

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2020.01.007

# 不同氮磷钾施肥量对平欧杂种榛光合性能及产量品质的影响

王灵哲<sup>1,2</sup>, 宋锋惠<sup>2</sup>, 史彦江<sup>1,2\*</sup>, 罗 达<sup>2</sup>, 凌锦霞<sup>1,2</sup>, 左 琛<sup>1,2</sup>

(1. 新疆农业大学林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆林科院经济林研究所, 新疆 乌鲁木齐 830063)

**摘要:** [目的] 以新疆 9 年生的平欧杂种榛为研究对象, 探讨氮、磷、钾不同施肥量对平欧杂种榛光合特性、产量和品质的影响, 为新疆榛子产业发展提供合理施肥依据。[方法] 采用“3414”田间肥料效应试验, 测定氮、磷、钾不同施肥配比条件下对果仁膨大期榛子叶片的叶绿素含量和叶绿素最大光能转化效率的日变化及对产量和品质的响应。[结果] 表明: 平欧杂种榛的叶绿素相对含量 (SPAD) 随着 N 肥的增加而增加; T<sub>5</sub> (N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>) 对 Fo、Fv 和 Fm 有显著调控作用; T<sub>9</sub> (N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>) 榛果的纵径、横径、侧径、单果质量、果仁质量及出仁率比 T<sub>1</sub> (N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>) 分别平均增加 9.96%、9.77%、11.99%、31.94%、10.13% 和 5.56%, 粗脂肪和粗蛋白比 T<sub>1</sub> 分别平均增加 11.56% 和 16.67%。[结论] 在新疆土壤养分中等条件下, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 施肥量纯量分别为 1 205.6、485.00、329.3 kg·hm<sup>-2</sup> 时, 榛果达到了优质高产, 有利于提高新疆平欧杂种榛的经济效益。

**关键词:** 平欧杂种榛; 叶绿素含量; 叶绿素荧光; 产量; 品质

**中图分类号:** S664.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2020)01-0055-07

平欧杂种榛 (*Corylus heterophylla* × *Corylus avellana*) 是通过种间杂交培育出来的优良树种, 具有易栽植、成活率高、抗寒抗旱性强、坐果率高等优点; 同时, 其果实大而美观, 壳薄、仁满、味正、营养价值高, 与核桃、扁桃和腰果称为世界四大坚果<sup>[1]</sup>。许多研究表明, 氮 (N)、磷 (P)、钾 (K) 对植物的品质有深远影响, 如李辉桃等<sup>[2]</sup> 研究红富士苹果发现, N 肥的增加使当年的新生枝条长度、叶厚、叶质量等增加, 当 N、P、K 的施肥量为 0.89、0.45、0.52 kg·株<sup>-1</sup> 时会增加苹果产量, 超过该施肥量会引起减产; 谭博等<sup>[3]</sup> 研究全球红葡萄 (*Vitis vinifera* L. cv. Red Globe) 时表明, N、P、K 不但增强了葡萄光合作用的净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度 (Ci) 等, 同时不同程度地提高了果实的可溶性固形物、总糖以及 Vc 的含量; 孔芬等<sup>[4]</sup> 研究山地核桃

(*Juglans regia* L.) 表明, N、P、K 合理的配施增加产量, 过多会抑制, 适量范围内施肥量增加会提高核桃耐高温和强光的能力。由此可见, 均衡 N、P、K 肥对改善作物产量与品质变得尤为重要。近年来, 榛子成为新疆发展的新树种, 南北疆各地均已开始试种, 通过试验观察, 其生态适应性强、果实品质表现良好, 具有很大的发展潜力, 有望成为新疆新一代经济树种。由于榛子在新疆栽培时间短, 缺乏适合在新疆自然条件下的生产技术, 关于施肥对榛子产量品质的影响尚不完善。因此, 针对榛子生产中存在的问题开展了氮磷钾施肥试验。以新疆 9 年生平欧杂种榛为研究对象, 测定榛子光合和果实产量品质等指标, 探明氮磷钾不同施肥量对平欧杂种榛产量与品质的影响, 提出适宜的施肥参数, 为新疆榛子栽培技术中的施肥技术提供参考<sup>[5]</sup>。

收稿日期: 2019-05-20 修回日期: 2019-11-12

基金项目: 自治区公益性科研院所基本科研业务费专项资金课题“平欧杂种榛叶营养诊断技术体系研究” (KY2017036); 新疆农业大学研究生创新项目 (XJAUGRI2017038)

\* 通讯作者: 史彦江 (1961-), 男, 山西柳林人, 研究员, 果树栽培。电话: 17799184650. E-mail: 2419230279@qq.com

