

黄瓜苗期低温弱光下耐低温性主基因-多基因联合遗传分析

闫世江¹, 司龙亭², 张建军³, 张继宁¹, 刘洁⁴

(¹山西省农业科学院蔬菜研究所, 太原 030031; ²沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161; ³鞍山市园艺科学研究所, 鞍山 114011;

⁴山西省农业科学院科技情报研究所, 太原 030031)

摘要:选取耐低温弱光性不同的2份黄瓜材料9507、9517及其配制的BC₁、BC₂、F₁、F₂等6个世代,进行低温弱光处理,每天光照处理7.5h,强度为30μmol/m²·s,约合2000lx,白天12℃,晚上8℃,共处理14d。运用主基因-多基因联合遗传模型方法研究耐低温性的遗传规律,并估算遗传参数。结果表明,耐低温性的遗传受2对加性主基因+加性-显性多基因控制,F₁平均值略低于中亲值,主基因的遗传率为62.871%~79.310%,多基因的遗传率为3.448%~7.792%,主基因+多基因的遗传率为74.026%~82.759%,环境方差占表型方差的比率为17.241%~25.974%。即低温弱光条件下环境对耐低温性的遗传起很小作用,对于这个性状适于早代选择。

关键词:黄瓜;耐低温性;主基因-多基因;遗传

Genetic Analysis of Chilling Tolerance of Cucumber Seedling Under Low Temperature and Weak Light Using Major Gene Plus Polygenes Inheritance Model

YAN Shi-jiang¹, SI Long-ting², ZHANG Jian-jun³, ZHANG Ji-ning¹, LIU Jie⁴,

(¹Vegetable Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030031; ²College of Horticulture,

Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161; ³Anshan Horticultural Institute, Anshan 114011;

⁴Information Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030031)

Abstract: Cucumber lines 9507 and 9517 and their 6 generations like BC₁, BC₂, F₁, and F₂ were carried under low-temperature treatments, 12/8℃ in day/night, with 7.5h everyday under the light intensity of 30μmol/m²·s (or 2000 lx) for 14 days, which were difference in tolerance of low temperature and weak light. The dominant and additive effects of chilling tolerance was researched by the major gene - polygenes inheritance model, and the genetic parameters were estimated. The results indicated that the chilling tolerance index was controlled by 2 pairs of additive major genes plus additive - dominance polygenes, and the average of chilling tolerance index of F₁ was higher than midparent value. Heritability of major gene was 62.871% - 79.310%, polygenes was 3.448% - 7.792%, and major gene plus polygenes was 74.026% - 82.759%. In other words, under low temperature condition, the environment plays a little role for the chilling tolerance in *Cucumis sativus* L., which is suitable for being chosen in the early generation.

Key words: Cucumber; Chilling tolerance; Major gene-polygenes; Heredity

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 属葫芦科,在我国种植非常普遍,尤其在北方寒冷地区保护地中所占比

例很大,但其属喜温性蔬菜,对低温的反应很敏感^[1]。遗传分析证实,黄瓜耐低温性属数量性状,

收稿日期:2010-03-26 修回日期:2010-11-24

基金项目:“十五”辽宁省科技攻关课题(2002215004);山西省农业科学院博士基金(ybsjj0909)

