



杜志强,王迪,徐慧春,等.模糊概率法在薄皮甜瓜亲本自交系选择中的应用[J].黑龙江农业科学,2024(8):44-50,59.

# 模糊概率法在薄皮甜瓜亲本自交系选择中的应用

杜志强,王 迪,徐慧春,刘 泰,胡禧熙,韩 墨

(黑龙江省农业科学院 大庆分院,黑龙江 大庆 163316)

**摘要:**为了筛选出薄皮甜瓜的优良亲本自交系,通过模糊概率法对 35 份自交系的生育日数、可溶性固形物含量、单株结果数、前期长势、口感、香味、裂果性、果实外观、单株产量 9 个指标进行综合评价,共筛选出 10 份性状优异的亲本自交系。排名第一的是 M22-121,其单株结果数和单株产量均排名第一,分别为 4.50 个和 1.155 kg,可溶性固形物含量为 14.05%,排名第四,单瓜重为 256.67 g。供试材料总体样本的数量性状中生育日数、可溶性固形物变异度较小,分别为 1.75%和 14.64%。变异系数较大的性状为单株结果数、单株产量、单瓜重,变异系数分别为 30.28%、30.79%和 35.37%,说明生产上应加强对这几个指标的选择,以获得较好的选择效果。

**关键词:**薄皮甜瓜;自交系;模糊概率法

甜瓜(*Cucumis melo*)以口感甜脆、香味宜人等特点深受广大消费者喜爱<sup>[1]</sup>,薄皮甜瓜栽培品种繁多,含有丰富的葡萄糖、氨基酸、维生素 C 等营养物质,较厚皮甜瓜具有早熟性好、芳香浓郁、口感酥脆、适应性强等优点,深受广大种植户和消费者的喜爱<sup>[1-3]</sup>。黑龙江省是我国薄皮甜瓜种植大省,种植面积在 2.6 万  $\text{hm}^2$  以上,薄皮甜瓜已成为促进农民增收的特色经济作物之一。黑龙江省“龙甜”“齐甜”“龙庆”“泽甜”等系列薄皮甜瓜杂交种的育成为我国的薄皮甜瓜科研与生产做出了巨大的贡献<sup>[2-3]</sup>。黑龙江省农业科学院大庆分院,自 2006 年起一直开展薄皮甜瓜种质资源创新及新品种选育。创制了一批带有厚皮甜瓜血源的早熟、含糖量高、耐低温弱光、坐瓜能力强的种质资源,并育成了多个适合黑龙江省棚室种植的专用品种<sup>[4-6]</sup>。选育优良的自交系是杂种优势利用的关键,随着应用数量遗传学及多元统计分析的发展,高效综合选择已被提到相当重要的地位<sup>[7]</sup>。在亲本自交系选择与评价方面应用较多的有灰色关联度法<sup>[8]</sup>、隶属函数法<sup>[9]</sup>、模糊概率法<sup>[10-12]</sup>。王国印<sup>[13]</sup>于 1992 年在对黄河流域棉花品种区试评价过程中首先引入了模糊概率法,在此之前评价品种优劣的方法多停留在对大量试验数据进行的分析比较和定性。由于评价过程中各评价指标的重要性不同,难以得出合理的结果。学者们引入

了模糊数学中模糊概率综合评价原理<sup>[14-16]</sup>和灰色关联分析法<sup>[17]</sup>,并取得了较好的效果。当评价一个品种的优劣时,往往要综合考虑较多的指标,简单的定性分析很难得到客观合理的结果,模糊概率法很好地解决了这一问题,并且在各个领域大量应用,包括科学决策<sup>[19-20]</sup>、药剂筛选<sup>[21]</sup>、品种筛选与评价<sup>[22-24]</sup>等方面。本文应用模糊概率法对 35 份薄皮甜瓜稳定自交系进行评价,以期筛选出优异的亲本自交系。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

薄皮甜瓜自交系 35 份,来源于黑龙江省农业科学院大庆分院,具体材料及农艺性状详见表 1。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2022 年在黑龙江省农业科学院安达育种基地冷棚内进行,早春多层覆盖抢早栽培。土质为碳酸盐黑钙土,肥力中等。3 月 18 日温室育苗,4 月 20 日定植于冷棚,大垄双行,膜下滴灌。地爬种植,垄宽 1.1 m,行长 5.0 m,株距 40 cm,三蔓整枝。不设重复。

1.2.2 测定项目及方法 生育期内进行生育时期、生长势调查,成熟期小区全区测产,并记录结瓜数,收获株数,裂果性,计算出单株产量、单株结果数;每个品种随机取 5 个果实,测定可溶性固形物含量、单瓜重、果实横径、果实纵径、果实质地、

