

杨 勇,陈 成,阎永齐,等. 不同树形对桃冠层叶片光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(17):158–165.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2023.17.022

不同树形对桃冠层叶片光合特性的影响

杨 勇,陈 成,阎永齐,万春雁,肖 婷

(江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏句容 212400)

摘要:以中熟品种拂晓桃为试验材料,研究夏、秋季大冠开心形、自然开心形和两主枝“Y”形 3 种树形结构对冠层叶片光合特性的影响。结果表明,大冠开心形冠层上、中、下部叶片的净光合速率(P_n)日积分值在夏、秋季均处于较高水平,自然开心形和“Y”形之间差异较小,处于较低水平;各处理冠层叶片的气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)日变化在夏季均与 P_n 保持一致;不同树形冠层叶片的总水分利用效率(WUE)在夏季以大冠开心形最高,两主枝“Y”形最低,在秋季以自然开心形最高,两主枝“Y”形最低;各处理叶片的 P_n 在夏秋季均与 G_s 、 T_r 呈显著或极显著正相关。3 种树形冠层下部和“Y”形中部叶片的 P_n 在夏季与大气 CO_2 浓度(C_a)呈显著或极显著负相关。在秋季,所有处理叶片的 P_n 与 C_a 呈显著或极显著负相关,各树形冠层下部和“Y”形中部叶片的 P_n 均与大气温度(T_a)、光量子通量密度(PFD)呈显著正相关。综合比较可知,大冠开心形冠层叶片的 P_n 日积分值和其他光合参数在 2 个季节均相对处于较高水平,说明其树体结构更为合理,叶片具有更强的光合能力,是适合镇江丘陵地区桃栽培的树形。

关键词:桃;树形;冠层;光合特性

中图分类号:S662.101

文献标志码:A

文章编号:1002–1302(2023)17–0158–07

桃原产于中国,属蔷薇科(Rosaceae)、李属(*Prunus* L.)落叶小乔木,因其果实风味佳、营养价值高,在我国得以广泛种植。但是由于桃树具有发枝力强的特点,树形和树体结构会对树冠内的环境条件产生较大影响^[1],进而影响冠层叶片对碳水化合物的积累。因此,树形修剪在桃树体田间栽培中具有重要意义。

果树的树形决定树冠的冠层结构特点和微域环境,直接影响树体对光的截获与利用,进而影响叶片的光合作用能力及果实产量和品质的形成^[2–7]。因此,合理的树形结构是果树生长发育、丰产优质的基础^[8–9]。前人通过对苹果^[10–11]、枣^[12–13]、桃^[14]、葡萄^[15]、梨^[16–18]等的研究发现,适宜的树形能改善树体的通风透光条件,进而提升叶片的光合效率。江振斌等对库尔勒香梨的研究发现,3 种库尔勒香梨树形的净光合速率日变化均呈

双峰曲线,按净光合速率日均值排序为水平棚架形、自然开心形和疏散分层形^[19]。王琰等以高纺锤形、自由纺锤形及开心形 3 种树形的苹果树为试样,对冠层叶片光合特性进行测定和比较,结果表明,苹果树冠通风透光状况最好、净光合速率最高的为纺锤形,开心形次之,自由纺锤形的最低^[11]。江莉等比较高干倒伞形和“一”字形对葡萄叶片光合特性的影响,发现“一”字形树形能显著提高葡萄植株叶片的光合能力^[15]。

目前,对于桃不同树形光合特性的研究大多集中在冠层的中部,对冠层上部和下部的研究鲜见报道。本试验以 8 年生拂晓桃为试验材料,在夏、秋季通过对不同树形条件下冠层上、中、下部叶片光合特性相关参数的测定,比较获得高光效能的树形,以期对桃的简约化树形栽培模式提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2020 年在江苏省镇江市江苏丘陵地区镇江农业科学研究所桃试验园(119.27°E,32.12°N,海拔 8 m)进行。该地区为亚热带季风气候,温暖湿润,雨水主要集中在夏秋两季,无霜期长,年平均气温 15.5℃,年平均降水量 1 070 mm,年累计日照时

收稿日期:2023–04–07

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(21)3080];江苏现代农业产业技术体系建设专项[编号:JATS(2022)287]。

作者简介:杨 勇(1990—),男,安徽宁国人,硕士,助理研究员,主要从事果树栽培技术及品质研究。E-mail:yl0656@163.com。

通信作者:阎永齐,硕士,副研究员,主要从事果树栽培技术研究。E-mail:2834907240@qq.com。

数 1 912.7 h。

1.2 试验材料

供试材料为中熟品种拂晓桃,树龄 8 年,所用砧木来自毛桃,田间生草覆盖,按照常规方法进行土肥水管理和病虫害防治。

3 种树形分别为大冠开心形(DG,株行距 8 m × 8 m)、三主枝开心形(K,株行距 3 m × 5 m)、两主枝“Y”形(Y,株行距 2 m × 5 m)。在垂直方向将树冠划分为上层(高于地面 2.0 m)、中层(地面以上 1.0 ~ 2.0 m)、下层(地面以上 1.0 m 以内)3 层进行光合作用参数的测定。DG - 上、DG - 中、DG - 下、K - 上、K - 中、K - 下、Y - 上、Y - 中和 Y - 下分别代表大冠开心形、三主枝开心形和两主枝“Y”形 3 种树形冠层的上、中、下部。每种树形选取长势基本一致的植株各 9 株,每 3 株为 1 个小区,重复 3 次。

