

遮阴对不同生长速率菜心生长及生理的影响

陈连珠, 张雪彬, 陶凯, 杨小锋* (三亚市南繁科学技术研究院, 海南三亚 572000)

摘要 [目的] 探寻遮阴对夏季不同生长速度菜心生长及生理影响。[方法] 采用水培方式, 以特青迟心(慢生型)、华夏 50 天(中等)和四九-19(快生型)菜心为材料, 以白色遮阳网(透光率 62.0%)覆盖为对照(CK), 研究黑色遮阳网(透光率 38.4%)对不同品种菜心的生长、叶绿素荧光及反射光谱的影响。[结果] 黑色遮阳网不利于菜心生长, 生长抑制程度表现为四九-19>华夏 50 天>特青迟心; 黑色遮阳网使菜心叶绿素 a/b 均降低, 特青迟心和华夏 50 天菜心叶绿素含量增加, 四九-19 叶绿素含量降低; 黑色遮阳网使菜心暗适应下的初始荧光(F_0)、暗适应下最大荧光(F_m)和表观电子传递速率(ETR)增加, 使暗适应下最大光化学量子效率(F_v/F_m)、光适应条件下的 PSII 最大光化学量子效率(F_v'/F_m')、PSII 实际光化学量子效率($\Delta F/F_m'$)和光化学猝灭系数(qP)降低; 遮阴提高菜心在近红外波段的光谱反射率。[结论] 过度遮阴避免了叶片结构的光损伤, 但不能满足菜心生长的光能需求, 且对速生品种的影响大于慢生型品种。

关键词 菜心; 遮阴; 生长; 叶绿素荧光; 光谱

中图分类号 S634.5 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)11-0045-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.11.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Shading on the Growth and Physiology of Flowering Chinese Cabbage at Different Growth Rates

CHEN Lian-zhu, ZHANG Xue-bin, TAO Kai et al (Sanya Science and Technology Academy for Crop Winter Multiplication, Sanya, Hainan 572000)

Abstract [Objective] To explore the effects of shading on the growth and physiology of flowering Chinese cabbage at different growth rates in summer. [Method] The effects of black shading net (light transmittance of 38.4%) on the growth, chlorophyll fluorescence parameters and reflectance spectrum of different varieties of flowering Chinese cabbage were studied by hydroponic culture, using Teqingchixin (slow-growing type), Huaxia 50 d (intermediate-growing type) and Sijiu-19 (fast-growing type) as materials and white shading net (light transmittance of 62.0%) as control (CK). [Result] Black shading net was not conducive to the growth of cabbage, and the degree of growth inhibition was expressed as Sijiu-19 > Huaxia 50 d > Teqingchixin. The black shading net reduced the chlorophyll a/b of all varieties, increased the chlorophyll content of Teqingchixin and Huaxia 50 d, decreased the chlorophyll content of Sijiu-19. The black shading network increased the initial fluorescence (F_0) and maximum fluorescence (F_m) and the electron transfer rate (ETR), but decreased actual photochemical quantum efficiency of PS II under light adaptation ($\Delta F/F_m'$), maximal photochemical quantum efficiency under dark adaptation (F_v/F_m), maximum photochemical efficiency of PS II under light adaptation (F_v'/F_m') and photochemical quenching (qP) of flowering Chinese cabbage. The spectral reflectance of leaf in near infrared band of the black shading network had improved. [Conclusion] Excessive shading could prevent light damage of blade structure, but could not satisfy the light energy demand growth of the flowering Chinese cabbage, and has a greater impact on fast-growing variety than slow-growing variety.

