

徐 强,耿友玲,齐晓花,等. 不同栽培环境下黄瓜果实单宁含量主基因-多基因遗传分析[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):194-197.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.065

不同栽培环境下黄瓜果实单宁含量 主基因-多基因遗传分析

徐 强¹,耿友玲²,齐晓花¹,陈学好¹

(1.扬州大学园艺与植物保护学院,江苏扬州 225009; 2.江苏省淮安市淮安区农机局,江苏淮安 223200)

摘要:选取单宁含量差异明显的 2 份黄瓜材料 DE843(P₁)、EP326(P₂) 及其配组获得的 F₁、BC₁、BC₂、F₂ 等 6 个世代,设置露地和温室 2 种栽培环境,运用主基因-多基因混合数量性状遗传模型方法研究黄瓜果实单宁含量性状的遗传规律,并估算遗传参数。结果表明:黄瓜果实单宁含量性状的遗传符合 2 对加性-显性主基因+加性-显性多基因遗传模型,其中第 1 主基因的加性效应值较大,多基因的加性、显性效应大于第 2 主基因的加性、显性效应。在露地栽培条件下,BC₁、BC₂ 和 F₂ 世代的主基因遗传率分别为 49.465%、32.271% 和 40.413%,多基因遗传率分别为 17.407%、23.787% 和 43.350%,环境方差分别占表型方差的 26.567%、30.105% 和 13.940%;在钢架大棚栽培条件下,BC₁、BC₂ 和 F₂ 世代的主基因遗传率分别为 45.748%、36.596% 和 41.814%,多基因遗传率分别为 19.940%、19.753% 和 41.451%,环境方差分别占表型方差的 26.818%、31.172% 和 14.639%。在品质育种中,F₂ 主基因选择效率最高。

关键词:黄瓜;单宁;主基因-多基因;遗传模型;遗传参数

中图分类号: S642.203.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0194-04

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)起源于喜马拉雅山南麓的热带雨林地区,一年生攀缘性草本蔓生植物,具有产量高、营养丰富、效益好等特点,是世界上栽培最普遍的一种瓜类蔬菜。黄瓜风味品质取决于其本身所含有的挥发性芳香物质及一些非

挥发性呈味物质,如可溶性糖、氨基酸、单宁、有机酸等。在一些植物的果实中,单宁是决定果实涩味程度的关键因素,其含量的高低对果实的口感影响很大。因此研究黄瓜果实单宁含量的遗传特性,对黄瓜品质育种具有重要意义。目前对于黄瓜的遗传研究多集中于农艺性状、抗病性状、果型性状等,关于风味性状的遗传报道不多,主要集中在可溶性总糖、氨基酸含量等性状方面^[1-5]。单宁含量是影响黄瓜果实风味的一个重要性状,对于该性状的遗传少见报道。本研究以经多年选育的单宁含量差异明显的黄瓜自交系为亲本,构建 P₁、P₂、

收稿日期:2014-10-14

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2008360、BE2011314)。

作者简介:徐 强(1966—),男,江苏宜兴人,博士,副教授,从事蔬菜遗传育种研究。Tel:(0514)87979394;E-mail: xuqiang@yzu.edu.cn。

[26]温发园,张永安,王玉珠,等. 微孢子虫防治农业害虫研究进展[J]. 植物保护,2005,31(3):5-10.

[27]施庆华,陈建平,蔡立旺,等. 不同甘薯品种对蛴螬抗性的研究[J]. 作物杂志,2011(5):89-90.

[28]李海涛,姚 江,郭 巍,等. 苏云金芽孢杆菌 *cry2Aa* 基因的克隆、表达与活性[J]. 农业生物技术学报,2005,13(6):787-791.

[29]Bixby A, Alm S R, Power K, et al. Susceptibility of four species of turfgrass - infesting scarabs (Coleoptera: Scarabaeidae) to *Bacillus thuringiensis* serovar *japonensis* strain Buibui [J]. Journal of Economic Entomology, 2007, 100(5): 1604-1610.

[30]张 杰,宋福平,李长友,等. 对鞘翅目害虫高毒力 *Bt* 基因 *cry3Aa7* 的分离克隆及表达研究[J]. 中国农业科学,2002,35(6):650-653.

