

秦江南,郭永翠,孟 潇,等. 氮肥与甲哌噻耦合对主干结果型核桃光合荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(23):149-154.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.23.036

# 氮肥与甲哌噻耦合对主干结果型核桃 光合荧光特性的影响

秦江南<sup>1,3,4</sup>, 郭永翠<sup>2,3,4</sup>, 孟 潇<sup>5</sup>, 孙浩洋<sup>5</sup>, 武鹏宇<sup>2</sup>, 张 锐<sup>2</sup>

(1. 阿克苏地区林业技术推广服务中心,新疆阿克苏 843000; 2. 塔里木大学植物科学学院,新疆阿拉尔 843300;

3. 塔里木大学新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室,新疆阿拉尔 843300;

4. 新疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程实验室,新疆阿拉尔 843300;

5. 塔里木大学生命科学学院,新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**选取主干型新温 185 核桃为试材,设置氮肥与甲哌噻各 4 个梯度耦合处理,研究其对主干型核桃叶片光合荧光特性的影响。整个生育期内核桃叶片净光合速率( $P_n$ ) 在油脂转化期出现最高值,随后下降至成熟期,气孔导度( $G_s$ ) 和蒸腾速率( $T_r$ ) 均呈单峰曲线变化。硬核期核桃叶片最大荧光( $F_m$ )、初始荧光( $F_o$ ) 和最大光化学效率( $F_v/F_m$ ) 均高于油脂转化期的值。PS II 光化学淬灭系数( $q_p$ ) 在硬核期各处理较为稳定,均在 0.56~0.69 范围内变化。PS II 非光化学淬灭系数( $q_n$ ) 呈“下降—上升—下降”的变化趋势,最高值出现在果实膨大期 A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> 处理,为 0.49。氮肥全年施入量为 3 271.73 kg/hm<sup>2</sup>、甲哌噻喷施浓度为 600 mg/L 时,可提高核桃净光合速率。

**关键词:**核桃;新温 185;氮肥;甲哌噻;耦合处理;光合特性;油脂转化期;荧光参数

**中图分类号:** S664.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)23-0149-06

核桃(*Juglans regia* L.) 是我国重要的干果、木本油料树种之一,具有很高的药用价值和经济价值。为实现核桃果实丰产、密植栽培、整枝简单、便于机械化操作,近年来核桃主干型逐渐成为研究热点<sup>[1-3]</sup>。然而主干型核桃由于见效快、结果早、产量高等特点,易使树体养分消耗过大,加之生产中普遍存在果农对核桃需肥规律不明确,易出现施氮不足或施氮过量 2 个极端,造成树体营养生长过慢或过旺,从而导致核桃产量和品质急剧下降<sup>[4]</sup>。甲哌噻(1,1-dimethyl-piperidinium chloride,简称 DPC)<sup>[5]</sup> 是一种能抑制植株体内赤霉素(GA)合成,控制细胞伸长和体积增大,从而构建合理树形,改善其生理特性、产量和品质的外源植物生长延缓剂<sup>[6-7]</sup>。前人多以红枣、香梨、苹果等果树为研究对象,比较甲哌噻不同喷施浓度、施用方式对果树光合性能提高的作用机理<sup>[8-10]</sup>,而关于甲哌噻对核桃叶片光合荧光特性研究较少。因此,本试验以主干型核桃的光合特性、荧光参数指标进

行研究,分析比较能提高或延长主干型核桃有效光合作用周期,以期得到最佳氮肥施入量和最适甲哌噻喷施浓度,为核桃的科学管理、提质增效提供重要理论参考。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于新疆生产建设兵团第一师三团核桃高新生产示范园(80°03'E,40°23'N)内,地处塔克拉玛干沙漠边缘,光热资源丰富,昼夜温差大,年均气温 11℃,最高气温 43.9℃,最低气温 -27.1℃,无霜期平均 207 d,≥0℃年积温 4 620.8℃,全年太阳总辐射量 0.6 MJ/cm<sup>2</sup>,年平均日照时数 2 793.4 h,年均降水量 65 mm,年均蒸发量 2 337.5 mm,气候干燥,适宜干果生产。

### 1.2 试验材料

供试材料为 8 年生主干型新温 185 核桃,南北行向,株行距 4 m×1.5 m。供试植物生长延缓剂为张家口长城农化(集团)有限责任公司生产的 98% 甲哌噻可溶性粉剂。供试肥料为氮肥(尿素,N≥46.4%)、磷肥(磷酸一铵,N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O,12%-60%-0)、钾肥(水白金,N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O,10%-16%-26%)。

### 1.3 试验方法

试验于 2017 年核桃生育期开展,选取生长一致的主干型

术[J]. 北方园艺,2019(1):202-205.

[5] 赵国辉,张宝贤. 椰糠基质水肥一体化番茄栽培经验总结[J]. 农业科技通讯(蔬菜),2018(8):334-336.

[6] 钟 泽,杨云云,许飞飞,等. 不同施肥量对椰糠栽培番茄生长的

影响[J]. 中国瓜菜,2018,31(12):45-48.

[7] 苗妍秀,余 倩,王丹怡,等. 不同营养液配方对椰糠种植草莓品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2019,39(5):68-73.