## 1 研究区概况

新疆乌鲁木齐县安宁渠位于  $86^{\circ}37'33'' \sim 88^{\circ}58'24'' \text{E}$ ,  $43^{\circ}45'32'' \sim 44^{\circ}08'00'' \text{N}$ , 海拔 935.3 m, 地势平坦, 属于中温带半干旱大陆性气候, 年均降水量 286.1 mm, 年均蒸发量 2 164.2 mm, 年均日照时数为 2 775 h, 光热资源丰富<sup>[6]</sup>。

## 2 材料与方 法

试验地位于新疆乌鲁木齐县安宁渠农科院平欧杂种榛丰产栽培示范园, 以 9 a ‘达维’ (Dawei) 为试验材料。南北行向栽植, 株行距 4.0 m $\times$ 1.5 m, 林相整齐, 树势健康无病虫害、各样株长势基本一致。

2018 年 3 月在施肥试验前采集样园土壤样品进行养分分析, 结果表明, 样园土壤类型为土层深厚的沙土, 0~40 cm 土层土壤基本化学性质的碱解 N、有效 P、速效 K 的含量分别为 38.20、7.97、114.67 mg $\cdot$ kg<sup>-1</sup>。根据全国第 2 次土壤普查养分分级标准, 试验样园土壤有机质含量低, 碱解 N 为 5 级, 有效 P 为 4 级, 速效 K 为 3 级, 综合土壤养分条件属中等<sup>[7]</sup>。

采用“3414”肥料效应田间试验 (表 1), 肥料因素为 N、P、K, 4 个水平分别为 0 (不施肥)、1 (常规施肥量的 50%)、2 (常规施肥量)、3 (常规施肥量的 150%), 共 14 个处理 (记为 T<sub>i</sub>; i=1, 2, 3, ..., 14), 每个处理设 3 个重复小区, 随机排列, 每试验小区 5 株, 共计 210 样株。所选样株平均株高、地径、冠幅分别为 (2.5 $\pm$ 0.4) m、(5.3 $\pm$ 0.2) cm、(2.0 $\pm$ 0.3) m。肥料选用尿素 (含 N 46%)、重过磷酸钙 (含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%)、硫酸钾 (含 K<sub>2</sub>O 51%)。根据 2017 年施肥试验量, 每样株 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的常规施肥量 (纯量) 分别为 0.7、0.3、0.2 kg, 于 2018 年 4 月榛子初萌芽前 1 次性施入, 施肥方法为在树冠 2/3 处采用环状沟施, 施肥沟距树体 67 cm、开沟深度为 30 cm。

### 2.1 测定方法

2.1.1 叶绿素测定 试验于 7 月中旬 (果仁膨大期), 晴朗无云下, 用 SPAD-502 手持叶绿素仪对每一供试样株的东南西北 4 个方向随机选取 30 个树冠外围中部、健康、功能完全叶片测定。

2.1.2 叶绿素荧光参数测定 试验于 7 月中旬 (果仁膨大期), 在晴朗天气、自然光照条件下, 采

表 1 田间试验设计

Table 1 Field trial design

序号 No.	处理 Treat	2018年单株施肥量/kg Fertilization amount per plant in 2018			2018年单株施肥量/kg Fertilization amount per plant in 2018		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
T <sub>1</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0
T <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	0.3	0.2	0	0.65	0.4
T <sub>3</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0.35	0.3	0.2	0.76	0.65	0.4
T <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	0.7	0	0.2	1.52	0	0.4
T <sub>5</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	0.7	0.15	0.2	1.52	0.33	0.4
T <sub>6</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0.7	0.3	0.2	1.52	0.65	0.4
T <sub>7</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	0.7	0.45	0.2	1.52	0.98	0.4
T <sub>8</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	0.7	0.3	0	1.52	0.65	0
T <sub>9</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	0.7	0.3	0.1	1.52	0.65	0.2
T <sub>10</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	0.7	0.3	0.3	1.52	0.65	0.6
T <sub>11</sub>	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1.05	0.3	0.2	2.28	0.65	0.4
T <sub>12</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	0.35	0.15	0.2	0.76	0.33	0.4
T <sub>13</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	0.35	0.3	0.1	0.76	0.65	0.2
T <sub>14</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0.7	0.15	0.1	1.52	0.33	0.2

用 FMS-2 型 (英国, Hansatech) 便携调制式叶绿素荧光仪测叶绿素荧光参数的最大光能转换效率 (Fv/Fm)、初始荧光 (Fo)、最大荧光 (Fm) 及可变荧光 (Fv) 数据。从 8:00 到 20:00, 每隔 2 h 测定 1 次, 每次测定前将叶片暗适应 30 min, 每一供试样株上测定 5 个叶片作为重复。

2.1.3 果实测定 8 月 25 日果苞基部变黄、果壳硬化呈黄褐色, 分别调查试验株结果数量, 然后将不同处理采收的 15 株果实混合装入网袋, 带回实验室, 脱苞。自然晾干 25 d, 对不同处理随机选取 100 粒果实测定单果质量、纵横径、果壳厚度、果仁质量等指标, 计算出仁率、单株产量。