[31]邱 琳,董 衡,黄 鹍,等. 甘薯 Sporamin 蛋白的功能及其在抗虫转基因植物中的应用[J]. 中国细胞生物学学报,2011,33(6):692-698.

[32]Rasko D A, Alther M R, Han C S, et al. Genomes of the *Bacillus cereus* group of organisms[J]. FEMS Microbiol Rev, 2005, 29(2): 303-329.

[33]徐鸿林,翟红利,王 锋,等. 豇豆胰蛋白酶抑制剂基因(*cpti*)及其在抗虫转基因作物中的应用[J]. 中国农业科技导报,2008,10(1):18-27.

[34]Maeshima M, Sasaki T, Asahi T. Characterization of major proteins in sweet potato tuberous roots [J]. Photochem, 1985, 24: 1899-1902.

[35]Yeh K W, Lin M L, Tuan S J, et al. Sweetpotato (*Ipomoea batatas*) trypsin inhibitors expressed in transgenic tobacco plants confer resistance against *Spodoptera litura* [J]. Plant Cell Rep, 1997, 16: 696-699.

[36]Ding L C, Hu C, Yeh K W, et al. Development of insect-resistant cauliflower plants expressing the trypsin inhibitor gene isolated from local sweet potato [J]. Plant Cell Rep, 1998, 17: 854-860.

[37]Mannion C M, Jansson R K. Within-root mortality of *Cylas formicarius* (Coleoptera: Apionidae) by entomopathogenic nematodes [J]. Journal of Economic Entomology, 1993, 86(3): 722-729.

[38]Morton A, Garcia - Del - Pino F. Virulence of entomopathogenic nematodes to different stages of the flatheaded root borer, *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) [J]. Nematology, 2009, 11(3): 365-373.

F₁、BC₁、BC₂、F₂ 等 6 个世代,采用盖钧镒等的多世代联合分析方法^[6-7],研究单宁含量性状在 2 个不同栽培环境下的遗传特性,为黄瓜风味品质育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用的黄瓜亲本材料为经多代纯合自交、果实单宁含量差异明显的 DE843(P₁)、EP326(P₂),其中 P₁ 单宁含量较高[(103.366 7±4.98) mg/kg],P₂ 单宁含量较低[(61.966 67±5.49) mg/kg]。P₁ 与 P₂ 杂交获得 F₁,由 F₁ 自交构建 F₂ 分离群体,并分别以 P₁ 和 P₂ 为父本与 F₁ 回交构建 BC₁ 和 BC₂。以 P₁、P₂、F₁、BC₁、BC₂ 和 F₂ 等 6 个世代材料进行黄瓜单宁遗传规律的研究。

1.2 方法

1.2.1 材料种植 试验在扬州大学园艺与植物保护学院蔬菜试验基地进行,2009 年 3 月以 DE843 为母本(P₁)、EP326 为父本(P₂) 获得 F₁;2009 年 11 月在钢架大棚中获得 F₂、BC₁、BC₂ 世代;2010 年 3 月 6 日将 P₁、P₂、F₁、BC₁、BC₂、F₂ 等共 6 个世代采用穴盘播种,3 月 28 日定植于露地和钢架大棚,双行种植,株距 30 cm,行距 50 cm,完全随机化设计,常规管理。进入开花期后,对 5~8 节位的雌花自交授粉,每株留 1 个瓜。授粉 8 d 后采摘商品瓜,用于单宁含量测定。

1.2.2 样品处理 将果实按四分法取可食部分并混匀后称取(100±0.01) g 放到捣碎机中,捣碎成匀浆,称取 5 g 匀浆 2 份,用 150 mL 水提取,沸水浴 30 min 后定容至 200 mL,用中性脱脂棉过滤,弃去初滤液,续滤液供测定用。

1.2.3 单宁含量的测定 黄瓜单宁含量的测定采用 Folin-Denis 法^[8]。测定仪器为紫外可见分光光度计(UV2550/PC,日本岛津生产);试剂、标准溶液制备及标准曲线绘制参照李静等的方法^[8]。从供测试样品溶液中吸取 2 mL 放入 50 mL 容量瓶中加入水 30 mL、钨酸钠-磷钼酸混合溶液 2 mL 和饱和碳酸钠溶液 2 mL,定容显色放置 2 h 后,以标准曲线 0 mg/L 为空白,在 760 nm 波长下测定样品溶液的吸光度,根据标准曲线求出样品溶液的浓度。