Key words Flowering Chinese cabbage; Shading; Growth; Chlorophyll fluorescence parameters; Reflectance spectrum

光是植物生长并获得能量来源的重要生态因子, 通过光敏色素, 光以环境信号的形式影响植物生长、发育和形态建成^[1-2]。不同作物或同一作物的不同品种间的需光特性不尽相同, 光照太强或太弱均不利于作物生长。李彩斌等^[3]研究发现, 遮阴会导致马铃薯株高和节间长增加, 茎粗减小, 产量和品质下降, 不同品种间存在差异。宋艳霞等^[4]研究发现, 套作遮阴使大豆叶片暗适应下的初始荧光及 PSII 实际光化学量子效率增加, 暗适应下最大光化学量子效率、光化学猝灭系数及非光化学猝灭系数降低。

夏季高温强光使蔬菜生长受阻, 遮阳网覆盖栽培是蔬菜避免高温强光伤害的有效措施, 覆盖遮阳网可提高蔬菜产量^[5-6]。菜心为广东特产蔬菜, 也是海南主要种植的叶菜之一, 以幼嫩的菜薹为食用部分。菜心生长前期的适宜温度为 20~25℃, 菜薹形成期适宜温度为 15~20℃, 夏季高温强光不利于菜心生产。陈丽娜等^[7]研究了黑色和银灰色遮阳网覆盖对夏季屋顶菜心生长及栽培基质湿度的影响。闫秋

艳等^[8]研究了彩色遮阳网对菜心生长及光合特性的影响。前人研究结果表明, 不适宜的遮光度会造成弱光逆境, 抑制蔬菜生长。但前人在菜心遮阴方面的研究主要以土壤种植或基质栽培为基础, 未见以水培为基础的菜心遮阴研究。而水培大棚夏季温度高, 以管道营养液栽培的蔬菜受光环境的影响更大, 为此笔者在水培基础上, 比较了 2 种遮阴条件下不同耐热菜心品种的生长、叶片色素含量、叶绿素荧光动力学参数及反射光谱的差异, 以为水培蔬菜夏季生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料 供试菜心品种为特青迟心、四九-19 和华夏 50 天尖叶油绿菜心。其中特青迟心和四九-19 菜心种子由广州乾农农业科技有限公司提供, 华夏 50 天菜心种子由广州鸿业种子科技有限公司提供。生长速率表现为四九-19 > 华夏 50 天 > 特青迟心。

1.2 试验设计与方法 试验于 2018 年 6 月在三亚市南繁科学技术研究院水培蔬菜大棚进行, 6 月 13 日定植, 6 月 30 日采收。采用裂区设计, 主区为不同遮阳网, 设置白色遮阳网(透光率 62.0%)和黑色遮阳网(透光率 38.4%)2 个遮光处理, 以白色遮阳网为对照, 副区为品种。每处理 3 次重复, 每次重复种植 50 株苗。使用管道营养液循环的水培方式进行栽培。

基金项目 海南省自然基金面上项目(318MS115)。

作者简介 陈连珠(1986-), 女, 广东惠州人, 助理研究员, 硕士, 从事蔬菜栽培等研究工作。* 通信作者, 研究员, 博士, 从事农业工程研究。

收稿日期 2018-12-19

1.3 测定项目及方法

1.3.1 生长指标的测定。于采收期进行株高、茎粗、叶数、地上部鲜重、地上部干重和地下部干重的测定,并根据地上部和地下部干重求植株根冠比,每处理重复测定 3 次。

1.3.2 反射光谱的测定。采用仪器为光谱分析仪(UniSpec-SC,US),采样间隔 1 nm,光谱分辨率 1 nm,波段设置 310~1 150 nm。每个处理选取 3 片叶子测定叶片光谱反射率。测量过程中及时进行标准白板校正。用 Multispec 5.1 数据处理软件读取反射光谱原始数据。

1.3.3 光合色素测定。选择中部同一节位的成熟叶片进行叶绿素和类胡萝卜素的测定,用 95%乙醇提取,分光光度法 665、649、470 nm 下测定含量^[9],每处理重复 3 次。

1.3.4 叶绿素荧光参数的测定。使用 FMS2 脉冲调制荧光仪(英国 Hansatech)进行测定,先测定光适应条件下的 PS II 最大光化学量子效率(F_v'/F_m')、PSII 实际光化学量子效率($\Delta F/F_m'$)、表观电子传递速率(ETR)。光化学猝灭系数

(qP),然后夹上暗适应叶夹,暗适应 20 min 后测定暗适应下的初始荧光(F_o)、暗适应下最大荧光(F_m)和暗适应下最大光化学量子效率(F_v/F_m),并利用公式 $NPQ=F_m'/F_m'-1$ 计算非光化学猝灭系数(NPQ)。