作者简介:闫世江,博士,助理研究员,从事蔬菜遗传育种研究。E-mail: syatuyan@163.com

受多基因控制^[2]。前人对其进行整体的遗传效应和环境效应的分析,无法检测单个基因座的遗传效应,对实践的指导意义有限。近年来发展起来的植物数量性状主基因+多基因混合遗传模型分析法^[3]可检测和鉴定数量性状主基因和多基因的存在,并估测其遗传参数,可以从更深层次对这个性状进行研究,已在花生^[4-5]、棉花^[6]等作物的研究中成功应用。黄瓜在低温下相关性状的遗传研究已有报道,纪颖彪等^[7]研究了黄瓜种子低温发芽能力。顾兴芳等^[8]研究了黄瓜种子低温下相对发芽势、相对发芽率、相对发芽指数、相对胚根长度的遗传规律。朱其杰等^[9]研究了黄瓜4个表征耐低温性状(叶面积、全株干重、冷害指数和低温发芽指数)及由这4个性状导出的综合选择指数的遗传参数估计,说明黄瓜耐低温性受环境影响很小,主要由基因型决定。Cai等^[10-11]认为黄瓜幼苗期耐低温性的广义遗传力为93.61%,狭义遗传力为70.33%,主要由加性基因控制。李建吾等^[12]、余纪柱等^[13]、陈青君等^[14]和赵庆媛等^[15]研究了黄瓜低温下间接表征耐低温性的生理指标和产量性状的遗传,表明这些性状的遗传符合加性-显性模型。耐低温性是表征黄瓜耐寒能力的最直接的性状,是鉴定耐低温性的重要指标^[8],运用主基因-多基因联合遗传模型分析方法对其研究的报道较少。本研究以经过多年选育的耐低温性不同的黄瓜高代自交系为亲本,构建 P_1 、 P_2 、 BC_1 、 BC_2 、 F_1 、 F_2 等6个世代,运用主基因-多基因联合遗传分析方法深入探讨这个性状的主要遗传成分及其表现,以期为今后的黄瓜育种提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选择9507(代号 P_1)、9517(代号 P_2)及其作为亲本杂交得到的 F_1 ($P_1 \times P_2$)、 BC_1 ($F_1 \times P_1$)、 BC_2 ($F_1 \times P_2$)、 F_2 ($F_1 \otimes$)等共6个世代。9507、9517由沈阳农业大学园艺学院黄瓜育种课题组提供,均为经多代纯和的自交系,其中9507耐低温性较强,9517耐低温性较弱。均来源于华北型密刺类黄瓜。

1.2 方法

1.2.1 材料种植与性状调查 2006年3月将9507和9517播种于沈阳农业大学园艺学院蔬菜育种基地,1个月后定植于温室,于花期配制 F_1 并留种;同年7月初,将2个亲本与 F_1 播种于温室,1个月后定

植于温室,于花期配制 BC_1 、 BC_2 和 F_2 ,并留种。同年11月份上述6个世代播种于教学主楼实验室, P_1 、 P_2 和 F_1 播种50粒, BC_1 、 BC_2 和 F_2 播种150粒,待其生长至2~3片真叶,放入MLR-350H型人工光照培养箱(日本SANYO公司)对瓜苗进行处理,每天光照处理7.5h,强度为 $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,约合2000lx,白天 12°C ,晚上 8°C ,共处理14d。随机区组设计,3次重复,然后调查耐低温性,分级标准如下:0级,全株受冻死亡或接近死亡;1级,秧苗各叶片普遍受冻,其中3~4叶受冻面积 $>50\%$;2级,秧苗3~5叶受冻,其中2~3叶受冻面积 $>50\%$;3级,秧苗2~4叶受冻,其中1~2叶受冻面积 $>50\%$;4级,秧苗1~2叶受冻,面积约 $20\% \sim 30\%$;5级,秧苗生长正常,无任何受冻症状^[16]。

调查样本数, P_1 、 P_2 和 F_1 各调查30株, BC_1 和 BC_2 各调查100株, F_2 调查120株。

1.2.2 数据分析 采用由南京农业大学盖钧镒等^[3]的植物数量性状主基因+多基因联合遗传模型分析方法,对耐低温性进行分析,通过极大似然法和IECM算法对混合分布中的有关成分分布参数进行估计,然后通过AIC值的判别和一组适应性检验,选择最优遗传模型,并估算遗传参数。

2 结果与分析

2.1 耐低温性6世代次数分布

耐低温性6世代的次数分布见表1,由此表可知,2个亲本具有明显的差异, F_1 略偏向于 P_1 。 BC_1 、 BC_2 和 F_2 等世代群体的分离呈正态分布。因此可继续进行分析。