1.2.4 数据处理与分析 采用植物数量性状主基因-多基因混合遗传模型进行多世代联合分析,通过极大似然法(maximum likelihood method)和 IECM 算法(iterated expectation and conditional maximization)估计混合分布中的有关成分分布参数,再根据 AIC 准则(Akaike's information criterion)选择备选遗传模型,并对其进行适合性测验(U₁²、U₂²、U₃²、nW²、D_n),选择统计量达到显著水平个数最少的模型作为最优模型;采用最小二乘法估计主基因、多基因的遗传效应、方差、遗传率等遗传参数。

本试验数据分析采用由南京农业大学盖钧镒、章元明等提供的计算软件和 SAS 软件进行。

2 结果与分析

2.1 单宁含量的次数分布

黄瓜 6 个世代果实单宁含量的次数分布见表 1。从表 1 可知,在露地和钢架大棚 2 个不同栽培环境下,果实单宁含量在 P₁、P₂、F₁ 世代均呈正态分布,在 BC₁、BC₂ 呈偏正态分布,而在 F₂ 世代表现为具多个峰的混合分布。

表 1 6 个世代群体单宁含量的次数分布

环境	世代	观察数 (个)	不同单宁含量的数量分布(个)							
			50~60 mg/kg	61~70 mg/kg	71~80 mg/kg	81~90 mg/kg	91~100 mg/kg	101~110 mg/kg	111~120 mg/kg	121~130 mg/kg
露地	P ₁	60	0	0	0	6	25	22	7	0
	P ₂	58	17	33	8	0	0	0	0	0
	F ₁	59	0	0	11	34	14	0	0	0
	B ₁	123	0	0	19	45	33	20	6	0
	B ₂	125	10	37	48	22	6	2	0	0
	F ₂	143	6	25	21	29	26	29	6	1
大棚	P ₁	52	0	0	0	6	24	18	4	0
	P ₂	55	12	28	13	2	0	0	0	0
	F ₁	58	0	0	7	38	13	0	0	0
	B ₁	120	0	0	19	44	31	21	5	0
	B ₂	123	9	35	43	20	12	4	0	0
	F ₂	144	7	23	20	33	27	26	8	0

2.2 遗传模型的选择和适合性检验

根据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,通过 IECM 算法,对 2 个不同栽培环境下的 P₁、P₂、F₁、BC₁、BC₂ 和 F₂ 世代进行遗传模型筛选分析,分别获得 5 类 24 种遗传模型的极大对数似然函数值和 AIC 值(表 2)。根据 AIC 准则,在露地栽培条件下,B-1、E-2 模型的 AIC 值较小,分别为 4 532.047、4 532.728;在钢架大棚栽培条件下,E-2 模型的 AIC 值最小,为 4 124.447,其次最小的是 B-2 模型,AIC 值为 4 532.728。因此初步选择 B-1、B-2、E-2 为候选模型,其中,B-1 模型代表 2 对加性-显性-上

位性主基因遗传,B-2 模型表示 2 对加性-显性主基因遗传,E-2 模型表示 2 对加性-显性主基因+加性-显性多基因遗传。

候选模型的适合性检测见表 3。由表 3 可知,在露地栽培条件下,B-1 模型中有 7 个统计量达到显著水平,在 BC₁ 集中了 4 个,说明该模型与 BC₁ 吻合性不佳;E-2 模型的统计量有 5 个达到了显著水平,在 BC₁ 中有 3 个。在大棚栽培条件下,B-2 模型的统计量有 8 个达到了显著水平,在 F₂ 中 5 个统计量均达显著水平,所以该模型不符合 F₂;E-2 模型中有 5 个统计量达到了显著水平,其中在 BC₁ 中有 3 个。综