1.4 数据分析 测定结果用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 遮阴对菜心生长参数的影响 由表 1 可知,不同品种的菜心生长速度表现为四九-19>华夏 50 天>特青迟心,黑网处理使 3 个品种菜心的株高、茎粗、叶数、地上部鲜重、地上部干重和地下部干重均较白网下降,下降幅度表现为四九-19>华夏 50 天>特青迟心。株高、茎粗及地下部干重方面仅四九-19 菜心表现显著差异;2 种遮光处理的 3 个品种叶数差异均不显著;华夏 50 天和四九-19 菜心地上部鲜重和干重在 2 种遮光处理间差异达显著水平;黑网处理降低菜心根冠比,其中华夏 50 天和特青迟心的根冠比差异达显著水平。

表 1 2 种遮阴条件下菜心生长情况
Table 1 Growth of flowering Chinese cabbage under two shading conditions

品种 Variety	遮阴网 的类型 Type of shading net	株高 Plant height cm	茎粗 Stem diameter mm	叶数 Leaf number 片	地上部鲜重 Fresh weight aboveground g	地上部干重 Dry weight aboveground g	地下部干重 Underground dry weight g	根冠比 Root-shoot ratio
华夏 50 天 Huaxia 50 d	白网	21.67±2.89 a	13.12±1.49 a	11.33±0.58 a	55.47±3.16 a	3.37±0.40 a	0.33±0.08 a	0.14±0.01 a
	黑网	16.83±2.25 a	11.92±1.08 a	10.00±1.73 a	39.57±1.59 b	2.27±0.21 b	0.31±0.04 a	0.10±0.02 b
特青迟心 Teqingchixin	白网	5.33±0.58 a	10.60±1.39 a	9.67±1.53 a	31.03±5.75 a	2.25±0.40 a	0.32±0.06 a	0.14±0.02 a
	黑网	4.00±1.00 a	10.32±1.32 a	8.67±0.58 a	27.23±7.83 a	2.07±0.49 a	0.24±0.07 a	0.10±0.01 b
四九-19 Sijiu-19	白网	29.00±7.00 a	13.09±0.93 a	13.67±1.53 a	75.87±1.25 a	4.65±0.71 a	0.57±0.07 a	0.12±0.02 a
	黑网	15.33±3.69 b	10.25±1.39 b	11.67±0.58 a	50.80±9.73 b	2.80±0.53 b	0.28±0.06 b	0.10±0.01 a

注:同列不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著
Note:Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

2.2 遮阴对菜心叶片色素含量的影响 由表 2 可知,2 种遮光处理的菜心光合色素含量无显著差异,但黑网处理使特青迟心和华夏 50 天菜心的叶绿素 a(Chl a)、叶绿素 b(Chl b)和叶绿素 a+b(Chl a+b)含量增加,而四九-19 的表现则相反。特青迟心的 Chl a、Chl b 和 Chl a+b 含量黑网较白网分别增加 2.13%、3.08%和 2.90%;华夏 50 天菜心的黑网较白网分别增加 1.49%、6.56%和 2.56%;四九-19 的黑网较白网分别降低 11.48%、8.00%和 9.36%。黑网处理的 3 个品种菜

心类胡萝卜素(Car)含量均较白网降低;叶绿素 a/b(Chl a/b)也较白网降低,特青迟心、华夏 50 天和四九-19 分别较白网降低 1.37%、3.9%和 5.28%。说明遮阴对不同菜心品种的光合色素,尤其是叶绿素含量影响不尽相同,特青迟心和华夏 50 天在弱光环境下叶绿素含量增加,Chl b 的增加幅度大于 Chl a,从而降低了 Chl a/b,而四九-19 在弱光环境下叶绿素含量下降,但 Chl b 的下降幅度小于 Chl a,从而使 Chl a/b 也下降。

表 2 2 种遮阴条件下菜心光合色素含量差异
Table 2 Differences of photosynthetic pigment content in flowering Chinese cabbage under two shading conditions