1.3 光合作用相关参数的测定

选择晴朗无风的天气,08:00—18:00 每隔 2 h 测定 1 次,3 次重复。用 Li-6400 便携式光合作用测定仪(Li-Cor Inc.,林肯,美国)测定叶片光合作用相关参数及大气温度(T_a)、大气 CO_2 浓度(C_a)、相对湿度(RH)和光量子通量密度(PFD)。选择树

体冠层上、中、下 3 个部分生长健壮、长势基本一致的长果枝上的成熟功能叶,用于测定净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、细胞间隙 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)等指标,并计算水分利用效率(WUE): $WUE = P_n/T_r$ [20],净光合速率日积分值(diurnal integral value of P_n , DIV of P_n)的计算用 AutoCAD 软件,通过计算日变化曲线围成的面积得到 [21]。

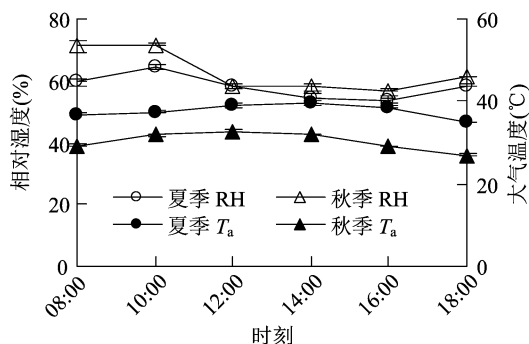
1.4 数据分析

用 SPSS 23.0 (SPSS Inc.,芝加哥,美国)进行方差分析。采用新复极差法分析不同处理间的差异显著性,用 Excel 2016 进行数据处理与制图。

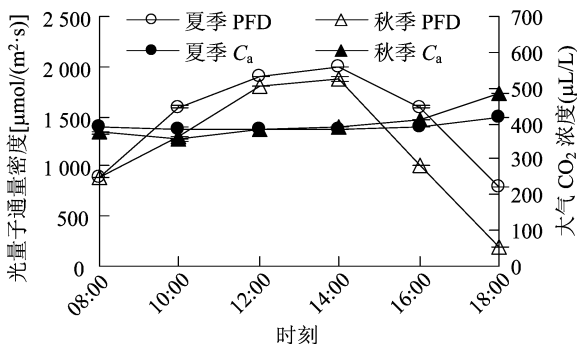
2 结果与分析

2.1 试验期间环境因子的日变化

由图 1 可看出,夏季的温度明显高于秋季,且夏季最高温出现在 14:00,秋季最高温出现在 12:00。2 个时期中,RH 的日变化曲线均呈上升—下降—上升的趋势,日均值(数据未展示)以秋季最高,夏季最低。2 个时期的 C_a 日变化趋势一致,均表现出先下降再上升的趋势。PFD 在 2 个时期的日变化均呈先上升后下降的趋势,且峰值都在 14:00。



a. 试验期间相对湿度和大气温度变化



b. 试验期间光量子通量密度和大气 CO_2 浓度变化

图1 试验期间主要环境因子的日变化

2.2 叶片净光合速率的日变化及其日积分值的比较

由图 2 可知,不同处理间的 P_n 相差较大。在夏季,K - 上、DG - 中、DG - 下叶片的 P_n 日变化曲线呈双峰型,K - 上、DG - 中的谷值出现在 12:00,DG - 下的谷值出现在 14:00。其他处理叶片的 P_n 日变化呈单峰型,且峰值均出现在 10:00。在夏季 DG - 上叶片的净光合速率日积分值最高,显著高于其他处理($P < 0.05$) (表 1),说明该处理叶片在一天中积累碳水化合物的能力最强。

到秋季,DG - 上、K - 中、Y - 中、DG - 下和 Y -

下叶片的 P_n 日变化曲线均呈单峰型,峰值出现的时间不尽相同。其他处理叶片的 P_n 的日变化呈双峰型,且谷值均出现在 12:00,有明显的光合午休现象。在 18:00,部分处理叶片的 P_n 出现负值,说明此时叶片的呼吸作用大于光合作用,处于消耗碳水化合物的状态。该时期以 DG - 上、Y - 中叶片的净光合速率日积分值最大,不同处理表现为 DG - 上、Y - 中 > DG - 下 > Y - 上 > K - 上、K - 中、K - 下、Y - 下 > DG - 中 ($P < 0.05$) (表 1)。从夏季到秋季,除 Y - 中,其他处理叶片的净光合速率日积分值均有所下降,说明随着季节的变换,桃树体叶片

