

施肥对南果梨叶片叶绿素含量及光合特性的影响

王春枝¹, 于小静¹, 齐宝利², 姜荧荧¹

(1. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110866. 2. 鞍山市千山区农业技术推广中心, 辽宁 鞍山 114041)

摘要:从高产施肥的角度, 采用无土基质栽培的方式, 研究了不同施肥处理对 2 a 生南果梨树叶片的叶绿素含量和光合作用的影响。结果表明: 叶片叶绿素含量在 6 月底至 7 月中旬以及果实膨大期会出现下降; 随着施 N、P 肥量的增加而增加; 随着施 K 肥量的增加呈先上升后又下降的趋势, 叶绿素降解同时伴有红叶现象; 这与人研究和生产中诊断相一致。南果梨叶片叶绿素含量与净光合速率、气孔导度和水分利用率之间变化趋势一致, 而胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率变化趋势一致, 且与前者相反。以叶绿素含量为基础, 光合作用为目标条件, 其适宜施肥配比为 1:0.48:0.41, 适宜施肥量分别为 N:1.88 g/盆、 P_2O_5 :0.9 g/盆、 K_2O :0.75 g/盆。

关键词:光合作用; 叶绿素含量; 南果梨; 施肥

中图分类号:S 661.206⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)14-0150-04

南果梨是秋子梨系统(*Pyrus ussuriensis* Maxim)中极优良品种之一。原产我国辽宁省鞍山市千山区大孤山镇, 距今已有一百多年的栽培历史。目前, 鞍山主产区南果梨的栽培面积已达 2.47 万 hm^2 , 约占全省栽培总面积的一半, 产量已达 19.65 万 t。植物在一定的光照强度下, 营养状况适宜, 才能进行良好的光合作用, 为生长、开花等生命活动提供光合产物^[1]。近年来, 南果梨的主产区普遍发生一种红叶现象, 叶绿素的含量明显减少而降低其光合性能, 致使南果梨的产量和品质下降, 并且降低了次年的坐果率, 对南果梨的生产造成较大经济损失。因此, 现对氮、磷、钾不同施肥处理对南果梨叶片叶绿素含量及光合作用的影响进行研究, 探究其叶片的变异状况, 为果树合理施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 2 a 生南果梨树苗为试材, 试验基质: 砂掺蛭石 3:1, 砂占 75%, 蛭石占 25%; 砂子采用 0.5~2 mm 的砂粒, 用水清洗。盆栽试验采用具有排水功能的塑料盆, 下接 1 个不锈钢盆作为承接盆。所用肥料为尿素(N:46%)、过磷酸钙(P_2O_5 :12%)、硫酸钾(K_2O :50%)、硫酸镁(MgO :13%)。

1.2 试验方法

试验在沈阳农业大学土地与环境学院长期定位实验站进行, 选取氮、磷、钾 3 个因素设 4 个水平、14 个处理的部分试验处理; 为 CK($\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$)、 N_0 ($\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$)、 N_1

($\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$)、 N_2 ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$)、 N_3 ($\text{N}_3\text{P}_2\text{K}_2$)、 P_0 ($\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$)、 P_1 ($\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_2$)、 P_2 ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$)、 P_3 ($\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_2$)、 K_0 ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$)、 K_1 ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$)、 K_2 ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$)、 K_3 ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$); N 施用量分别为 0、0.63、1.25、1.88 g/盆; P_2O_5 施用量分别为 0、0.3、0.6、0.9 g/盆; K_2O 施用量分别为 0、0.75、1.5、2.25 g/盆, 每个处理 3 次重复, 处理之间随机排列。微量元素肥料按照霍格兰营养液配方。大量元素和微量元素按照试验设计用量在花后分 8 次施入, 前 4 次每隔 7 d 施用 1 次, 后 4 次每隔 15 d 施用 1 次; 中量元素只补充硫酸镁, 按照常规氮量的 1/10 补充, 每 7 d 浇 1 次营养液, 其它时间根据含水量情况浇清水; 承接液定期返回试验盆中。