收稿日期:2018-07-17

基金项目:新疆生产建设兵团第一师阿拉尔市科研课题“主干结果树形的构建与示范推广”(编号:2017YY20)。

作者简介:秦江南(1995—),男,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为果树栽培。E-mail:1043207489@qq.com。

通信作者:张 锐,博士,教授,研究方向为核桃高产栽培及分子育种。E-mail:zhrgh@163.com。

新温 185 核桃单株小区, 试验小区灌水量与大田生产相同。氮肥设置 4 个梯度, 分别用  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$  表示 (表 1); 甲哌噻设置 4 个浓度, 分别为 400、600、800、1 000 mg/L, 用  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$  表示, 均采用单株叶面喷布处理, 喷施时间为当天 10:30—13:00, 天气晴朗无云, 药品均现配现用。于新梢长至

25~35 cm (4 月 18 日)、二次枝长为 5~10 cm (5 月 28 日)、二次枝长为 35~50 cm (6 月 22 日)、三次枝长为 5~10 cm (7 月 28 日) 按照不同的生长调节剂浓度均匀喷布。本试验采用裂区试验设计, 设置 16 个处理, 4 次重复, 共 64 个单株小区。

表 1 核桃施肥试验设计方案

生育期 (月-日)	施肥日期 (月-日)	$A_1$			$A_2$			$A_3$			$A_4$		
		尿素	磷酸一铵	硫酸钾	尿素	磷酸一铵	硫酸钾	尿素	磷酸一铵	硫酸钾	尿素	磷酸一铵	硫酸钾
开花期(04-15-05-09)	04-15	593.16	221.45	249.75	2 678.57	221.45	249.75	2 965.78	221.45	249.75	3 943.55	221.45	249.75
果实膨大期(05-10-06-03)	05-15	197.72	168.17	249.75	593.16	168.17	249.75	994.84	168.17	249.75	1 314.52	168.17	249.75
硬核期(06-04-07-05)	06-30		221.45	249.75		221.45	249.75		221.45	249.75		221.45	249.75
油脂转化期(07-06-08-31)	08-30		221.45	249.75		221.45	249.75		221.45	249.75		221.45	249.75
总计		790.88	832.52	999.00	3 271.73	832.52	999.00	3 960.62	832.52	999.00	5 258.07	832.52	999.00

## 1.4 测定项目

1.4.1 光合参数的测定 采用 Li-6400 型便携式光合仪, 分别于核桃果实膨大期 (5 月 15 日)、硬核期 (6 月 18 日)、油脂转化期 (7 月 12 日)、成熟期 (8 月 18 日) 天气晴朗无云 12:00 测定光合参数。每个处理选定 4 株长势相近的植株, 每株选定 5 张受光一致的 1 年生结果枝顶叶, 测定净光合速率 ( $P_n$ )、气孔导度 ( $G_s$ )、胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ ) 和蒸腾速率 ( $T_r$ ) 等指标。

1.4.2 荧光参数的测定 利用 JUNIOR-PAM 便携式叶绿素荧光仪和 WinControl-3 数据采集软件, 于 2017 年 5—9 月生长调节剂喷施 20 d 后进行荧光参数的测定。每个处理选择 4 株长势相近的植株, 每株选定受光一致的 5 张成熟叶进行田间活体叶片数据采集。测定暗反应遮光叶片 (锡箔纸遮光包裹 20 min), 锡箔纸不能脱离叶片, 将光纤放入锡箔纸内对叶片进行活体测定。测定参数包括可变荧光 ( $F_v$ )、最大荧光 ( $F_m$ )、最大光化学效率 ( $F_v/F_m$ )、 $q_p$  和  $q_N$  等。

## 1.5 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2010 进行绘图和处理, DPS7.05 统计软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同时期核桃叶片光合参数的变化

2.1.1 不同时期核桃叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 的变化 由图 1 可知, 随着核桃生育期的延长, 核桃叶片  $P_n$  在  $A_1B_1$ 、 $A_1B_2$ 、 $A_1B_4$  处理下呈现“下降—上升”变化趋势, 在  $A_3B_1$  处理下呈现“上升—下降”变化趋势, 其余处理均呈现“下降—上升—下降”的变化趋势, 油脂转化期出现较高值, 随后下降至成熟期。在同等肥力的情况下, 不同 DPC 处理下核桃叶片  $P_n$  变化趋势并不一致。在同等 DPC 喷施浓度下, 整个核桃生育叶片  $P_n$  在  $A_1B_4$  耦合处理下膨大期存在最高值, 达  $26.95 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 较最低值硬核期  $A_4B_2$  处理 [ $12.63 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ] 高 113.38%。

