

弱光胁迫下黄瓜苗期下胚轴性状的遗传分析

李丹丹, 司龙亭, 罗晓梅, 李 涛

(沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110161)

【摘要】 【目的】阐明弱光胁迫下黄瓜下胚轴性状的遗传特点。【方法】以耐弱光黄瓜品系 M_{22} 与不耐弱光黄瓜品系 M_{14} 及其 F_1 、 F_2 、回交世代(B_1 、 B_2)为试验材料,应用 F_2 群体分离分析方法与主基因+多基因模型分析法,于 2007 和 2008 年对弱光(日平均光强为 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)条件下黄瓜的下胚轴长与下胚轴粗进行遗传分析。【结果】群体分离分析结果表明,黄瓜 F_2 代群体中下胚轴粗和下胚轴长性状遗传变异幅度均较小,其中下胚轴粗在 2007 和 2008 年的变异幅度分别为 0.258 和 0.226 cm,下胚轴长分别为 8.5 和 4.5 cm;广义遗传力较低,其中下胚轴粗在 2007 和 2008 年的广义遗传力分别为 0.54 和 0.62,下胚轴长为 0.60 和 0.69,表明不宜在 F_2 代进行性状选择。主基因-多基因遗传分析表明,黄瓜下胚轴粗的遗传受 1 对加性主基因-加性-显性多基因模型 (D_2)控制, B_1 、 B_2 、 F_2 世代主基因遗传率分别为 27.03%,56.25%和 60.38%。下胚轴长遗传受加性-显性-上位性多基因(C_0)控制, B_1 、 B_2 、 F_2 代多基因遗传率分别为 74.38%,63.29%和 83.37%。【结论】下胚轴粗遗传以主基因遗传为主;下胚轴长性状主要由微效多基因控制,受环境影响很大,不宜进行早代选择。

【关键词】 黄瓜(*Cucumis sativus*. L);弱光胁迫;下胚轴长;下胚轴粗;遗传分析

【中图分类号】 S642.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)11-0113-07

Genetic analysis on hypocotyl traits of cucumber seedlings under low light stress

LI Dan-dan, SI Long-ting, LUO Xiao-mei, LI Tao

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: 【Objective】The study was to expatiate the genetic characteristics of hypocotyls in cucumber seedlings under low light stress. 【Method】The materials were inbred lines(M_{22} , M_{14}), their F_1 , F_2 and backcross (B_1 , B_2) generations, in which M_{22} was low light tolerant line and M_{14} sensitive line. Materials were treated by low light with day average light intensity $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ in 2007 and 2008, and hypocotyls of cucumber seedlings were analyzed using F_2 population separated method and major gene plus polygene model genetic methods. 【Result】The separated analysis in F_2 population indicated that the genetic variant range and their heritability(h_B^2) in broad sense were small in 2007 and 2008, the variant range of hypocotyl thickness were 0.258 and 0.226 cm respectively, and range of hypocotyl length were 8.5 and 4.5 cm respectively. In 2007 and 2008 heritability(h_B^2) in broad sense of hypocotyl thickness were 0.54 and 0.62, of hypocotyl length 0.60 and 0.69. All these indicated it's not suitable to choose in F_2 generation. The major gene plus polygene model analysis showed that the heredity of hypocotyls thickness was controlled by a pair of major genes plus additive-dominance-epistasis polygene (D_2). The heredity value for major gene of B_1 , B_2 and F_2 was 27.03%, 56.25% and 60.38% respectively. Heredity of hypocotyls length was controlled by additive-dominance-epitasis model. The heredity value for major gene of B_1 , B_2 and F_2 was 74.38%, 63.29% and 83.37%. 【Conclusion】The hypo-

* [收稿日期] 2009-03-20

[基金项目] 辽宁省“十五”科技攻关项目(2002215004)

[作者简介] 李丹丹(1981—),女,黑龙江泰来人,在读博士,主要从事黄瓜育种研究。E-mail: lidandan342@126.com

[通信作者] 司龙亭(1955—),男,辽宁沈阳人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜育种研究。

cotyls thickness was controlled by major gene and little polygene, and hypocotyls length inheritance was controlled by polygene, affected by environment easily and fit to the later choice.