1.3 项目测定

叶绿素含量的测定: 采用日本 MNOLTA 公司 SPAD-502 叶绿素仪进行活体测定, 测定部位为每片测试叶中部的 SPAD 值, 每个处理重复 3 次。净光合速率等参数的测定: 净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、细胞间隙 CO_2 浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr)和水分利用率(WUE)采用美国 Li-cor 公司生产的 Li-6400 型便携式光合仪进行活体测定, 每次测定是在晴天上午 9:30~12:00, 光照充足且相对稳定的时间, 测定中位叶片, 各处理重复 3 次。

1.4 数据分析

数据采用 Microsoft Excel 和 DPS 软件对相关数据进行处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对南果梨叶片叶绿素含量的影响

叶片是植物进行光合作用的场所, 所需要的能量是由叶绿素吸收太阳能经转化而形成的, 其中最重要的色素就是叶绿素^[2]。叶绿素含量在一定程度上能反映植株的光合强度、营养水平及健康状况, 与光合作用有着密切的关系^[3], 其消长规律能反映叶片生理活性^[4]。南

第一作者简介:王春枝(1958-), 女, 本科, 教授, 现主要从事植物营养与施肥等研究工作。

基金项目:辽宁省教育厅创新团队资助项目(2007T155)。

收稿日期:2012-03-26

果梨树叶片中叶绿素含量在不同施肥处理下,整个生长期均呈现规律性的变化(图 1)。

由图 1-a 可知,不同施肥处理对南果梨叶片叶绿素含量均表现出规律性的变化。除 $N_2P_0K_2$ 外,其余各处理 CK、 $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_2K_0$ 、 $N_2P_2K_2$ 表现的变化规律一致,其 2 个峰值均是 7 月 25 日和 8 月 13 日,而 $N_2P_0K_2$ 的 2 个峰值出现的时间则是 7 月 11 日和 8 月 1 日,比处理 CK、 $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_2K_0$ 、 $N_2P_2K_2$ 的峰值提前了,说明磷肥可以使其叶绿素降解的时间提前。另外从图 1-a 还可看出,各施肥处理均比不施肥处理 CK 的叶绿素含量高,它们之间的顺序依次为 $N_2P_2K_0 > N_2P_2K_2 > N_2P_0K_2 > N_0P_2K_2 > CK$,说明氮肥对于南果梨叶片叶绿素含量的影响最大,其次是磷肥,再次是钾肥,因为氮是叶绿素的基本组成成分。

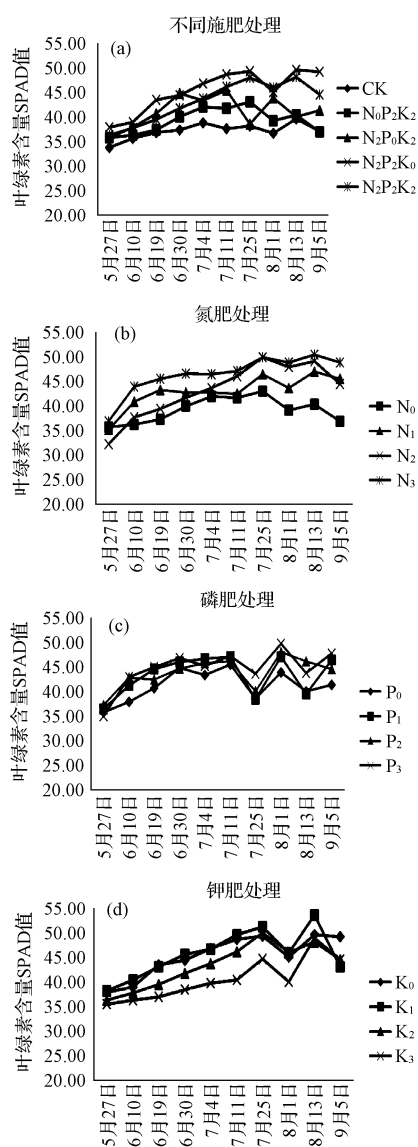


图 1 不同施肥处理对南果梨叶片中叶绿素含量的变化

Fig. 1 Effect of different fertilizer treatments on the chlorophyll content of 'Nanguo' pear