表 2 用 IECM 算法估计的各遗传模型极大对数似然值和 AIC 值

模型	露地		大棚	
	极大似然值	AIC 值	极大似然值	AIC 值
A-1	-2 277.354	4 562.707	-2 068.704	4 145.408
A-2	-2 278.611	4 563.221	-2 070.119	4 146.237
A-3	-2 373.977	4 753.954	-2 144.789	4 295.577
A-4	-2 439.105	4 884.210	-2 200.210	4 406.420
B-1	-2 256.024	4 532.047	-2 053.109	4 126.218
B-2	-2 260.676	4 533.351	-2 056.559	4 125.118
B-3	-2 284.012	4 576.025	-2 082.576	4 173.152
B-4	-2 279.024	4 564.048	-2 073.997	4 153.994
B-5	-2 361.405	4 730.810	-2 135.806	4 279.613
B-6	-2 361.404	4 728.808	-2 135.808	4 277.615
C	-2 264.671	45 49.342	-2 062.096	4 144.192
C-1	-2 269.646	4 553.291	-2 067.577	4 149.154
D	-2 258.772	4 541.544	-2 053.130	4 130.259
D-1	-2 257.632	4 533.263	-2 057.875	4 133.750
D-2	-2 259.132	4 534.263	-2 057.875	4 131.750
D-3	-2 266.898	4 549.796	-2 063.476	4 142.953
D-4	-2 267.651	4 551.302	-2 065.318	4 146.636
E	-2 254.243	4 544.485	-2 046.421	4 128.842
E-1	-2 251.684	4 533.367	-2 047.592	4 125.184
E-2	-2 255.364	4 532.728	-2 051.224	4 124.447
E-3	-2 257.844	4 533.688	-2 055.455	4 128.911
E-4	-2 260.615	4 537.229	-2 058.971	4 133.941
E-5	-2 268.204	4 554.408	-2 065.710	4 149.419
E-6	-2 394.028	4 804.056	-2 092.694	4 201.388

合以上分析,确定 E-2 模型为最优模型。

2.3 遗传参数的估计

表 4 列出了在 2 个不同栽培条件下黄瓜单宁含量 E-2 遗传模型的 1 阶、2 阶成分分布参数的极大似然估计值,并由此通过最小二乘法估算出该模型的遗传参数见表 5。

由表 5 可知,在露地栽培条件下,2 对主基因加性遗传效应分别为 14.675 6、1.365 76,显性效应为 -2.122 09、0.871 54,多基因的加性和显性效应分别为 3.307 36、4.942 63;在大棚栽培条件下,2 对主基因的加性效应分别为 15.127 8、1.236 31,显性效应为 -1.529 58、1.222 60,多基因的加性和显性效应分别为 2.955 02、4.113 21。可见,在 2 个不同栽培条件下,黄瓜单宁含量的 1 阶遗传参数差异较小,其中第 1 主基因的加性效应值较大,多基因的加性效应、显性效应大于第 2 主基因,说明控制黄瓜单宁含量遗传主要是第 1 主基因的加性效应、多基因的加性和显性效应。

在露地栽培条件下,BC₁、BC₂ 和 F₂ 世代的主基因遗传率分别为 49.465%、32.271% 和 40.413%,多基因遗传率分别为 17.407%、23.787% 和 43.350%,环境方差分别占表型方差的 26.567%、30.105% 和 13.940%;在钢架大棚栽培条件下,BC₁、BC₂ 和 F₂ 世代的主基因遗传率分别为 45.748%、36.596% 和 41.814%,多基因遗传率分别为 19.940%、19.753% 和 41.451%,环境方差分别占表型方差的 26.818%、31.172% 和 14.639%。多基因遗传率占有较大的比重,而环境对单宁含量也存在较大的影响。在品质选育时,F₂ 主基因的选择效率最高,受环境影响相对较小。

