

弱光下黄瓜苗期两个光合性状与 夜间呼吸强度的遗传分析

李建吾¹, 安红伟², 余纪柱³, 毛光志⁴

(1. 河南农业大学 园艺系, 河南 郑州 450002; 2. 河南省科学技术情报研究所, 河南 郑州 450003;
3. 上海农科院园艺所, 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201106; 4. 安阳工学院, 河南 安阳 455000)

摘要: 设施黄瓜的生长和产量对光照有很强的依赖性, 光照不仅是植株进行光合作用的直接能源, 而且对植株的生长发育过程具有重要的调节作用。一般较低的光补偿点与光饱和点是耐阴植物的重要特征, 较耐弱光的品种具有较低的光补偿点, 说明它们对弱光的利用能力较强。以 6 份黄瓜自交系为试材, 采用完全双列杂交 Griffing II 设计配制 15 个组合研究了弱光单一因子条件下黄瓜苗期光补偿点、净光合速率和夜间呼吸强度的配合力及遗传规律, 将 6 个亲本分类并得到 2 个较耐弱光的杂交组合。结果表明, 在 25 ℃ 的条件下, 黄瓜苗期光补偿点的广义遗传力和狭义遗传力分别为 71.75% 和 21.42%, 净光合速率的广义遗传力和狭义遗传力分别为 73.62% 和 0; 20 ℃ 条件下夜间呼吸强度的广义遗传力和狭义遗传力分别为 49.77% 和 20.59%。

关键词: 黄瓜幼苗; 弱光; 光补偿点; 净光合速率; 夜间呼吸强度; 遗传力

中图分类号: S332.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2005)05-0038-04

Genetic Analysis of Two Photosynthetic Traits and Night Respiratory Rate of Cucumber Seedling under Weak Light

LI Jian-wu¹, AN Hong-wei², YU Ji-zhu³, MAO Guang-zhi⁴

(1. Department of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Henan Institute of Science and Technology Information, Zhengzhou 450003, China;

3. Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai Key Protected Horticultural Technology Laboratory, Shanghai 201106, China; 4. Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China)

Abstract: Six cucumber inbred lines were used as materials in the experiment. This paper studied the combining ability and heritability of photosynthetic light compensation point, net photosynthetic rate and night respiratory rate by using complete diallel crossing value of tolerance-weak-light and two hybrids were better than others. The results showed that the broad heritability of photosynthetic light compensation point and net photosynthetic rate under 25 ℃ is separately 71.75% and 73.62%, the narrow heritability of that is separately 21.42% and 0. The broad heritability and narrow heritability of night respiratory rate is separately 49.77% and 20.59%.

Key words: Cucumber seedling; Weak light; Photosynthetic light compensation point; Net photosynthetic rate; Night respiratory rate; heritability

黄瓜是我国主要的设施栽培蔬菜, 它属于较耐阴的作物, 但是光照条件也明显地影响其生长发育^[1]。试验表明, 即使在夏季, 遮光 50% 也会因光

照不足而使其产量下降; 在开花结果期, 连续 3~5 d 光量子通量密度为 20~100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 的弱光照会造成落花落瓜和化瓜^[2]。国内外学者早就注意到光温

收稿日期: 2005-05-12

基金项目: 河南省科技攻关重点项目(0123011000); 新郑沙薄地综合治理项目(20023026)

作者简介: 李建吾(1964-), 男, 河南郑州人, 副教授, 主要从事蔬菜遗传育种和分子生物技术的研究工作; 余纪柱为通讯作者。

互作中光照的重要作用。前人所做的研究表明,在温室生产,尤其是冬春季生产中,光照对作物生长发育的影响更大。Liebig^[3]等的研究结果表明:光照对温室黄瓜产量形成的作用比温度更重要。Warren^[4]认为设施作物的生长和产量对光照有很强的依赖性,光照不仅是植物进行光合作用的直接能源,而且对植物的生长发育过程具有重要的调节作用。光照是影响设施黄瓜生长发育的首要环境因子,弱光使黄瓜生长变慢,化瓜率升高,产量下降^[5]。王永健等人的研究表明,耐低温弱光品种的光补偿点明显低于不耐低温弱光的品种,15℃下光补偿点的遗传符合加性—显性—上位性的参数模型^[6]。一般较低的光补偿点与光饱和点是耐阴植物的重要特征^[7]。睦晓蕾^[8]在100%,70%和35%的自然光强下,发现较耐弱光的甜椒品种具有较低的光补偿点,说明它们对弱光的利用能力较强。但弱光单一因子下黄瓜苗期的光补偿点、净光合速率和夜间呼吸强度方面的遗传研究还未见报道,因此本研究试图对正常温度弱光下,黄瓜苗期这三个性状进行配合力和遗传力的研究,为黄瓜品种的选育提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