表1 耐低温性6世代次数分布

Table 1 Frequency distribution in 6 family generations of chilling tolerance

世代 Generation	耐低温性 Chilling tolerance				
	1	2	3	4	5
P_1			2	27	1
P_2	1	28	1		
F_1		2	25	3	
BC_1		10	15	50	25
BC_2	19	51	20	10	
F_2	5	15	80	14	6

由图1可知 P_1 、 P_2 、 BC_1 、 BC_2 和 F_2 等世代在材料间的差异均达到显著水平,因此可进行遗传模型适应性检测。

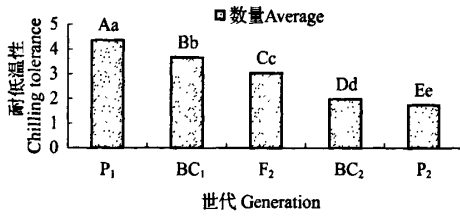


图1 各世代的耐低温性

Fig.1 Chilling tolerance of generations

大、小写字母分别表示差异达1%、5%显著水平
Capital letter indicate significance at 1% level, small letter indicate significance at 5% level

2.2 遗传模型适应性检测

通过对 P₁、P₂、F₁、BC₁、BC₂ 和 F₂ 等 6 世代耐低温性联合分析,分别算出不同模型的极大对数似然值(MLV)和 AIC 值,列于表 2,按照前面提到的有关理论,根据熵最大理论,选择 AIC 值较小的模型作为最适模型。观察发现 E-3 的 AIC 值为 591.899, B-1 的 AIC 值为 609.344, B-3 的 AIC 值为 639.596,由于这 3 个模型的 AIC 值在所有模型中较低,因此初步选取这 3 个模型作为备选模型。E-3 模型代表 2 对加性主基因 + 加性-显性多基因遗传, B-1 和 B-3 模型分别代表 2 对加性-显性-上位性主基因遗传和 2 对加性主基因遗传。

表2 耐低温性各遗传模型的 MLV 值和 AIC 值

Table 2 The Max-log-likelihood values and AIC values in various genetic models of chilling tolerance

模型 Model	极大似然值 MLV	AIC AIC value	模型 Model	极大似然值 MLV	AIC AIC value
A-1	-388.660	785.320	D	-393.967	811.933
A-2	-391.103	788.207	D-1	-397.123	812.247
A-3	-495.558	997.116	D-2	-397.124	810.247
A-4	-536.491	1078.982	D-3	-397.220	810.439
B-1	-294.672	609.344	D-4	-397.093	810.187
B-2	-315.784	643.568	E	-376.075	788.150
B-3	-315.798	639.596	E-1	-371.133	772.265
B-4	-471.230	948.460	E-2	-435.113	892.227
B-5	-561.350	1130.700	E-3	-286.950	591.899
B-6	-565.597	1137.194	E-4	-435.109	886.219
C	-393.960	807.920	E-5	-435.113	888.226
C-1	-435.116	884.232	E-6	—	—

进一步对 3 个备选模型进行适合性检验。选择统计量达到差异显著水平较少的模型作为最适模

型。黄瓜耐低温性备选模型适合性检验见表 3, E-3 模型的 AIC 值最小,达到显著水平的统计量为 18 个, B-1 模型达到显著水平的统计量为 19 个, B-3 模型达到显著水平的统计量为 22 个。由于 E-3 模型的 AIC 值最小,而且达到显著水平的统计量也为最少,所以该组合耐低温性的遗传符合 E-3 模型,即耐低温性受 2 对加性主基因 + 加性-显性多基因遗传控制。