由图 1-b 可知,不同氮肥处理对南果梨叶片中叶绿素含量的变化各不相同。在整个生长期,施肥后叶片中叶绿素含量均有所增加,7 月 25 日出现第 1 次峰值,8 月 13 日出现第 2 次峰值,在峰值过后叶绿素含量随之降解而呈现下降趋势。5 月 27 日各处理差异不显著,其余各施肥处理随着生育期的递进均比不施氮肥处理 N_0 的含量高,以 N_3 处理的叶绿素含量最高,它们之间的关系依次为 $N_3 > N_2 > N_1 > N_0$ 。7 月 25 日后不施氮处理叶绿素含量则急剧下降,出现红叶现象,并且一直持续到生长期结束,这与生产中出现红叶的时间相吻合;而施氮处理叶片叶绿素含量在峰值后降低,但不明显,说明在一定氮肥用量范围内,愈高愈有利于叶绿素的合成和稳定,这与氮是叶绿素的基本组成成分密切相关。因此,要想提高南果梨树叶片中的叶绿素含量就应该多施氮肥。

由图 1-c 可知,不同磷肥处理对南果梨树叶片中叶绿素含量的变化也是各不相同。南果梨树叶片中的叶绿素含量施肥处理均比不施磷肥处理 P_0 的叶绿素含量高,其中以 P_3 处理的叶绿素含量最高。在整个生长期,叶片叶绿素含量呈现双峰曲线变化,施肥后增加较快,而后缓慢增长,7 月 11 日达到第 1 峰值,此后急剧降低,7 月 25 日达到最低值后在 8 月 1 日出现第 2 峰值。第 1 峰值前,除 5 月 27 日,叶绿素含量的大小依次为 $P_2 > P_1 > P_0 > P_3$,其余时间各处理之间的叶绿素含量大小依次为处理 $P_3 > P_1 > P_2 > P_0$,而第 2 峰值各处理间的顺序依次为处理 $P_3 > P_2 > P_1 > P_0$ 。此外,第 1 峰值较平缓,且较氮肥出现峰值后下降的时间早 10~15 d。因此,施磷肥不仅可以提高叶片中的叶绿素含量,还可以使其叶绿素降解的时间提前。

由图 1-d 可知,不同钾肥处理对南果梨叶片中叶绿素含量的变化各不相同。南果梨树叶片中的叶绿素含量在整个生长期呈现逐渐的增长趋势,同样呈现 2 个峰值,分别出现在 7 月 25 日和 8 月 13 日,这与氮肥处理的峰值一致。从整体趋势看,以 K_1 的含量最高, K_3 的含量最低,说明随着施钾量的增加其南果梨树叶片中的叶绿素含量反而降低。因此,钾肥对于叶绿素含量的增加效果不明显,而氮肥和磷肥较明显。

2.2 不同施肥处理对南果梨叶片光合性能的影响

2.2.1 不同施肥处理对南果梨叶片净光合速率的影响

光合作用是果树重要的生理过程之一,构成树体 90% 以上的干物质来自叶片中的光合产物。因此,通过测定果树叶片的各种光合参数,对了解产量的形成和制定科学合理的栽培技术措施都有十分重要的意义^[5]。不同施肥处理的南果梨叶片的净光合速率大小各不相同(表 1),由 6 月 14 日和 6 月 28 日 2 个时期表明,施氮肥、磷肥和钾肥均对提高南果梨叶片的净光合速率有显著

的影响。合理施用氮、磷、钾肥均可提高南果梨叶片净光合速率。其中以氮肥对南果梨叶片的净光合速率影响最大,其次是钾肥,再次是磷肥。南果梨叶片的净光合速率随着施肥量的增加而增加,2个时期均以施肥处理 N_3 、 P_3 、 K_1 处理的含量最高,6月14日3个处理分

别比 N_0 、 P_0 、 K_0 提高了 29.34%、27.17%、29.19%,6月28日提高了 42.94%、25.70%、36.42%,超量施钾肥后呈下降趋势,说明叶片达到了光饱和水平。因此,由6月14日和28日2个时期表明,要想提高南果梨叶片的净光合速率应多施氮肥,适量施用磷肥和钾肥。