出仁率=果仁质量/单果质量 $\times$ 100%;

单株产量=单果质量 $\times$ 单株结果数量。

### 2.2 数据统计

不同施肥比对产量及品质差异显著性的影响采用单因素方差分析 (one-way ANOVA) 的 Duncan 法对其进行检验 ( $\alpha=0.05$ )。数据分析软件 Excel 2007 和 SPSS19.0, 采用 Origin9.0 软件作图。

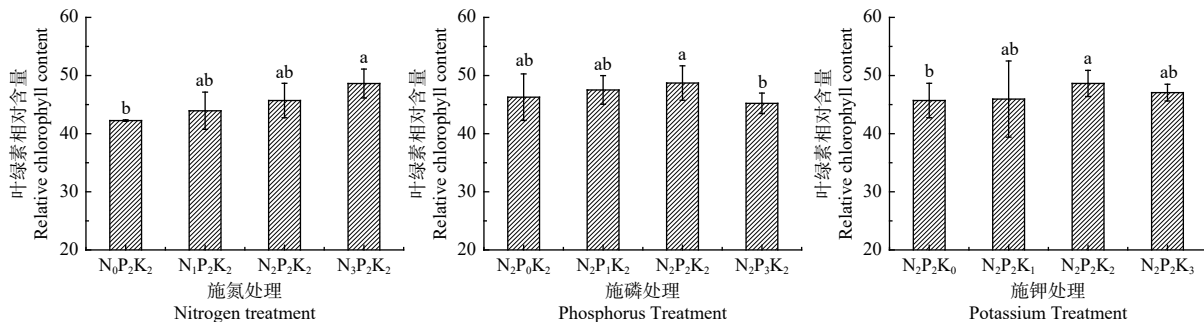
## 3 结果与分析

### 3.1 不同氮磷钾施肥量对叶绿素相对含量的影响

图 1 表明: 随着氮、磷、钾不同施肥量的施

入, 叶绿素含量出现了较大幅度的变化。在磷、钾同一施肥量下, 不施氮肥 ( $N_0P_2K_2$ ) 与施高氮肥量 ( $N_3P_2K_2$ ) 的叶绿素含量差异显著, 说明施高氮肥量对榛树叶片影响显著。在氮、钾同一施肥量下, 常规施磷肥量 ( $N_2P_2K_2$ ) 与施高磷肥量 ( $N_2P_3K_2$ )

差异显著, 说明施高磷肥量降低榛叶的叶绿素含量。在氮、磷同一施肥量下, 不施钾肥 ( $N_2P_2K_0$ ) 与常规施钾肥量 ( $N_2P_2K_2$ ) 差异显著, 说明不施钾肥降低榛叶的叶绿素含量。



注: 图中不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Notes: different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

图 1 不同氮磷钾施肥量对榛叶绿素相对含量的影响

Fig. 1 Effect of different NPK fertilization amount on relative chlorophyll content of hazelnut leaf

### 3.2 不同氮磷钾施肥量对叶绿素荧光参数的影响

#### 3.2.1 不同氮磷钾施肥量对 $F_v/F_m$ 日变化的影响

图 2A 表明: 在磷、钾同一施肥量下, 施高氮肥 ( $N_3P_2K_2$ ) 的  $F_v/F_m$  波谷出现在 14:00, 不施氮 ( $N_0P_2K_2$ ) 和常规施氮量 ( $N_2P_2K_2$ ) 的  $F_v/F_m$  波谷出现在 16:00, 同时施低氮肥 ( $N_1P_2K_2$ ) 的  $F_v/F_m$  日变化水平一直高于其他处理, 说明低氮可以增加榛树抗高光、高温的能力。图 2B 表明: 在氮、钾同一施肥量下, 不同施磷肥的  $F_v/F_m$  日变化呈 V 型曲线, 不施磷 ( $N_2P_0K_2$ ) 的  $F_v/F_m$  波谷出现在 16:00, 施常规施磷量 ( $N_2P_2K_2$ ) 的  $F_v/F_m$  日变化平稳高于其他处理, 说明常规施磷肥量促进光能捕捉效率。图 2C 表明: 在氮、磷同一施肥量下, 不同施钾肥的  $F_v/F_m$  日变化也呈 V 型曲线, 波谷均出现在 14:00; 在“午休”过后,  $F_v/F_m$  随着钾肥的增加而变高 ( $N_2P_2K_2$  除外), 说明钾肥的