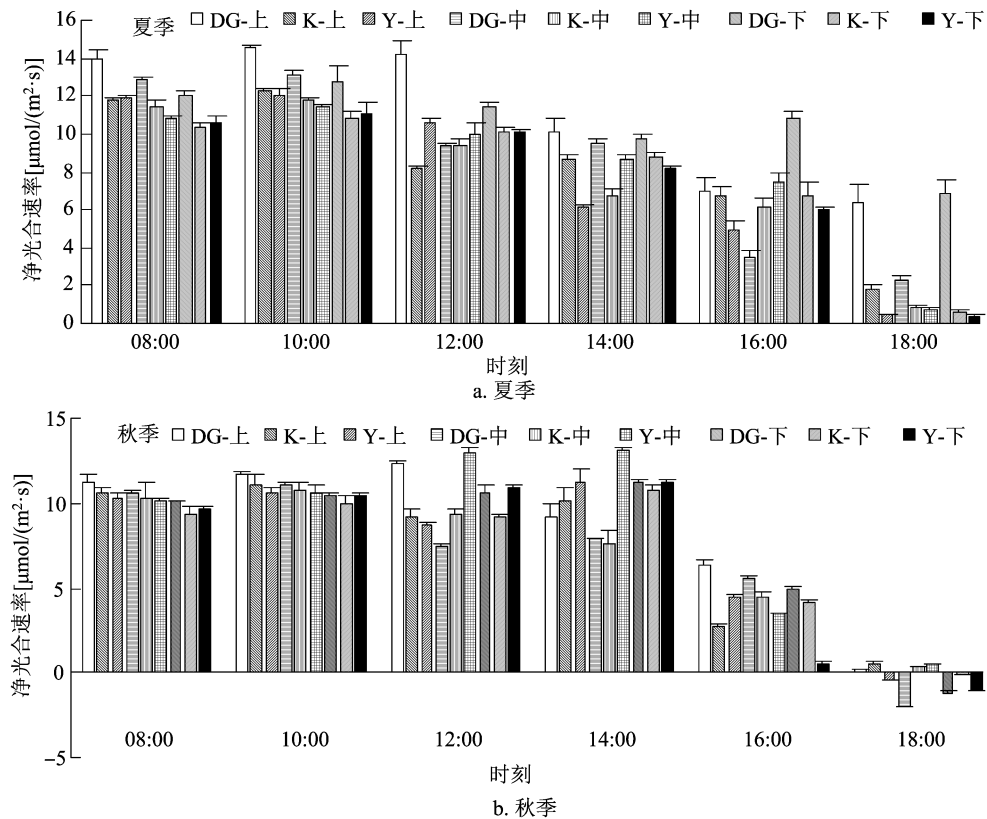


图2 不同树形下桃叶片净光合速率的比较

表 1 不同树形下桃叶片净光合速率日积分值的比较

处理	净光合速率日积分值(μmol/m²)	
	夏季	秋季
DG-上	112.10±2.21a	90.27±1.65a
K-上	85.53±0.80c	77.22±2.73d
Y-上	79.65±2.47e	79.58±2.17c
DG-中	86.31±1.70c	72.52±0.96e
K-中	80.24±1.09e	75.00±3.27d
Y-中	86.69±2.87c	90.91±0.72a
DG-下	108.52±2.28b	83.07±0.83b
K-下	83.74±1.58d	76.85±0.40d
Y-下	81.85±1.34e	75.69±0.64d

注:同一时期不同处理的数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

进行光能转换的能力下降。

2.3 叶片蒸腾速率日变化的比较

由图 3 可见,夏季和秋季之间叶片的 T_r 日变化趋势差异较大。在夏季,K-上、DG-中、Y-中和 K-下叶片的 T_r 日变化均表现为下降—上升—下降的趋势,Y-上和 K-中叶片的 T_r 则在一天中处于不断下降的状态。在夏季 18:00 时,“K”形冠层中、下部和“Y”形冠层上、中、下部叶片 T_r 均出现负值,说明此时叶肉细胞主要进行吸水作用。

在秋季,Y-上、Y-下叶片的 T_r 日变化呈双峰

型,谷值均出现在 12:00。其他处理叶片的 T_r 日变化均表现为单峰型,其峰值出现的时间不一,主要集中在 12:00。

2.4 叶片水分利用效率日变化的比较

WUE 能够反映植物在生长中的能量转换效率^[22]。图 4 显示,夏季各处理的 WUE 在前面 5 个时间点均变化平缓,略有波动,到了 18:00,各处理间出现了显著差异,其中 DG 形冠层上、中、下部叶片和 K-上的 WUE 在该时间点均表现为正值,其他处理表现为负值,表明此时各处理叶片的能量转换效率出现了显著差异。

在秋季,“Y”形上中部、DG 形中下部和 K 形中下部叶片的 WUE 日变化均表现为下降—上升—下降的趋势。DG-上叶片的 WUE 日变化呈“V”形,谷值出现在 12:00。K-上叶片的 WUE 日变化呈“W”形,谷值出现在 12:00、16:00。Y-下叶片的 WUE 则在一天中处于不断波动的状态。从以上结果可看出,叶片对于水分的利用水平与季节、树形、冠层高度、时刻都有一定关系。

