，在新梢生长期，叶面喷施 3.5 g·kg⁻¹ 的氮肥对杂交榛有显著的增产效应，喷施磷肥和钾肥增产效应不显著。喷施 3.5 g·kg⁻¹ 的氮肥能够显著($P=0.042$)地增加杂交榛的单粒质量，而磷、钾肥对杂交榛果实单粒质量的影响均不显著。

2.1.2 叶面喷肥对杂交榛果实外在品质的影响
氮磷钾叶面喷肥对杂交榛果实外在品质的影响见表 5。从表 5 中可以看出：在本试验田土壤矿质元素基本水平情况下，处理 14 的果实横径最大(17.18 mm)，比对照组(处理 1, 16.02 mm)增加了 7.24%，且两者之间的差异达到了显著水平($P=0.003$)；处理 8 的果实横径最小(15.67 mm)，比对照组减小了 2.19%。处理 12 的果实纵径最大(27.09 mm)，比对照组(处理 1, 23.47 mm)增加了 15.42%；处理 13 的果实纵径最小(19.92 mm)，比对照组减少了 15.13%。处理 14 的果仁质量最大(1.22 g)；与对照组(0.92 g)相比增加了 32.61%；处理 8 的果仁最轻(0.89 g)，与对照组相比减少了 3.26%。处理 8 的出仁率最高(50.04%)，比对照组(46.36%)增加了 7.94%；处理 13 的出仁率最低(42.45%)，比对照组降低了 8.46%。处理 2，处理 3，处理 5，处理 6，处理 9，处理 13 和处理 15 的空壳率均为 0，比对照组(10.00%)降低了 100%；处理 10，处理 11，处理 12，处理 14 和处理 16 的空壳率均为 3.33%，比对照组降低了 66.7%；处理 8 的空壳率最高，为 26.67%，比对照组增加了 166.7%，且两者之间的差异达到了极显著水平($P=0.000$)。分析氮、磷、钾肥对杂交榛外在品质的影响(表 6)，进行极差排序，*R*-果实横径：氮>磷>钾。*R*-果实纵径：氮>钾>磷。*R*-仁质量：氮>磷=钾。*R*-出仁率：钾>磷>氮。*R*-空壳率：磷>氮=钾。排序结果表明，在新梢生长期，氮肥比例是影响杂交榛果实横径、纵径、果仁质量的主要因素，钾肥是影响杂交榛出仁率的主要因素，磷肥比例是影响杂交榛空壳率的主要因素。为进一步证实氮、磷和钾喷肥对杂交

表 2 杂交榛配方施肥试验方案

Table 2 Scheme of prescription fertilization of hybrid hazel

序号	处理	氮/(g·kg ⁻¹)	磷/(g·kg ⁻¹)	钾/(g·kg ⁻¹)
1	N ₁ P ₁ K ₁ (ck)	0	0	0
2	N ₁ P ₂ K ₂	0	1.8	2.6
3	N ₁ P ₃ K ₃	0	2.6	5.2
4	N ₁ P ₄ K ₄	0	3.7	7.9
5	N ₂ P ₁ K ₂	1.2	0	2.6
6	N ₂ P ₂ K ₁	1.2	1.8	0
7	N ₂ P ₃ K ₄	1.2	2.6	7.9
8	N ₂ P ₄ K ₃	1.2	3.7	5.2
9	N ₃ P ₁ K ₃	2.5	0	5.2
10	N ₃ P ₂ K ₄	2.5	1.8	7.9
11	N ₃ P ₃ K ₁	2.5	2.6	0
12	N ₃ P ₄ K ₂	2.5	3.7	2.6
13	N ₄ P ₁ K ₄	3.5	0	7.9
14	N ₄ P ₂ K ₃	3.5	1.8	5.2
15	N ₄ P ₃ K ₂	3.5	2.6	2.6
16	N ₄ P ₄ K ₁	3.5	3.7	0