表 1 不同施肥处理对南果梨光合特性的影响

Table 1 Effect of different fertilizer treatments on photosynthetic characteristics of 'Nanguo' pear

处理 Treatments		净光合速率 $P_n/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$		气孔导度 $G_s/\text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$		胞间 CO_2 浓度 $C_i/\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	
		6月14日	6月28日	6月14日	6月28日	6月14日	6月28日
$N_0P_0K_0$	CK	22.77 bcd	16.30 f	0.12 f	0.20 d	262.7 bc	236.7 bc
$N_0P_2K_2$	N_0	21.70 cd	18.71 def	0.21 e	0.20 d	274.7 b	244.3 bc
$N_1P_2K_2$	N_1	23.70 bc	20.90 abcd	0.36 b	0.22 cd	271.3 b	273.3 ab
$N_2P_2K_2$	N_2	24.17 abc	21.28 abcd	0.36 b	0.26 bc	265.0 bc	271.7 abc
$N_3P_2K_2$	N_3	28.07 a	23.32 a	0.44 a	0.33 a	245.0 c	231.3 c
$N_2P_0K_2$	P_0	21.47 cd	17.93 ef	0.28 cd	0.20 d	258.3 bc	248.0 abc
$N_2P_1K_2$	P_1	21.37 cd	20.33 bcde	0.30 c	0.19 d	310.7 a	287.0 a
$N_2P_2K_2$	P_2	24.17 abc	21.29 abcd	0.36 b	0.26 bc	265.0 bc	271.7 abc
$N_2P_3K_2$	P_3	27.30 a	22.48 ab	0.45 a	0.30 ab	255.3 bc	236.0 bc
$N_2P_2K_0$	K_0	20.10 d	16.20 f	0.25 d	0.20 d	257.7 bc	247.7 abc
$N_2P_2K_1$	K_1	25.97 ab	22.05 abc	0.41 a	0.30 ab	245.0 c	238.0 bc
$N_2P_2K_2$	K_2	24.17 abc	21.28 abcd	0.36 b	0.26 bc	265.0 b	271.7 abc
$N_2P_2K_3$	K_3	23.27 bcd	19.37 cde	0.40 b	0.26 bc	261.3 bc	255.0 abc

注:a,b,c,d,e等表示在0.05水平上的差异显著性。

2.2.2 不同施肥处理对南果梨气孔导度的影响 由表1可知,经不同施肥处理的南果梨叶片的气孔导度大小各不相同,6月14日和6月28日2个时期,除6月28日处理 P_1 小于不施肥处理 CK 外,其余各施肥处理均比 CK 的气孔导度大,施氮、磷和钾肥均可以提高南果梨叶片的气孔导度。其中在对南果梨叶片的气孔导度大小方面,2个时期施肥处理均以 N_3 、 P_3 、 K_1 处理的含量最高,6月14日分别比 N_0 、 P_0 、 K_0 提高了 109.52%、60.71%、64.0%,6月28日分别提高了 65.0%、50.0%、50.0%,超量施钾肥后呈下降趋势,这一趋势与南果梨叶片的净光合速率相同。因而,南果梨叶片的净光合速率与气孔导度之间呈正相关关系(相关系数为 0.817)。

2.2.3 不同施肥处理对南果梨胞间 CO_2 浓度的影响 由表1可以看出,经不同施肥处理的南果梨叶片的胞间 CO_2 浓度大小也是各不相同的。由6月14日和6月28日2个时期表明氮肥、磷肥和钾肥均对南果梨叶片的胞间 CO_2 浓度有影响。其中在对南果梨叶片的气孔导度大小方面,这2个时期施肥处理均以 N_3 、 P_3 、 K_1 的含量最低,6月14日分别比 N_0 、 P_0 、 K_0 降低了 10.81%、1.16%、4.93%,6月28日降低了 5.32%、4.84%、3.92%,钾肥在达到最小值后又呈上升的趋势。这一趋势与南果梨叶片的净光合速率和气孔导度相反。因而,合理施肥均能提高南果梨叶片净光合速率和气孔导度,而使胞间 CO_2 浓度下降。由以上分析可知,南果梨叶片的胞间 CO_2 浓