2.5 叶片气孔导度、细胞间隙 CO₂ 浓度、气孔限制值日变化的比较

图 5 显示,在夏季,DG 形上中下部、K-上叶片

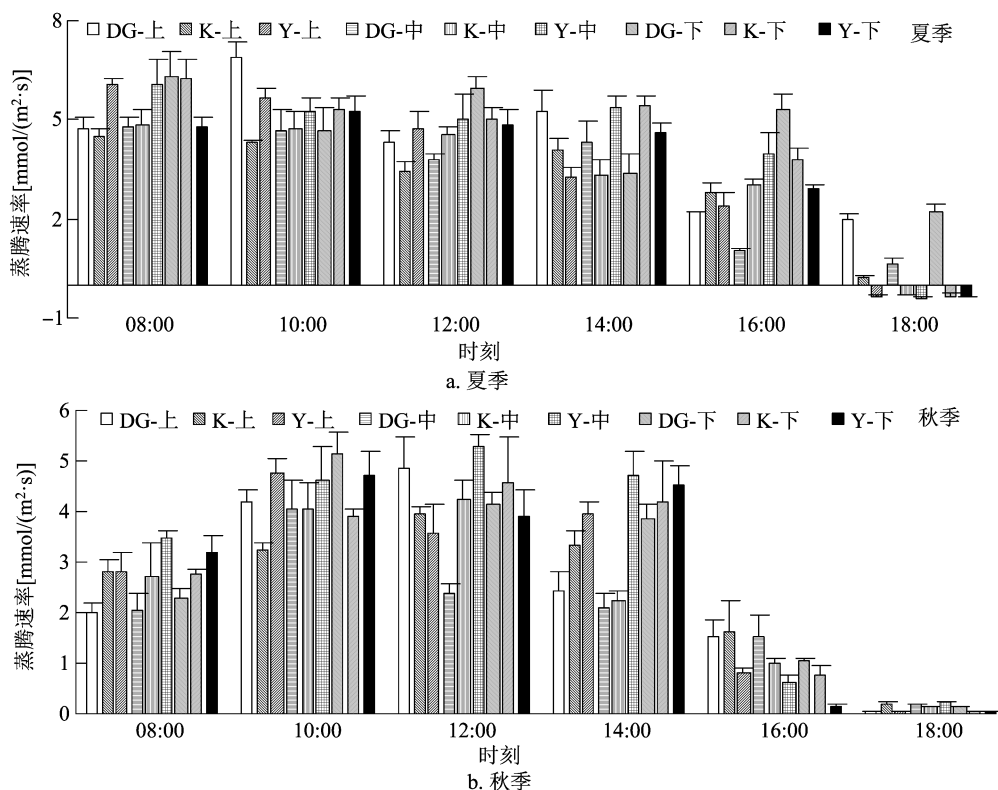


图3 不同树形下桃叶片蒸腾速率的比较

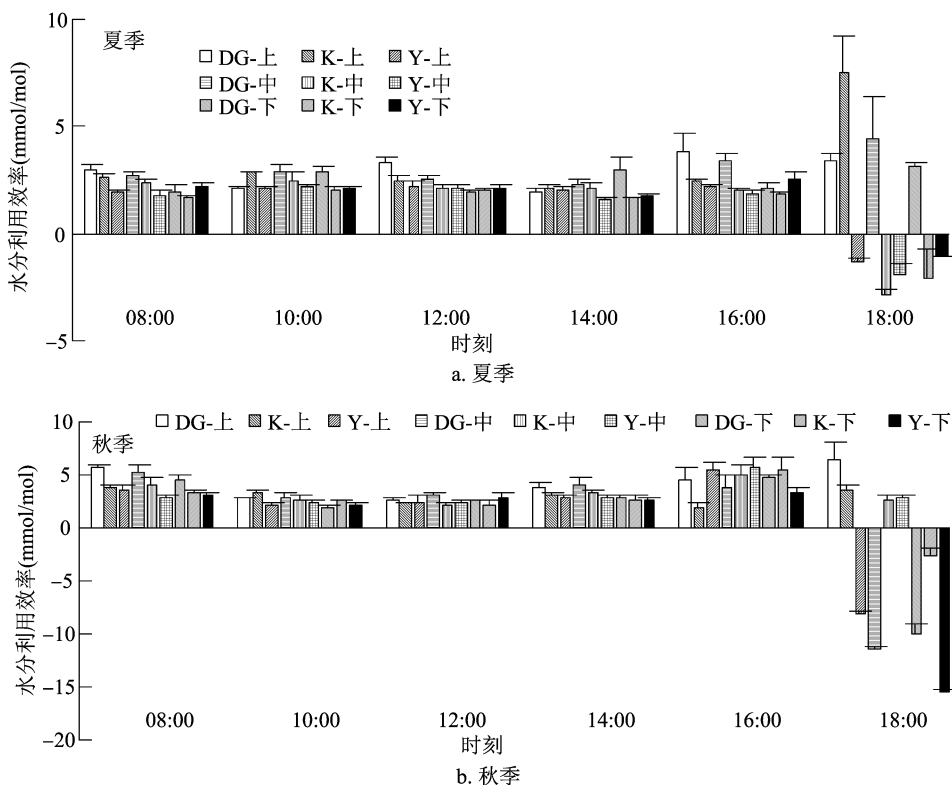


图4 不同树形下桃叶片水分利用效率比较

的 G_s 日变化表现为下降—上升—下降的趋势。“Y”形上中部、K形中下部叶片的 G_s 在一天中不断下降。Y-下叶片的 G_s 日变化呈单峰曲线,峰值出

现在 10:00。到了秋季,“Y”形上下部和 DG-下叶片的 G_s 日变化表现为双峰曲线,谷值均出现在 12:00。K-下叶片的 G_s 在一天中不断下降。其他

处理的 G_s 日变化均呈单峰曲线,峰值出现的时间不一。

从 C_i 的变化趋势看,夏季 DG 形上、中、下部叶片表现为下降—上升—下降的变化趋势,其他处理叶片均呈“V”形,谷值出现的时间不尽相同。在秋季,所有处理的叶片基本都表现为先下降再上升的变化曲线,部分处理中间略有波动,所有处理的 C_i 均在 18:00 达到最大值,说明此时叶片中呼吸作用

增强,光合作用减弱。

DG 形上中下部叶片的 L_s 在夏季 08:00—16:00 变化平缓,之后上升。其他处理叶片的 L_s 在 08:00—16:00 平缓升高,之后下降。在秋季,所有处理叶片的 L_s 基本上都在 08:00—16:00 平缓升高,部分处理中间略有波动,之后下降。以上结果表明,在傍晚限制叶片进行光合作用的不再是气孔因素,而是环境条件。