表 3 杂交榛产量的测定结果

Table 3 Yield of hybrid hazel

序号	处理	单株产量/(g·株 ⁻¹)	单粒质量/(g·粒 ⁻¹)
1	N ₁ P ₁ K ₁ (ck)	177.60	1.99 BCce
2	N ₁ P ₂ K ₂	111.39	2.07 BCbe
3	N ₁ P ₃ K ₃	231.47	2.20 ACbc
4	N ₁ P ₄ K ₄	92.18	2.07 BCbe
5	N ₂ P ₁ K ₂	253.13	2.03 BCbe
6	N ₂ P ₂ K ₁	119.35	2.24 ABbc
7	N ₂ P ₃ K ₄	182.47	2.09 BCbc
8	N ₂ P ₄ K ₃	281.57	1.78 Ce
9	N ₃ P ₁ K ₃	171.29	2.08 BCbe
10	N ₃ P ₂ K ₄	136.20	2.29 ABabc
11	N ₃ P ₃ K ₁	193.12	2.36 ABab
12	N ₃ P ₄ K ₂	126.55	2.28 ABabc
13	N ₄ P ₁ K ₄	173.75	2.35 ABab
14	N ₄ P ₂ K ₃	671.51	2.57 Aa
15	N ₄ P ₃ K ₂	460.85	2.04 BCbe
16	N ₄ P ₄ K ₁	841.21	2.12 BCbc

说明：小写字母表示在 0.05 水平上差异显著，大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

榛果实横径、果实纵径、果仁质量、出仁率和空壳率的效应，进行了方差分析。方差分析结果显示：除了 $3.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的磷肥能够显著 ($P=0.022$) 地增加杂交榛的果实横径， $3.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的磷肥能够极显著 ($P=0.003$) 地增加杂交榛的空壳率外，其他质量分数的氮、磷、钾肥对杂交榛果实横径、果实纵径、果仁质量和出仁率的影响均不显著。

表 4 不同肥料质量分数对杂交榛产量的影响

Table 4 Effect of different fertilizer concentration on yield of hybrid hazel

处理	单株产量/(g·株 ⁻¹)		单粒质量/(g·粒 ⁻¹)	
	平均值	极差(R)	平均值	极差(R)
N ₁	153.16 Ab	383.67	2.13 Abc	0.23
N ₂	209.13 Ab		2.07 Aac	
N ₃	156.79 Ab		2.27 Aab	
N ₄	536.83 Aa		2.3 Aa	
P ₁	193.94 Aa	141.44	2.14 Aab	0.19
P ₂	259.61 Aa		2.31 Ab	
P ₃	266.98 Aa		2.2 Aab	
P ₄	335.38 Aa		2.12 Aa	
K ₁	332.82 Aa	192.81	2.22 Aa	0.13
K ₂	237.98 Aa		2.12 Aa	
K ₃	338.96 Aa		2.19 Aa	
K ₄	146.15 Aa		2.25 Aa	