增加能够减少平欧杂种榛的光抑制, 提高其光能捕捉效率。

3.2.2 荧光参数日均值的比较 由表 2 看出: 不同施肥处理对  $F_o$ 、 $F_m$ 、 $F_v$  影响显著; 不同施肥量下,  $F_o$  值为 237.29~294.14, 其中, 最大值出现在  $T_5$ , 最小值出现在  $T_6$ , 且  $T_5$  与大部分处理差异显著。不同施肥量下,  $F_m$  值为 1 059.26~1 453.86, 其中, 最大值出现在  $T_5$ , 其次是  $T_{13}$ ,  $T_5$  和  $T_{13}$  差异不显著, 分别比  $T_1$  高 26.7% 和 26.4%。不同施肥量下,  $F_v$  值为 785.48~1 164.57, 其中, 最大值出现在  $T_{13}$ , 其次是  $T_5$ , 最小值出现在  $T_{14}$ ,  $T_{13}$  与  $T_5$  之间差异不显著。通过对荧光参数均值变化的比较, 氮磷钾对榛树荧光参数影响的顺序为  $N > K > P$ , 少量或过量施肥会抑制叶绿素对光能吸收、转化等过程, 从而使榛树光合作用下降。

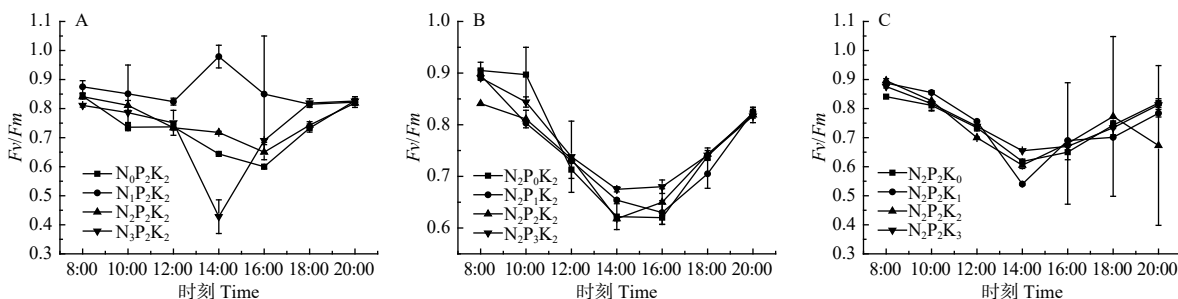


图 2 不同氮磷钾施肥量对平欧杂种榛  $F_v/F_m$  的影响

Fig. 2 Effect of different NPK fertilization amount on chlorophyll content of hazelnut leaf

表2 果仁膨大期不同施肥处理间平欧杂种榛  $F_o$ 、 $F_m$ 、 $F_v$  日均值的比较

Table 2 Comparison of daily mean values of  $F_o$ ,  $F_m$  and  $F_v$  in hazelnut between different fertilization treatments during fruiting

序号 No.	处理 Treat	叶绿素荧光参数 Chlorophyll fluorescence parameters		
		$F_o$	$F_m$	$F_v$
T <sub>1</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	251.76±1.89cde	1 147.40±3.87bcd	860.83±9.09bc
T <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	271.76±2.92cbe	1 151.29±2.05bcd	879.52±2.12bc
T <sub>3</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	238.05±3.27de	1 243.10±1.46abcd	1 005.05±8.01abc
T <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	273.95±1.69bcd	1 185.43±2.94bcd	933.67±2.37abc
T <sub>5</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	294.14±7.92a	1 453.86±2.77a	1 159.71±3.40a
T <sub>6</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	237.29±6.27e	1 110.45±1.02bcd	873.17±5.60bc
T <sub>7</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	267.21±4.47abcd	1 094.81±2.31cd	827.60±6.78bc
T <sub>8</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	264.00±2.28bcde	1 279.19±3.54abcd	1 015.19±8.22abc
T <sub>9</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	286.57±2.22ab	1 350.62±3.94bcd	1 076.67±7.25ab
T <sub>10</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	260.24±2.14bcd	1 133.69±2.89bcd	873.45±5.05bc
T <sub>11</sub>	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	269.31±1.44abcd	1 319.83±1.08abc	1 050.52±2.00ab
T <sub>12</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	266.38±7.09bcde	1 331.69±8.73abc	1 065.31±2.08ab
T <sub>13</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	285.69±5.79ab	1 450.26±5.27a	1 164.57±2.01a
T <sub>14</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	273.79±7.29abc	1 059.26±6.94d	785.48±7.22c

注:表中同列数据均为平均值±标准差,表中同列不同字母表示差异显著,同下。  
Notes: data in the table are average value±standard deviation, table column with different letters indicate significant differences, as below.