Key words: cucumber; low light stress; hypocotyls length; hypocotyl thickness; genetic analysis

黄瓜(*Cucumis sativus*, L)属葫芦科 1 年生草本植物,原产于温暖湿润的喜马拉雅山南麓,目前已成为世界性主要蔬菜种类之一。弱光是我国北方地区黄瓜保护地栽培的主要限制因子,因弱光明显抑制黄瓜的生长发育,主要表现为植株质量减轻、茎变细、产量降低、畸形瓜率升高等,严重时还会造成减产甚至绝产^[1-2]。国内外有关黄瓜弱光方面的研究,多集中在弱光评价指标确定及评价体系的建立等方面^[3],近年来对黄瓜在低温弱光条件下有关生长及生理指标的遗传规律也有研究报道,主要为低温与弱光互作下各指标的遗传分析^[4];但对单一弱光条件下各指标的遗传研究不多,仅见余纪柱等^[5]对弱光下黄瓜苗期形态指标配合力方面的遗传研究,及李建吾等^[6]对弱光下黄瓜几个生理指标的配合力研究。可见,目前对黄瓜耐弱光性的遗传研究,主要是对各指标的一般配合力与特殊配合力分析,而未对其遗传参数进行综合分析并深入阐述其遗传机制。黄瓜育种目标除了要求进行抗病虫等性状的改良外,还要注重对株高、叶柄长、节间距、茎粗等株型相关性状的改良,并明确这些性状的遗传特点。本研究应用主基因-多基因混合遗传分析方法,对弱光条件下黄瓜下胚轴性状进行遗传分析,深入探讨此性状的遗传效应及其表现,以期从基因作用方面阐明黄瓜耐弱光性状的遗传机制。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为高代纯合的黄瓜自交系(自交 7 代以上),由沈阳农业大学黄瓜育种课题组提供。前期通过耐弱光指数和形态指标筛选出耐弱光品系 M₂₂(P₁)和不耐弱光品系 M₁₄(P₂),杂交获得 F₁,F₁ 自交并与其亲本进行回交,分别获得 F₂、B₁ 和 B₂ 群体。

1.2 试验设计与方法

2007-05 在沈阳农业大学试验基地温室内播种黄瓜品系 M₂₂ 和 M₁₄ 6 个世代的种子,试验采用随机区组设计,3 次重复。P₁、P₂、F₁ 每小区种植 10 株, B₁、B₂ 每小区种植 20 株, F₂ 每小区种植 40 株,单株播种于 8 cm×8 cm 的营养钵中,营养钵间距 5 cm,小区间设置保护行。待黄瓜幼苗长至一叶一心时用

双层黑色遮阳网进行遮光处理,日平均光强为 100 μmol/(m²·s)。2008-10 重新播种 P₁、P₂ 与 F₂ 代的种子,试验设计同 2007 年。

遮光 30 d 后除去边株,随机取样,用游标卡尺测定下胚轴粗,用直尺测定下胚轴长。

1.3 数据分析

采用 SAS 统计软件进行方差分析,根据方差分析结果按下式计算广义遗传力(h_B^2)与遗传变异系数(GCV)^[7-8]:

$$h_B^2 = \sigma_g^2 / [\sigma_g^2 + (\sigma_e^2 / r)],$$

$$GCV = (\sigma_g^2 / x) \times 100\%.$$

式中: σ_g^2 为遗传方差, σ_e^2 为环境方差, r 为试验重复数, x 为性状平均值。

采用盖钧镒^[9]的数量性状世代联合分析方法,分析下胚轴性状的遗传。首先通过极大似然法和迭代 ECM 算法 (IECM) 估计混合分布中的有关成分分布参数,然后再通过模型选择信息量准则值 (AIC) 的判别和一组适合性测验: U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2 (均匀性检验) 及 W^2 和 D_n 检验,选择最优遗传模型及其相应的一组成分分布参数,估计主基因和多基因的效应值。其中 AIC 值和适合性测验的 U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2 、 W^2 和 D_n 由主基因+多基因软件计算得出,计算软件由南京农业大学提供。

2 结果与分析

2.1 黄瓜 M₂₂×M₁₄ F₂ 代群体下胚轴性状的分离分析

黄瓜 M₂₂×M₁₄ 亲本自交系及其 F₂ 群体下胚轴性状的方差分析结果见表 1。由表 1 可知,两亲本间幼苗下胚轴粗及下胚轴长的差异在 2007 和 2008 年的试验中均达极显著或显著水平。说明亲本间幼苗下胚轴粗及下胚轴长存在着真实的遗传差异,可以进行遗传分析。F₂ 代分离群体的遗传分析表明,2007 和 2008 年,黄瓜下胚轴粗和下胚轴长的表型变异幅度较小,其中下胚轴粗变异幅度分别为 0.258 和 0.226 cm;下胚轴长变异幅度分别为 8.5 和 4.5 cm,黄瓜下胚轴粗与下胚轴长在不同年份间的遗传变异系数均很小,说明遗传变异小;广义遗传力在 0.60 左右,其中 2008-11-10 黄瓜下胚轴长的广义遗传力达到了 0.69。