说明：小写字母表示在 0.05 水平上差异显著，大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

表 5 杂交榛果实外在品质的测定结果

Table 5 Apparent quality of hybrid hazel

序号	处理	果实横径/mm	果实纵径/mm	仁质量/g	出仁率/%	空壳率/%
1	N ₁ P ₁ K ₁ (ck)	16.02 ABbc	23.47 Aab	0.92 ABb	46.36 Aab	10.00 Bb
2	N ₁ P ₂ K ₂	16.13 ABbc	20.37 Ab	0.92 Bb	44.44 Aab	0 Cc
3	N ₁ P ₃ K ₃	16.13 ABbc	20.32 Ab	0.98 ABb	44.43 Aab	0 Cc
4	N ₁ P ₄ K ₄	16.17 ABbc	20.53 Ab	0.98 ABb	47.19 Aab	10.00 Bb
5	N ₂ P ₁ K ₂	15.94 ABbc	20.482 Ab	0.91 Bb	44.49 Aab	0 Cc
6	N ₂ P ₂ K ₁	16.48 ABabc	20.47 Ab	1.03 ABab	46.01 Aab	0 Cc
7	N ₂ P ₃ K ₄	16.31 ABabc	20.53 Ab	0.98 ABb	46.69 Aab	6.67 BCb
8	N ₂ P ₄ K ₃	15.67 Bc	20.52 Ab	0.89 Bb	50.04 Aa	26.67Aa
9	N ₃ P ₁ K ₃	16.34 ABabc	20.48 Ab	0.96 ABb	46.25 Aab	0 Cc
10	N ₃ P ₂ K ₄	16.72 ABab	20.77 Ab	1.00 ABab	43.56 Aab	3.33 BCc
11	N ₃ P ₃ K ₁	16.63 ABab	20.87 Ab	1.05 ABab	44.28 Aab	3.33 BCc
12	N ₃ P ₄ K ₂	16.27 ABabc	27.09 Aa	1.04 ABab	45.4 Aab	3.33 BCc
13	N ₄ P ₁ K ₄	16.02 ABbc	19.92 Ab	1.00 ABab	42.44 Ab	0 Cc
14	N ₄ P ₂ K ₃	17.18 Aa	21.7 Aab	1.22 Aa	47.14 Aab	3.33 BCc
15	N ₄ P ₃ K ₂	16.22 ABabc	20.43 Ab	0.92 ABb	45.25 Aab	0 Cc
16	N ₄ P ₄ K ₁	16.06 ABbc	20.54 Ab	0.98 ABb	44.17 Aab	3.33 BCc

说明：小写字母表示在 0.05 水平上差异显著，大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

2.1.3 叶面喷肥对杂交榛内在品质的影响 氮磷钾叶面喷肥对杂交榛果实内在品质的影响见表 7。从表 7 中可以看出：在本试验田土壤矿质元素基本水平情况下，处理 12 的粗脂肪质量分数最高 ($639.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)，比对照组 ($611.9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) 提高了 4.51%；处理 15 的粗脂肪质量分数最低 ($588.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)，比对照组降低了 3.82%。处理 15 的粗蛋白质量分数最高 ($179.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)，比对照组 ($159.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) 提高了 12.82%；处理 5 的粗蛋白质量分数最低 ($90.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)，比对照组降低了 42.93%。处理 12 的可溶性糖质量分数最高 ($127.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)，比对照组 ($114.4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) 提高了 11.36%；处理 16 的可溶性糖质量分数最低 ($83.9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)，比对

照组降低了 26.66%。处理 9 的淀粉质量分数最高(15.4 g·kg⁻¹), 比对照组(12.5 g·kg⁻¹)提高了 23.2%; 处理 13 和处理 15 的淀粉质量分数最低(8.8 g·kg⁻¹), 比对照组降低了 29.6%。分析氮、磷、钾喷施对杂交榛内在品质的影响(表 8), 进行极差排序, R-粗脂肪质量分数: 氮>磷>钾。R-粗蛋白质量分数: 氮>钾>磷。R-可溶性糖质量分数: 钾>氮>磷。R-淀粉质量分数: 钾>氮>磷。排序结果表明, 在新梢生长期, 氮肥比例是影响杂交榛果实粗脂肪和粗蛋白质量分数的主要因素, 钾肥比例是影响杂交榛果实可溶性糖和淀粉质量分数的主要因素。为进一步证实氮、磷和钾喷肥对杂交榛果实粗脂肪、粗蛋白、可溶性糖和淀粉质量分数的效应, 进行了方差分析。方差分析结果显示: 2.6 g·kg⁻¹ 的磷肥能够显著($P=0.029$)地降低杂交榛果实中粗脂肪的质量分数, 5.2 g·kg⁻¹ 和 7.9 g·kg⁻¹ 的钾肥能够显著($P_{52}=0.044$, $P_{79}=0.014$)地增加杂交榛果实中粗脂肪的质量分数; 1.2 g·kg⁻¹ 的氮肥能够显著($P=0.024$)地降低杂交榛果实中粗蛋白的质量分数; 2.6 g·kg⁻¹ 的磷肥能够显著($P=0.049$)地增加杂交榛果实中粗蛋白的质量分数; 2.6 g·kg⁻¹