收稿日期:2023-12-20

基金项目:黑龙江省农业科技创新跨越工程“薄皮甜瓜新品种示范推广”(CX23TS11)。

第一作者:杜志强(1973—),男,硕士,副研究员,从事薄皮甜瓜种质创新及新品种选育研究。E-mail:andanks@163.com。

口感、香味等。伸蔓前测定前期长势:“5”表示长势强,“3”表示长势中,“1”表增长势弱;成熟期测定果实相关性状,果实质地:“5”表示脆,“3”表示面,“1”表示软或硬或绵;果实风味:“5”表示浓,

“3”表示中,“1”表示淡,“0”表示无;果质外观:“5”表示优,“4”表示良,“3”表示中,“1”表示差;裂瓜性:“5”表示不裂,“0”表示裂。性状测量及描述参照《甜瓜种质资源描述规范和数据标准》<sup>[25]</sup>。

表 1 供试薄皮甜瓜材料及农艺性状

品名	果形	果皮底色	果皮覆纹色	果肉色	瓢色	来源	品名	果形	果皮底色	果皮覆纹色	果肉色	瓢色	来源
M22-109	梨形	乳白	黄	白	白	自有创新	M22-127	梨形	乳白	无	白	黄	自有创新
M22-110	梨形	乳白	无	白	白	自有创新	M22-128	梨形	乳白	黄绿	白	白	自有创新
M22-111	圆形	乳白	无	白	黄	自有创新	M22-129	梨形	白	黄绿	白	黄	自有创新
M22-112	圆形	乳白	无	白	白	自有创新	M22-130	梨形	白	黄绿	白	黄	自有创新
M22-113	梨形	乳白	无	白	白	自有创新	M22-131	圆形	乳白	黄	白	白	自有创新
M22-114	梨形	乳白	无	白	白	自有创新	M22-132	圆形	乳白	黄	白	黄	自有创新
M22-115	梨形	乳白	无	白	白	自有创新	M22-133	圆形	乳白	绿	白	白	自有创新
M22-116	梨形	乳白	黄	白	黄	自有创新	M22-134	圆形	墨绿	无	绿	黄	自有创新
M22-117	梨形	乳白	黄	白	白	自有创新	M22-135	锥形	乳白	无	白	黄	自有创新
M22-118	梨形	乳白	黄	白	白	自有创新	M22-136	梨形	乳白	黄	白	黄	自有创新
M22-119	梨形	白	绿	白	白	自有创新	M22-137	圆形	乳白	无	白	白	自有创新
M22-120	梨形	黄	墨绿	白	白	自有创新	M22-139	梨形	墨绿	浅绿	浅绿	绿	自有创新
M22-121	梨形	乳白	无	浅黄	黄	自有创新	M22-140	梨形	灰绿	墨绿	绿	绿	自有创新
M22-122	梨形	乳白	无	白	桔	自有创新	M22-141	圆形	浅绿	墨绿	浅黄	黄	自有创新
M22-123	梨形	乳白	黄	白	黄	自有创新	M22-142	梨形	白	黄绿	白	黄	自有创新
M22-124	梨形	浅绿	绿	浅黄	桔	自有创新	M22-143	梨形	白	黄绿	白	黄	自有创新
M22-125	梨形	墨绿	浅绿	白	黄	自有创新	M22-144	梨形	浅绿	无	白	黄	自有创新
M22-126	梨形	乳白	无	白	白	自有创新							

1.2.3 分析和评价方法 亲本自交系的选育目标是,早熟、高产、优质、结瓜能力强、外形美观、适应性强,因此选择生育日数、可溶性固形物含量、单株结果数、前期长势、口感、香味、裂果性、果实外观、单株产量 9 个指标作为评判指标,并结合选育目标和各性状指标的重要性程度给出各性状的权重,采用模糊概率法按(1)式或(2)式计算隶属值,然后用(3)式计算模糊概率<sup>[7-8]</sup>。

$$U_{ij} = [X_{ij} - X_{\min}] / [X_{\max} - X_{\min}] \tag{1}$$

$$U_{ij} = 1 - [X_{ij} - X_{\min}] / [X_{\max} - X_{\min}] \tag{2}$$

$(i=1,2,3,\cdots m; j=1,2,3,\cdots n)$

式中, $X_{ij}$ 表示第  $j$  个品种第  $i$  个性状测定值; $X_{\max}$ 为测定指标的最大值; $X_{\min}$ 为测定指标的最小值。若所测指标与育种目标值呈正相关,则采用(1)式计算隶属值,反之则用(2)式。