表3 耐低温性备选模型适合性检验

Table 3 Test for goodness of fit to standby model of chilling tolerance

模型 Model	世代 Generation	统计量 Statistic				
		U ₁ ²	U ₂ ²	U ₃ ²	nW ²	Dn
E-3	P ₁	0.008	0.801	10.458 **	1.274 *	0.424 *
	P ₂	2.614	0.381	14.385 **	2.281 *	0.560 *
	F ₁	0.541	9.595 **	91.048 **	1.994 *	0.499 *
	BC ₁	7.612 **	2.660	17.321 **	3.259 *	0.428 *
	BC ₂	83.699 **	56.666 **	28.323 **	0.114	0.563
	F ₂	0.063	0.872	22.176 **	0.245	0.306
B-1	P ₁	0.277	2.400	17.293 **	1.422 *	0.458 *
	P ₂	0.021	1.833	23.497 **	2.037 *	0.473 *
	F ₁	1.720	0.475	61.410 **	1.744 *	0.500 *
	BC ₁	0.222	0.179	12.349 **	2.533 *	0.330 *
	BC ₂	5.961	8.519 **	4.926 *	2.928 *	0.400 *
	F ₂	1.807	0.110	42.686 **	2.989 *	0.315 *
B-3	P ₁	0.227	0.008	4.856 *	1.152 *	0.379 *
	P ₂	0.217	0.502	21.488 **	2.059 *	0.495 *
	F ₁	7.611 **	14.719 **	21.729 **	1.587 *	0.500 *
	BC ₁	2.809	0.459	14.286 **	2.737 *	0.386 *
	BC ₂	76.278 **	45.373 **	47.359 **	9.302 *	0.577 *
	F ₂	0.614	0.001	9.925 **	2.161 *	0.324 *

* 表示在 P=0.05 时差异显著, ** 表示在 P=0.01 时差异显著
* and ** indicate significance at P=0.05 and P=0.01, respectively

2.3 遗传参数估计

在 E-3 模型下,该模型的极大似然估计值见表 4, μ₁、μ₂、μ₃ 为 P₁、P₂、F₁ 世代中的单个主效基因型平均值, μ₄₁、μ₄₂、μ₄₃、μ₄₄、μ₅₁、μ₅₂、μ₅₃ 和 μ₅₄ 为 B₁ 和 B₂ 世代中的 4 种主效基因型平均值, μ₆₁、μ₆₂、μ₆₃、μ₆₄、μ₆₅、μ₆₇、μ₆₈ 和 μ₆₉ 为 F₂ 世代中 9 种主效基因型平均值, σ²、σ₁²、σ₂² 和 σ₃² 分别为 BC₁、BC₂ 和 F₂ 各成分分布方差。

由极大似然估计值按盖钧镒等^[3]的方法计算一阶参数和二阶参数,见表 5,在受 2 对加性主基因 + 加性-显性多基因遗传控制的组合中,中亲值为 3.083,

表 4 耐低温性遗传模型参数的极大似然估计值

Table 4 Maximum likelihood estimates of genetic models of chilling tolerance

参数 Parameter	估计值 Estimate	参数 Parameter	估计值 Estimate	参数 Parameter	估计值 Estimate	参数 Parameter	估计值 Estimate
μ_1	4.844	μ_{44}	3.885	μ_{62}	4.038	μ_{68}	1.970
μ_2	2.927	μ_{51}	2.122	μ_{63}	5.071	μ_{69}	3.004
μ_3	1.317	μ_{52}	3.174	μ_{64}	1.989	σ^2	0.100
μ_{41}	3.886	μ_{53}	1.088	μ_{65}	3.004	σ_4^2	0.130
M_{42}	4.919	μ_{54}	2.122	μ_{66}	4.056	σ_5^2	0.150
M_{43}	2.870	μ_{61}	3.004	μ_{67}	0.936	σ_6^2	0.120

2 对基因的加性效应分别为 1.034 和 -1.277,说明亲本的耐低温性对后代的影响较大,在育种的实践中,要选择耐低温均较强的双亲,以提高后代的耐低温性,多基因加性效应为 1.361,由于主基因起加性作用,因此 2 对基因的显性效应均为 0。但多基因显性效应为正向 0.151,也有一定的作用。