试验材料为河南农业大学园艺系提供的黄瓜自交系,编号为51,52,53,58,69,71,均为普通花性自交系。2002年春在河南农业大学农场的大棚内按GriffingII配制了15个杂交组合^[9],亲本自交留种。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 本试验在上海农科院园艺所三连栋大棚内进行。棚内搭一小拱棚,其上覆盖一层旧薄膜,与户外自然光照相比,遮光率约73%。2003年5月12日用营养钵育苗,每份材料育90株,重复3次,每重复30株,随机区组排列。在苗龄15d时,从中随机挑选5株一叶一心的幼苗进行测量。

1.2.2 试验方法 用美国LI-COR公司产的LI-6400便携式光合仪对第1片真叶进行测量,测量净光合速率时叶室温度25℃,数据采集的时间间隔为30s。夜晚8:00–11:00黑暗(光强为0μE/(m²·s))、叶室温度20℃的条件下测量夜间呼吸强度,数据采集的时间间隔为60s。根据不同光强下的净光合速率,用对数函数模型 $Y=A+B\lg X$ 的拟合方程参数计算出光补偿点, Y 为净光合速率, X 为光通量密度。按GriffingII固定模型计算配合力效应;按

GriffingII随机模型估算各遗传参数。

2 结果与分析

表1结果表明:3个性状各亲本及组合间的基因型效应间差异极显著,有必要进行配合力的分析。

表1 黄瓜各组合苗期性状的方差分析

| 项目 Item | 光补偿点 Photosynthetic light compensation point | 夜间呼吸 强度 Night respiratory rate | 净光合速率(μE/(m ² ·s)) Net photosynthetic rate | | | |
|----------------------------|--|---|--|--------|---------|---------|
| | | | 50 | 100 | 150 | 200 |
| 重复间方差 Variance of block | 8.03 | 0.04 | 0.03 | 0.00 | 0.64 | 1.78 |
| F值 Value of F | 0.35 | 1.84* | 0.09 | 0.03 | 2.30* | 2.22* |
| 处理间方差 Variance of cross | 447.72 | 0.09 | 1.03 | 0.88 | 2.96 | 11.35 |
| F值 Value of F | 8.62** | 3.98** | 3.29** | 9.44** | 10.60** | 14.12** |
| 机误 Error | 51.95 | 0.02 | 0.31 | 0.09 | 0.28 | 0.80 |

2.1 一般配合力(GCA)分析

表2说明,光补偿点、净光合速率及夜间呼吸强度的一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA)的差异均极显著或显著,这说明在这些效应间存在差异,可进一步估算各亲本的配合力效应。

表2 配合力方差分析

| 项目 Item | 光补偿点 Photosynthetic light compensation point | 夜间呼吸 强度 Night respiratory rate | 净光合速率(μE/(m ² ·s)) Net photosynthetic rate | | | |
|---------------------------|--|---|--|---------|---------|---------|
| | | | 50 | 100 | 150 | 200 |
| GCA 方差 Variance of GCA | 267.38 | 0.06 | 0.32 | 0.22 | 0.65 | 4.64 |
| F值 Value of F | 15.44** | 768.00** | 3.09* | 7.00** | 6.99** | 17.32** |
| SCA 方差 Variance of SCA | 109.86 | 0.02 | 0.35 | 0.32 | 1.10 | 3.50 |
| F值 Value of F | 6.34** | 2.74** | 3.36** | 10.26** | 11.80** | 13.06** |
| 机误 Error | 17.32 | 0.01 | 0.10 | 0.03 | 0.09 | 0.27 |

光补偿点是负向优势,效应值越低表明其在光补偿点方面作为亲本越好。较低的光补偿点能使植物在弱光条件下充分利用光照条件,较好的生长。净光合速率是正向优势,效应值大表明其在光合作用能力方面是优良亲本。净光合速率越大说明其光合作用能力越强。夜间呼吸强度是负向优势,效应值低表明其在夜间呼吸强度方面是优良亲本。夜间呼吸强度越小,植株在夜间消耗的物质越少。