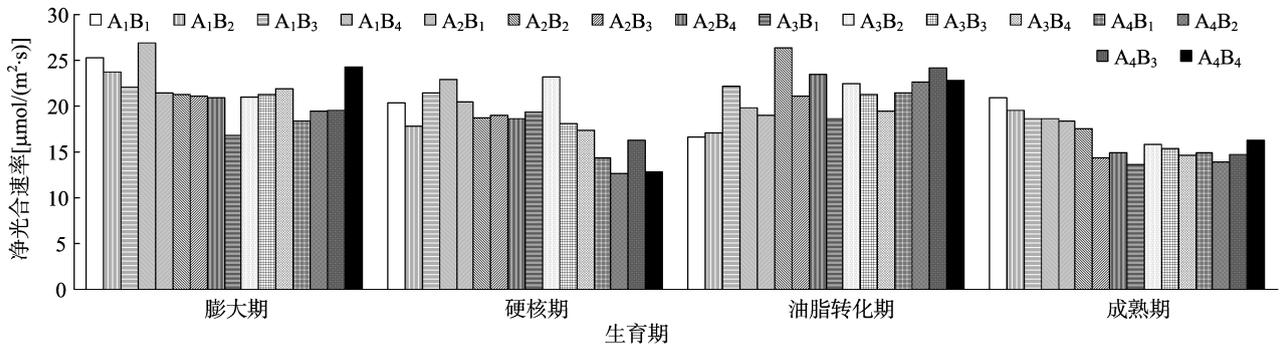


图 1 核桃叶片净光合速率的变化

2.1.2 不同时期核桃叶片气孔导度 ( $G_s$ ) 的变化 气孔导度是反映叶片气孔关闭程度一个重要指标。从图 2 可以看出, 不同氮肥甲哌噻耦合处理下, 核桃整个生育期  $G_s$  呈单峰曲线变化, 即在核桃油脂转化期  $G_s$  出现峰值。成熟期  $A_3B_4$  处理下  $G_s$  最低, 为  $0.20 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。油脂转化期光照较强, 不同耦合处理下, 核桃叶片  $G_s$  有显著差异 ( $P < 0.05$ ), 且此期所有处理下气孔张开角度均大于其他时期。在适当的氮肥与甲哌噻耦合处理下核桃油脂转化期  $A_2B_2$  处理最高, 为  $0.98 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 较同期最低  $A_3B_1$  处理  $0.32 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  高 206.25%。

2.1.3 不同时期核桃叶片胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ ) 的变化 由图

3 可知, 随着生育期的推移, 核桃叶片  $C_i$  在膨大期至油脂转化期呈缓慢上升趋势, 随后至成熟期逐渐下降。在同等肥力条件下, 随着 DPC 浓度的增加, 各处理呈现不规律的变化趋势。最高值为油脂转化期  $A_3B_2$  处理, 达  $299.59 \mu\text{mol}/\text{mol}$ , 较该期  $A_3B_1$  处理  $247.71 \mu\text{mol}/\text{mol}$  高 20.94%。充足的  $CO_2$  供应量为光合作用提供了充足的原料, 从而提高了光合作用, 为核桃果实的充盈提供了足够的营养物质。

2.1.4 不同时期核桃叶片蒸腾速率 ( $T_r$ ) 的变化 由图 4 可以看出, 随着时间的推移, 核桃叶片在氮肥与甲哌噻耦合处理下  $T_r$  呈“上升—下降”的变化趋势, 这与  $C_i$  的变化趋势较为相似。整个生育期内, 在不同的耦合处理下成熟期叶片  $T_r$  最