表 1 黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ F_2 代群体下胚轴性状的方差分析及遗传力计算Table 1 Variance analyses on hypocotyls and heritability of F_2 population for cross $M_{22} \times M_{14}$ in cucumber

性状 Trait	日期 Date	亲本 Parent		F_2 世代 F_2 generation					
		测定值/cm Test value		F-值 F-value	均值/cm Mean	变异幅度/cm Variation range	F-值 F-value	广义遗传力 h_B^2	遗传变异系数/% GCV
		M_{22}	M_{14}						
下胚轴粗 Hypocotyls thick	2007-08-06	0.529	0.446	157.25**	0.535	0.390~0.648	14.27**	0.54	1.7
下胚轴粗 Hypocotyls thick	2008-11-10	0.408	0.306	86.53**	0.301	0.184~0.410	2.11**	0.62	1.1
下胚轴长 Hypocotyls length	2007-08-06	5.62	8.68	30.80**	7.08	5.0~13.5	14.13**	0.60	11.6
下胚轴长 Hypocotyls length	2008-11-10	4.69	6.18	18.70*	5.22	3.1~7.6	6.71**	0.69	9.5

注: * 代表 0.05 水平显著; ** 代表 0.01 水平显著。表 6 同。

Note: * The significant level is at $P \leq 0.05$, ** The significant level is at $P \leq 0.01$. The same as table 6.

2.2 黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ 6 个世代的主基因+多基因遗传模型分析

2.2.1 各世代幼苗下胚轴性状的分布频次 由表 2 和表 3 可知, M_{22} (P_1) 下胚轴粗平均为 0.529 cm, 下胚轴长平均为 5.62 cm; M_{14} (P_2) 下胚轴粗平均为 0.446 cm, 下胚轴长平均为 8.68 cm。 F_1 下胚轴

粗平均为 0.495 cm, 接近于小值亲本; 分离世代在下胚轴各粗度段呈正态与偏正态分布, 说明有主基因存在。 F_1 下胚轴长平均值为 8.11 cm, 趋近于大值亲本。 B_1 、 F_2 的下胚轴长在各长度段呈现偏正态分布, B_2 世代呈双峰分布, 可能有主基因存在。

表 2 黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ 6 个世代下胚轴粗的分布频次Table 2 Frequency distribution in 6 family generations of hypocotyls thick for cross $M_{22} \times M_{14}$ in cucumber

世代 Generation	下胚轴粗/cm Hypocotyls thickness										均值/cm Average
	≤ 0.400	>0.400 ~ 0.430	>0.430 ~ 0.460	>0.460 ~ 0.490	>0.490 ~ 0.520	>0.520 ~ 0.550	>0.550 ~ 0.580	>0.580 ~ 0.610	>0.610 ~ 0.640	>0.640 ~ 0.670	
P_1			1	1	9	8	7	4	2		0.529
P_2	3	7	9	8	2	1					0.446
F_1	1	3	2	7	10	4	2	1			0.495
B_1	1	1	4	9	14	11	9	8	3		0.535
B_2	1	3	5	9	10	13	12	4	2	1	0.546
F_2	1	8	8	10	21	18	24	19	10	1	0.520

表 3 黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ 6 个世代下胚轴长的分布频次Table 3 Frequency distribution in 6 family generations of hypocotyls length for $M_{22} \times M_{14}$ in cucumber

世代 Generation	下胚轴粗/cm Hypocotyls thickness								均值/cm Average
	≤ 4.0	>4.0 ~ 5.0	>5.0 ~ 6.0	>6.0 ~ 7.0	>7.0 ~ 8.0	>8.0 ~ 9.0	>9.0 ~ 10.0	>10.0 10.1~	
P_1		10	9	9	1				5.62
P_2			1		8	10	5	5	8.68
F_1		2	5	6	5	5	5	2	8.11
B_1	1	12	18	13	11	4			7.91
B_2	1	9	13	9	13	11	4		6.17
F_2	1	2	19	48	31	11	5	2	6.68

2.2.2 遗传模型的选择 用植物数量性状主基因+多基因遗传模型的多世代联合分析方法, 对黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ 6 个家系世代群体的下胚轴性状进行分析, 得到 1 对主基因(A)、2 对主基因(B)、多对基因(C)、1 对主基因+多基因(D)和 2 对主基因+多基因(E)5 类共 24 种遗传模型的极大似然函数