由表3可知,光补偿点的GCA效应值顺序为58<52<53<71<51<69,只有亲本58与52的效应值为负。经多重比较发现亲本58和52与其他4个亲本

GCA 效应值差异均极显著, 52 与 58 之间没有显著的差异。因此, 亲本 58 与 52 比其他亲本更耐弱光。

表 3 各亲本一般配合力效应值

| Tab. 3 Value of general combining ability | | | | | | | |
|---|--|--|---|-------|-------|-------|--|
| 亲本 Parents | 光补偿点 Photosynthetic light compensation point | 夜间呼吸 强度 Night respiratory rate | 净光合速率($\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) Net photosynthetic rate | | | | |
| | | | 50 | 100 | 150 | 200 | |
| 51 | 3.60 | -0.12 | -0.31 | -0.21 | -0.30 | -0.35 | |
| 52 | -6.50 | -0.06 | 0.24 | 0.18 | -0.32 | -0.86 | |
| 53 | 1.79 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.28 | 0.51 | |
| 58 | -8.03 | -0.04 | 0.20 | 0.19 | -0.11 | -0.76 | |
| 69 | 5.68 | 0.10 | -0.06 | -0.02 | 0.33 | 0.99 | |
| 71 | 3.47 | 0.06 | -0.07 | -0.15 | 0.13 | 0.48 | |

在 50 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 和 100 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 光强下, 亲本 58 与 52 的净光合速率的 GCA 效应值也分别排在前两位, 这与光补偿点的结果相似。但在 150 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 光强下, 亲本 58 与 52 的净光合速率的 GCA 效应值分别为第 4 和第 6。在 200 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 光强下, 亲本 58 与 52 的净光合速率的 GCA 效应值排在最后两位。很明显, 在育种利用价值方面, 亲本 58 与 52 能使后代在弱光下保持较高的净光合速率, 在较高的光强(高于 200 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) 下具有较低的净光合速率。而亲本 71 和 69 则相反, 光补偿点的 GCA 效应值较高, 净光合速率的 GCA 效应值随光强的增加而增大。亲本 53 则不同, 它的光补偿点及 4 种光强下净光合速率的 GCA 效应值均排在前三位, 是个对光照不太敏感的育种材料。亲本 51 光补偿点的 GCA 效应值较高, 但净光合速率的 GCA 效应值始终为负。

夜间呼吸强度的一般配合力效应值的大小顺序为 51< 52< 58< 53< 71< 69。经多重比较发现亲本 69, 71 与亲本 51, 52, 58 的效应值差异均极显著或显著; 亲本 53 与 51 的效应值差异极显著, 与 52 的效应值差异显著。

亲本一般配合力效应值的大小是亲本选择的基础, 对育种具有指导意义, 但两个最大效应值亲本杂交, 未必产生最优的组合, 因此在育种实践中, 必须深入进行组合的特殊配合力分析。

2.2 特殊配合力(SCA)效应值分析

根据光补偿点和净光合速率将表 4 中的各组合分为 4 类: I. 光补偿点的 SCA 效应值较低, 净光合速率的 SCA 效应值随光强的增加而降低或先升高后降低。包括 52 \times 51, 53 \times 51, 71 \times 51, 71 \times 52; II. 光补偿点的 SCA 效应值较高, 净光合速率的 SCA 效应值随光强的增加而增加。包括 71 \times 69, 71 \times 53, 69 \times

53, 69 \times 52, 58 \times 52, 69 \times 51, 58 \times 51; III. 光补偿点的 SCA 效应值较低, 净光合速率的 SCA 效应值始终保持较高值。包括 53 \times 52, 58 \times 53; IV. 净光合速率的 SCA 效应值始终保持较低值。包括 69 \times 58, 71 \times 58。