表 5 耐低温性的遗传参数估计值

Table 5 The estimate of genetic parameter of chilling tolerance

一阶参数 1 st Parameter	估计值 Estimate	二阶参数 2 nd Parameter	估计值 Estimate		
			BC ₁	BC ₂	F ₂
m	3.083	σ_p^2	0.385	0.404	0.580
d _a	1.034	σ_{mg}^2	0.255	0.254	0.460
d _b	-1.277	σ_{pg}^2	0.030	0.050	0.020
[d]	1.361	σ^2	0.100	0.100	0.100
[h]	0.151	h_{mR}^2 (%)	66.234	62.871	79.310
h _a	0	h_{pg}^2 (%)	7.792	12.376	3.448
h _b	0	h_{mg+pg}^2 (%)	74.026	75.248	82.759
		$1 - h_{mg+pg}^2$ (%)	25.974	24.752	17.241

分离世代中,可把表型方差分解为 $\sigma_p^2 = \sigma_{mg}^2 + \sigma_{pg}^2 + \sigma^2$,其中 σ_p^2 为表型方差,由该性状的观察值直接计算, σ_a^2 、 σ_b^2 和 σ_c^2 分别为 BC₁、BC₂ 和 F₂ 各成分分布方差,由多基因方差组分和环境方差构成; σ_{mg}^2 为主基因遗传方差, σ_{pg}^2 为多基因遗传方差, σ^2 为环境方差。主基因遗传率 h_{mR}^2 (%) = $\sigma_{mg}^2 / \sigma_p^2$,多基因遗传率 h_{pg}^2 (%) = $\sigma_{pg}^2 / \sigma_p^2$ 。通过这种方法计算二阶参数,主基因遗传率以 F₂ 为最高,达 79.31%,其次为 BC₁ 和 BC₂;多基因遗传率以 BC₂ 为最高。F₂ 主基因 + 多基因遗传率为 82.759%,为三者之最,3 个分离世代的主基因遗传率均比多基因遗传率高。环境方差占表型方差的比率较小,在 17.241% ~ 25.974% 之间波动,说明环境对后代的选择影响较小。

3 讨论

对于黄瓜耐低温性的遗传前人多使用 Hayman 的方法^[17]进行研究,已有报告多集中于耐低温性(或冷害指数、综合抗冷性)的遗传力、遗传模型分析,认为耐低温性的遗传主要由基因型决定,加性基因效应为主,显性基因效应也不容忽视^[9-12]。闫世江等^[2]认为耐低温性的遗传符合加性-显性模型,加性效应和显性效应分别为 0.574 和 0.562,这种方法只使用亲本及 F₁ 的数据,时间短,工作量小,但仅能估算基因总体的效应,不能估算各个基因的作用。本研究运用 6 代实验数据,其结论与上述结论基本一致,而且明确了由几对基因的控制及基因间的关系,认为耐低温性的遗传受 2 对加性主基因 + 加性-显性多基因控制,2 对基因的加性效应分别为 1.034 和 -1.277,多基因加性效应为 1.361,多基因显性效应为正向 0.151。效应值的不同可能是由于选用的材料及处理的方法不同引起的。说明以后在黄瓜耐低温育种中应选择耐低温性较强的材料作亲本,通过杂交育种,聚合优良基因。

本次试验测定了耐低温性,对于表征耐低温性的方法,有学者采用农艺性状和生理指标^[18-19],这些方法人为影响较小,但均为间接指标,不如耐低温性直观明显^[20-21]。许多学者均有自己的分级标准,而且由于是人为确定的指标,难免有误差,这些因素对最后的结论均有影响。本文借鉴查丁石等^[16]的方法制定分级标准,并作了一些改进,该方法只需观察叶片即可,操作简单,误差较小。在以后的研究中,对黄瓜耐低温性的研究要继续深入下去,找到更加准确的鉴定指标,在此过程中,应统一分级标准,这样有利于对材料鉴定和研究结果间的相互比较。以后可以在此基础上构建黄瓜的高密度遗传连锁图谱,进行耐低温性的数量性状位点(quantitative trait