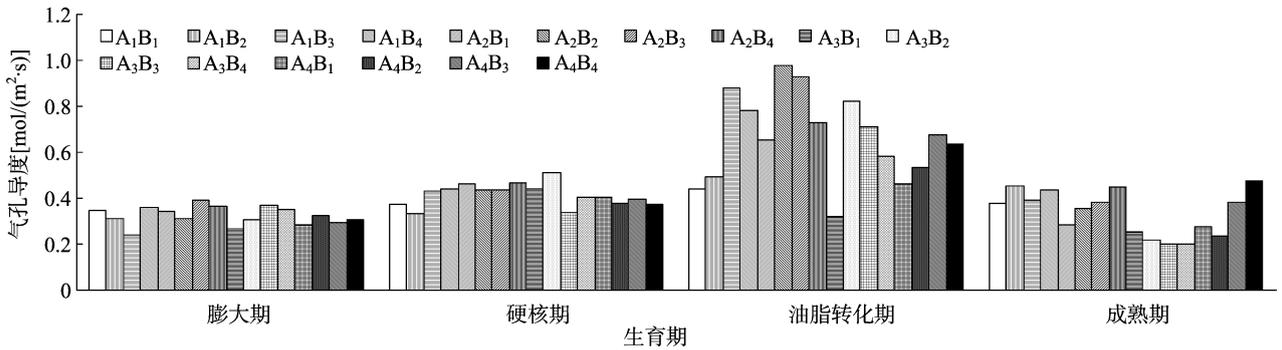


图2 核桃叶片气孔导度的变化

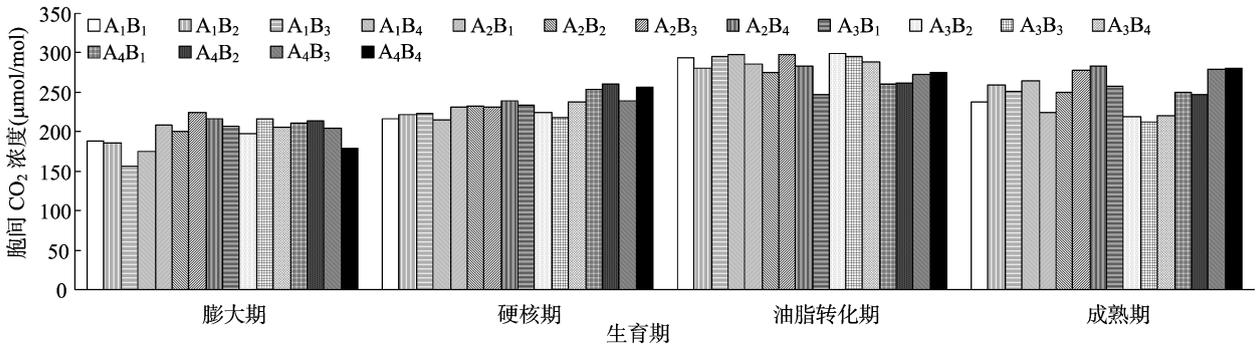


图3 核桃叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度的变化

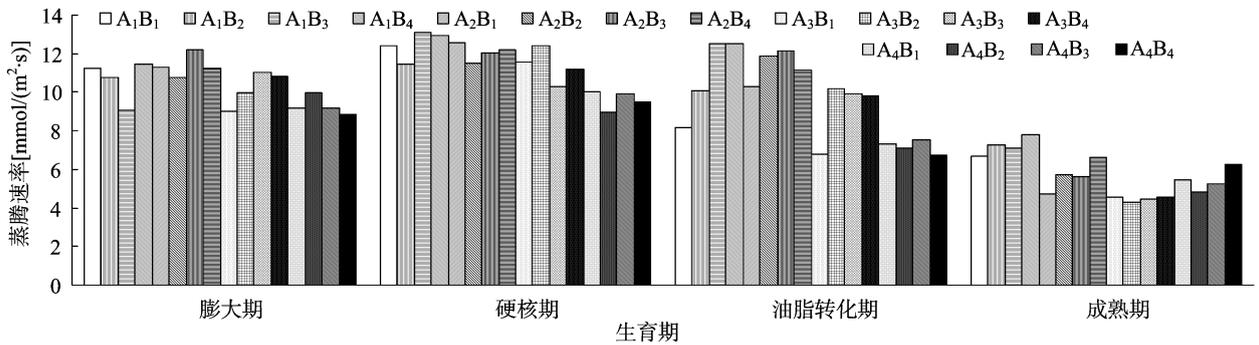


图4 核桃叶片蒸腾速率的变化

低,说明此期核桃叶片水分散失较少,保水效果较好。 $T_r$  最高出现在硬核期  $A_1B_3$  处理,达  $13.11 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,说明此时叶片水分散失最多;最低则出现在成熟期  $A_3B_2$  处理,为  $4.29 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。在各氮肥与甲哌镆耦合处理下,核桃硬核期叶片  $T_r$  均比其他时期高。

2.1.5 氮肥和甲哌镆的施用对不同时期核桃叶片光合参数的影响 由表2可知,氮肥的施入对核桃4个生育期叶片的

$P_n$ 、 $C_i$  均达到极显著影响,且对硬核期、油脂转化期和成熟期这3个时期核桃叶片的  $G_s$ 、 $T_r$  也达到极显著影响。在核桃的果实膨大期、油脂转化期和成熟期喷施甲哌镆均对  $P_n$  有极显著地调控作用。氮肥与甲哌镆耦合除对膨大期核桃叶片  $P_n$ 、 $G_s$  达到显著影响外,对其余各生育期核桃叶片  $P_n$ 、 $C_i$ 、 $G_s$ 、 $T_r$  均存在极显著的互作效应,说明氮肥与甲哌镆的耦合施用对核桃各生育期叶片的  $P_n$ 、 $C_i$ 、 $G_s$ 、 $T_r$  作用效果要优于其单独施用。

表2 氮肥和甲哌镆施用对不同时期核桃叶片光合参数影响的方差分析结果

处理	膨大期 F 值				硬核期 F 值				油脂转化期 F 值				成熟期 F 值			
	$P_n$	$C_i$	$G_s$	$T_r$	$P_n$	$C_i$	$G_s$	$T_r$	$P_n$	$C_i$	$G_s$	$T_r$	$P_n$	$C_i$	$G_s$	$T_r$
A	11.00**	29.00**	1.88	8.39	148.97**	177.18**	40.52**	164.75**	16.28**	32.53**	70.91**	86.78**	288.34**	106.38**	343.06**	616.00**
B	4.97**	1.51	1.49	0.65	1.33	4.33**	1.82	4.99	12.32**	1.92**	82.24**	29.14**	12.00**	56.50**	104.39**	123.30**
A × B	2.27*	4.12**	2.88*	4.49**	10.52**	3.45**	13.10**	11.86**	5.57**	20.72**	17.29**	7.94**	19.51**	67.53**	66.27**	27.95**

注: \*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著。下同。

## 2.2 不同时期核桃叶片荧光参数的变化

### 2.2.1 不同时期核桃叶片初始荧光( $F_0$ )的变化 由图5可

知,随着核桃生育期的延长,核桃叶片  $F_0$  呈“上升—下降”的变化趋势,即在果实膨大期  $F_0$  最低,随后上升至果实硬核期

出现最高值,以后逐渐降低至成熟期。在同等肥力条件下,DPC不同喷施浓度处理对 $F_o$ 变化趋势的影响大都一致,不同DPC处理的 $F_o$ 峰值均出现在硬核期。整个生育期内最高值