值和 AIC 值。比较模型所得的 AIC 值, 选出 3 个较小 AIC 值的模型列于表 4, 其中下胚轴粗初选 D_2 为最适模型, 即 1 对加性主基因+加性-显性多基因模型; C_0 为下胚轴长最适模型, 初步推断下胚轴长为加性-显性-上位性多基因遗传。

表 4 黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ 下胚轴性状遗传模型的极大似然函数值和 AIC 值Table 4 Maximum likelihood estimates and AIC values of hypocotyls for cross $M_{22} \times M_{14}$ in cucumber

下胚轴粗 Hypocotyls thick			下胚轴长 Hypocotyls length		
模型 Model	最大似然值 Max-likelihood-value	AIC 值 AIC value	模型 Model	最大似然值 Max-likelihood-value	AIC 值 AIC value
C_0	492.106 5	-964.213	C_0	-548.770 2	1 117.54 0
D_2	493.672 0	-971.344	D_0	-546.852 8	1 117.706
D_4	491.514 5	-970.938	E_1_0	-542.470 6	1 120.94 1

表 5 黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ 下胚轴粗备选模型的适合性检验Table 5 Test for goodness of hypocotyls thick fit to standby model for cross $M_{22} \times M_{14}$ in cucumber

模型 Model	世代 Generation	统计量 Statistics				
		U_1^2	U_2^2	U_3^2	${}_nW^2$	D_n
C_0	P ₁	0.009(0.922 6)	0.045(0.832 7)	0.220(0.639 4)	0.038 8	0.095 7
	P ₂	0.030(0.863 4)	0.015(0.901 8)	0.030(0.862 7)	0.072 3	0.128 4
	F ₁	0.178(0.673 0)	0.209(0.647 5)	0.038(0.845 6)	0.095 3	0.144 0
	B ₁	0.003(0.957 6)	0.001(0.972 0)	0.004(0.947 9)	0.023 7	0.057 1
	B ₂	0.068(0.793 6)	0.128(0.720 3)	0.175(0.675 3)	0.091 3	0.086 8
	F ₂	0.167(0.682 7)	0.251(0.616 6)	0.176(0.674 9)	0.086 8	0.064 4
D_2	P ₁	0.291 (0.586)	0.282(0.595 3)	0.001(0.971 9)	0.068 4	0.110 5
	P ₂	0.522(0.469 8)	0.289(0.591 1)	0.423(0.515 4)	0.140 2	0.169 8
	F ₁	0.110(0.740 3)	0.209(0.647 9)	0.295(0.587 2)	0.095 0	0.146 0
	B ₁	0.751(0.386 3)	0.671(0.412 5)	0.006(0.938 1)	0.091 4	0.075 3
	B ₂	0.253(0.615 2)	0.301(0.583 5)	0.061(0.805 5)	0.108 7	0.096 6
	F ₂	0.010(0.920 5)	0.009(0.922 9)	0.329(0.566 1)	0.018 9	0.038 4
D_4	P ₁	0.296(0.586 7)	0.301(0.583 1)	0.008(0.928 5)	0.068 7	0.109 2
	P ₂	0.506(0.477 0)	0.290(0.590 1)	0.359(0.548 9)	0.137 4	0.169 8
	F ₁	0.117(0.732 7)	0.205(0.650 9)	0.237(0.626 0)	0.094 3	0.145 4
	B ₁	0.750(0.386 4)	0.674(0.411 8)	0.005(0.942 9)	0.091 3	0.075 4
	B ₂	0.183(0.668 6)	0.280(0.596 6)	0.211(0.645 8)	0.107 2	0.095 5
	F ₂	0.013(0.910 1)	0.011(0.915 0)	0.000(0.991 4)	0.020 2	0.039 3

注: U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2 . 适合性检验参数,由主基因+多基因软件计算得出,括弧内数字为适合性检验标准值。

Note: U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2 . Fit test parameter, calculated by major plus poly gene software. Numbers in bracket were criterion of fit test. The same below.

表 6 黄瓜组合 $M_{22} \times M_{14}$ 下胚轴长备选模型的适合性检验Table 6 Test for goodness of hypocotyls length fit to standby model for cross $M_{22} \times M_{14}$ in cucumber