表 6 不同肥料处理对杂交榛外在品质的影响

Table 6 Effect of different fertilizer concentration on apparent quality of hybrid hazel

处理	果实横径/mm		果实纵径/mm		仁质量/g		出仁率/%		空壳率/%	
	平均值	极差 (R)	平均值	极差 (R)	平均值	极差 (R)	平均值	极差 (R)	平均值	极差 (R)
N ₁	16.11 Aa		21.22 Aa		0.94 Aa		45.60 Aa		5.00 Aab	
N ₂	20.17 Aa	4.06	20.50 Aa	1.88	0.95 Aa	0.15	46.80 Aa	2.1	8.33 Aa	6.67
N ₃	16.51 Aa		22.38 Aa		1.01 Aa		44.40 Aa		1.70 Ab	
N ₄	16.38 Aa		20.66 Aa		1.09 Aa		44.70 Aa		1.67 Aa	
P ₁	16.08 Ab		21.15 Aa		0.94 Aa		44.16 Aa		2.50 Bb	
P ₂	16.64 Aa	0.60	20.85 Aa	1.66	1.04 Aa	0.1	44.96 Aa	3.16	1.67 Bb	9.17
P ₃	16.33 Aab		20.55 Aa		0.98 Aa		44.50 Aa		2.50 Bb	
P ₄	16.04 Ab		22.21 Aa		1.00 Aa		47.31 Aa		10.83 Aa	
K ₁	16.32 Aa		21.4 Aa		1.05 Aa		47.29 Aa		4.17 Aab	
K ₂	16.14 Aa	0.18	22.16 Aa	1.73	0.95 Aa	0.1	44.65 Aa	3.61	0.83 Ab	6.67
K ₃	16.31 Aa		20.77 Aa		0.99 Aa		45.32 Aa		7.50 Aa	
K ₄	16.32 Aa		20.43 Aa		0.98 Aa		43.68 Aa		5.00 Aab	

说明: 小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

表 7 杂交榛果实内在品质的测定结果

Table 7 Internal quality of hybrid hazel

序号	处理	粗脂肪/(g·kg ⁻¹)	粗蛋白/(g·kg ⁻¹)	可溶性糖/(g·kg ⁻¹)	淀粉/(g·kg ⁻¹)
1	N ₁ P ₁ K ₁ (ck)	61.19 Cde	15.91 ABCbc	11.44 Aa	1.25 Aab
2	N ₁ P ₂ K ₂	62.24 BCb	10.14 FGe	12.48 Aa	1.13 Aab
3	N ₁ P ₃ K ₃	61.53 BCcd	17.32 ABab	10.83 ABab	1.12 Aab
4	N ₁ P ₄ K ₄	62.13 BCbc	14.92 Cc	11.53 Aa	1.16Aab
5	N ₂ P ₁ K ₂	60.78 Cde	9.08 Ge	10.6 ABab	1.12 Aab
6	N ₂ P ₂ K ₁	58.99 Df	16.44 ABCabc	10.35 ABab	1.19 Aab
7	N ₂ P ₃ K ₄	61.29 Cde	12.39 DEd	11.15 ABab	1.29 Aab
8	N ₂ P ₄ K ₃	60.66 Cde	12.27 Ed	9.62 Ab	1.12 Aab
9	N ₃ P ₁ K ₃	62.07 BCbc	15.59 BCbc	9.80 ABab	1.54 Aa
10	N ₃ P ₂ K ₄	61.43 Cd	11.89 EFd	12.74 Aa	1.20 Aab
11	N ₃ P ₃ K ₁	61.15 Cde	14.45 CDc	11.38 ABab	1.18 Aab
12	N ₃ P ₄ K ₂	63.95 Aa	15.55 BCbc	12.72 Aa	1.03 Ab
13	N ₄ P ₁ K ₄	63.02 ABab	14.49 CDc	11.08 ABab	0.88 Ab
14	N ₄ P ₂ K ₃	62.7 ABCb	15.62 BCbc	9.63 Ab	1.31 Aab
15	N ₄ P ₃ K ₂	58.85 Df	17.95 Aa	12.35 Aa	0.88 Ab
16	N ₄ P ₄ K ₁	61.71 BCcd	14.89 Cc	8.39 Bb	1.49 Aab