表 3 单宁含量备选模型的适合性检验

环境	模型	世代	统计量				
			U_1^2	U_2^2	U_3^2	nW^2	D_n
露地	B-1	P ₁	0.054(0.817 0)	0.038(0.845 5)	0.014(0.907 0)	0.165(>0.05)	0.149(>0.05)
		P ₂	0.109(0.741 0)	0.181(0.670 9)	0.176(0.674 6)	0.124(>0.05)	0.097(>0.05)
		F ₁	0.012(0.912 3)	0.034(0.853 8)	0.096(0.756 3)	0.061(>0.05)	0.073(>0.05)
		BC ₁	6.036(0.014 0)*	5.286(0.021 5)*	0.102(0.749 8)	0.787(<0.01)**	0.173(<0.05)*
		BC ₂	0.001(0.973 9)	0.010(0.918 9)	0.285(0.593 4)	0.0789(>0.05)	0.077(>0.05)
		F ₂	3.909(0.048 0)*	5.448(0.019 6)*	2.820(0.093 1)	0.527(<0.05)*	0.116(>0.05)
	E-2	P ₁	0.019(0.890 9)	0.030(0.862 4)	0.026(0.871 2)	0.143(>0.05)	0.127(>0.05)
		P ₂	0.049(0.825 6)	0.022(0.882 8)	0.069(0.792 1)	0.110(>0.05)	0.095(>0.05)
		F ₁	0.001(0.969 6)	0.025(0.875 4)	0.230(0.631 4)	0.062(>0.05)	0.075(>0.05)
		BC ₁	6.640(0.010 0)**	6.127(0.013 3)*	0.006(0.937 5)	0.339(>0.05)	0.170(<0.05)*
		BC ₂	0.464(0.495 6)	0.586(0.443 8)	0.180(0.671 7)	0.121(>0.05)	0.111(>0.05)
		F ₂	3.778(0.051 9)	4.923(0.026 5)*	1.816(0.177 8)	0.478(<0.05)*	0.105(>0.05)
	B-2	P ₁	0.002(0.982 6)	0.040(0.8425)	0.773(0.379 2)	0.122(>0.05)	0.120(>0.05)
		P ₂	0.143(0.704 9)	0.347(0.555 8)	0.792(0.373 6)	0.124(>0.05)	0.112(>0.05)
		F ₁	0.278(0.598 3)	0.459(0.498 3)	0.447(0.503 8)	0.090(>0.05)	0.112(>0.05)
		BC ₁	8.001(0.004 7)**	9.501(0.002 1)**	1.890(0.1692)	1.029(<0.01)**	0.178(>0.05)
		BC ₂	0.662(0.415 8)	1.372(0.241 4)	2.354(0.124 9)	0.218(>0.05)	0.131(<0.05)*
		F ₂	4.184(0.040 8)*	7.875(0.005 0)**	10.910(0.001 0)**	0.703(<0.05)*	0.133(<0.05)*
	E-2	P ₁	0.061(0.804 3)	0.293(0.588 5)	1.451(0.228 4)	0.131(>0.05)	0.102(>0.05)
		P ₂	0.083(0.773 1)	0.021(0.883 6)	0.282(0.595 4)	0.100(>0.05)	0.108(>0.05)
		F ₁	0.003(0.958 7)	0.104(0.747 3)	1.185(0.276 3)	0.082(>0.05)	0.104(>0.05)
		BC ₁	6.977(0.008 3)**	6.465(0.011 0)*	0.003(0.952 8)	0.370(>0.05)	0.179(<0.05)*
		BC ₂	0.678(0.410 4)	0.822(0.364 5)	0.193(0.660 5)	0.142(>0.05)	0.119(>0.05)
		F ₂	3.352(0.057 0)	5.632(0.017 6)*	1.997(0.157 6)	0.561(<0.05)*	0.112(>0.05)

注:小括号中为该统计量的 P 值,*、** 分别表示统计量达到显著、极显著水平。

表 4 单宁含量遗传模型参数的极大似然估计值

参数	露地估计值	大棚估计值	参数	露地估计值	大棚估计值
μ_1	100.608	100.703	μ_{62}	99.278	99.791
μ_2	84.951	85.191	μ_{63}	97.04	97.333
μ_3	61.911	62.065	μ_{64}	82.974	83.148
μ_{41}	101.425	101.283	μ_{65}	82.48	83.134
μ_{42}	100.931	101.269	μ_{66}	80.243	80.675
μ_{43}	84.628	84.625	μ_{67}	70.421	69.549
μ_{44}	84.134	84.612	μ_{68}	69.927	69.536
μ_{51}	80.826	81.657	μ_{69}	67.689	67.077
μ_{52}	78.589	79.198	σ^2	37.92	37.92
μ_{53}	68.273	68.058	σ_4^2	62.766	62.766
μ_{54}	66.036	65.599	σ_5^2	67.883	67.883
μ_{61}	99.772	99.805	σ_6^2	155.845	155.845

3 讨论

植物数量性状混合遗传模型主基因-多基因多世代联合分析方法是建立在混合模型统计学理论基础上的,它与经典数量遗传学的根本区别是将数量遗传的研究重点转向数量性状基因本身,使遗传分析更准确、深入。该方法已在黄瓜数量性状遗传研究中得到了应用^[9-11]。