品种 Variety	遮阴网 的类型 Type of shading net	Chl a mg/g	Chl b mg/g	Car mg/g	Chl a+b mg/g	Chl a/b
华夏 50 天 Huaxia 50 d	白网	1.32±0.04	0.57±0.05	0.23±0.01	1.90±0.09	2.31±0.11
	黑网	1.34±0.10	0.61±0.05	0.22±0.01	1.95±0.15	2.22±0.07
特青迟心 Teqingchixin	白网	1.38±0.12	0.63±0.07	0.24±0.00	2.01±0.19	2.19±0.08
	黑网	1.41±0.02	0.65±0.01	0.23±0.01	2.07±0.03	2.16±0.02
四九-19 Sijiu-19	白网	1.22±0.08	0.50±0.04	0.22±0.01	1.71±0.12	2.46±0.03
	黑网	1.08±0.11	0.46±0.03	0.19±0.02	1.55±0.15	2.33±0.11

2.3 遮阴对菜心叶绿素荧光参数的影响 由表 3 可知,黑色遮阴网处理的 3 个菜心品种的 F_o 、 F_m 均较白网增加,增加幅度均表现为四九-19>华夏 50 天>特青迟心,四九-19 和华夏 50 天不同处理间 F_o 有显著差异,四九-19 不同处理间 F_m 值表现显著差异;黑网处理的 3 个菜心品种 F_v/F_m 、 $\Delta F/F_m'$ 、

F_v'/F_m' 均较白网降低,下降幅度表现为四九-19>华夏 50 天>特青迟心,处理间无显著差异;黑网内 3 个菜心品种的 ETR 分别较白网增加,增加幅度为特青迟心>华夏 50 天>四九-19,其中特青迟心和华夏 50 天增加达显著水平;黑网内 3 个菜心品种的 qP 分别较白网降低,降低幅度为四九-19>特青

迟心>华夏 50 天,处理间差异不显著;黑网内华夏 50 天和特青迟心的 NPQ 较白网显著增加,而四九-19 的 NPQ 较白网显著降低。

表 3 2 种遮阴条件下菜心叶绿素荧光参数差异

Table 3 Difference of chlorophyll fluorescence parameters of flowering Chinese cabbage under two shading conditions

品种 Variety	遮阳网 的类型 Type of shading net	F_o	F_m	F_v/F_m	$\Delta F/F_m'$	F_v'/F_m'	ETR	qP	NPQ
华夏 50 天 Huaxia 50 d	白网	32.33±1.53 b	292.33±19.22 a	0.89±0.00 a	0.82±0.01 a	0.65±0.01 a	4.75±0.19 b	0.79±0.00 a	0.36±0.03 b
	黑网	38.33±2.52 a	317.33±16.26 a	0.88±0.03 a	0.80±0.02 a	0.60±0.03 a	5.60±0.19 a	0.75±0.06 a	0.70±0.06 a
特青迟心 Teqingchixin	白网	40.33±8.39 a	322.67±22.34 a	0.86±0.01 a	0.81±0.01 a	0.66±0.03 a	4.67±0.16b	0.72±0.02 a	0.33±0.03 b
	黑网	44.00±3.61 a	335.67±24.01 a	0.85±0.00 a	0.80±0.02 a	0.63±0.02 a	5.81±0.30 a	0.68±0.02 a	0.78±0.01 a
四九-19 Sijiu-19	白网	24.67±1.52 b	236.67±10.79 b	0.90±0.01 a	0.84±0.01 a	0.64±0.03 a	4.27±0.28 a	0.76±0.04 a	0.41±0.04 a
	黑网	30.67±4.04 a	283.00±22.63 a	0.88±0.03 a	0.80±0.01 b	0.56±0.07 a	4.89±0.56 a	0.69±0.08 a	0.35±0.04 b

注:同列不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著
Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

2.4 遮阴对菜心光谱特征的影响 由图 1 可知,华夏 50 天和四九-19 菜心叶片光谱反射率曲线形状相似,与特青迟心差异较大。近红外区域(750~1 000 nm),黑网的光谱反射率明显高于白网处理,在绿峰区域(550 nm 附近)的反射率差异则不明显;特青迟心在绿峰区域表现为黑网明显高于白网处理,而在近红外区域则无明显差异。