说明: 小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

的钾肥能够显著($P=0.013$)地降低粗蛋白的质量分数, 并显著($P=0.028$)地增加可溶性糖的质量分数。

表 8 不同肥料处理对杂交榛内在品质的影响

Table 8 Effect of different fertilizer concentration on internal quality of hybrid hazel

处理	粗脂肪/(g·kg ⁻¹)		粗蛋白/(g·kg ⁻¹)		可溶性糖/(g·kg ⁻¹)		淀粉/(g·kg ⁻¹)	
	平均值	极差 (R)	平均值	极差 (R)	平均值	极差 (R)	平均值	极差 (R)
N ₁	61.77 Aa		14.90 ABa		11.57 Aa		1.17 Aa	
N ₂	60.43 Aa	1.72	12.65 Bb	3.52	10.27 Aa	1.38	1.19 Aa	0.11
N ₃	62.15 Aa		14.29 ABa		11.66 Aa		1.24 Aa	
N ₄	61.57 Aa		16.16 Aa		10.53 Aa		1.13 Aa	
P ₁	61.77 Aa		13.75 Ab		10.57 Aa		1.21 Aa	
P ₂	61.34 Aab	1.41	13.70 Ab	2.35	11.30 Aa	0.86	1.21 Aa	0.09
P ₃	60.71 Ab		16.05 Aa		11.43 Aa		1.12 Aa	
P ₄	62.11 Aa		14.41 Aab		10.73 Aa		1.19 Aa	
K ₁	60.76 Ab		15.7 Aa		10.56 Abc		1.26 Aa	
K ₂	61.46 Aab	1.21	13.06 Ab	2.64	11.88 Aa	1.91	1.05 Aa	0.23
K ₃	61.74 Aa		15.21 Aa		9.97 Ac		1.27 Aa	
K ₄	61.97 Aa		13.96 Aab		11.62 Aab		1.13 Aa	

说明：小写字母表示在 0.05 水平上差异显著，大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

2.2 不同处理杂交榛果实产量和品质综合分析

因子分析是多指标综合评价中的一种常用的多元统计方法^[9], 它可以将一些具有错综复杂关系的变量依据其相关性缩合为少数几个综合因子^[10], 从而简化评价过程。因此, 本研究利用主成分分析法提取得到 5 个主因子, 并根据 5 个主因子的贡献率和因子得分 F_i , 建立杂交榛产量和果实品质性状综合评价数学模型: $F=(24.73 \times F_1+17.99 \times F_2+17.672 \times F_3+15.559 \times F_4+11.076 \times F_5)/87.027$ 。利用该模型计算各样品性状的综合得分进行优良度排序(表 9)。从表 9 可以看出: 处理 14 的果实品质综合性状最好, 其次是处理 16; 处理 8 的综合性状最差。