### 3.3 不同氮磷钾施肥量对平欧杂种榛外在品质的影响

从表3看出:不同氮磷钾施肥量对榛子的纵径、横径、侧径、单果质量、果仁质量和出仁率有不同程度的影响,其中,对单果质量、果仁质量和出仁率影响显著。不同氮磷钾施肥量下榛子的纵径变幅为18.97~20.98 mm,最大纵径出现在T<sub>9</sub>,为20.98 mm,比T<sub>1</sub>提高9.96%;其次是T<sub>13</sub>,为20.57 mm,比T<sub>1</sub>提高7.81%。横径的变幅为16.17~17.75 mm,最大横径出现在T<sub>9</sub>,为17.75 mm,比T<sub>1</sub>提高9.77%;其次是T<sub>2</sub>,为17.65 mm,比T<sub>1</sub>提高9.15%。侧径的变幅为14.68~16.44 mm,最大侧径出现在T<sub>9</sub>,为16.44 mm,比T<sub>1</sub>提高11.99%;其次是T<sub>2</sub>,为16.23 mm,比T<sub>1</sub>提高10.56%。说明适量的磷肥会提高榛子的果实大小。不同氮磷钾施肥量榛子的单果质量变幅为1.69~2.52 g,最大单果质量出现在T<sub>9</sub>,为2.52 g,比T<sub>1</sub>提高31.94%;其次是T<sub>2</sub>,为2.32 g,比T<sub>1</sub>提高21.47%。果仁质量的变幅为0.65~0.88 g,最大果仁质量出现在T<sub>2</sub>,为0.88 g,比T<sub>1</sub>提高11.39%;其次是T<sub>9</sub>,为0.87 g,比T<sub>1</sub>提高10.13%。不同氮磷钾施肥量下榛子的出仁率变化不大,集中在36%~39%。

表3 不同氮磷钾施肥量对榛子外在品质的影响

Table 3 Effect of different N, P and K fertilization rates on the external quality of hazelnut

序号 No.	处理 Treat	纵径/mm Vertical diameter	横径/mm Horizontal diameter	侧径/mm Side diameter	单果质量/g Single fruit mass	果仁质量/g Kernel mass	出仁率/% Kernel mass percentage
T <sub>1</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	19.08±0.46	16.17±0.57	14.68±0.40	1.91±0.28 bc	0.79±0.12 ab	36±0.01 c
T <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	19.41±0.16	17.65±0.21	16.23±0.22	2.32±0.09 ab	0.88±0.04 a	37±0.01 bc
T <sub>3</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	19.90±0.83	17.14±0.88	15.82±0.74	2.01±0.39 abc	0.81±0.12 ab	38±0.01 ab
T <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	19.58±0.69	16.97±0.69	15.53±0.59	2.06±0.29 abc	0.78±0.11 ab	38±0.00 ab
T <sub>5</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	19.88±0.46	17.10±0.71	15.85±0.72	2.12±0.32 ab	0.81±0.13 ab	38±0.01 ab
T <sub>6</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	19.17±0.86	16.22±1.13	15.12±1.21	1.89±0.46 bc	0.74±0.19 bc	39±0.01 bc
T <sub>7</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	19.40±0.68	16.86±0.74	15.63±0.83	1.97±0.35 bc	0.75±0.15 abc	38±0.01 ab
T <sub>8</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	19.44±0.82	16.92±0.68	15.51±0.39	2.00±0.31 abc	0.75±0.10 abc	38±0.01 ab
T <sub>9</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	20.98±0.60	17.75±0.68	16.44±0.83	2.52±0.38 a	0.87±0.14 a	38±0.00 ab
T <sub>10</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	18.97±0.06	16.28±0.25	14.84±0.03	1.69±0.03 c	0.65±0.03 c	39±0.01 a
T <sub>11</sub>	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	19.58±0.43	16.84±0.78	15.41±0.64	2.03±0.29 abc	0.78±0.10 ab	39±0.01 a
T <sub>12</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	19.17±0.22	16.51±0.22	15.23±0.14	1.77±0.06 c	0.66±0.03 c	37±0.01 b
T <sub>13</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	20.57±1.95	16.42±0.14	15.02±0.26	1.76±0.09 c	0.66±0.03 c	37±0.00 b
T <sub>14</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	19.94±0.14	17.25±0.42	15.92±0.33	2.06±0.11 abc	0.80±0.02 ab	37±0.01 b



### 3.4 不同氮磷钾施肥量对平欧杂种榛粗脂肪、粗蛋白的影响

粗脂肪、粗蛋白是衡量坚果营养价值的重要指标, 其含量的高低决定了坚果营养价值和口感, 从而影响坚果的商品价值。由表 4 看出: 不同的氮磷钾施肥量对平欧杂种榛的粗脂肪、粗蛋白影响显著。最大粗脂肪含量出现在 T<sub>11</sub>, 为 53.23%, 其次是 T<sub>9</sub>, 为 52.41%; 最小含量出现在 T<sub>13</sub>, 为 41.04%。说明当 N 肥不充足时会影响榛子中粗脂肪的含量。最大粗蛋白含量出现在 T<sub>12</sub>, 为 4.81%, 其次是 T<sub>13</sub>, 为 4.30%; 最小含量出现在 T<sub>10</sub>, 为 3.06%, 且处理间差异显著。说明少量的氮肥会增加榛仁中蛋白质的含量, 而过量的钾肥会降低榛仁中粗蛋白的含量。通过对平欧杂种榛粗脂肪、粗蛋白的单因素分析, 表明氮、磷、钾在一定范围内表现出正效应, 当施肥量超过一定的范围时表现出负效应, 说明氮、磷、钾的施肥量保持一定的量才能获得高品质的榛果。