模型 Model	世代 Generation	统计量 Statistics				
		U_1^2	U_2^2	U_3^2	${}_nW^2$	D_n
C_0	P ₁	0.019(0.889 6)	0.559(0.454 8)	6.014 *	0.212 8	0.198 0
	P ₂	0.055(0.813 9)	0.043(0.834 9)	3.046(0.080 9)	0.093 0	0.144 6
	F ₁	0.001(0.971 6)	0.008(0.927 7)	0.051(0.821 7)	0.050 3	0.098 8
	B ₁	0.048(0.825 8)	0.001(0.979 5)	0.562(0.453 4)	0.071 2	0.091 5
	B ₂	0.013(0.909 6)	0.002(0.962 3)	0.396(0.529 4)	0.052 9	0.087 7
	F ₂	0.905(0.341 6)	2.190(0.138 9)	5.00 1 *	0.454 9 * *	0.128 2 * *
D_0	P ₁	0.029(0.864 2)	0.428(0.512 9)	3.82 1(0.050 6)	0.166 6	0.177 5
	P ₂	0.065(0.798 2)	0.113(0.736 7)	5.453 *	0.137 0	0.165 1
	F ₁	0.003(0.954 5)	0.001(0.971 5)	0.133(0.715 8)	0.053 8	0.094 4
	B ₁	0.048(0.825 8)	0.001(0.979 6)	0.133(0.715 8)	0.071 2	0.091 5
	B ₂	0.027(0.870 4)	0.003(0.954 3)	0.162(0.687 4)	0.045 3	0.082 5
	F ₂	1.261(0.261 5)	3.289(0.069 8)	8.436 * *	0.555 8 * *	0.140 3 * *
E_1_0	P ₁	0.034(0.853 0)	0.380(0.537 6)	3.056(0.0804)	0.152 1	0.169 5
	P ₂	0.004(0.946 5)	0.149(0.699 3)	6.572 *	0.156 9	0.173 1
	F ₁	0.048(0.825 9)	0.007(0.932 5)	0.358(0.549 6)	0.058 8	0.101 2
	B ₁	0.034(0.854 4)	0.001(0.979 6)	0.562(0.453 3)	0.071 2	0.091 4
	B ₂	0.393(0.530 5)	0.005(0.941 1)	0.172(0.678 0)	0.048 5	0.077 1
	F ₂	0.393(0.530 5)	1.269(0.259 9)	4.314 *	0.278 8 *	0.103 8

从上述 3 个备选模型中选择最佳模型,是以一组适合性检验结果(表 5,表 6)为依据的,选择统计量达到显著水平个数最少的模型作为最佳模型。表 5 显示,3 个备选模型均未达到显著水平,根据 AIC 值最后确定 D₂ 为黄瓜下胚轴粗遗传的最适模型。由表 6 可知,D₀ 模型达到显著水平的统计量有 4 个,其中 1 个显著,3 个极显著;D₃ 模型有 3 个显著;C₀ 模型有 2 个显著,2 个极显著,且大部分统计量的概率均高于其他模型。最后根据适合性检验,确定 C₀ 模型为黄瓜下胚轴长遗传的最适模型,即加性-显性-上位性多基因遗传模型。

2.2.3 最适模型的遗传参数估计 由表 7 可知,下

表 7 黄瓜组合 M₂₂ × M₁₄ 下胚轴粗的遗传参数估计值

Table 7 Estimate of genetic parameter of hypocotyls thickness for cross M₂₂ × M₁₄ in cucumber

一阶参数 1st Parameter	一阶参数估计值 1st Parameter estimate	二阶参数 2nd Parameter	二阶参数估计值 2nd Parameter estimate		
			B ₁	B ₂	F ₂
<i>m</i>	0.491 4	σ_p^2	0.0037	0.004 8	0.005 3
<i>d</i>	0.121 8	σ_{mg}^2	0.00 1	0.002 7	0.003 2
[<i>d</i>]	-0.083 9	σ_{pg}^2	0.000 6	0.000 0	0.000 0
[<i>h</i>]	0.041 9	σ_e^2	0.002 1	0.002 1	0.002 1
		$h_{mg}^2 / \%$	27.03	56.25	60.38
		$h_{pg}^2 / \%$	16.22	0	0
		$(1 - h_{mg}^2 - h_{pg}^2) / \%$	56.76	43.75	39.62

注:*m*. 均值;*d*. 主基因加性效应;[*d*]. 多基因加性效应;[*h*]. 多基因显性效应; σ_p^2 . 表型方差; σ_{mg}^2 . 主基因方差; σ_{pg}^2 . 多基因方差; σ_e^2 . 环境方差; h_{mg}^2 . 主基因遗传率; h_{pg}^2 . 多基因遗传率。下表同。

Note: *m*. Average; *d*. Major gene additive effect; [*d*]. Poly-gene additive effect; [*h*]. Poly-gene dominance effect; σ_p^2 . Phenotypic variance; σ_{mg}^2 . Major gene variance; σ_{pg}^2 . Poly-gene variance; σ_e^2 . Environmental variance; h_{mg}^2 . Heredity value for major gene; h_{pg}^2 . Heredity value for poly-gene. The same below.