$$P(A_j) = \sum_{i=1}^m A(U_{ij})P_i \tag{3}$$

式中, $P_i$  是清晰事件  $A(U_{ij})$  发生概率; $A$  是

某一品种的模糊集合; $P(A_j)$ 是第  $j$  个品种的模糊概率。

1.2.4 数据分析 采用 Excel 2020 进行数据整理及分析。

2 结果与分析

2.1 各自交系材料的性状表现

由表 2 可知,参试的 35 个自选品系,生育日数范围在 90~97 d 之间,可溶性固形物含量范围在 7.07%~15.28%之间,单株结果数范围在 1.35~4.35 个,单株产量范围在 0.353~1.155 kg。各品系不同性状权重赋值,根据各性状在选择过程中的重要程度进行赋值,各性状所赋权重值之和为 1。权重最大的性状单株产量和可溶性固形物含量,分别决定甜瓜的品质和产量,因此赋值均为 0.20,其次比较重要的性状分别为生育日数和果实外观,分别赋权重值为 0.15;再次前期长势、口感、香味、裂瓜性重要程度相对较弱,因此赋权重值 0.05。

表 2 供试甜瓜种质性状平均值

品名	生育日数/ d	可溶性固形物含量/ %	单株结果数/ 个	前期长势	口感	香味	裂瓜性	果实外观	单株产量/kg
M22-109	94	12.74	1.80	5	5	1	0	4	0.449
M22-110	92	12.91	2.10	5	5	1	0	4	0.617
M22-111	90	13.73	4.35	5	5	5	0	1	0.804
M22-112	92	13.95	2.63	5	5	5	5	5	0.586
M22-113	91	15.16	3.00	5	5	5	0	5	0.606
M22-114	95	15.28	2.85	5	5	1	5	4	0.372
M22-115	94	12.21	2.78	5	5	5	5	5	0.617
M22-116	94	12.26	2.03	5	5	3	5	4	0.634
M22-117	92	12.87	2.25	5	5	5	5	3	0.501
M22-118	91	14.05	2.03	5	5	5	0	3	0.365
M22-119	94	13.02	1.35	3	5	5	5	3	0.425
M22-120	91	13.07	2.03	5	5	3	0	4	0.612
M22-121	91	14.05	4.50	3	5	5	5	5	1.155
M22-122	90	12.96	3.08	5	5	5	5	5	0.538
M22-123	90	12.07	3.23	5	5	1	0	3	0.602
M22-124	93	12.45	2.78	5	5	1	5	4	0.575
M22-125	93	12.37	2.25	3	3	1	5	1	0.457
M22-126	94	11.32	3.60	5	5	5	5	1	0.660
M22-127	91	14.83	4.50	5	5	5	5	5	0.796
M22-128	93	13.50	1.80	5	5	5	5	1	0.625
M22-129	93	12.04	2.10	3	5	5	5	5	0.356
M22-130	94	12.07	3.08	3	5	5	5	5	0.494
M22-131	94	14.62	3.30	3	5	5	5	5	0.701
M22-132	92	12.43	3.15	5	5	5	5	5	0.893
M22-133	91	13.15	4.13	3	5	5	5	5	1.071
M22-134	95	9.04	3.08	5	5	1	5	1	0.669
M22-135	93	14.62	4.13	5	5	5	5	5	0.833
M22-136	92	8.53	1.88	5	3	0	5	3	0.935
M22-137	92	10.00	2.48	5	3	5	5	1	0.719
M22-139	92	12.04	3.00	1	5	5	5	1	0.647
M22-140	94	7.07	1.88	3	3	0	5	1	0.997
M22-141	93	11.06	3.53	1	5	1	5	1	0.693
M22-142	95	10.06	3.23	5	5	1	5	1	0.435
M22-143	97	13.93	1.50	5	5	5	5	4	0.353
M22-144	94	13.18	3.68	3	5	1	5	1	0.758
权重	0.15	0.20	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.15	0.20

2.2 各自交系材料的隶属度计算

把表 2 中各个材料的 9 个性状的观测值,分别代入公式(1)或公式(2)计算出相应的隶属度,

其中生育日数与育种目标是负相值,要用公式(2)进行计算,其他各性状均用公式(1)进行计算,所有参试品系各性状的隶属值见表 3。

表 3 供试甜瓜种质性状的隶属值

品名	生育日数	可溶性固形物含量	单株结果数	前期长势	口感	香味	裂瓜性	果实外观	单株产量
M22-109	0.4286	0.6951	0.1429	1.0000	1.0000	0.2000	0.0000	0.7500	0.1196
M22-110	0.7143	0.7195	0.2381	1.0000	1.0000	0.2000	0.0000	0.7500	0.3295
M22-111	1.0000	0.8110	0.9524	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.5625
M22-112	0.7143	0.8476	0.4048	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2900
M22-113	0.8571	0.9878	0.5238	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.3155