表 9 各处理杂交榛产量和品质的各主因子得分、综合得分与优良度比较

Table 9 Scores of principal components, general scores and comparison of each

处理	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F	优良度
1	-0.708 11	-0.861 45	-0.534 93	0.007 03	0.974 35	-0.36	14
2	-0.440 25	0.634 39	-0.875 22	0.229 38	-1.447 08	-0.31	12
3	-0.424 36	0.872 59	0.305 97	0.206 14	0.882 63	0.27	5
4	-0.205 96	-0.776 32	-0.474 60	0.069 46	-0.027 07	-0.31	12
5	-0.809 77	0.605 36	0.111 24	0.309 64	-1.590 43	-0.23	10
6	0.503 40	0.179 37	-0.024 04	-0.352 42	0.356 10	0.16	7
7	0.202 33	-0.601 80	-0.233 59	-0.238 34	-0.968 69	-0.28	11
8	-1.534 62	-2.580 07	0.562 12	0.420 17	-0.587 80	-0.85	16
9	-0.313 82	0.292 77	-0.219 37	-3.485 03	0.489 80	-0.63	15
10	1.031 24	0.470 92	-1.047 57	0.020 83	-1.272 11	0.02	9
11	1.104 56	0.306 19	-0.298 97	0.069 04	-0.355 22	0.28	4
12	0.761 25	-0.708 08	-1.625 68	0.780 65	1.652 94	0.09	8
13	-0.330 11	1.525 88	0.101 63	1.042 96	0.048 37	0.43	3
14	2.543 20	-0.801 04	1.499 60	0.254 28	0.220 06	0.94	1
15	-1.068 95	1.005 74	0.088 68	0.728 19	1.570 50	0.25	6
16	-0.310 03	0.435 56	2.664 72	-0.062 00	0.053 66	0.54	2

3 结论与讨论

果树每年都会从土壤中带走大量的矿质元素,施肥能够补充土壤中养分的不足,保证果树正常生长和结实,尤其是叶面追肥,能够快速补充植物所需的养分,及时矫正作物缺素症,但叶面施肥的效果受到多种因素的制约和影响,因此,叶面追肥只能作为土壤追肥的一种辅助措施。本研究结果表明:在新梢生长期叶面喷施氮肥能够显著($P < 0.05$)地增加杂交榛的产量,喷施磷肥和钾肥对杂交榛的产量影响不大,说明在本试验田矿质元素情况下,氮肥比例是影响杂交榛产量的主要因素。这个结果与吉林农业大学的韦杰楠^[11]在越橘 *Vaccinium spp.* 上的研究结果是一致的。但是,南非的 Grove^[12]在研究氮磷钾施肥对向日葵 *Helianthus annuus* 产量的影响的试验中却发现,施氮对向日葵的产量影响不大,而施钾则能显著地提高向日葵的产量。Grove 认为施氮对向日葵的产量影响不大可能与土壤有机质含量高有关。而本试验中的土壤有机质质量分数较低,土壤中的氮不能满足杂交榛开花结实的需要,因而施氮能够显著地增加杂交榛的产量,但也有可能是因为不同植物对氮磷钾的响应不同。在 16 个处理中,处理 14 [氮($3.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),磷($1.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),钾($5.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)],处理 15 [氮($3.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),磷($2.6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),钾($2.6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)] 和处理 16 [氮($3.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),磷($3.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),钾(0)]对杂交榛的增产效果都很好,分别比对照增产 278.1%, 159.49% 和 373.7%,其最优组合是氮 [$3.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$],磷 [$3.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$],钾(0)。