表 4 各组合的特殊配合力

| Tab. 4 Value of special combining ability | | | | | | | |
|---|--|--|---|-------|-------|-------|--|
| 组合 Cross | 光补偿点 Photosynthetic light compensation point | 夜间呼吸 强度 Night respiratory rate | 净光合速率($\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) Net photosynthetic rate | | | | |
| | | | 50 | 100 | 150 | 200 | |
| 52 \times 51 | -18.37 | -0.12 | 1.19 | 0.56 | -0.24 | -1.06 | |
| 53 \times 51 | -4.55 | -0.10 | 0.56 | -0.01 | -0.37 | -0.53 | |
| 58 \times 51 | 6.66 | 0.16 | -0.35 | 0.49 | 1.30 | 2.24 | |
| 69 \times 51 | 7.88 | -0.12 | -0.62 | -0.23 | 0.46 | 1.08 | |
| 71 \times 51 | -7.84 | -0.10 | 0.23 | -0.19 | -1.72 | -2.76 | |
| 53 \times 52 | 1.10 | -0.07 | 0.40 | 0.78 | 0.95 | 1.97 | |
| 58 \times 52 | 10.71 | -0.03 | -0.09 | 0.44 | 1.23 | 2.53 | |
| 69 \times 52 | 7.26 | -0.17 | -0.03 | -0.05 | 0.52 | 1.32 | |
| 71 \times 52 | -12.75 | 0.02 | -0.02 | 0.38 | 0.49 | -0.66 | |
| 58 \times 53 | 1.06 | 0.11 | 0.13 | 0.30 | 0.60 | 0.71 | |
| 69 \times 53 | 9.89 | -0.20 | -0.66 | -0.53 | -0.16 | 0.32 | |
| 71 \times 53 | 8.15 | -0.11 | -0.07 | -0.02 | 0.84 | 1.72 | |
| 69 \times 58 | 8.48 | 0.10 | -0.34 | -0.20 | -0.74 | -1.57 | |
| 71 \times 58 | -3.55 | -0.01 | -0.09 | -0.30 | -1.44 | -2.28 | |
| 71 \times 69 | 12.41 | 0.20 | -0.74 | -0.66 | -0.42 | 0.15 | |

由表 4 可知夜间呼吸强度的 SCA 效应值较高的组合有 58 \times 51, 71 \times 52, 58 \times 53, 69 \times 58, 71 \times 69, 其余组合 SCA 效应值的夜间呼吸强度的 SCA 效应值均较低。夜间呼吸强度 SCA 效应值较低的组合分属于上述 4 类。

2.3 亲本的特殊配合力方差

为了对亲本进行更可靠的判断, 还需要比较各个亲本在不同组合中性状传递能力是否一致。亲本特殊配合力方差值的大小, 反映各亲本性状传递能力的整齐性, 亲本特殊配合力方差值愈小, 其向子代传递性状的整齐性愈大。

表 5 亲本的特殊配合力方差

| Tab. 5 Variance of parent special combining ability | | | | | | | |
|---|--|--|---|---------|---------|---------|--|
| 亲本 Parents | 光补偿点 Photosynthetic light compensation point | 夜间呼吸 强度 Night respiratory rate | 净光合速率($\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) Net photosynthetic rate | | | | |
| | | | 50 | 100 | 150 | 200 | |
| 51 | 100.019 0 | 0.011 9 | 0.427 9 | 0.119 6 | 0.983 9 | 2.960 2 | |
| 52 | 128.532 2 | 0.006 9 | 0.287 1 | 0.243 5 | 0.569 7 | 2.635 7 | |
| 53 | 32.258 1 | 0.012 8 | 0.156 2 | 0.187 0 | 0.399 1 | 1.464 3 | |
| 58 | 43.743 2 | 0.006 7 | 0.024 2 | 0.121 7 | 1.209 8 | 3.836 2 | |
| 69 | 82.510 5 | 0.023 7 | 0.266 8 | 0.153 4 | 0.219 3 | 1.018 7 | |
| 71 | 86.216 2 | 0.009 5 | 0.092 8 | 0.132 3 | 1.203 8 | 3.165 5 | |

由表 5 可知, 亲本 58 比 52 更能将较低的光补偿点这一性状整齐地传递给下一代, 亲本 53 光补偿点的特殊配合力方差最小。亲本 52 光补偿点的 GCA 效应值很小而特殊配合力方差很大, 在理论上

其后代组合产生较广泛的变异, 其中可能会出现突破性的组合。亲本 53 和 69 在不同的光强下, 净光合速率均具有较低的特殊配合力方差。夜间呼吸强度的特殊配合力方差大小顺序为 58< 52< 71< 51< 53< 69。