度与气孔导度呈负相关关系(相关系数为-0.336)。

2.2.4 不同施肥处理对南果梨蒸腾速率(T_r)和水分利用率(WUE)的影响 由表2可以看出,经不同施肥处理的南果梨叶片的蒸腾速率和水分利用率大小各不相同。6月14日和6月28日2个时期蒸腾速率表明,各施肥处理分别以 N_3 、 P_3 、 K_1 处理最低,6月14日分别比 N_0 、 P_0 、 K_0 降低了 55.30%、20.14%、5.96%,6月28日分别降低了 51.49%、19.63%、13.42%;以 N_2 、 P_2 、 K_2 处理最高,6月14日分别比 N_0 、 P_0 、 K_0 提高了 6.26%、10.98%、55.25%,6月28日分别提高了 20.23%、80.59%、89.04%。而在对南果梨水分利用率方面,各施肥处理以 N_3 、 P_3 、 K_1 处理最高,6月14日分别比 N_0 、 P_0 、 K_0 提高了 65.13%、11.97%、2.84%,6月28日分别提高了 20.94%、4.55%、7.59%;以 N_2 、 P_2 、 K_2 处理最低,6月14日(除氮肥处理外),其余磷、钾处理分别比 P_0 、 K_0 降低了 4.79%、13.23%,6月28日分别比 N_0 、 P_0 、 K_0 降低了 9.43%、20.41%、15.47%;钾肥处理在达到最大值后,随着钾肥量的增加水分利用率呈先上升后下降的趋势。由此可知,南果梨叶片的蒸腾速率与水分利用率呈负相关关系(相关系数为-0.944)。各施肥处理均以氮肥效果最佳,磷肥次之,钾肥最小。因此,适量施用氮肥、磷肥和钾肥均可以提高南果梨叶片的蒸腾速率,从而降低水分利用率。

表 2 不同施肥处理对南果梨光合特性的影响

Table 2 Effect of different fertilizer treatments on photosynthetic characteristics of 'Nanguo' pear

处理 Treatments		蒸腾速率 Tr /mmol · m ⁻² · s ⁻¹		水分利用率 WUE /mol · m ⁻² · s ⁻¹	
		6 月 14 日	6 月 28 日	6 月 14 日	6 月 28 日
N ₀ P ₀ K ₀	CK	10.517 a	13.367 a	1.393 e	3.360 e
N ₀ P ₂ K ₂	N ₀	8.230 b	7.500 b	1.950 d	4.060 cd
N ₁ P ₂ K ₂	N ₁	8.417 b	4.047 c	2.233 cd	4.723 ab
N ₂ P ₂ K ₂	N ₂	8.745 b	9.017 b	2.447 bc	3.677 de
N ₃ P ₂ K ₂	N ₃	3.780 e	3.907 c	3.220 a	4.907 a
N ₂ P ₀ K ₂	P ₀	7.880 bc	4.993 c	2.570 bc	4.620 ab
N ₂ P ₁ K ₂	P ₁	6.317 cd	4.447 c	2.603 bc	4.067 ab
N ₂ P ₂ K ₂	P ₂	8.745 b	9.017 b	2.447 bc	3.677 de
N ₂ P ₃ K ₂	P ₃	6.293 cd	3.370 c	2.747 b	4.830 a
N ₂ P ₂ K ₀	K ₀	5.633 d	4.770 c	2.820 ab	4.350 bc
N ₂ P ₂ K ₁	K ₁	5.297 de	4.130 c	2.900 ab	4.677 ab
N ₂ P ₂ K ₂	K ₂	8.745 b	9.017 b	2.447 bc	3.677 de
N ₂ P ₂ K ₃	K ₃	5.780 d	8.917 b	2.733 b	4.217 c