华夏 50 天和四九-19 菜心的红边幅值表现为黑网较白网明显增加,但红边位置并未发生变化;特青迟心的红边幅值差异较小,但红边位置向蓝光方向偏移,出现“蓝移”现象。

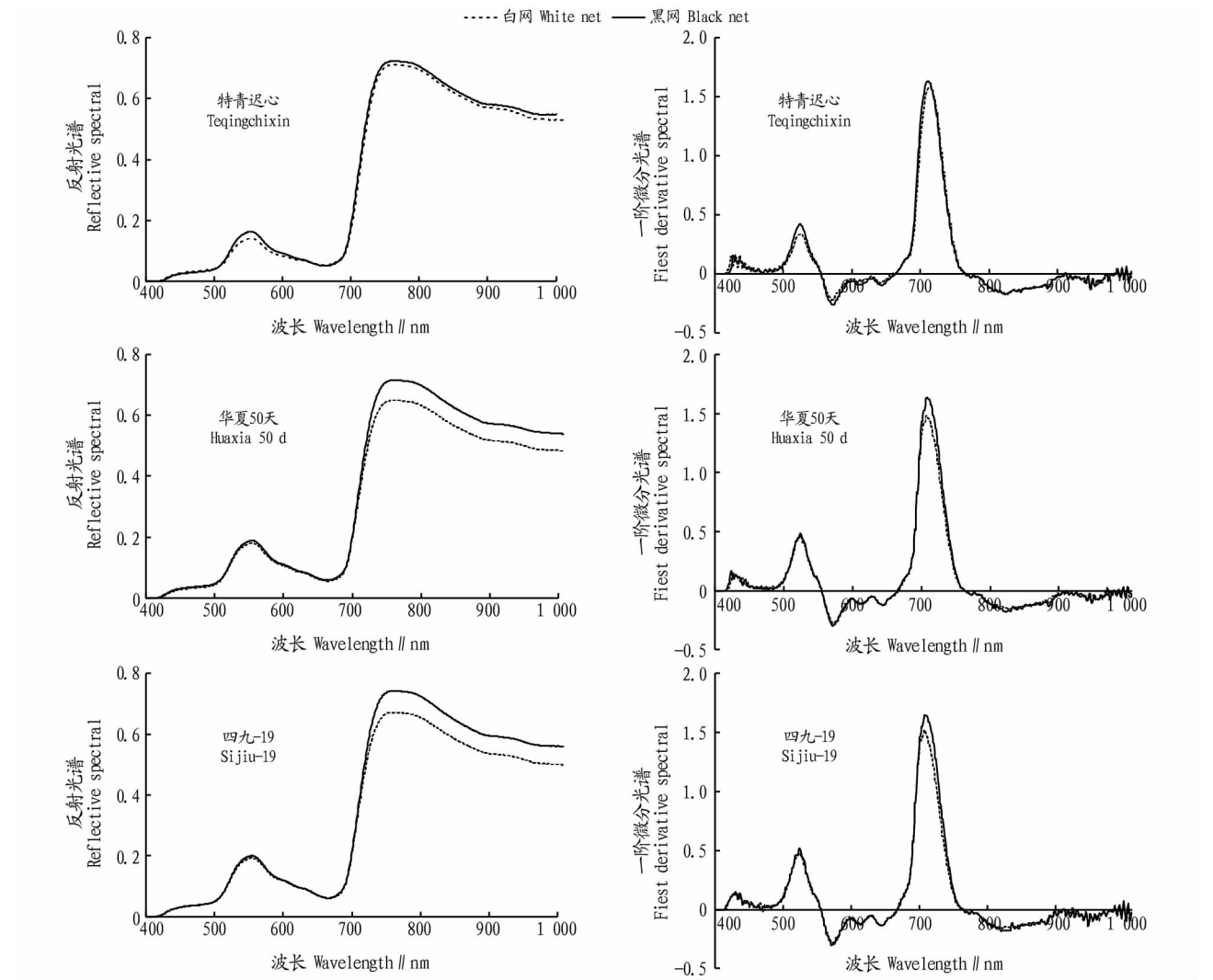


图 1 2 种遮阴条件下不同品种菜心光谱反射率及一阶微分光谱

Fig. 1 Spectral reflectance and the first derivative spectra of different varieties of flowering Chinese cabbage under two shading conditions