出现在硬核期 $A_4B_4$ 处理(151.0),较膨大期 $A_1B_3$ 处理最低值(112.2)高34.58%。

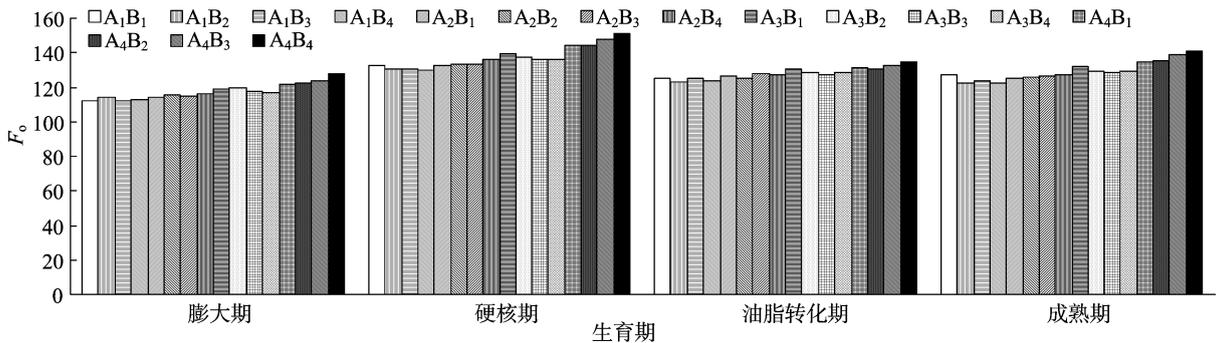


图5 核桃叶片初始荧光的变化

2.2.2 不同时期核桃叶片最大荧光( $F_m$ )的变化  $F_m$ 为最大荧光产量,是PS II反应中心完全处于关闭状态时荧光产量。从图6可以看出,核桃整个生育期在不同耦合处理下 $F_m$ 均呈“升高—降低”的变化趋势,这与初始荧光值变化趋势较

为相似。在核桃硬核期 $A_4$ 施氮量下 $B_1$ 处理叶片 $F_m$ 最高,达178.4,分别较 $B_2$ 、 $B_3$ 和 $B_4$ 处理高3.48%、2.76%和1.25%。各耦合处理在核桃硬核期叶片的最大荧光值均比其他时期高。

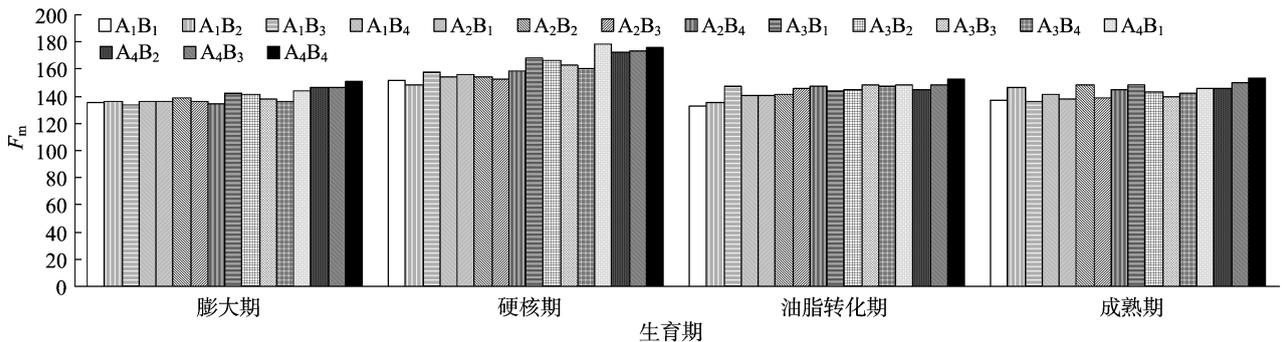


图6 核桃叶片最大荧光的变化

2.2.3 不同时期核桃叶片最大光化学效率( $F_v/F_m$ )的变化  $F_v/F_m$ 表示PS II原初光能转换效率,被广泛用于光抑制指标的研究。由图7可知,随着生育期的推移,核桃叶片 $F_v/F_m$ 在果实膨大期至硬核期时较为平稳,均在0.21~0.32范围内变化,油脂转化期至成熟期急速下降。在油脂转化期 $A_1$ 与

$A_4$ 氮肥处理下,随着DPC喷施浓度的增加, $F_v/F_m$ 值增大;而在 $A_2$ 和 $A_3$ 氮肥处理下,随着DPC喷施浓度的增加,核桃叶片 $F_v/F_m$ 呈“下降—上升”的变化趋势。 $F_v/F_m$ 最高值出现在核桃硬核期 $A_2B_4$ 耦合处理下,为0.32,较该期最低值 $A_4B_3$ 处理0.23高39.13%。

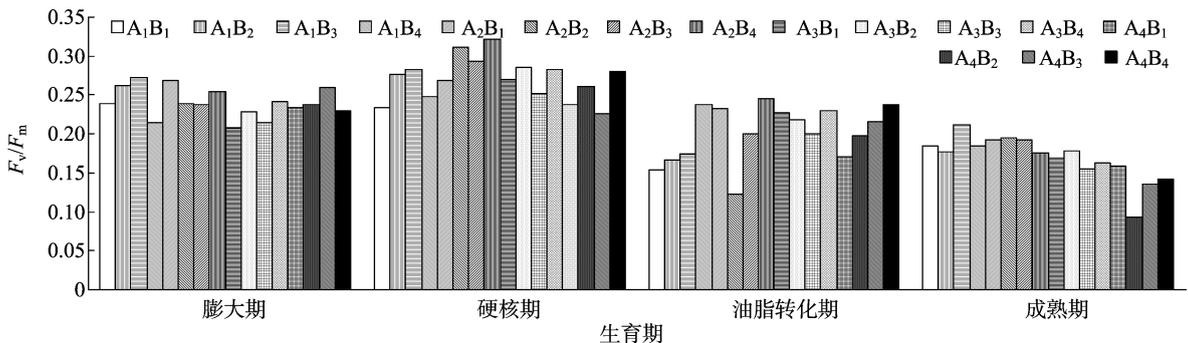


图7 核桃叶片最大光化学效率的变化

2.2.4 不同时期核桃叶片光化学淬灭系数( $q_p$ )的变化  $q_p$ 是由光合作用引起的荧光淬灭。由图8可以看出,整个生育期不同耦合处理下核桃叶片光化学淬灭系数呈“下降—上升”的变化趋势,即膨大期至硬核期 $q_p$ 呈缓慢下降趋势,出现最低值,随后急速上升,至成熟期出现最高值。硬核期各耦合处理比较稳定,均在0.56~0.69范围内变化。最高值为成熟