表 3 (续)

品名	生育日数	可溶性固形物含量	单株结果数	前期长势	口感	香味	裂瓜性	果实外观	单株产量
M22-114	0.2857	1.0000	0.4762	1.0000	1.0000	0.2000	1.0000	0.7500	0.0241
M22-115	0.4286	0.6341	0.4524	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.3295
M22-116	0.4286	0.6341	0.2143	1.0000	1.0000	0.6000	1.0000	0.7500	0.3501
M22-117	0.7143	0.7073	0.2857	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5000	0.1848
M22-118	0.8571	0.8537	0.2143	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.5000	0.0151
M22-119	0.4286	0.7317	0.0000	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5000	0.0894
M22-120	0.8571	0.7317	0.2143	1.0000	1.0000	0.6000	0.0000	0.7500	0.3229
M22-121	0.8571	0.8598	1.0000	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0004
M22-122	1.0000	0.7195	0.5476	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2307
M22-123	1.0000	0.6098	0.5952	1.0000	1.0000	0.2000	0.0000	0.5000	0.3109
M22-124	0.5714	0.6585	0.4524	1.0000	1.0000	0.2000	1.0000	0.7500	0.2764
M22-125	0.5714	0.6463	0.2857	0.5000	0.0000	0.2000	1.0000	0.0000	0.1295
M22-126	0.4286	0.5183	0.7143	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.3823
M22-127	0.8571	0.9549	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5526
M22-128	0.5714	0.7866	0.1429	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.3394
M22-129	0.5714	0.6098	0.2381	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0044
M22-130	0.4286	0.6098	0.5476	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.1755
M22-131	0.4286	0.9268	0.6190	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4344
M22-132	0.7143	0.6585	0.5714	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6733
M22-133	0.8571	0.7500	0.8810	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8954
M22-134	0.2857	0.2439	0.5476	1.0000	1.0000	0.2000	1.0000	0.0000	0.3945
M22-135	0.5714	0.9268	0.8810	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5987
M22-136	0.7143	0.1829	0.1667	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.5000	0.7263
M22-137	0.7143	0.3659	0.3571	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.4567
M22-139	0.7143	0.6098	0.5238	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.3666
M22-140	0.4286	0.0000	0.1667	0.5000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.8028
M22-141	0.5714	0.4878	0.6905	0.0000	1.0000	0.2000	1.0000	0.0000	0.4243
M22-142	0.2857	0.3659	0.5952	1.0000	1.0000	0.2000	1.0000	0.0000	0.1028
M22-143	0.0000	0.8415	0.0476	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500	0.0000
M22-144	0.4286	0.7439	0.7381	0.5000	1.0000	0.2000	1.0000	0.0000	0.5047
权重	0.15	0.20	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.15	0.20

2.3 各自交系材料的模糊概率计算及评价筛选

某一品种的模糊概率值等于  $m$  个性状的隶属度与其对应权重系数的乘积之和。将表 3 中各性状的隶属度与各自权重根代入公式(3),即可得到各自交系材料的模糊概率值,其结果见表 4。

模糊概率值越高的种质材料综合性越好,根据排名,结合实际性状综合表现,模糊概率( $P$  值) $\geq$

0.650 的自交系亲本入选标准。排名前 11 位的达到了此标准,其中排名第 10 位的 M22-111 在裂果性和外观上有严重不足,予以淘汰,其余 10 个自交系入选为优异亲本材料。入选的亲本自交系依照模糊概率值综合排序从高到低分别为:M22-121、M22-127、M22-133、M22-135、M22-132、M22-122、M22-113、M22-112、M22-131 和 M22-115。

表 4 供试甜瓜种质性状模糊概率值

品名	生育日数	可溶性固形物含量	单株结果数	前期长势	口感	香味	裂瓜性	果实外观	单株产量	$P$ 值	位次
M22-121	0.1286	0.1720	0.1000	0.0250	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.2001	0.9256	1
M22-127	0.1286	0.1910	0.1000	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.1105	0.8801	2
M22-133	0.1286	0.1500	0.0881	0.0250	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.1791	0.8707	3

表 4 (续)