locus, QTL) 定位和精细基因定位, 利用图位克隆方法获得与之相关的重要功能基因, 为分子标记辅助选择育种和转基因育种奠定了基础。

4 结论

本试验的结果表明黄瓜幼苗耐低温性的遗传受 2 对加性主基因 + 加性-显性多基因控制, F_1 平均值略低于中亲值, 主基因的遗传率为 62.871% ~ 79.310%, 多基因的遗传率为 3.448% ~ 7.792%, 主基因 + 多基因的遗传率为 74.026% ~ 82.759%, 环境方差占表型方差的比率为 17.241% ~ 25.974%。主基因 + 多基因的遗传率远大于环境的影响, 因此对于耐低温的选育可在早代进行。

致谢: 南京农业大学章元明老师提供数据分析软件并给予耐心指导, 特此感谢。

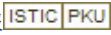
参考文献

- [1] 周长久. 现代蔬菜育种学[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996: 101-103
- [2] 闫世江, 司龙亭, 马志国, 等. 黄瓜苗期耐低温性及相关形态学性状的遗传分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(1): 11-14
- [3] 盖钧镒, 章元明, 王建康. 植物数量性状遗传体系[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 56-58
- [4] 禹山林, 杨庆利, 潘丽娟, 等. 花生种子含油量的遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 453-456
- [5] 韩柱强, 高国庆, 周瑞阳, 等. 龙生型高油酸花生种质油酸亚油酸含量及其比值的遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(1): 17-22
- [6] 马雪霞, 丁业掌, 蒋峰, 等. 亚洲棉纤维品质和产量性状的主基因与多基因遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(2): 212-217
- [7] 纪颖彪, 蔡涑湖, 朱其杰. 黄瓜种子低温发芽能力的配合力和遗传力分析[J]. 中国农业大学学报, 1997, 2(5): 109-114
- [8] 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
- [9] 朱其杰, 高守云, 蔡涑湖, 等. 黄瓜耐冷性鉴定及遗传规律的研究[C]//中国主要蔬菜抗病育种进展: 第一版. 北京: 科学出版社, 1995: 474-462
- [10] Cai Q, Moore G A, Guy C L. An unusual group LFA gene family in citrus responsive to low temperature[J]. Mol Biol, 1995, 54(29): 11-23
- [11] Cai Z H, Zhu Q J, Xu Y. Studies on inheritance of chilling tolerance in cucumber seedling stage[J]. Acta Hort, 1995, 42: 206-213
- [12] 李建吾, 毛光志, 余纪柱, 等. 逆境苗期黄瓜叶片几个生理生化性状的配合力分析[J]. 河南农业大学学报, 2005, 39(1): 57-62
- [13] 余纪柱, 毛光志, 李建吾, 等. 低温弱光逆境下黄瓜苗期 SOD 活性及 MDA 含量的遗传分析[J]. 华中农业大学学报, 2004, 35(12): 292-296
- [14] 陈育君, 张福墁, 王永健, 等. 黄瓜对低温弱光反应的生理特征研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 77-81
- [15] 赵庆媛, 白波. 春大棚黄瓜主要产量性状遗传力的初步研究[J]. 吉林农业科学, 1996, (3): 34-35
- [16] 查丁石, 陈建林, 丁海东. 茄子耐低温弱光鉴定方法初探[J]. 上海农业学报, 2005, 21(2): 100-103
- [17] 李加纳. 数量遗传学概论[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1995: 95-96
- [18] Denms A P M, Smeets L. Analysis of difference in growth of cucumber genotypes under low light conditions in relation to night temperature[J]. Euphyica, 1987, 36: 19-31
- [19] 许勇, 王永健. 黄瓜耐低温研究中几个问题的讨论[C]//中国科协第二届青年学术年会园艺学论文集. 北京: 北京农业大学出版社, 1995: 439-444
- [20] Zhu J K. Genetic analysis of plant chilling tolerance using Arabidopsis[J]. Plant Physiol, 2000, 12: 941-948
- [21] Zhu J K. Plant chilling tolerance[J]. Trends Plant Sci, 2001, 6: 66-71