3 讨论与结论

遮阴对作物生长的影响因作物品种、遮阴度和遮阴时间的不同,结果有差异。该研究黑网处理的 3 个品种菜心的株高、茎粗、叶数、地上部鲜重、地上部干重和地下部干重均较白网下降,下降幅度表现为四九-19>华夏 50 天>特青迟心,由此说明,透光率 38.4% 的黑色遮阳网不利于菜心的生长,不同品种耐阴性存在差异性,生长期短的速生型菜心品种需光性较强,受弱光影响大于生长期长的慢生型品种。

植物在一定范围内对光环境有很强的自我适应与调节能力,一些植物在弱光下会通过合成大量的叶绿素去捕获更多的光能,但不同光反应类型的品种间存在差异^[10]。该研究中特青迟心和华夏 50 天菜心在弱光条件下叶绿素含量增加,四九-19 菜心在弱光条件下叶绿素含量降低,但叶绿素 a/b 均下降,说明弱光条件下不同品种光合色素含量的变化不尽相同,进一步证明了叶绿素 b 在植物适应弱光环境中的重要性。前人研究认为遮阴增加了植株叶片 F_o 和 F_m ,降低 $\Delta F/F_m'$ 、ETR 和 qP ^[11-13],该研究遮阴使菜心 F_o 、 F_m 和 ETR 增加,使 $\Delta F/F_m'$ 、 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 和 qP 降低,与前人研究结果不尽相同,可能是不同遮阴程度及夏季高温影响所致。

光谱反射率、红边幅值和红边位置差异体现了叶片的结构状态。在植物生长旺盛叶绿素含量高时,红边位置向长波方向移动,称之为“红移”,反之,称之为“蓝移”。该研究结果表明,遮阴提高了菜心在近红外波段的光谱反射率,红边幅值均较对照提高,原因可能是遮阴避免强光对叶片细胞结构的破坏,叶片衰老程度降低。这也说明了遮阴处理虽不能满足菜心生长的光能需要,但有利于夏季避免叶片结构的光损害。

(上接第 44 页)

范,追踪多年大田数据,为蔗区选种提供更准确的品种适应性、稳定性及丰产性数据。桂糖 43 号综合排名第三,产量排名第三,含糖量排名第三,但蔗糖分排名第八,比对照低 1.0 百分点,不建议在当地推广。但其产量、含糖量均高于新台糖 22 号,可在不同地点设立小区试验,观察不同年份糖分变化情况,提供更全面的品种适应性数据,以便获得更准确的结论。桂糖 40 号综合排名第四,综合适应性指数 1.25,产量排名第四,含糖量排名第四,蔗糖分排名第三,比对照高 0.58 百分点,含糖量排名第四,适于在当地进行推广。桂糖 37 号综合适应指数(1.02)与新台糖 22 号相差不大,可作为增加当地品种类型进行小面积推广,同时可通过扩大种植示范面积进一步追踪其表现来确定其大田生产适应性情况。其余品种桂柳二号、粤糖 60 号综合适应指数均低于对照,不建议推广。

该研究比较了 2 种遮阴条件下生长、叶绿素荧光、光合色素及光谱特征方面差异,白色遮阳网优于黑色遮阳网处理,表明过度遮阴不利于菜心生长,且过度遮阴对速生型品种的影响大于慢生型品种,因此,透光率低的黑色遮阳网不适合菜心夏季保护栽培。