品 名	生育日数	可溶性固 形物含量	单株结果数	前期长势	口感	香味	裂瓜性	果实外观	单株产量	<i>P</i> 值	位次
M22-135	0.0857	0.1854	0.0881	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.1197	0.8289	4
M22-132	0.1071	0.1317	0.0571	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.1347	0.7806	5
M22-122	0.1500	0.1439	0.0548	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.0461	0.7448	6
M22-113	0.1286	0.1976	0.0524	0.0500	0.0500	0.0500	0.0000	0.1500	0.0631	0.7416	7
M22-112	0.1071	0.1695	0.0405	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.0580	0.7251	8
M22-131	0.0643	0.1854	0.0619	0.0250	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.0869	0.7234	9
M22-111	0.1500	0.1622	0.0952	0.0500	0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0.1125	0.6699	10
M22-115	0.0643	0.1268	0.0452	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.0659	0.6523	11
M22-120	0.1286	0.1463	0.0214	0.0500	0.0500	0.0300	0.0000	0.1125	0.0646	0.6034	12
M22-130	0.0643	0.1220	0.0548	0.0250	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.0351	0.6011	13
M22-124	0.0857	0.1317	0.0452	0.0500	0.0500	0.0100	0.0500	0.1125	0.0553	0.5904	14
M22-117	0.1071	0.1415	0.0286	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0750	0.0370	0.5891	15
M22-123	0.1500	0.1220	0.0595	0.0500	0.0500	0.0100	0.0000	0.0750	0.0622	0.5787	16
M22-116	0.0643	0.1268	0.0214	0.0500	0.0500	0.0300	0.0500	0.1125	0.0700	0.5751	17
M22-114	0.0429	0.2000	0.0476	0.0500	0.0500	0.0100	0.0500	0.1125	0.0048	0.5678	18
M22-110	0.1071	0.1439	0.0238	0.0500	0.0500	0.0100	0.0000	0.1125	0.0659	0.5633	19
M22-129	0.0857	0.1220	0.0238	0.0250	0.0500	0.0500	0.0500	0.1500	0.0009	0.5573	20
M22-118	0.1286	0.1707	0.0214	0.0500	0.0500	0.0500	0.0000	0.0750	0.0030	0.5487	21
M22-128	0.0857	0.1573	0.0143	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0000	0.0679	0.5252	22
M22-144	0.0643	0.1488	0.0738	0.0250	0.0500	0.0100	0.0500	0.0000	0.1009	0.5228	23
M22-126	0.0643	0.1037	0.0714	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0000	0.0765	0.5158	24
M22-139	0.1071	0.1220	0.0524	0.0000	0.0500	0.0500	0.0500	0.0000	0.0733	0.5048	25
M22-143	0.0000	0.1683	0.0048	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.1125	0.0000	0.4856	26
M22-136	0.1071	0.0366	0.0167	0.0500	0.0000	0.0000	0.0500	0.0750	0.1453	0.4806	27
M22-119	0.0643	0.1463	0.0000	0.0250	0.0500	0.0500	0.0500	0.0750	0.0179	0.4785	28
M22-109	0.0643	0.1390	0.0143	0.0500	0.0500	0.0100	0.0000	0.1125	0.0239	0.4640	29
M22-137	0.1071	0.0732	0.0357	0.0500	0.0000	0.0500	0.0500	0.0000	0.0913	0.4574	30
M22-141	0.0857	0.0976	0.0690	0.0000	0.0500	0.0100	0.0500	0.0000	0.0849	0.4472	31
M22-134	0.0429	0.0488	0.0548	0.0500	0.0500	0.0100	0.0500	0.0000	0.0789	0.3853	32
M22-142	0.0429	0.0732	0.0595	0.0500	0.0500	0.0100	0.0500	0.0000	0.0206	0.3561	33
M22-125	0.0857	0.1293	0.0286	0.0250	0.0000	0.0100	0.0500	0.0000	0.0259	0.3545	34
M22-140	0.0643	0.0000	0.0167	0.0250	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.1606	0.3165	35

2.4 入选亲本材料分析

2.4.1 入选亲本材料的性状分析 入选的亲本材料共 10 份,M22-121 单株结果数和单株产量均排名第一,分别为 4.50 个和 1.155 kg,可溶性固形物含量为 14.05%,排名第四,单瓜重 256.70 g;排名第二的是 M22-127,其单结果数最高为 4.50 个,可溶性固形物排名第二为 14.83%;熟期最早的材料是 M22-122,生育日数为 90 d。可溶性固形物最高的亲本材料为 M22-113,含量为 15.10%,

缺点是裂瓜性不好。其他入选材料,在口感、香味、果实外观方面均表现为优异。

从入选的 10 个亲本材料的总体分析,单株结果数根据排名的增加,有明显的下降趋势;单株产量根据排名的增加也有总体下降的趋势,但其规律性不是非常明显。甜瓜前期长势与排名关系并不明显,但入选的材料大多是长势强和中等的材料,而没有长势较弱的材料。