2.4 遗传参数的估计

表 6 黄瓜苗期几个生理性状遗传参数的估算
Tab. 6 Genetic parameters of cucumber seedling physiological characters

| 项 目 Item | 表现型方差 Phenotypic variance | 环境方差 Environmental variance | 加性方差 Additive variance | 显性方差 Dominance variance | 广义遗传力(%) Broad heritability | 狭义遗传力(%) Narrow heritability |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 光补偿点 Photosynthetic light compensation point | 183. 87 | 51. 95 | 39. 38 | 92. 54 | 71. 75 | 21. 42 |
| 夜间呼吸强度 Night respiratory rate | 0. 0442 | 0. 0222 | 0. 0091 | 0. 0129 | 49. 77 | 20. 59 |
| 净光合速率 Net photosynthetic rate | 0. 3920 | 0. 1034 | - 0. 0254 | 0. 2886 | 73. 62 | 0 |

净光合速率的加性方差为负值, 可将其看做 0, 这样得到的狭义遗传力为 0。加性方差是亲属间相似的主要原因, 出现这种情况的原因可能是本试验的材料所限, 但也从另一个方面说明该性状主要受非加性基因的控制。

3 结论

根据实验我们发现自交系 52 和 58 是两个耐弱光的优良亲本, 而且夜间呼吸强度的 GCA 效应值和特殊配合力方差均很低, 自交系 53 是个对光照不太敏感的育种材料, 夜间呼吸强度的 GCA 效应值高; 自交系 69 和 71 是不耐弱光的育种材料(200 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 以下表现不好), 光补偿点的 GCA 效应值高, 夜间呼吸强度的 GCA 效应值高; 自交系 51 光补偿点的 GCA 效应值较高; 夜间呼吸强度的 GCA 效应值最低, 特殊配合力方差较大。综合考虑保护地内的实际光照条件, 对光照不敏感的组合 53 \times 52, 58 \times 53 更适合实际生产。

在遗传力方面, 王永健^[6]等研究认为 15 $^{\circ}\text{C}$ 下光补偿点的广义遗传力为 77. 7%, 狭义遗传力为 63. 4%。这与我们的结论有所不同, 我们的结论是在 25 $^{\circ}\text{C}$ 下光补偿点的广义遗传力为 71. 75%, 狭义遗传力为 21. 42%。这说明光补偿点受环境的影响不大, 差异主要是基因型不同所造成, 弱光单一因子

广义遗传力表示个体表现型由其基因型决定的程度, 狭义遗传力表示表现型受到由亲本所传递的基因决定的程度^[5]。按照郭平仲^[9], 刘来福^[10]等的方法进行遗传参数的估算。净光合速率的遗传参数根据 100 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 光强下的数据计算。

25 $^{\circ}\text{C}$ 条件下光补偿点的遗传主要受非加性基因的控制。净光合速率与光补偿点相似, 广义遗传力达到 73. 62%, 狭义遗传力为 0, 主要受非加性基因的控制。这两个性状均适合早代选择和优势育种。夜间呼吸强度的广义遗传力较低, 只有 49. 77%, 狭义遗传力为 20. 59%, 说明夜间呼吸强度受环境的影响较大, 直接选择效果不大。

参考文献:

[1] 北京农业大学. 蔬菜栽培学[M]. 第 2 版. 北京: 农业出版社, 1989. 207- 208.
[2] 日本农业渔村文化协会. 蔬菜栽培生理学基础[M]. 北京: 农业出版社, 1985. 1- 98.
[3] Liebig H P, Knig H. Response of cucumber to climate[J]. Acta Horticulture, 1990, 287: 47- 50.
[4] Warren Wilson. Light interception and photosynthesis efficiency in some glasshouse crops[J]. J Exp Bot, 1992, 43 (248): 363- 373.
[5] 王兴银, 张福瓚. 弱光对日光温室黄瓜光合产物分配的影响[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(5): 36- 41.
[6] 王永健, 姜亦巍, 吴国胜, 等. 黄瓜光补偿点与低温弱光耐受性关系初探[J]. 园艺学报, 1998, 25(2): 199- 200.
[7] 侯兴亮, 李景富, 许向阳. 番茄耐弱光性的研究进展[J]. 中国蔬菜, 1999, (4): 48- 51.
[8] 睦晓蕾, 蒋健箴, 王志源, 等. 弱光对甜椒不同品种光合特性的影响[J]. 园艺学报, 1999, 26(5): 314- 318.
[9] 郭平仲. 数量遗传分析[M]. 北京: 北京师范学院出版社, 1987. 281- 310.
[10] 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京: 农业出版社, 1984. 125- 149.