期 $A_2B_3$ 处理的5.35,较该期最低值 $A_4B_4$ 处理的1.33高302.26%。

2.2.5 不同时期核桃叶片非光化学淬灭系数( $q_n$ )的变化  $q_n$ 是一种自我保护机制,能在叶片被强光照射后,对光合机构起到一定的自我保护作用。由图9可知,随着生育期的推移,核桃叶片 $q_n$ 呈“下降—上升—下降”的变化趋势。果实

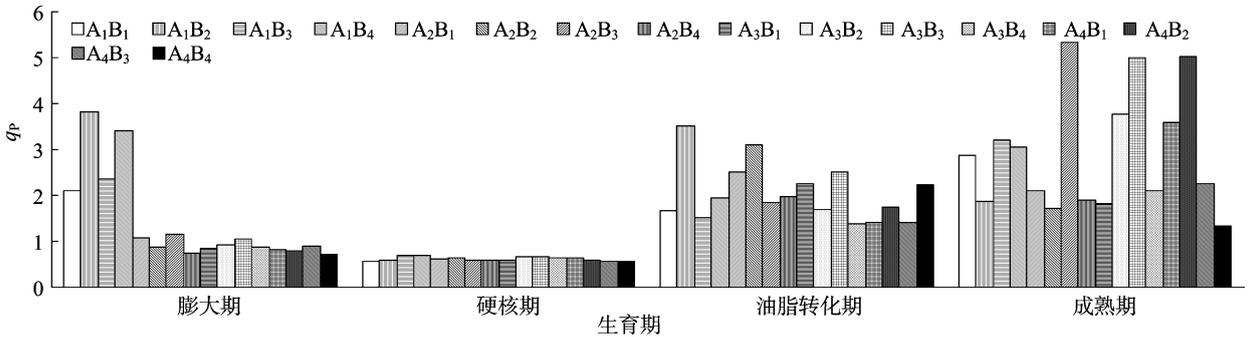


图8 核桃叶片PS II光化学淬灭系数的变化

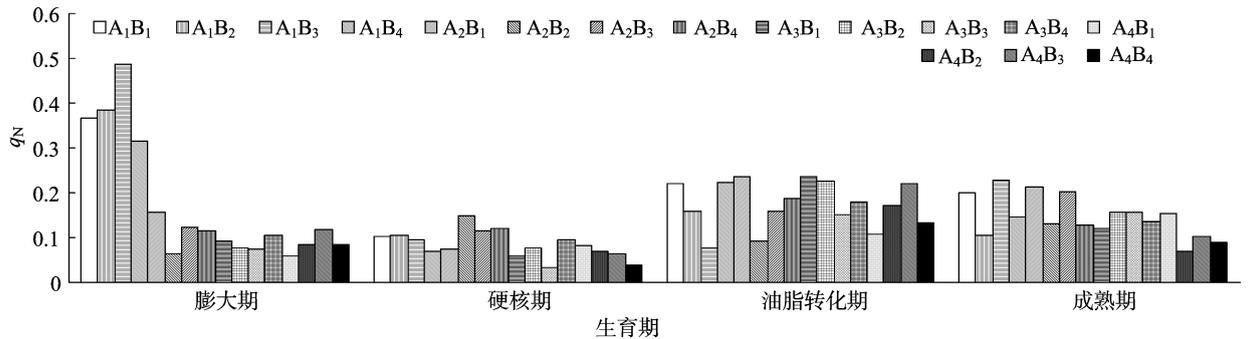


图9 核桃叶片PS II非光化学淬灭系数的变化

膨大期 A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> 处理下的核桃叶片 q<sub>N</sub> 最高,为 0.49,较该期 A<sub>4</sub>B<sub>1</sub> 处理最低值 0.06 高出 716.67%。在油脂转化期内,A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 和 A<sub>3</sub> 氮肥处理下,核桃叶片 q<sub>N</sub> 随着 DPC 喷施浓度的增加呈“下降—上升”的变化趋势;而氮肥 A<sub>4</sub> 处理随着 DPC 喷施浓度的增加,q<sub>N</sub> 呈现“上升—下降”的变化趋势。

2.2.6 氮肥和甲哌镧施用对不同时期核桃叶片荧光参数的影响 由表 3 可知,核桃在膨大期、硬核期、油脂转化期和成

熟期施入氮肥,对核桃叶片 F<sub>o</sub> 和 F<sub>m</sub> 的影响均达极显著水平,而 DPC 的喷施仅对核桃油脂转化期 F<sub>m</sub> 和成熟期叶片 F<sub>m</sub>、q<sub>N</sub> 存在极显著影响。氮肥与甲哌镧耦合对硬核期的 F<sub>o</sub>、油脂转化期的 F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> 和成熟期的 F<sub>o</sub>、F<sub>m</sub>、F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> 存在极显著影响,说明氮肥的单独施用对核桃叶片荧光参数的调节作用要优于 DPC 的喷施和氮肥与甲哌镧耦合互作效应。