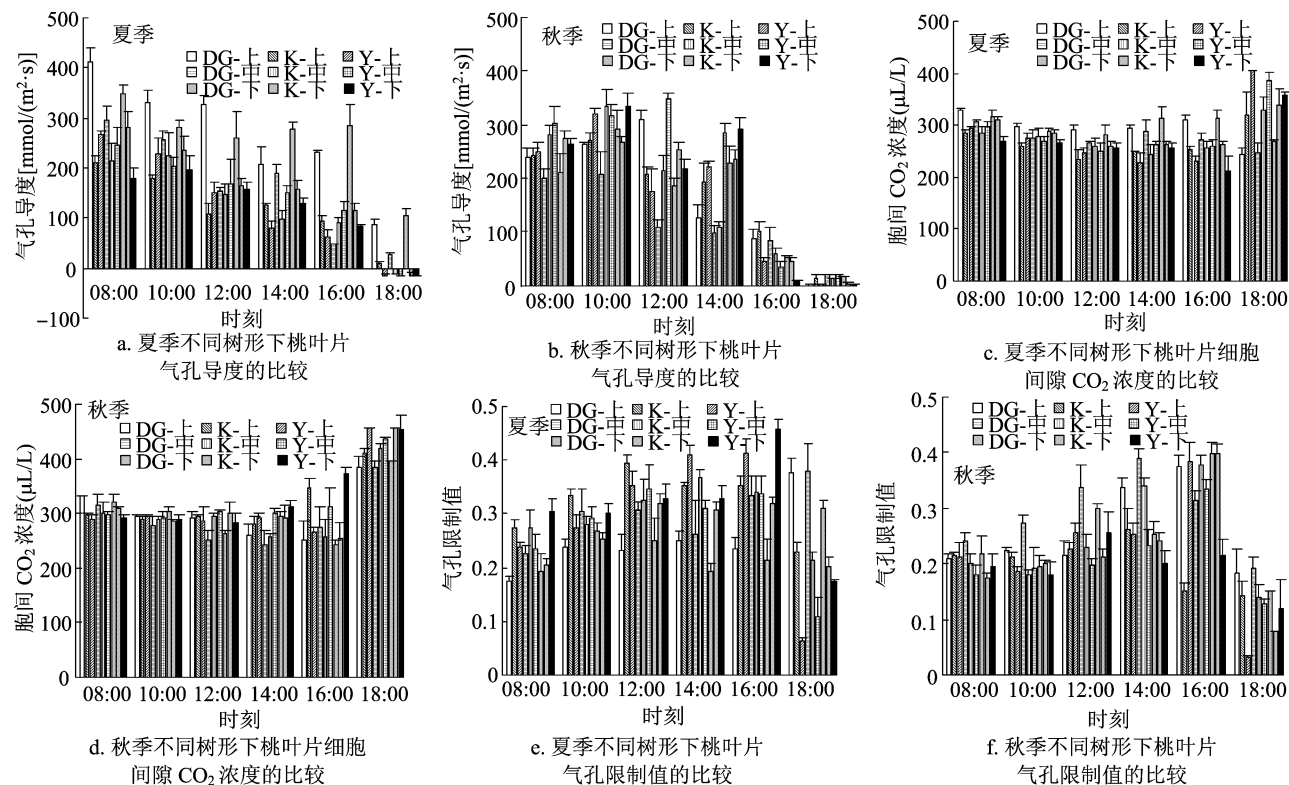


图5 不同树形下桃叶片气孔导度、细胞间隙 CO₂ 浓度和气孔限制值的比较

2.6 净光合速率与各因子的相关性分析

由表 2 可以看出,所有处理叶片的 P_n 在夏季均与 G_s 显著或极显著正相关。DG 形上、下部叶片的 P_n 与 T_r 呈显著相关关系,DG - 中与 T_r 的相关性不显著,其他处理与 T_r 呈极显著相关。DG - 中与 L_s 呈显著负相关,K - 中与 L_s 呈极显著正相关。K - 中、Y - 下与 WUE 呈显著正相关,Y - 中、K - 下与 WUE 呈极显著正相关。DG - 下、Y - 下与 C_a 呈显著负相关,Y - 中、K - 下与 C_a 呈极显著负相关。

在秋季,所有处理叶片的 P_n 均与 G_s 、 T_r 呈显著或极显著正相关,与 C_a 呈显著或极显著负相关。DG - 上、Y - 中、DG - 下、K - 下、Y - 下叶片的 P_n 均与 T_a 呈显著正相关。Y - 中、DG - 下、K - 下、Y - 下叶片的 P_n 均与 PFD 呈显著相关。说明在不

同季节,叶片进行光合作用的影响因子不尽相同。

3 讨论

3.1 不同树形结构与叶片光合特性的关系分析

果园的光合能力是果树产量和品质形成的基础^[23-24]。保持合理的树形结构,可以改善树体枝叶分布,使树冠通风透光,光合作用增强^[25-26]。黄国嫻等比较了丽江雪桃主干形和开心形 2 种树形的 P_n 得出:开心形总的 P_n 显著高于主干形^[27]。在本试验中,DG 形冠层叶片的 P_n 日积分值在夏季、秋季均处于较高水平,“K”形与“Y”形之间的差异较小,均处于较低水平,与前人的研究结果^[28] 不一致,可能是对 P_n 追踪的时间不同造成的结果差异。在本试验中,DG 形为三主枝,开张角度大,冠