表 4 不同氮磷钾施肥量对榛子粗脂肪、粗蛋白的影响  
Table 4 Effects of Different N, P, K Fertilizer Application Rates on Crude Fat and Crude Protein of hazelnut

序号 No.	处理 Treat	粗脂肪 Crude fat/%	粗蛋白 Crude protein/%
T <sub>1</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	46.98±0.01abc	3.66±0.11cdef
T <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	50.20±0.02ab	3.73±0.30bcde
T <sub>3</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	49.84±0.02ab	3.91±0.12bcd
T <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	49.88±0.04ab	4.13±0.15ef
T <sub>5</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	49.05±0.02ab	3.74±0.21bcde
T <sub>6</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	52.31±0.09abc	4.02±0.55bcd
T <sub>7</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	48.76±0.04abc	3.99±0.40bcd
T <sub>8</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	50.39±0.02ab	3.64±0.19cdef
T <sub>9</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	52.41±0.04a	4.27±0.09bc
T <sub>10</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	46.07±0.02abc	3.06±0.14f
T <sub>11</sub>	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	53.23±0.03a	3.43±0.25def
T <sub>12</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	43.74±0.01bc	4.81±0.36a
T <sub>13</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	41.04±0.03c	4.30±0.12ab
T <sub>14</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	49.54±0.00ab	4.13±0.34bc

### 3.5 不同氮磷钾施肥量对平欧杂种榛产量与肥料方程效应的响应

目前, 氮磷钾对植物的肥料效应模型大多采用多元回归方程, 即不同氮磷钾施肥量为自变量, 以产量为因变量建立回归模型, 通过计算机模拟, 提

出不同产量水平下氮磷钾的最佳组合。本研究分别以平均单株榛果产量 ( $G$ ) 以 10 为底的常用对数 ( $\log_{10}G$ ) 为因变量, N、P、K 三元二次多项式的非常数项为自变量进行多元线性回归逐步分析, 得关系式:

$$\log_{10}\hat{G} = 0.15 + 0.42N + 0.373K + 0.157P + 0.371N \times K - 0.943K^2 - 0.29N^2 - 0.2695P^2$$

( $R=0.618$ ,  $F=7.596$ , 显著水平  $p=0.009$ , 剩余标准差  $S=0.0407$ , 调整后的相关系数  $Ra=0.124$ )。

通过模型分析得出: 以平欧杂种榛平均单株产量为经济目标时, 施 N 为 1 205.6 kg·hm<sup>-2</sup>, 施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 485.00 kg·hm<sup>-2</sup>, 施 K<sub>2</sub>O 为 329.3 kg·hm<sup>-2</sup> 时单株产量可以达到 1.98 kg。氮磷钾对平欧杂种榛平均单株产量的作用顺序为: N>P>K, 氮肥与钾肥之间具有协同作用, 氮肥与磷肥, 磷肥与钾肥之间的交互作用不明显。

## 4 讨论

有研究发现, 适量的氮肥会提高叶片中叶绿素的含量, 提高作物粗蛋白、粗脂肪、可溶性糖以及 Vc 的含量, 同时表明, 少氮会降低植物进行光合作用<sup>[8]</sup>。磷肥参与植物体内脂肪、蛋白质等的合成, 有研究发现, 适量的磷肥会提高植物体内的 RuBP 羧化酶活性和叶片光合速率, 从而影响植物干物质的积累<sup>[9]</sup>; 适量的钾肥能提高作物可溶性糖含量和产量<sup>[10]</sup>。氮、磷、钾肥的协同作用会提高叶绿素的相对含量 (SPAD), 促进植物进行光合作用, 合成光合产物。本试验结果表明, 平欧杂种榛的 SPAD 值随着氮肥的增加而增加, 说明氮肥会促进榛叶合成叶绿素; 过量的磷或不施钾肥会抑制叶绿素的合成, 说明适量的磷肥和钾肥有助于合成叶绿素。

提高  $Fv/Fm$  有利于叶绿体更快、更有效地将捕获的光能转化为化学能, 为光合碳同化提供更多的能量。 $Fv/Fm$  越高光利用率越高, 适应弱光环境的能力越强<sup>[11]</sup>。本研究结果表明: 在磷、钾同一施肥下,  $Fv/Fm$  日变化中, 施少量氮肥 (N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>) 或常规氮肥 (N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>) 高于其他施肥量。说明施氮肥会提高 PSII 活性和光化学效率, 使光合色素所捕获的光能更快速、更高效地转化为化学能, 为碳化提供充足的能量, 从而提高了光合速率。有研究表