表 3 氮肥和甲哌镧施用对不同时期核桃叶片荧光参数影响的方差分析结果

处理	膨大期 F 值					硬核期 F 值				
	F <sub>o</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	q <sub>P</sub>	q <sub>N</sub>	F <sub>o</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	q <sub>P</sub>	q <sub>N</sub>
A	71.56 **	38.74 **	1.79 **	83.29	152.30 **	106.22 **	22.75 **	3.52 *	1.32	2.56
B	1.52	0.49	1.79	0.61	1.15	1.89	0.42	3.41 *	0.33	0.88
A × B	1.93	1.10	1.16	1.20	1.03	4.32 **	0.76	1.19	1.41	1.14
处理	油脂转化期 F 值					成熟期 F 值				
	F <sub>o</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	q <sub>P</sub>	q <sub>N</sub>	F <sub>o</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	q <sub>P</sub>	q <sub>N</sub>
A	60.60 **	9.82 **	3.33	0.68	0.726	8.21 **	13.35 **	16.60 **	0.13	5.31 *
B	2.67	7.00 **	2.59	1.07	1.26	2.53	4.73 **	1.86	1.77	6.60 **
A × B	1.86	1.31	3.89 **	1.05	2.71	5.78 **	3.97 **	2.94 **	1.36	1.82

### 3 讨论

核桃光合作用强度年周期变化与核桃叶片生长发育存在着密切联系,核桃光合强度年周变化呈双峰曲线,主峰出现于 5 月,次峰出现时间有所不同<sup>[11-13]</sup>。上宋 6 号次峰出现在 7 月中旬<sup>[10]</sup>,而艺核 1 号则出现于 8 月上旬<sup>[14]</sup>,云新高原核桃次峰却出现在 9 月中下旬<sup>[15]</sup>。本研究中,整个核桃生育期叶片 P<sub>n</sub> 均呈现双峰曲线变化,即在果实膨大期核桃叶片 P<sub>n</sub> 出现第 1 次峰值,随后降低至硬核期,至油脂转化期出现第 2 次峰值,且小于第 1 次峰值,以后逐渐降低至成熟期,叶片衰老,温度光照降低,光合强度降低,这与上宋 6 号核桃研究结

果<sup>[13]</sup>一致。5 月中旬核桃叶片最高峰值均在 9.00 ~ 11.92 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 范围内变化,而本试验结果表明,主干型新温 185 核桃硬核期叶片 P<sub>n</sub> 峰值为 26.95 μmol/(m<sup>2</sup>·s),此期核桃 P<sub>n</sub> 值与以上几种核桃研究所得结论略有差异,这个可能是低氮高浓度 DPC 喷施,增强了核桃叶片对强光的转化利用效率,或是栽植地点、测定时间、仪器操作的不同致使数据的测定结果产生了差异。

核桃是喜光树种,因此光照是影响核桃光合强度的一个重要因素<sup>[8]</sup>。而光合作用的强度可间接反映核桃树体的生理状态。本试验结果进一步表明,A<sub>1</sub>B<sub>4</sub> 耦合处理中核桃膨大期叶片 P<sub>n</sub> 最高,此期光照较强有利于核桃进行光合作用,提

高核桃坐果率并增加产量,但进入油脂转化期核桃叶片  $P_n$  有所减小,此时应当增加氮肥的施入量,提高叶片对光能的利用率,从而提高核桃的产量和品质。

叶绿素荧光可以通过无损原位叶片快速测定逆境胁迫植物叶片叶绿素荧光参数,用以评价光合结构、功能和胁迫条件下对植物的影响,探明光合机构受损部位<sup>[16-18]</sup>,广泛应用于环境胁迫下对光合作用的影响研究<sup>[19-21]</sup>。前人在小麦和甜菜上的研究表明,PS II、 $F_v/F_m$ 等均随着施氮量的增加而增大<sup>[22-23]</sup>。王佩玲等的研究指出,通过氮的施入可显著提高冬小麦  $F_m$ 、 $F_v$ ,降低  $F_o$  值<sup>[24]</sup>。本研究结果表明,在核桃4个生育期内以  $A_2$  处理的氮施入量  $F_v/F_m$ 、PS II 均显著高于其他处理,进一步证实和完善了前人研究成果<sup>[25]</sup>。马宗斌等报道,在棉花初蕾期、初花期和盛花期喷施适宜浓度 DPC,有利于复播提高夏棉叶片 PS II 最大光能转换效率( $F_v/F_m$ )、PS II 活性( $F_v/F_o$ ),在花铃期尤为突出<sup>[26]</sup>。孟潇等研究指出,DPC 的喷施可显著增加核桃硬核期叶片的  $F_o$ 、 $F_m$ 、 $F_v/F_m$ <sup>[27]</sup>。本研究发现,在核桃油脂转化关键期,喷施  $B_4$  处理下的 DPC,其  $F_v/F_m$  显著高于其他3个处理,说明适宜浓度 DPC 喷施使植株能够较充分利用氮素,从而有利于叶片中电子传递和多种酶的合成,改善叶片的光合性能。同时增强过剩非光化学耗散,有利于保护光合机构免遭破坏和延缓叶片衰老,从而提高叶片的光化学效率,这与谭雪莲等的研究结论<sup>[28]</sup>一致。在有效提高核桃净光合速率的基础上,如何在合理施氮情况下科学使用甲哌噻还须进一步研究。