有研究表明,杂交高粱的单宁含量受高亲值控制,单宁含量的遗传以主效基因为主,并与控制粒色的基因组有关^[12]。本研究分析表明,黄瓜在 2 个不同栽培条件下单宁的遗传规律是一致的,都受 2 对加性-显性主基因+加性-显性多基因控制,说明黄瓜单宁遗传模式具有较高的稳定性。另外,由于栽培条件的不同,主基因和多基因的表达也不一样,导致主基因和多基因的遗传率也各不相同,在各分离世代中,主基因

表 5 最适遗传模型 E-2 下单宁含量的遗传参数估计

环境	一阶参数	一阶参数估计值	二阶参数	二阶参数估计值		
				BC ₁	BC ₂	F ₂
露地	m	81.259	σ_p^2	142.731	125.960	272.030
	d_a	14.676	σ_{mg}^2	70.601	40.649	109.934
	d_b	1.366	σ_{pg}^2	24.845	29.963	117.925
	h_a	-2.122	σ_e^2	37.920	37.920	37.920
	h_b	0.872	$h_{mg}^2 (\%)$	49.465	32.271	40.413
	$[d]$	3.307	$h_{pg}^2 (\%)$	17.407	23.787	43.350
	$[h]$	4.943	$h_{mg+pg}^2 (\%)$	66.872	56.058	83.763
			$1 - h_{mg+pg}^2 (\%)$	34.128	43.942	16.237
	m	81.384	σ_p^2	151.628	130.450	277.775
	d_a	15.128	σ_{mg}^2	69.367	47.740	116.148
大棚	d_b	1.236	σ_{pg}^2	30.235	25.768	115.139
	h_a	-1.530	σ_e^2	40.664	40.664	40.664
	h_b	1.223	$h_{mg}^2 (\%)$	45.748	36.596	41.814
	$[d]$	2.955	$h_{pg}^2 (\%)$	19.940	19.753	41.451
	$[h]$	4.113	$h_{mg+pg}^2 (\%)$	65.688	56.349	83.265
			$1 - h_{mg+pg}^2 (\%)$	34.312	43.651	16.735

遗传率相对较高,而多基因遗传率则相对较低。因此,在黄瓜品质育种中,应该在充分利用主基因基础上,兼顾多基因的影响,在较高分离世代进行单宁性状的选择。本研究结果还表明,环境因素对果实单宁含量影响较大,说明通过改善栽培技术措施可以较好地控制黄瓜单宁含量、提高果实品质。

参考文献:

- [1] 刘春香,何启伟,孟静静. 黄瓜感官检验与主要芳香物质、可溶性糖的相关关系[J]. 中国蔬菜,2005(1):8-10.
- [2] 徐强,刘进生,陈学好,等. 加工类型黄瓜品质性状的主成分及聚类分析[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2003,24(4):78-81.
- [3] 张圣平,苗哈,程周超,等. 黄瓜果实苦味基因 *Bt* 的初步定位[J]. 园艺学报,2011,38(4):709-716.
- [4] 乔宏宇,朱芳,栗长兰,等. 黄瓜主要营养品质性状遗传分析[J]. 东北农业大学学报,2005,36(3):290-293.
- [5] Q. XU, Y. L. GENG, X. H. QI, et al. Genetic analysis of the five ma-

jor aromatic substances in cucumber (*Cucumis sativus* L.) [J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2012, 87 (2):113-116.

- [6] 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.
- [7] 章元明,盖钧镒. 数量性状分离分析中分布参数估计的 IECM 算法[J]. 作物学报,2000,26(6):699-706.
- [8] 李静,裴继云,李海飞,等. 苹果果实单宁 Folin-Denis 测定法[J]. 中国果树,2006(5):57-59.
- [9] 沈丽平,徐强, Mouammar A, 等. 黄瓜白粉病抗性遗传模型分析[J]. 江苏农业学报,2011,27(2):361-365.
- [10] 闫世江,司龙亭,马志国,等. 黄瓜苗期低温弱光下生长速度主基因-多基因联合遗传分析[J]. 中国农业科学,2010,43(24):5073-5078.
- [11] 徐强,陈银根,齐晓花,等. 黄瓜果糖含量的主基因-多基因遗传分析[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2014,35(2):86-89.
- [12] 张文毅. 高粱籽粒品质的遗传改良[J]. 辽宁农业科学,1996(4):3-6.