表 5 入选亲本甜瓜种质性状分析

品名	生育 日数/ d	可溶性固 形物含量/ %	单株结 果数/ 个	前期长势	口感	香味	裂瓜性	果实外观	单株 产量/ kg	单瓜重/ g	排名
M22-121	91	14.05	4.50	3	5	5	5	5	1.155	256.67	1
M22-127	91	14.83	4.50	5	5	5	5	5	0.796	176.89	2
M22-133	91	13.15	4.13	3	5	5	5	5	1.071	259.32	3
M22-135	93	14.60	4.13	5	5	5	5	5	0.833	201.69	4
M22-132	92	12.40	3.15	5	5	5	5	5	0.893	283.49	5
M22-122	90	12.90	3.08	5	5	5	5	5	0.538	174.68	6
M22-113	91	15.10	3.00	5	5	5	0	5	0.606	202.00	7
M22-112	92	13.95	2.63	5	5	5	5	5	0.586	222.81	8
M22-131	94	14.60	3.30	3	5	5	5	5	0.701	212.42	9
M22-115	94	12.20	2.78	5	5	5	5	5	0.617	221.94	11
平均	91.90	13.78	3.52	4.40	5.00	5.00	4.50	5.00	0.78	221.19	
标准差	1.30	0.99	0.68	0.92	0	0	1.50	0	0.20	33.98	
变异系数/%	1.41	7.21	19.41	20.83	0	0	33.33	0	25.67	15.36	

2.4.2 入选亲本材料与供试材料总体样本间的分析 由表 5 和表 6 可知,生育日数变异系数最低,入选亲本材料的变异系数为 1.41%,总体样本的变异系数为 1.75%;其次是可溶性固形物的变异系数,入选亲本为 7.21%,总体样本为 14.64%;单株结果数、单株产量、单瓜重变异系数较高,总体样本的单株结果数、单株产量、单瓜重变异系数分别为 30.28%、30.79%和 35.37%,均处于较高水平,入选亲本的单株结果数、单株产量、单瓜重的变异系数分别为 19.41%、25.67%和 15.36%,还有较大的选择空间,说明这几个性状具有较强的选择性,但这几个性状间相关性系数较大,有待于进一步研究。

从本研究可以明显看出单株结果数与产量的变化规律和排名趋势高度吻合,是在亲本选择中重要的指标,单瓜重虽然与产量有很大的相关性,但是过大的单果重与选择目标相背,不符合市场需要,田间经验表明,过大单瓜重使果实整齐度和单株结果数降低、产量波动大,影响稳产性,因此在薄皮甜瓜单瓜重的选择上,一般控制在 200~300 g,容易获得较好的综合效果。

从总体上分析,在供试的 35 份材料中,入选亲本为 10 个,选择率为 28.57%。其中生育日数选择差为-0.84 d,可溶性固形物选择差为 1.29%,单瓜重的选择差为-18.27 g,单株结果数选择差为 0.69 个,单株产量选择差为 0.14 kg(表 7)。

表 6 总体样本甜瓜种质性状分析

品名	生育日数/ d	可溶性固 形物含量/ %	单株结果数/ 个	前期长势	口感	香味	裂瓜性	果实外观	单株产量/ kg	单瓜重/ kg
平均	92.74	12.49	2.83	4.26	4.77	3.46	4.00	3.26	0.64	239.46
标准差	1.63	1.83	0.86	1.18	0.64	1.96	2.00	1.66	0.20	84.72
变异系数/%	1.75	14.64	30.28	27.70	13.34	56.74	50.00	51.03	30.79	35.37

表 7 亲本选择材料选择分析

项目	材料份数/份	选择率/%	生育日数/d	可溶性固形物/%	单瓜重/g	单株结果数/个	单株产量/kg
总体样本	35	28.57	92.74	12.49	239.46	2.83	0.64
入选亲本	10	—	91.90	13.78	221.19	3.52	0.78
选择差			-0.84	1.29	-18.27	0.69	0.14

3 讨论

梁昕景等<sup>[9]</sup>为筛选出适合海南地区种植的黄皮类型厚皮甜瓜品种,采用隶属函数法对 34 份厚皮甜瓜种质资源进行了综合评价筛选出了 5 个优

良品种。本文所采用的模糊概率法,是在隶属函数法的基础上,引入了权重,更加突出了育种目标中重要指标的重要性,在选择上对重要指标更有倾向性,所选出的种质更加符合育种目标的要求。



本文供试的 35 份材料中  $P$  值  $\geq 0.600$  的材料为 13 份,占 37.14%。 $P$  值  $< 0.000$  的材料质量性状值随着  $P$  值的减小,开始有 1~2 个质量性状不满足选择的标准。因此在选择的过程中  $P$  值不宜低于 0.000。如果指标卡的太严,会导致个别的优良材料被漏选。因此在选择过程中,除了根据  $P$  值的大小作为入选亲本的主要指标外,还要对排名靠前的材料各指标的原始性状值作一个衡量,对有明显缺陷的材料予以淘汰。