注:a,b,c,d,e等表示在0.05水平上的方差分析。

3 结论

叶绿素是光合作用的基础,是反映光合能力和生长发育是否正常的指标之一。该试验结果表明,适量施用氮肥、磷肥和钾肥可提高南果梨叶片的叶绿素含量、净光合速率、气孔导度及蒸腾速率,与 Nii N 等^[6]、于锡斌等^[7]研究结果一致。但施肥量增加到一定程度光合速率不再增加,说明叶片达到了光饱和水平。南果梨叶片的净光合速率与气孔导度呈正相关关系,而与胞间 CO₂ 浓度呈负相关关系;南果梨叶片的蒸腾速率与胞间 CO₂ 浓度呈正相关关系,与水分利用率、净光合速率和气孔导度呈负相关关系。因此,净光合速率、气孔导度和水分利用率的变化趋势一致,而与胞间 CO₂ 浓度和蒸腾速

率的变化趋势相反。

在该试验条件下,氮、磷、钾对南果梨叶片的叶绿素含量效应依次为 N 肥>P 肥>K 肥,这一趋势与前人得出的规律是一致的。叶绿素含量随着施 N、P 肥量的增加而增加;同时提高叶绿素的稳定性,预防红叶的发生。随着施 K 肥量的增加呈先上升后又下降的趋势,在低钾时叶绿素的含量较高而且较稳定,超过一定界限则会加快叶绿素的降解,加速红叶发生的机率。

综上所述,最佳的施肥处理应为 N₃P₃K₁,施肥量分别为 N:1.88 g/盆、P₂O₅:0.9 g/盆、K₂O:0.75 g/盆,施肥比例为 1:0.48:0.41。

参考文献

- [1] 睦晓蕾,毛胜利,李伟,等.辣椒幼苗叶片解剖特征及光合特性对弱光的响应[J].园艺学报,2009,36(2):195-208.
- [2] 赵登超,侯立群,韩传明,等.我国核桃光合作用研究进展[J].山东林业科技,2011(4):107-111.
- [3] 李灵芝,李亚灵,温祥珍,等.不同配方不同浓度营养液对番茄幼苗叶片叶绿素含量的影响[J].华北农学报,2006,21(专刊):73-76.
- [4] 郭建民,张超,刘琛彬,等.氮、磷、钾肥不同施用量对一品红叶片叶绿素含量的影响[J].山西农业科学,2007,35(6):59-61.
- [5] 张国良,安连荣,代焕琴,等.柿幼树光合特性的研究[J].河北农业大学学报,2000,23(3):51-53.
- [6] Nii N, Kato M. Starch accumulation and photosynthesis in leaves of young peach trees grown under different levels of nitrogen application[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1993, 62(3): 547-554.
- [7] 于锡斌,刘润进.根外施肥对苹果叶片的影响[J].果树科学,1995,12(3):171-172.
- [8] 肖凯,邹定辉.不同形态氮素营养对小麦光合特性的影响[J].作物学报,2000,26(1):53-58.

Effect of Fertilize on Chlorophyll Contents and Photosynthetic Characteristics of 'Nanguo' Pear

WANG Chun-zhi¹, YU Xiao-jing¹, QI Bao-li², JIANG Ying-ying¹

(1. College of Land and Environment Science, Shenyang Agriculture University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. Qianshan Region of Anshan City Agricultural Technology Promotion Center, Anshan, Liaoning 114041)

Abstract: The effect of different fertilizer treatments on chlorophyll contents and photosynthetic characteristics of 'Nanguo' pear with soilless cultivation way from the point of view of high yield fertilization were studied. The results showed that the content of chlorophyll would be to fall between the end of June, mid-July and fruit expands the period; With the increase of N, P was increased; Along with the increase of K was rising, which trend was after rising to drop, at the same time chlorophyll degradation with red leaves phenomenon. These results were agree with predecessors' research and production of diagnosis. The chlorophyll content and net photosynthetic rate, stomatal conductance and water use efficiency changes had the same tendency, Which had opposite trend with intercellular CO₂ concentration and transpiration rate. The optimum fertilizer program with chlorophyll content for the foundation and photosynthesis as the goal conditions as indicator were as follow: N:1.88 g/basin, P₂O₅:0.9 g/basin, K₂O:0.75 g/basin and the appropriate ratio for fertilizer 1:0.48:0.41.

Key words: photosynthetic characteristics; chlorophyll content; 'Nanguo' pear; fertilization