表 8 表明,C₀ 模型(即加性-显性-上位性多基因模型)无主基因存在,因此无关于主基因的分析;B₁、B₂ 和 F₂ 世代多基因遗传率分别为 74.38%,

胚轴粗的主基因加性效应(*d*)值为 0.121 8;多基因加性效应([*d*])、显性效应([*h*])分别为 -0.083 9 和 0.041 9,效应值均很小,说明基因之间的相互作用很小。分离世代 B₂ 和 F₂ 的主基因遗传率(h_{mg}^2)均高于 50%,其中 F₂ 代主基因遗传率最高为 60.38%,且 B₂、F₂ 的主基因遗传率显著高于多基因遗传率 h_{pg}^2 ;B₁ 世代多基因遗传率很低,B₂、F₂ 2 个世代多基因遗传率更低,均为 0,说明下胚轴粗遗传以主基因遗传为主,多基因效应很小。除 B₁ 世代环境方差占表型方差比例(1 - $h_{mg}^2 - h_{pg}^2$)较大外,其他 2 个世代均在 40%左右,受环境影响较大。

63.29%和 83.37%,可见弱光下黄瓜幼苗下胚轴长受微效多基因控制;此外,B₂ 世代环境方差占表型方差比例较大,为 36.71%。

表 8 组合 M₂₂ × M₁₄ 下胚轴长的遗传参数估计值

Table 8 Estimate of genetic parameter of hypocotyls length for cross M₂₂ × M₁₄ in cucumber

一阶参数 1st Parameter	一阶参数估计值 1st Parameter estimate	二阶参数 2nd Parameter	二阶参数估计值 2nd Parameter estimate		
			B ₁	B ₂	F ₂
<i>m</i> ₁	5.62	σ_p^2	1.530 7	2.158 1	1.757 4
<i>m</i> ₂	8.17	σ_{pg}^2	1.138 5	1.365 8	1.465 2
<i>m</i> ₃	8.68	σ_e^2	39.22	79.23	29.22
<i>m</i> ₄	6.17	$h_{pg}^2 / \%$	74.38	63.29	83.37
<i>m</i> ₅	6.62	$1 - h_{pg}^2 / \%$	25.62	36.71	16.63
<i>m</i> ₆	7.09				

3 讨论

黄瓜耐弱光性状为数量性状。传统的数量遗传学^[10]认为,数量性状受大量微效多基因控制,多个微效基因构成多基因系统,控制数量性状的基因存在很大的效应差异^[11],控制植物数量性状的基因是

少数主基因或(和)大量多基因^[12]。章元明等^[13]发展的主基因与多基因的遗传分析方法,不仅可以检测多基因效应,而且可以鉴别主基因的存在,并估计其遗传效应和方差等遗传参数,阐明主基因与多基因在性状控制方面的作用。该方法已在许多大田作物上得以广泛应用,如冬小麦 PPO 活性^[14]、甘蓝型

油菜千粒质量性状^[15]和茄子果色性状^[16]等的主基因-多基因遗传分析,但此方法在园艺作物上的应用不如作物上广泛。

目前,对黄瓜耐弱光方面的遗传研究很少,而且只是配合力方面的研究,尚未见应用主基因与多基因联合分析方法,对其进行整体遗传参数估计的报道。顾兴芳等^[4]以 6 份保护地黄瓜自交系为试材,采用完全双列杂交设计轮配法配制了 15 个组合,对保护地黄瓜苗期性状进行配合力分析,结果表明,下胚轴长等性状的遗传以加性效应为主,广义遗传力较高。这与本研究结果一致,但本研究进一步区分了主基因与多基因效应,解释了下胚轴性状的遗传机制。本研究结果显示,主基因和多基因在性状遗传控制中所起的作用不同:下胚轴粗的遗传受 1 对主基因控制;下胚轴长受微效多基因控制并存在上位性作用。余纪柱等^[5]认为,黄瓜幼苗性状在单一弱光条件下的遗传以非加性效应为主,下胚轴性状符合加性-显性模型。李建吾等^[17]研究表明,逆境下黄瓜幼苗茎粗与下胚轴长的显性效应显著,特殊配合力高,适合杂种优势育种。由于受环境和试验中存在误差的影响,本试验两种遗传分析方法得到的模型结果相同,但遗传率存在差异,计算出的不同年份研究结果相似,差异不大。因此,在进行杂交育种性状选择时,一定要尽量扩大群体,通过改善环境条件和栽培技术措施,以减少环境误差,使下胚轴性状得到充分表现,提高选择效率。