因为单瓜重与单株结果数是相关性比较大的两个性状,而且薄皮甜瓜单株结果数相对厚皮瓜相对较多,单株结果数多的品种较受市场欢迎,而单瓜过大的品种并不占优势。因此单瓜重没有被列入选择指标。

自交系的选育是一项关键的工作,耗时而费力,除了凭借经验,还要选择更适宜的分析评价手段,这样才可以做到科学、客观,降低人为偏好带来的偏差。研究种子性状,苗期表型性状与果实产量和品质性状的相关关系,对自交系后代进行预测,也可以提高自交系选择的效果。

模糊概率法的应用关键是评价指标的选择,以及权重赋值,不同的指标和权重值就会得出不同的筛选结果,因此要想更好地完善评价体系,还应研究各性状之间的相关性,CRITIC 赋权法<sup>[22]</sup>是一种客观赋权法,考虑了各指标之间的相关性,在评价因子权重中有显著的优越性,在未来的评价应用中与模糊概率法同时使用,会有较强的应用价值。

## 4 结论

本研究通过模糊概率法对 35 份自交系的生育日数、可溶性固形物含量、单株结果数、前期长势、口感、香味、裂果性、果实外观、单株产量 9 个指标进行综合评价,共筛选出 10 份性状优异的亲本自交系,依次为 M22-121、M22-127、M22-133、M22-135、M22-132、M22-122、M22-113、M22-112、M22-131 和 M22-115。筛选出的品系生育期 90~94 d,可溶性固溶物含量 12.20%~15.10%,单株结果数 2.63~4.50 个,单株产量 0.538~1.155 kg,单果重 174.68~283.49 g。长势 70% 为强,30% 为中等,果实外观均较好,果实香味均为浓,裂果性 90% 为不裂。说明亲本选择过程中可以加强对这几个指标的选择可以获得优异的亲本材料。

## 参考文献:

- [1] 李晓慧,康利允,高宁宁,等.薄皮甜瓜新品种翠玉 6 号的选育[J].中国瓜菜,2022,35(7):92-94.
- [2] 温玲,赵丹,王喜庆,等.薄皮甜瓜新品种龙甜 9 号的选育[J].中国瓜菜,2022,35(12):85-88.
- [3] 郭岩,范君龙,赵卫星,等.甜瓜新品种彩虹六号的选育[J].中国瓜菜,2022,35(12):89-91.
- [4] 李德泽,聂立琴,刘秀杰,等.薄皮甜瓜种质资源创新与利用[J].北方园艺,2006(2):83-84.
- [5] 王迪,王学征,栾非时,等.甜瓜新品种‘龙庆 6 号’[J].园艺学报,2019,46(2):2839-2840.
- [6] 王迪,李德泽,田丽美,等.薄皮甜瓜新品种龙庆 5 号的选育[J].中国瓜菜,2013,26(2):27-29.
- [7] 齐永涛,崔鸿文.优良早熟黄瓜杂一代亲本系的高效综合选择[J].中国农业科学,1991,24(5):51-58.
- [8] 黄松,高路银,杨森要,等.薄皮甜瓜糖酸含量及其与果实性状的灰色关联度分析[J].河南农业科学,2018,47(7):112-115.
- [9] 梁昕景,夏玲,王学林,等.基于隶属函数法对 34 份黄皮厚皮甜瓜种质资源的综合评价[J].热带农业科学,2022,42(3):39-44.
- [10] 石明辉,孟选宁,程志国,等.模糊概率在甜瓜品种综合评价中的应用[J].甘肃农业科技,2009(3):10-12.
- [11] 崔丽红,黄蔚.模糊概率值法在厚皮甜瓜品种比较试验中的应用[J].北方园艺,2008(10):49-50.
- [12] 黄婷,张思亲,王治中,等.基于灰色关联度、DTOPSIS 与模糊概率法的玉米姊妹系综合评价[J].分子植物育种,2023,21(15):5199-5212.
- [13] 王国印.模糊概率在棉花品种综合评价中的应用初探[J].作物学报,1992,18(6):458-462.
- [14] 魏铭森.再谈棉花品种的多级模糊综合评定方法[J].中国棉花,1987,14(1):16-18.
- [15] 魏铭森,陈蓉娟.棉花品种的多级模糊综合评定方法[J].中国棉花,1986,13(5):18-22.
- [16] 王桂芳,张耀增.试用模糊数学综合评判棉花区试参试品种[J].河南农业科学,1986,15(9):12-14.
- [17] 刘录祥,孙其信,王士芸.灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J].中国农业科学,1989,22(3):22-27.
- [18] 李世玉,程登虎,闫星,等.26 份甜瓜材料耐盐性鉴定与评价[J].中国瓜菜,2022,35(9):23-30.
- [19] 于航,张凯.模糊概率分布在农作物病虫害风险测评中的应用[J].农业机械,2013(35):65-67.
- [20] 高杨.基于模糊概率的地下水资源利用效率评价方法[J].水利科技与经济,2022,28(10):8-12.
- [21] 刘传增.应用模糊概率综合比较水稻育苗剂的效果[J].农业系统科学与综合研究,1996,12(4):305-306.
- [22] 李振永,杨彩玲,买自珍,等.基于 CRITIC 赋权法、模糊概率法评价萝卜品种在宁南山区栽培适应性[J].中国瓜菜,2023,36(9):102-107.
- [23] 孙化军,马文姬,闫向前,等.模糊概率法综合评价大豆新品种的初步研究[J].大豆科技,2018(2):27-31.
- [24] 陈远良,刘新宇.模糊概率应用于黄瓜品种的综合评价[J].石河子科技,1995(3):19-20.
- [25] 马双武,刘君璞,王吉明.甜瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.