表 2 叶片净光合速率与光合作用相关因子的相关性分析

季节	处理	与净光合速率的相关系数								
		G_s	C_i	T_r	L_s	WUE	T_a	C_a	RH	PFD
夏季	DG - 上	0.881 *	0.515	0.818 *	-0.658	-0.430	0.234	-0.645	0.665	0.239
	K - 上	0.980 **	-0.490	0.956 **	0.362	-0.775	0.360	-0.786	0.486	0.289
	Y - 上	0.957 **	-0.470	0.991 **	0.344	0.758	0.306	-0.753	0.580	0.259
	DG - 中	0.977 **	0.717	0.717	-0.812 *	-0.769	0.252	-0.658	0.609	0.220
	K - 中	0.994 **	-0.473	0.972 **	0.972 **	0.862 *	0.346	-0.794	0.527	0.282
	Y - 中	0.965 **	-0.827 *	0.969 **	0.740	0.947 **	0.566	-0.918 **	0.336	0.487
	DG - 下	0.857 *	0.456	0.833 *	-0.444	-0.567	0.412	-0.839 *	0.433	0.355
	K - 下	0.925 **	-0.598	0.973 **	0.329	0.929 **	0.600	-0.925 **	0.321	0.525
	Y - 下	0.996 **	-0.616	0.983 **	0.381	0.844 *	0.525	-0.888 *	0.405	0.462
秋季	DG - 上	0.946 **	-0.512	0.869 *	0.002	-0.743	0.834 *	-0.967 **	0.366	0.760
	K - 上	0.966 **	-0.946 **	0.911 *	0.904 *	0.293	0.789	-0.911 *	0.494	0.712
	Y - 上	0.930 **	-0.754	0.925 **	0.401	0.708	0.807	-0.940 **	0.374	0.785
	DG - 中	0.916 *	-0.687	0.873 *	0.423	0.898 *	0.700	-0.985 **	0.513	0.640
	K - 中	0.917 *	-0.630	0.912 *	-0.004	-0.143	0.768	-0.971 **	0.531	0.667
	Y - 中	0.957 **	-0.791	0.978 **	-0.002	-0.539	0.910 *	-0.844 *	0.179	0.886 *
	DG - 下	0.891 *	-0.582	0.864 *	0.181	0.808	0.871 *	-0.947 **	0.264	0.855 *
	K - 下	0.950 **	-0.689	0.930 **	0.155	0.509	0.854 *	-0.934 **	0.324	0.828 *
	Y - 下	0.955 **	-0.932 **	0.977 **	0.520	0.663	0.864 *	-0.857 *	0.342	0.831 *

注: * 表示显著相关($P < 0.05$); ** 表示极显著相关($P < 0.01$)。

层散开, 树体通风透光好, 有利于叶片光合作用的进行。“K”形也为三主枝, 但开张角度比 DG 形小, 冠内环境相对发生变化, 可能影响了树体对水、肥的吸收利用, 进而影响叶片的生长发育^[29], 造成 P_n 降低。“Y”形树体主枝少, 枝叶集中, 且“Y”形冠层中下部叶片的 P_n 在夏季与 C_a 具有显著相关性, 到了秋季与 T_a 、 C_a 和 PFD 均呈显著相关, 而其他树形仅冠层下部叶片受环境影响较大, 说明“Y”形树体结构改变桃树体冠层的微域环境, 影响冠层叶片对温、光、 CO_2 的利用, 造成叶片积累碳水化合物能力的下降。

3.2 叶片午间 P_n 变化的限制因素分析

Farquhar 等认为, 影响 P_n 下降有气孔限制和非气孔限制 2 个方面的因素, 气孔限制是由于 G_s 下降阻止了 CO_2 的供应; 非气孔限制是由于叶肉细胞光合能力下降, 从而使胞间 CO_2 含量升高^[30]。在本研究中, K - 上、DG - 中的 P_n 在夏季 12:00 时下降, 出现光合“午休”, 此现象出现时 T_r 、WUE、 G_s 、 C_i 均下降, L_s 升高, 说明此时 P_n 下降是气孔因素造成的^[31], 可能由于夏季气温过高, 叶片蒸腾作用较强, 水分散失快, 气孔开度下降, 以降低水分流失, 是叶片的一种自我保护机制。而 DG - 下的叶片在

14:00 出现 P_n 下降, 此时 C_i 、 G_s 升高, L_s 下降, 说明气孔此时为非限制因素^[31], 可能由于 T_a 、 C_a 、RH 和 PFD 的综合作用, 影响叶片的碳同化进程。在秋季, Y - 上、DG - 中在午间出现 P_n 下降、 G_s 降低、 C_i 降低、 L_s 升高的现象, 说明此时叶片的气孔开度降低, 从而影响叶片的气体交换, 造成 P_n 下降。“K”形冠层上部、下部叶片在 12:00 也出现光合午休, 同时 G_s 降低, 但 C_i 、 L_s 升高, 说明此时叶片光合能力下降, 不仅受气孔因素的影响, 还受非气孔因素的影响。

3.3 叶片 P_n 与环境因子的关系分析

光合作用是植物十分复杂的生理过程, 叶片的 P_n 除了与自身因素(如叶绿素含量、矿质元素含量、叶片厚度、叶龄、叶位等)密切相关外, 还受 T_a 、 C_a 、RH 和 PFD 等的影响^[32-34]。在夏季, 3 个树形冠层下部和“Y”形冠层中部叶片的 P_n 均与 C_a 呈显著或极显著负相关, 这与张斌斌等对窄叶桃的研究结果^[35]一致, 但与张文标等对木荷的研究结果^[36]相反。在秋季, 所有叶片的 P_n 与 C_a 呈显著或极显著负相关, 3 个树形冠层下部和“Y”形冠层中部叶片的 P_n 均与 T_a 、PFD 呈显著正相关, 与前人的研究结果^[37]也不尽相同。以上结果的差异可能是进行试