国内外大量研究表明:合理施用氮、磷、钾肥可以提高果实的产量,改善果实的品质。林咸永等^[13]对磷、钾营养对柑橘果实产量和品质的影响的研究显示磷、钾喷施可以显著提高柑橘果实的单果质量和产量。乌颖等^[14]研究认为施用钾肥可以提高美登的百果质量。柴仲平等^[15]研究了不同施肥处理对库尔勒香梨 *Pyrus bretschneideri* 产量的影响,结果表明:施用氮磷钾肥可以提高库尔勒香梨的产量,改善果形指数。Smithson 等^[16]在香蕉 *Musa nana* 上的研究发现施用钾肥的产量比不施用钾肥的产量高。在本研究中,叶面喷施氮肥、磷肥和钾肥对杂交榛的外在品质影响不显著;喷施磷肥可以提高果实中的粗蛋白质质量分数,降低粗脂肪质量分数;喷施钾肥可以提高果实中的粗脂肪质量分数,降低粗蛋白质质量分数;喷施氮肥对杂交榛果实的内在品质影响不显著。试验中氮、磷、钾肥对杂交榛果实的外在品质和可溶性糖及淀粉质量分数的影响不显著可能是不同时期施用氮、磷、钾肥对杂交榛果实品质的影响不同。代志国等^[17]对不同时期钾肥对苹果梨果实品质的影响的研究结果显示:春季萌芽前施用钾肥对果实品质的作用不明显,而夏季果实速长期和秋季果实生长后期追肥则对果实品质提高具有明显作用。因此,具体原因还有待进一步研究分析。

根据极差分析结果可知在新梢生长期,氮肥比例对杂交榛的单株产量、果实单粒质量、果实横径、果实纵径、果仁质量、粗脂肪质量分数和粗蛋白质质量分数的影响最大,磷肥质量分数对杂交榛果实空壳率的影响最大,钾肥比例对杂交榛的出仁率、果实中可溶性糖质量分数和淀粉质量分数影响最大。因子分析结果显示处理 14 [氮($3.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),磷($1.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),钾($5.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)] 和处理 16 [氮($3.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),磷($3.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),钾(0)]对杂交榛产量和品质的提高效果最好。但本研究由于材料的限制没有设置重复,因此无法分析出处理间单株产量的差异显著性。建议在今后的研究中至少设置 3 个重复,并考虑氮、磷、钾 3 种元素间的交互效应。

参考文献:

- [1] 金方伦,韩成敏,冯世华,等.不同氮磷钾配比对中华猕猴桃果实产量及品质的影响[J].北方园艺,2011(15):6-10.
JIN Fanglun, HAN Chengmin, FENG Shihua, et al. Effect of different ration of N, P, K on yield and fruit quality of Kiwi [J]. *Northern Hortic*, 2011(15): 6-10.
- [2] 鲁剑巍,陈防,王运华,等.氮磷钾肥对红壤地区幼龄柑橘生长发育和果实产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(4):413-418.
LU Jianwei, CHEN Fang, WANG Yunhua, et al. Effect of N, P, K fertilization on young citrus tree growth, fruit yield and quality in area of red soil [J]. *Plant Nutr Fert Sci*, 2004, 10(4): 413-418.
- [3] 李永闲,廖康,王国州,等.不同氮磷钾配比对轮台白杏果实产量及品质的影响[J].新疆农业科学,2011,48(11):1974-1978.