(下转第 59 页)

connect to the starter vector (pQB-V3), and a Gateway system LR was developed. The target gene was constructed into the expression vector by Gateway system LR reaction, and transformed into *Agrobacterium rhizogenes* EHA105 by electroschock method, and *Agrobacterium*-mediated transformation of tobacco (*Nicotiana tabacum*) was adopted, and the healing tissues were cultured into seedlings of T<sub>0</sub> generation, and seeds were harvested and planted to study the correlation between them and drought stress. The results showed that *AfAPX2* gene expressed protein was homologous to *APX2* from *Arabidopsis* and rice, and also had the structural domain of peroxidase, which was hypothesized to enhance plant stress tolerance through the ROS pathway. The secondary structure of *AfAPX2* protein had 13  $\alpha$ -helices, 17  $\beta$ -folds, 4  $\beta$ -turns, and multiple irregular curls, and the tertiary structure of the *AfAPX2* enzyme had a ferric ion. The tertiary structure of *AfAPX2* enzyme has a binding site for iron ions. Under drought stress and restoration of water supply after stress, the leaves as well as plants of overexpressing *AfAPX2* gene lines were significantly more luxuriant than those of the wild type. In this study, we found that trans-*AfAPX2* gene-positive plants showed enhanced tolerance to natural drought stress and improved drought tolerance in tobacco, suggesting that *AfAPX2* may play an important regulatory role in response to drought stress. It was further verified that the up-regulated genes in the drought stress transcriptome of *Amorpha fruticosa* were related to it, and the relevant genes for improving drought tolerance could be found. Overexpression of *AfAPX2* in tobacco showed that transgene-positive plants showed enhanced tolerance to natural drought stress and improved drought tolerance in tobacco, suggesting that *AfAPX2* may play an important regulatory role in response to drought stress. It was further verified that the up-regulated genes in the drought stress transcriptome of *Amorpha fruticosa* were related to it, and the relevant genes for improving drought tolerance could be found. It can be used as a candidate gene for breeding drought resistance in *Amorpha fruticosa*, which lays a solid theoretical foundation for its genetic improvement and resource utilization.

**Keywords:***Amorpha fruticosa*; ascorbate peroxidase; drought; transgene; tobacco

(上接第 50 页)

## Application of Fuzzy Probability Method in Selection of Parental Inbred Line of Oriental Melon

DU Zhiqiang, WANG Di, XU Huichun, LIU Tai, HU Xixi, HAN Mo

(Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316, China)

**Abstract:** In order to select inbred lines, comprehensive evaluation of 9 indexes of bearing days, content of soluble solids, number of fruits per plant, early growth, taste, fragrance, fruit cracking, fruit appearance and individual plant yield of 35 inbred lines by fuzzy probability method, 10 excellent inbred lines were selected. The first was M22-121, which ranked first in the number of fruits single plant and yield of single plant, 4.50 and 1.155 kg respectively, and the soluble solid content was 14.05% ranked 4<sup>th</sup>, and the weight of single fruit was 256.67 g. The smaller coefficient of variation of the test materials quantitative character were number of growing days, soluble solids, Its value was 1.75% and 14.64%, respectively. The traits with large coefficient of variation were the number of fruits per plant, yield per plant and single fruit weight, and the coefficient of variation was 30.28%, 30.79% and 35.37%, respectively. Strengthening the selection of these traits can obtain a good selection effect.

**Keywords:** oriental melon; inbred line; fuzzy probability method