验的物种不同造成的。此外,随着季节的变换,叶片 P_n 与环境条件的相关性显著,说明在秋季叶片自身因素之间的差异降低,受外界环境的影响增强。

4 结论

本研究结果表明,大冠开心形冠层叶片的净光合速率和其他光合参数在夏、秋季均处于较高水平,自然开心形次之,两主枝“Y”形最低,说明大冠开心形树体结构更为合理,具有更强的光合能力,是镇江丘陵地区适宜栽培的优良树形。

参考文献:

- [1] 鲁初强,王小伟,郭宝林,等. 桃树倾斜主干偏展形的光照分布与果实产量品质的关系[J]. 果树学报,2003,20(6):509-511.
- [2] Cronje P J R, Barry G H, Huysamer M. Fruiting position during development of ‘Nules Clementine’ mandarin affects the concentration of K, Mg and Ca in the flavedo[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(4):829-837.
- [3] Song Q F, Zhang G L, Zhu X G. Optimal crop canopy architecture to maximise canopy photosynthetic CO_2 uptake under elevated CO_2 - a theoretical study using a mechanistic model of canopy photosynthesis[J]. Functional Plant Biology, 2013, 40(2):109-124.
- [4] Gao Y, Gao S L, Jia L M, et al. Canopy characteristics and light distribution in *Sapindus mukorossi* Gaertn. are influenced by crown architecture manipulation in the hilly terrain of Southeast China[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 240:11-22.
- [5] Costes E. Physiology and genetics of plant architecture[J]. Annual Plant Reviews, 2019, 2:1031-1068.
- [6] Guo W, Chen L M, Herrera - Estrella L, et al. Altering plant architecture to improve performance and resistance[J]. Trends in Plant Science, 2020, 25(11):1154-1170.
- [7] 刘丙花,唐贵敏,梁 静,等. 不同树形对早实核桃‘鲁光’坚果产量和品质的影响[J]. 果树学报, 2021, 38(1):73-81.
- [8] Hampson C R, Quamme H A, Brownlee R T. Canopy growth, yield, and fruit quality of royal gala apple trees grown for eight years in five tree training systems[J]. The American Society for Horticultural Science, 2002, 37(4):627-631.
- [9] 赵 瑾,汪志辉,刘 燕,等. 四川德阳市三种不同树形梨园冠层特征与品质的相关研究[J]. 四川农业大学学报, 2010, 28(1):78-83.
- [10] Afonso S, Ribeiro C, Bacelar E, et al. Influence of training system on physiological performance, biochemical composition and antioxidant parameters in apple tree (*Malus domestica* Borkh.) [J]. Scientia Horticulturae, 2017, 225:394-398.
- [11] 王 琰,李海伦,赵卫星,等. 苹果不同树形冠层特性季节变化规律和叶片质量及光合特性分析[J]. 黑龙江农业科学, 2019(5):100-103.
- [12] 王文军,陈奇凌,郑强卿,等. 不同树形对灰枣叶片光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(4):616-624.
- [13] 卢明艳,宋锋惠,史彦江,等. 树形对骏枣叶片生理状态及产量品质的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35(12):2794-2800.
- [14] 曾志芳. 不同树形对桃树冠层光环境及果实品质的影响[J]. 东南园艺, 2022, 10(3):181-186.
- [15] 江 莉,陈清西,陈 婷,等. 树形改造对‘巨峰’葡萄叶片光合特性和果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2020(17):16-22.
- [16] 陈久红,马建江,李永丰,等. 香梨不同树形冠层结构、光合特性及产量品质的比较[J]. 河南农业科学, 2021, 50(8):113-123.
- [17] 姜晓艳,李俊才,王家珍,等. 不同树形对早金酥梨光合特性、树体生长及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(3):163-166.
- [18] 刘珊珊,令狐田,赵志霞,等. 不同树形对砀山酥梨冠层结构、光合特性及果实品质的影响[J]. 果树资源学报, 2022, 3(5):41-49.
- [19] 江振斌,廖 康,牛莹莹,等. 库尔勒香梨 3 种树形光合特性及荧光参数比较研究[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(5):820-825.
- [20] Nijis I, Ferris R, Blum H, et al. Stomatal regulation in a changing climate: a field study using Free Air Temperature Increase (FATI) and Free Air CO_2 enrichment (FACE) [J]. Plant Cell and Environment, 1997, 20(8):1041-1050.
- [21] 庄 猛,姜卫兵,花国平,等. 金边黄杨与大叶黄杨光合特性的比较[J]. 植物生理学通讯, 2006, 42(1):39-42.
- [22] 卢明艳,宋锋惠,史彦江,等. 骏枣不同树形冠层结构、产量和果实品质的比较[J]. 经济林研究, 2021, 39(4):10-17.
- [23] Asada T, Arakawa O. The analysis of light interception and leaf area index (LAI) in central leader ‘Fuji/M26’ and Jonagold/26 apple orchards producing high yields and quality fruit[J]. Acta Horticulturae, 2000, 525:421-423.
- [24] Green S R, Greer D H, Wunsche J N, et al. Measurements of light interception and utilization in apple orchard[J]. Acta Horticulturae, 2001, 557:369-376.
- [25] Zhang J J, Serra S, Leisso R S, et al. Effect of light microclimate on the quality of ‘d’Anjou’ pears in mature opencenter tree architecture[J]. Biosystems Engineering, 2016, 141:1-11.
- [26] 司跃腾,黄立华,曹文龙. 桃树整形修剪研究进展[J]. 现代农业科技, 2020(7):69-72.
- [27] 黄国嫣,唐宗福,彭雅婷,等. 不同树形对‘丽江蜜桃’光合作用强度及果实品质的影响[J]. 天津农业科学, 2015, 21(4):103-106.
- [28] 安佰义,谷 娜,刘晓嘉,等. 不同树形对李树冠层结构和光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2019(3):29-35.
- [29] 李民吉,张 强,李兴亮,等. SH6 矮化中间砧‘富士’苹果不同树形对树体生长和果实产量、品质的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(19):3789-3796.
- [30] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33:317-345.
- [31] 邹 琦. 作物抗旱生理生态研究[M]. 济南:山东科学技术出版社, 2002.