明,施适量氮显著提高  $F_v/F_m$  和  $F_v/F_o$ ,有利于光合同化中各种蛋白质酶合成和电子传递等,从而改善叶片的光合作用,提高  $CO_2$  的同化速率<sup>[12]</sup>;同时,氮素供应量不足或过大时,影响光合产物的转化和输出<sup>[13]</sup>。通过电荷在反应中心分离引起的初原能量转换是光合作用最基本的反应。叶绿素荧光参数能充分反映植物叶片对光能的吸收、传递、分配以及消耗的效率<sup>[14]</sup>。本试验结果表明:14个施肥处理对叶绿素荧光参数有不同差异,其中  $T_5$  ( $N_2P_1K_2$ ) 对  $F_o$ 、 $F_v$  和  $F_m$  有显著调控作用,表明适量的氮肥和钾肥会使叶绿素光合机构受损的程度降低,光合特性越好,这与王刚等<sup>[15]</sup>的研究结果相吻合。

本试验条件下,不同氮、磷、钾施肥处理对榛子的外在和内在品质的影响差异显著,与其他处理相比,  $T_9$  ( $N_2P_2K_1$ ) 榛果的纵径、横径、侧径、单果质量、果仁质量和出仁率比  $T_1$  ( $N_0P_0K_0$ ) 分别增加了 9.96%、9.77%、11.99%、31.94%、10.13% 和 5.56%,粗脂肪和粗蛋白比  $T_1$  增加了 11.56% 和 16.67%。 $T_{10}$  ( $N_2P_2K_3$ ) 榛果的纵径、单果质量、果仁质量、粗蛋白以及粗脂肪均比  $T_1$  低,说明过量的钾肥会抑制矿物质元素的吸收以及蛋白质合成的运输,这与前人研究结果基本一致<sup>[16-17]</sup>。如陈虹等<sup>[16-18]</sup>对 6 年生和 8 年生的核桃进行了“3414”最优回归设计,研究表明,氮肥影响核桃树高、枝长,磷、钾肥影响核桃鲜质量、干果质量以及核仁质量,且过量的钾肥会降低核桃粗脂肪和粗蛋白的含量。

科学合理的作物肥料需求是保证作物优质高产和农业生产可持续发展的必要条件,同时在不破坏土壤生产力和不破坏生态环境的前提下提高肥料的利用率。氮、磷、钾作为果树生长和发育所必需的大量矿质营养元素,对果树及其果实的生长发育有深远影响。彭少兵等<sup>[19]</sup>研究表明,缺肥或少肥对核桃的产量影响很大,同时采用三元二次效应方程拟合出最高和最佳产量分别为  $8.373$ 、 $1.2276\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$  时的施肥量是 N 为  $0.9875\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$ 、 $P_2O_5$  为  $0.1648\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$ 、 $K_2O$  为  $1.2260\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$ 。柴仲平等<sup>[20]</sup>研究表明,414.9、280.2、33.6 kg 的氮、磷、钾肥在  $1\text{ hm}^2$  且滴灌水量为  $5\ 250\text{ m}^3$  下,可提高灰枣的单果质量和产量;过量施肥不仅使灰枣产量和品质下降,还会降低肥料利用率,土壤盐渍化加重,给生态环境造成污染。