#### 4 结论

经综合分析可知,氮肥与甲哌噻耦合对核桃的光合荧光影响很大,氮肥全年施入量为  $3\ 271.73\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 、甲哌噻喷施浓度为  $600\ \text{mg}/\text{L}$  时,可以提高核桃净光合速率。今后应重视氮肥与甲哌噻结合,进一步优化试验设计,为核桃科学管理、提质增效提供理论基础。

#### 参考文献:

- [1] 王孝娣,魏长存,郑晓翠,等. 桃树扶主干干形冬季修剪技术[J]. 果农之友,2017(1):17.
- [2] 鄂晓丹. 主干形桃树新栽培技术研究[J]. 中国林副特产,2010(2):49-50.
- [3] 徐振南,吴钰良,庄恩及. 密植桃园的主干形修剪栽培试验[J]. 果树科学,1998,15(4):317-321.
- [4] 孔芬,刘小勇,韩富军,等. 肥料对山旱地核桃叶片矿质元素与光合特性的影响[J]. 经济林研究,2017,35(3):109-114.
- [5] Kerby T A. Cotton response to mepiquat chloride[J]. Agronomy Journal,1985,77(4):515-518.
- [6] 邓小霞,江海澜,彭俊,等. 缩节胺剂量对花铃期棉花生理特性的研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2013,31(1):1-5.
- [7] Copur O, Demirel U, Karakus M, et al. Effects of several plant growth regulators on the yield and fiber quality of cotton (*Cossypium hirsutum* L.) [J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca,2010,38(3):104-110.
- [8] 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,2011,41(4):107-111.
- [9] 胡映泉. 矮密丰枣树的栽培管理[J]. 山西科技,2006(3):122-123,117.
- [10] 王孟辉,高艳荣,李辉,等. 缩节胺在库尔勒香梨树夏季修剪中的使用[J]. 西北园艺,2006(4):35.
- [11] 汪景彦,杨有龙. 国光苹果喷布缩节胺试验[J]. 辽宁果树,1986(3):34.
- [12] 张俊佩,王红霞,高仪,等. 核桃 (*Juglans regia* L.) 光合影响因素的研究[J]. 河北农业大学学报,2008,31(3):33-36.
- [13] 张志华,高仪,王文江,等. 核桃光合特性的研究[J]. 园艺学报,1993,20(4):319-323.
- [14] 王红霞,张志华,王文江,等. 河北核桃 (*Juglans hopeiensis* Hu) 光合特性的研究[J]. 园艺学报,2005,32(3):392-396.
- [15] 陆斌,陈芳,宁德鲁,等. 杂交核桃品种‘云新高原’光合特性及其影响因素的研究[J]. 中国园艺文摘,2010,26(11):12-13,16.
- [16] Speranza A, Crosti P, Malerba M, et al. The environmental endocrine disruptor, bisphenol A, affects germination, elicits stress response and alters steroid hormone production in kiwifruit pollen [J]. Plant Biology,2011,13(1):209-217.
- [17] 李晓,冯伟,曾晓春. 叶绿素荧光分析技术及应用进展[J]. 西北植物学报,2006,26(10):2186-2196.
- [18] 苏行,胡迪琴,林植芳,等. 广州市大气污染对两种绿化植物叶绿素荧光特性的影响[J]. 植物生态学报,2002,26(5):599-604.
- [19] 杜洪涛,刘世琦,蒲高斌. 光质对彩色甜椒幼苗生长及叶绿素荧光特性的影响[J]. 西北农业学报,2005,14(1):41-45.
- [20] 张晓晓,陈双双,郑婷,等. 铝胁迫对虎舌红叶片活性氧代谢及光合响应特性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):72-75.
- [21] 李军,刘凤军,刘虎. 不同亚低温对番茄幼苗叶绿素荧光及产生畸形果的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(17):102-105.
- [22] 马吉锋,朱艳,姚霞,等. 小麦叶片氮含量与荧光动力学参数的关系[J]. 作物学报,2007,33(2):297-303.
- [23] 于雪,黄嘉鑫,王玉波,等. 氮肥对甜菜叶片叶绿素荧光动力学参数的影响[J]. 核农学报,2014,28(10):1918-1923.
- [24] 王佩玲,许育彬,宋淑英,等. 大气  $\text{CO}_2$  浓度倍增和施氮对冬小麦光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 西北植物学报,2011,31(1):144-151.
- [25] 张志录,刘中华,彭舜磊,等. 氮磷添加对考来木光合特性和叶绿素荧光的影响[J]. 浙江农林大学学报,2019,36(03):459-467.
- [26] 马宗斌,李伶俐,谢德意,等. 施肥与缩节胺配合对麦后直播夏棉光合特性及产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2006,14(4):94-97.
- [27] 孟潇. 两种生长延缓剂对主干形核桃生长及果实的影响[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2017.
- [28] 谭雪莲,郭天文,张国宏,等. 氮素对小麦不同叶位叶片叶绿素荧光参数的调控效应[J]. 麦类作物学报,2009,29(3):437-441.