本研究应用主基因+多基因遗传分析和世代分离分析 2 种遗传分析方法,更好地阐明了黄瓜弱光胁迫下下胚轴性状的遗传机制。本研究结果表明,黄瓜下胚轴粗的遗传受 1 对加性主基因-加性-显性多基因控制,以主基因遗传为主,微效多基因影响不大,加性效应明显,且加性效应由主基因控制;黄瓜下胚轴长为加性-显性-上位性多基因遗传, B_1 、 B_2 、 F_2 分离世代的多基因遗传率均在 60% 以上,环境方差占表型方差比例较大,微效多基因决定下胚轴长遗传,受环境影响较大。黄瓜下胚轴性状在 F_2 代群体中分离程度较小,受环境影响较大,不宜在 F_2 代中进行此性状的选择,应进行晚代选择,加强试验设计和田间管理技术,降低环境差异,提高选择强度。本研究仅对黄瓜一个组合进行了下胚轴粗与下胚轴长的遗传研究,对其他组合后代中的遗传表现有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] 艾希珍,马兴庄,于立明,等. 弱光下长期亚适温和短期低温对黄瓜生长及光合作用的影响 [J]. 应用生态学报,2004,5(11): 2091-2094.
Ai X Z, Ma X Z, Yu L M, et al. Effect of long-term suboptimal temperature and short-term low temperature under low light density on cucumber growth and its photosynthesis [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 5(11): 2091-2094. (in Chinese)
- [2] 王惠哲,庞金安,李淑菊,等. 弱光对春季黄瓜生长发育的影响 [J]. 华北农学报,2005,20(1):55-58.
Wang H Z, Pang J A, Li S J, et al. Effects of low light on growth and development of cucumber in spring greenhouse [J]. Acta Agriculturae North China, 2005, 20(1): 55-58. (in Chinese)
- [3] 陈青君,张峰,王永生,等. 黄瓜耐低温弱光品种的评价体系与应用 [J]. 中国蔬菜,2007(1):9-12.
Chen Q J, Zhang F, Wang Y J, et al. Establishment and application of cucumber variety evaluation system of low temperature and weak light tolerance [J]. China Vegetables, 2007(1): 9-12. (in Chinese)
- [4] 顾兴芳,张春霞,封林林,等. 保护地黄瓜苗期性状遗传分析 [J]. 园艺学报,2002,29(5):443-446.
Gu X F, Zhang C Z, Feng L L, et al. Genetic analysis of some seedling characters in protected cucumber [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2002, 29(5): 443-446. (in Chinese)
- [5] 余纪柱,安宏伟,李健吾,等. 弱光下黄瓜苗期性状的遗传分析 [J]. 上海农业科学,2004,20(4):20-24.
Yu J Z, An H W, Li J W, et al. Genetic analysis for cucumber seedling characters under low light conditions [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2004, 20(4): 20-24. (in Chinese)
- [6] 李建吾,安红伟,余纪柱,等. 弱光下黄瓜苗期几个生理指标的遗传分析 [J]. 上海农业科学,2006,22(1):25-30.
Li J W, An H W, Yu J Z, et al. Genetic analysis of several physiological indexes of cucumber seedlings under low light [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2006, 22(1): 25-30. (in Chinese)
- [7] 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作物数量遗传 [M]. 北京:农业出版社,1984:80-97.
Liu L F, Mao S X, Huang Y Z. Crop quantitative genetics [M]. Beijing: Beijing Agricultural Press, 1984: 80-97. (in Chinese)
- [8] 李加纳. 数量遗传学概论 [M]. 重庆:重庆大学出版社,1995: 138-153.
Li J N. Quantitative genetics generality [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1995: 138-153. (in Chinese)
- [9] 盖钧镒. 植物数量性状遗传体系 [M]. 北京:科学出版社,2003:224-260.
Gai J Y. Genetics system of quantitative traits in plant [M]. Beijing: Beijing Science Press, 2003: 224-260. (in Chinese)
- [10] 马育华. 植物育种的量遗传学基础 [M]. 南京:江苏科学技术出版社,1982:300-332.
Ma Y H. Base on plant breeding quantitative genetics [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1982: 300-