余 忆,汪 伟,万何平,等. 盐胁迫下氮素对生菜形态建成及生理生化特性的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(17):165-170.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.17.023

盐胁迫下氮素对生菜形态建成及生理生化特性的影响

余 忆,汪 伟,万何平,伍晓明,曾长立

(江汉大学生命科学学院/湖北省汉江流域特色生物资源保护开发与利用工程技术研究中心,湖北武汉 430000)

摘要:随着保护地园艺的快速发展,保护土壤免受次生盐渍化威胁的问题日益突出,其中施肥不当是造成土壤盐渍化的重要原因。在保护地园艺的生产过程中,多叶蔬菜是施氮量最大的种类之一,但与氮素对盐胁迫下多叶蔬菜的调控相关的研究目前较少。本研究以生菜(*Lactuca sativa* L.)为试验材料,采用水培试验,重点研究了盐胁迫下不同氮素水平对生菜生理生化特性的影响。采用双因素水平设计,在霍格兰营养液中,分别设计了4个不同浓度的氮素水平(0、110、220、330 mg/L)处理生菜,然后用0、100、200 mmol/L NaCl 溶液分别进行盐胁迫处理。盐胁迫第10天分别测定生理生化指标。结果表明,110~220 mg/L 氮素水平对生菜的抗盐性具有明显的影响,能促进植株生长;能显著降低丙二醛(MDA)含量,显著提高可溶性蛋白含量,显著增强细胞保护酶超氧化物歧化酶(SOD)与过氧化物酶(POD)活性。在氮素及盐胁迫效应比较中,氮素和盐胁迫对 SOD 和 POD 活性的效应非常接近;而在 MDA 含量与盐害指数上,盐浓度为主效应;在可溶性蛋白含量中,氮素水平为主效应。氮素效应和盐胁迫效应均高于氮素-盐胁迫间的互作效应。

关键词:生菜;氮素;盐胁迫;形态建成;生理生化特性

中图分类号:S636.201 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)17-0165-06

盐渍化已逐渐成为制约农业发展的重大因素之一,全球范围内的土壤盐碱化都日益严重,对植物的形态建成和生态分布造成了严重影响,是制约粮食产量,恶化粮食危机的重要原因之一^[1-2]。土壤中的高盐主要通过渗透胁迫、离子毒性和活性氧累积三大次生胁迫对植物造成伤害,最直观且肉眼可见地表现为抑制作物发芽,导致植物鲜质量、可溶性蛋白含量、株高、根系等一系列指标下降,这类对植物生长的抑制作用随盐浓度升高而加剧^[3]。

研究表明,适量施加氮肥是缓解盐分对植物不利影响的重要手段之一^[4-5]。

氮作为植物必需营养元素中需求量最大的元素,广泛参与植物体内养分利用及生物合成以保证植物健康生长,对作物产量与品质起关键性作用^[6]。为提高产量,部分种植者过量施加氮肥,然而氮素因其高溶于水的特性,过度使用极易导致次生盐渍化和连作障碍,不仅会降低其产量,还会对土壤、环境造成无法弥补的损害,不利于可持续发展。此外,硝酸盐作为植物最重要的氮源之一,过量摄入会威胁人体健康,增加患癌风险^[7-8]。综上所述,无论从生态可持续发展的角度还是从粮食质与量的角度来看,精准化施氮都是亟待解决的问题。

生菜属于菊科莴苣属,是一种在我国南北方广泛种植的叶菜类蔬菜,由于其含有丰富的无机盐、

收稿日期:2022-11-24

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0100202-25)。

作者简介:余 忆(1998—),女,湖北武汉人,硕士研究生,研究方向为植物逆境生理。E-mail:378522319@qq.com。

通信作者:曾长立,博士,教授,博士生导师,研究方向为植物营养生理与逆境生理。E-mail:zengchangli@jhun.edu.cn。

版社,1994:155-242.

[32] Herrick J D, Thomas R B. Effects of CO₂ enrichment on the photosynthetic light response of sun and shade leaves of canopy sweetgum trees (*Liquidambar styraciflua*) in a forest ecosystem[J]. Tree Physiology, 1999, 19: 779-786.

[33] 陈模芳,韦小丽,张 怡. 紫楠实生幼苗的光合生理特性[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(10): 55-58.

[34] 孙 婧,王 刚,孟艳琼,等. 不同环境下黄山杜鹃光合特性及

其与主要环境因子的关系[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(3): 9-12.

[35] 张斌斌,马瑞娟,沈志军,等. 窄叶桃叶片秋季光合特性研究[J]. 果树学报, 2011, 28(5): 763-769.

[36] 张文标,金则新,柯世省,等. 木荷光合特性日变化及其与环境因子相关性分析[J]. 广西植物, 2006(5): 492-498.

[37] 王晓红,纪明山. 入侵植物小飞蓬光合日变化及与环境因子相关性分析[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 121-124.