- LI Yongxian, LIAO Kang, WANG Guozhou, *et al.* Effects of different combination ratios of N, P and K fertilizer on yield and quality of Luntai *Armeniaca vulgaris* [J]. *Xinjiang Agric Sci*, 2011, **48**(11): 1974 – 1978.
- [4] 解明. 杂交榛子丰产栽培技术(I) [J]. 北方果树, 2011(5): 54 – 57.
XIE Ming. The high yield technology of hybrid hazelnut (Continued I) [J]. *Northern Fruit*, 2011(5): 54 – 57.
- [5] 许林. 控释肥养分释放特征及其对榛子生长的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
XU Lin. *Nutrients Release Characteristics of Controlled Release Fertilizer and the Effect on Growth of Corylus awel-lana L.* [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2010.
- [6] 薛光艳, 邬俊财, 段鹏勇, 等. 氨基酸螯合液肥对榛子生长和产量影响的研究[J]. 辽宁林业科技, 2009(4): 41 – 42.
XUE Guangyan, WU Juncai, DUAN Pengyong, *et al.* The effect of amino chelating liquid fertilizer on yield and growing of hazel [J]. *J Liaoning For Sci Technol*, 2009(4): 41 – 42.
- [7] 刘汝亮, 同延安, 樊红柱, 等. 喷施锌肥对渭北旱塬苹果生长及产量品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, **25**(3): 62 – 65.
LIU Ruliang, TONG Yanan, FAN Hongzhu, *et al.* The effect of foliage application with N on growing, yield and fruit quality of apple [J]. *Agric Res Arid Areas*, 2007, **25**(3): 62 – 65.
- [8] 赵娣. 我国东北野生榛子种质资源调查及选优[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
ZHAO Di. *The Research of Germplasm Resources and Superior Individual Selection of Wild Hazelnut in North East China* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2013.
- [9] 樊丁宇, 谢辉, 闫鹏, 等. 葡萄干品质指标探讨及因子分析[J]. 西北农业学报, 2012, **21**(3): 137 – 141.
FAN Dingyu, XIE Hui, Yanpeng, *et al.* Quantitative indexes and factor analysis of raisin [J]. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*, 2012, **21**(3): 137 – 141.
- [10] 樊保国, 李登科. 制干枣品种种质性状的因子分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2011, **12**(5): 716 – 720.
FAN Baoguo, LI Dengke. Factor analysis and comprehensive assessment on quality characters of dry-jujube cultivars [J]. *J Plant Gen Resour*, 2011, **12**(5): 716 – 720.
- [11] 韦杰楠. 越橘氮磷钾的施肥效应及配方施肥的研究[D]. 吉林: 吉林农业大学, 2007.
WEI Jienan. *Studies on the Effect of Nitrogen, Phosphorus and Potassium and Formulated Fertilizer Application of Blueberry* [D]. Jilin: Jilin Agricultural University, 2007.
- [12] GROVE J H, SUMNER M E. Yield and leaf composition of sunflower in relation to N, P, K, and lime treatments [J]. *Fert Res*, 1982, **3**: 367 – 378.
- [13] 林咸永, 章永松, 蔡妙珍, 等. 磷、钾营养对柑橘果实产量、品质和储藏性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, **12**(1): 82 – 88.
LIN Xianyong, ZHANG Yongsong, CAI Miaozen, *et al.* Effects of phosphorus and potassium application on yield, quality, and storability of citrus fruits [J]. *Plant Nutr Fert Sci*, 2006, **12**(1): 82 – 88.
- [14] 邬颖, 商永亮, 刘红伟, 等. 美登叶面施肥试验初报[J]. 内蒙古林业调查设计, 2010, **8**(4): 116, 126.
WU Ying, SHANG Yongliang, LIU Hongwei, *et al.* A preliminary report of foliage application on Meideng [J]. *Inner Mongolia For Investig Design*, 2010, **8**(4): 116, 126.
- [15] 柴仲平, 王雪梅, 陈波浪, 等. 不同施肥处理对库尔勒香梨长势与产量的影响[J]. 水土保持研究, 2013, **6**(3): 172 – 175.
CHAI Zhongping, WANG Xuemei, CHEN Bolang, *et al.* Impact of different fertilization treatments on growth and yield of korla fragrant pear [J]. *Res Soil Water Conserv*, 2013, **6**(3): 172 – 175.
- [16] SMITHSON P C, MCINTYRE B D, GOLD C S, *et al.* Potassium and magnesium fertilizers on banana in Uganda: yields, weevil damage, foliar nutrient status and DRIS analysis [J]. *Nut Cycl Agroecosys*, 2004, **69**(1): 43 – 49.
- [17] 代志国, 曲柏宏, 王颖, 等. 钾肥对苹果梨树生长和果实产量与品质的影响[J]. 北方园艺, 2002(6): 60 – 61.
DAI Zhiguo, QU Bohong, WANG Ying, *et al.* Impact of potassium application on the growing, yield and fruit quality of apple pear [J]. *Northern Hortic*, 2002(6): 60 – 61.