## 5 结论

本试验结果表明,随着 N 肥的增加,榛叶的叶绿素相对含量日变化值逐渐增大,过量的磷和缺失钾不利于榛树进行光合作用; $T_9$  的榛果纵横、侧径、单果质量、果仁质量、出仁率、粗蛋白和粗脂肪含量均呈较高水平,而  $T_{10}$  过量的钾肥会使榛果品质降低。因此,在本实验条件下,以 2018 年的产量为目标, N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  施肥纯量分别为  $1\ 205.6$ 、 $485.00$ 、 $329.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,榛果达到了优质高产,有利于提高新疆平欧杂种榛的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 王贵禧. 中国榛属植物资源培育与利用研究(Ⅲ)——育种、育苗与栽培[J]. 林业科学研究, 2018, 31(1): 122-129.
- [2] 宋锋惠, 崔培毅, 史彦江, 等. 伊犁河谷杂交榛引种栽培及发展前景[J]. 新疆农业科学, 2008(S3): 69-71.
- [3] 李辉桃, 周建斌, 温小卫, 等. 红富士苹果树施用氮磷钾化肥的效果[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 163-168.
- [4] 谭博, 曹晓艳, 刘怀峰, 等. 不同施肥方式对全球红葡萄光合日变化及品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(3): 410-416.
- [5] 孔芬, 刘小勇, 王港振, 等. 施肥量对山地核桃光合与快速叶绿素荧光特性的影响[J]. 林业科学研究, 2016, 29(5): 764-769.
- [6] 王珊珊, 艾里西尔·库尔班, 郭宇宏, 等. 乌鲁木齐地区气温变化和城市热岛效应分析[J]. 干旱区研究, 2009, 26(3): 433-440.
- [7] 全国土壤普查办公室, 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 87.
- [8] 陈钢, 黄翔, 张利红, 等. 不同氮素水平对西瓜幼苗生长及叶绿素荧光特性的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(4): 657-661.
- [9] 于天一, 李晓亮, 路亚, 等. 磷对花生氮素吸收和利用的影响[J]. 作物学报, 2019, 45(6): 912-921.
- [10] 柳洪鹏, 史春余, 张立明, 等. 钾素对食用型甘薯糖代谢相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3): 724-732.
- [11] 褚建民, 孟平, 张劲松, 等. 土壤水分胁迫对欧李幼苗光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 林业科学研究, 2008, 21(3): 295-300.
- [12] 张雷明, 上官周平, 毛明策, 等. 长期施氮对旱地小麦灌浆期叶绿素荧光参数的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 695-698.
- [13] 李林光, 李芳东, 王颖, 等. 苹果四倍体品种叶绿素荧光参数的日变化[J]. 果树学报, 2011, 28(1): 129-133.
- [14] 徐寿军, 薛海楠, 刘志萍, 等. 肥料与密度对春大麦叶绿素荧光参数影响的正交回归分析[J]. 核农学报, 2018, 32(12): 2414-2422.
- [15] 王刚, 侍瑞, 努尔尼萨, 等. 氮磷钾施肥配比对骏枣叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北农林科技大学学报: (自然科学版), 2012, 40(9): 187-194.
- [16] 胡冬南, 牛德奎, 张文元, 等. 钾肥水平对油茶果实性状及产量的影响[J]. 林业科学研究, 2015, 28(2): 243-248.
- [17] 白红, 陶佳, 石佩, 等. 追施钾肥对“重阳红”桃果实产量和品质

- 质及采果前树体营养的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(5): 730-737.
- [18] 陈虹, 董玉芝, 朱小虎, 等. 新疆早实核桃品种测土配方施肥肥效试验初报[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(8): 1584-1589.
- [19] 彭少兵, 成艳霞, 董文浩, 等. 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.
- [20] 柴仲平, 王雪梅, 孙霞, 等. 不同氮磷钾配比滴灌对灰枣产量与品质的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(2): 229-233.

## Effects of Different N P K Fertilizer Application Rates on Photosynthetic Characteristics, Yield and Quality of *Corylus heterophylla* × *C. avellana*

WANG Ling-zhe<sup>1,2</sup>, SONG Feng-hui<sup>2</sup>, SHI Yan-jiang<sup>1,2</sup>, LUO Da<sup>2</sup>, LING Jin-xia<sup>1,2</sup>, ZUO Chen<sup>1,2</sup>

(1. College of Forestry and horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China; 2. Research Institute of Economic Forestry, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830063, Xinjiang, China)

**Abstract:** [Objective] To discuss the effects of fertilizing amount of N, P and K on photosynthetic characteristics, yield and quality of *Corylus heterophylla* × *C. avellana*, thus providing rational fertilization basis for the development of hazelnut industry in Xinjiang. [Method] "3414" field fertilizer effect test was used to determine the response of diurnal variation of chlorophyll content and chlorophyll maximum light energy conversion efficiency, the yield and quality of hazelnut leaves to different fertilization proportions of N, P and K during nut swelling period. [Result] It showed that the chlorophyll relative content (SPAD) of *C. heterophylla* × *C. avellana* increased with the increase of N fertilizer and decreased with the increase of P fertilizer; T<sub>5</sub> (N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>) had a significantly regulating effect on the values of *F<sub>o</sub>* and *F<sub>m</sub>*, T<sub>9</sub> (N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>) significantly affected the value of *F<sub>v</sub>*; the vertical diameter, transverse diameter, lateral diameter, single fruit quality, nut quality and nut yield of T<sub>9</sub> increased by 9.96%, 9.77%, 11.99%, 31.94%, 10.13% and 8.30% respectively; the crude fat and crude protein increased by an average of 11.56% and 16.67%. [Conclusion] Under the soil condition of middle level in Xinjiang, when the scalar fertilizing amounts of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O are 1 205.6 kg·hm<sup>-2</sup>, 485.00 kg·hm<sup>-2</sup> and 329.3 kg·hm<sup>-2</sup>, respectively, high quality and high yield of hazelnut can be achieved, which is conducive to improving the economic benefit of *C. heterophylla* × *C. avellana*.

**Keywords:** *Corylus heterophylla* × *Corylus avellana*; chlorophyll content; chlorophyll fluorescence; yield; quality

(责任编辑: 徐玉秀)