黄瓜苗期低温弱光下耐低温性主基因-多基因联合遗传分析

作者: [闫世江](#), [司龙亭](#), [张建军](#), [张继宁](#), [刘洁](#), [YAN Shi-jiang](#), [SI Long-ting](#), [ZHANG Jian-jun](#), [ZHANG Ji-ning](#), [LIU Jie](#)

作者单位: [闫世江,张继宁,YAN Shi-jiang,ZHANG Ji-ning\(山西省农业科学院蔬菜研究所,太原,030031\)](#), [司龙亭,SI Long-ting\(沈阳农业大学园艺学院,沈阳,110161\)](#), [张建军,ZHANG Jian-jun\(鞍山市园艺科学研究所,鞍山,114011\)](#), [刘洁,LIU Jie\(山西省农业科学院科技情报研究所,太原,030031\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) 

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年,卷(期): 2011,12(2)

参考文献(21条)

1. [Zhu J K Plant chilling tolerance 2001](#)
2. [Zhu J K Genetic analysis of plant chilling tolerance using Arabidopsis 2000](#)
3. [许勇 王永健黄瓜耐低温研究中几个问题的讨论 1995](#)
4. [Denms A P M;Smeets L Analysis of difference in growth of cucumber genotypes under low light conditions in relation to night temperature 1987](#)
5. [查丁石;陈建林;丁海东 茄子耐低温弱光鉴定方法初探\[期刊论文\]-海农业学报 2005\(02\)](#)
6. [Cai Q;Moore G A;Guy C L An unusual group LEA gene family in citrus responsive to low temperature 1995\(29\)](#)
7. [朱其杰;高守云;蔡洙湖 黄瓜耐冷性鉴定及遗传规律的研究 1995](#)
8. [顾兴芳;张春震;封林林 保护地黄瓜苗期性状遗传分析\[期刊论文\]-园艺学报 2002\(05\)](#)
9. [纪颖彪;蔡洙湖;朱其杰 黄瓜种子低温发芽能力的配合力和遗传力分析 1997\(05\)](#)
10. [马雪霞;丁业掌;蒋峰 亚洲棉纤维品质和产量性状的主基因与多基因遗传分析\[期刊论文\]-植物遗传资源学报 2008\(02\)](#)
11. [韩柱强;高国庆;周瑞阳 龙生型高油酸花生种质油酸亚油酸含量及其比值的遗传分析\[期刊论文\]-植物遗传资源学报 2010\(01\)](#)
12. [禹山林;杨庆利;潘丽娟 花生种子含油量的遗传分析\[期刊论文\]-植物遗传资源学报 2009\(03\)](#)
13. [盖钧镒;章元明;王建康 植物数量性状遗传体系 2003](#)
14. [闫世江;司龙亭;马志国 黄瓜苗期耐低温性及相关形态学性状的遗传分析\[期刊论文\]-沈阳农业大学学报 2008\(01\)](#)
15. [周长久 现代蔬菜育种学 1996](#)
16. [赵庆媛;白波 春大棚黄瓜主要产量性状遗传力的初步研究\[期刊论文\]-吉林农业科学 1996\(03\)](#)
17. [陈青君;张福漫;王永健 黄瓜对低温弱光反应的生理特征研究\[期刊论文\]-中国农业科学 2003\(01\)](#)
18. [余纪柱;毛光志;李建吾 低温弱光逆境下黄瓜苗期SOD活性及MDA含量的遗传分析\[期刊论文\]-华中农业大学学报 2004\(12\)](#)
19. [李建吾;毛光志;余纪柱 逆境苗期黄瓜叶片几个生理生化性状的配合力分析\[期刊论文\]-河南农业大学学报 2005\(01\)](#)
20. [Cai Z H;Zhu Q J;Xu Y Studies on inheritance of chilling tolerance in cucumber seedling stage 1995](#)
21. [李加纳 数量遗传学概论 1995](#)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201102018.aspx