332. (in Chinese)
- [11] 张洁夫, 戚存扣, 溥惠明, 等. 甘蓝型油菜含油量的遗传与 QTL 定位 [J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1495-1501.
Zhang J F, Qi C K, Fu H M, et al. Inheritance and QTL identification of oil content in rapeseed (*Brassica napus* L.) [J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(9): 1495-1501. (in Chinese)
- [12] Peleman J D, Wye C, Zethof J, et al. Quantitative trait locus (QTL) isogenic recombinant analysis: a method for high-resolution mapping of QTL within a single population [J]. Genetics Society of America, 2005, 171(11): 1341-1352.
- [13] 章元明, 盖钧镒, 王建康. 利用 B₁ 和 B₂ 或 F₂ 群体鉴定数量性状主基因-多基因混合遗传模型并估计其遗传效应 [J]. 生物数学学报, 2000, 15(3): 358-366.
Zhang Y M, Gai J Y, Wang J K. Identification of two major genes plus polygenes mixed inheritance model of quantitative traits in B₁ and B₂ and F₂ [J]. Journal of Biomathematics, 2000, 15(3): 358-366. (in Chinese)
- [14] 葛秀秀, 张立平, 何中虎, 等. 冬小麦 PPO 活性的主基因+多基因混合遗传分析 [J]. 作物学报, 2004, 30(1): 18-20.
Ge X X, Zhang L P, He Z H, et al. The mixed inheritance analysis of polyphenol oxidase activities in winter white [J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(1): 18-20. (in Chinese)
- [15] 戚存扣, 盖钧镒, 傅寿仲, 等. 甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.) 千粒重性状遗传体系分析 [J]. 作物学报, 2004, 30(12): 1274-1277.
Qi C K, Gai J Y, Fu S Z, et al. Inheritance and QTL identification of oil content in Rapeseed (*Brassica napus* L.) [J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(12): 1274-1277. (in Chinese)
- [16] 庞文龙, 刘富中, 陈钰辉, 等. 茄子果色性状的遗传研究 [J]. 园艺学报, 2008, 35(7): 979-986.
Pang W L, Liu F Z, Chen Y H, et al. Genetic study on fruit color traits of eggplant [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2008, 35(7): 979-986. (in Chinese)
- [17] 李建吾, 毛光志, 余纪柱, 等. 保护地逆境黄瓜苗期性状配合力分析 [J]. 河南农业科学, 2004(12): 55-59.
Li J W, Mao G Z, Yu J Z et al. Analysis on the combining ability of cucumber seedlings traits under adversity stress on protected land [J]. Henan Agricultural Sciences, 2004(12): 55-59. (in Chinese)
-
- (上接第 112 页)
- [14] Atiyeh R M, Edwards C A, Subler S, et al. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth [J]. Bioresource Technology, 2001, 78: 11-20.
- [15] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1983.
Li Y K. Agricultural chemical conventional analysis methods on soil [M]. Beijing: Science Press, 1983. (in Chinese)
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
Bao S D. Analysis of soil agrochemical [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000. (in Chinese)
- [17] 高俊凤. 植物生理学实验技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
Gao J F. Instructions on plant physiology experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2005. (in Chinese)
- [18] 孙群, 胡景江. 植物生理学研究技术 [M]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006.
Sun Q, Hu J J. Research technologies of plant physiology [M]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University Press, 2006. (in Chinese)
- [19] 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 植物生理实验 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
Hao Z B, Cang J, Xu Z. Plant physiology experiment [M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004. (in Chinese)
- [20] 高新昊, 张志斌, 郭世荣. 玉米与小麦秸秆无土栽培基质的理化性状分析 [J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(4): 131-134.
Gao X H, Zhang Z B, Guo S R. Analysis of physical and chemical properties of straw substrates utilizing of corn and wheat straw [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2006, 29(4): 131-134. (in Chinese)
- [21] 李天林, 沈兵, 李红霞. 无土栽培中基质培选料的参考因素与发展趋势 [J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 1999, 3(3): 250-257.
Li T L, Shen B, Li H X. Reference factors for selecting substrate components and their future trends [J]. Journal of Shihezi University: Natural Science Edition, 1999, 3(3): 250-257. (in Chinese)
- [22] 王建湘, 周杰良. 农作物秸秆在有机生态型无土栽培中的应用研究 [J]. 北方园艺, 2007(4): 7-9.
Wang J X, Zhou J L. Apply study of straws in eco-organic type soilless culture [J]. Northern Horticulture, 2007(4): 7-9. (in Chinese)
- [23] 周艳丽, 程智慧, 孟焕文, 等. 有机基质配比对番茄生长发育及产量和品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(1): 79-82.
Zhou Y L, Cheng Z H, Meng H W, et al. Effects of organic substrate compositions on growth, yield and quality of tomato [J]. Jour of Northwest Sci-Tech Univ of Agri and For: Nat Sci Ed, 2005, 33(1): 79-82. (in Chinese)