参考文献

- [1] ROZENDAAL D M A, HURTADO V H, POORTER L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; Relationships with light demand and adult stature[J]. *Functional ecology*, 2006, 20(2): 207-216.
- [2] PIRES M V, ALMEIDA A A F, FIGUEIREDO A L, et al. Photosynthetic characteristics of ornamental passion flowers grown under different light intensities[J]. *Photosynthetica*, 2011, 49(4): 593-602.
- [3] 李彩斌, 郭华春. 遮光处理对马铃薯生长的影响[J]. *西南农业学报*, 2015, 28(5): 1932-1935.
- [4] 宋艳霞, 杨文钰, 李卓玺, 等. 不同大豆品种幼苗叶片光合及叶绿素荧光特性对套作遮荫的响应[J]. *中国油料作物学报*, 2009, 31(4): 474-479.
- [5] 叶林, 赵霞, 张光弟, 等. 不同遮光处理对大棚越夏硬果番茄筋腐病发生及其产量的影响[J]. *西北农业学报*, 2013, 22(9): 130-135.
- [6] 牟建梅, 储海苹, 刘凤军, 等. 遮阳网覆盖对夏白菜产量和硝酸盐含量的影响[J]. *江苏农业科学*, 2009, 37(5): 167-168.
- [7] 陈丽娜, 陈石, 龙卫平, 等. 遮阳网覆盖对夏季屋顶菜心生长及栽培基质温湿度的影响[J]. *热带作物学报*, 2016, 37(6): 1098-1101.
- [8] 闫秋艳, 宋世威, 刘厚诚, 等. 彩色遮阳网覆盖对菜心生长及光合特性的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2011, 30(1): 44-48.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 134-137.
- [10] 许岳飞, 金品炜, 陈浩, 等. 草坪植物耐弱光机理研究进展[J]. *草地学报*, 2011, 19(6): 1064-1069.
- [11] 吴亚男. 不同玉米品种耐阴性评价及高产群体结构[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2014: 51-78.
- [12] 熊宇, 杨再强, 薛晓萍, 等. 遮光处理对温室黄瓜幼龄植株叶片光合参数的影响[J]. *中国农业气象*, 2016, 37(2): 222-230.
- [13] 周艳虹, 黄黎锋, 喻景权. 持续低温弱光对黄瓜叶片气体交换、叶绿素荧光猝灭和吸收光能分配的影响[J]. *植物生理与分子生物学报*, 2004, 30(2): 153-160.

参考文献

- [1] 王祖斌, 陈强, 韦金凡, 等. 几个甘蔗新品种在广西金光农场的适应性研究[J]. *农业研究与应用*, 2015(3): 15-19.
- [2] 黄曲燕, 李毅杰, 梁强, 等. 不同甘蔗基因型在南宁蔗区的适应性表现[J]. *广西糖业*, 2018(2): 10-13.
- [3] 杨忠伟, 黄海连, 张桂良, 等. 不同甘蔗品种产量品质的比较研究[J]. *江西农业学报*, 2011, 23(4): 15-16, 19.
- [4] 张华, 罗俊, 袁照年, 等. 国家甘蔗区试品种的丰产性及稳定性分析[J]. *热带作物学报*, 2008, 29(6): 744-750.
- [5] 王维赞, 何红, 朱秋珍, 等. 引进甘蔗新品种主要性状及生态适应性评价[J]. *种子*, 2011, 30(2): 72-75, 79.
- [6] 钟坤, 张丹, 刘许辉, 等. 九个甘蔗新品种在桂林地区的适应性观察和评价[J]. *广西植物*, 2018, 38(8): 1050-1055.
- [7] 刘晓燕, 梁强, 陆文娟, 等. 2013—2014 年广西甘蔗品种区域试验总结[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(6): 61-67.
- [8] 韦衍标. 几个甘蔗新品种在崇左蔗区的新植比较试验[J]. *中国糖料*, 2008(1): 39-42.
- [9] 王伦旺, 廖江雄, 谭芳, 等. 高产高糖抗倒伏甘蔗新品种桂糖 42 号的选育及高产栽培技术[J]. *南方农业学报*, 2015, 46(8): 1361-1366.
- [10] 何洪良, 罗晟昇, 唐利球, 等. 甘蔗新品种在桂西南地区的适应性表现[J]. *中国热带农业*, 2015, 65(4): 86-88.