

周 宇,杨佳佳,姚文英,等. 芜菁种质资源萌发期耐盐性的综合评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):148–152.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2018.17.038

# 芜菁种质资源萌发期耐盐性的综合评价

周 宇, 杨佳佳, 姚文英, 孙蓓蓓, 轩正英  
(塔里木大学植物科学学院,新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**以 16 份芜菁种质资源为试材,测定 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 复盐胁迫在种子萌发期的发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数、叶绿素含量、苗高和胚根长等指标,并采用隶属函数法进行芜菁耐盐性的综合评价。结果表明,芜菁种质资源的耐盐性受多个耐盐指标的影响,胚根长不宜作为芜菁耐盐性评价指标;基于综合评价 *D* 值聚类分析,依据材料对盐分的耐受程度,可将 16 份种质分为高耐、中耐、不耐和敏感 4 大类;其中 W2、W7、W9、W10、W13 属于高耐盐种质,W1、W4、W5、W8、W14 和 W16 为盐敏感性种质,本研究结果为芜菁耐盐性品种选育改良利用及耐盐性机制、耐盐遗传机理等方面研究提供了基础。

**关键词:**芜菁;萌发期;隶属函数法;综合评价

**中图分类号:** S631.302      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002–1302(2018)17–0148–05

盐害是当前农业生产上重要的逆境危害之一,严重制约了蔬菜生产和设施农业持续发展。中国含盐碱土地很多,其总面积约为  $3.67 \times 10^7 \text{ hm}^2$ <sup>[1]</sup>,新疆各类盐碱地面积达  $1\,336.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占全国盐碱地面积的 36.8%<sup>[2]</sup>。因此,开发耐盐资源,将是解决人口增长和资源短缺矛盾的重要途径,无疑也是保护生物多样性、遏制土地退化、促进生态良性循环、发展现代盐土农业的最佳选择,是解决资源问题和生态问题的根本之策。新疆的盐碱土主要以硫酸盐和氯化物、或氯化物硫酸盐、或硫酸盐为主,在南疆以碳酸盐为主。在这些盐中 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 分别居于第 1、第 2 位。国内外学者针对作物耐盐性作了大量研究,但在蔬菜方面的研究仅涉及萝卜、菜用大豆、黄瓜、西瓜、番茄等作物,而有关芜菁耐盐性的研究报道较少。施月婕等的研究表明,芜菁种子对 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 比较敏感,不同含量的 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液对芜菁种子发芽过程的影响分析结果表明,芜菁种子的发芽与盐溶液的含量呈负相关,并具有一定的耐盐性<sup>[3]</sup>。

芜菁(turnip),新疆称为恰玛古,属十字花科(Cruciferae)芸薹属芸薹种芜菁亚种,是深受各少数民族喜爱的一种根菜类作物,在新疆广泛种植,尤其是南疆各少数民族聚居区栽培面积更大。新疆表土层土壤含盐量很高,一般为 20%~40%,高者可达 60%。这些因素导致在盐碱地种植芜菁出苗差、成苗率低、保苗难,造成缺苗断垄而影响后期产量。因此,筛选出适于在盐碱地上种植的耐盐材料是盐碱地种植芜菁首先应解决的关键问题。

萌发期是植物生长的关键时期,此时抗逆性最为薄

弱<sup>[4–7]</sup>,而盐胁迫下发芽指标的测定已成为植物耐盐性鉴定最常用的方法之一。本试验研究发现,20 g/L NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 复盐溶液对种质材料的抑制作用较为显著。因此,本研究研究了 16 份种质材料在 20 g/L NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 复盐溶液胁迫下的萌发期耐盐性的表现,以期筛选出优异耐盐种质材料,为芜菁耐盐品种选育及盐渍土地的开发利用提供研究基础,同时对开展芜菁耐盐机理研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用笔者所在项目组保存的芜菁品种(系)16 份,其中地方品种 6 份,小孢子培养获得的 DH 群体 10 份。从品种(系)来源来看,包括新疆品种(系)12 份,天津 2 份,河北 2 份(表 1)。

表 1 芜菁种质材料的名称与来源

编号	名称	来源	编号	名称	来源
W1	卡玛姑	新疆	W9	卡玛姑	新疆
W2	卡玛古	新疆	W10	恰玛古	新疆
W3	蔓菁	河北	W11	卡玛姑	新疆
W4	蔓菁	河北	W12	卡玛姑	新疆
W5	恰玛古	新疆	W13	卡玛姑	新疆
W6	卡玛古	新疆	W14	卡玛姑	新疆
W7	芜菁	天津	W15	小芜菁	天津
W8	卡玛古	新疆	W16	恰玛古	新疆

### 1.2 试验方法

本试验于 2016 年 11 月在新疆生产建设兵团南疆特色果树生产工程实验室进行,采用 RTOT–268D 型人工光照培养箱对供试芜菁种子进行培养。每个品种挑选大小一致、籽粒饱满的种子 30 粒,用 1 g/L 高锰酸钾溶液消毒 10 min,蒸馏水清洗数次,后置于垫有 2 层滤纸的培养皿中,分别加 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 复盐溶液,设定 20 g/L 复盐处理,以蒸馏水作为空白对照,进行 3 次重复。溶液量以双层滤纸湿润、倾斜时皿底无溶液为宜,每天定时更换滤纸和盐溶液,以保持盐溶液浓度不变。置于人工光照培养箱[25 ℃,光照:黑暗=12 h:12 h,

收稿日期:2017–12–25

基金项目:国家自然科学基金(编号:31260477);塔里木大学重点领域科技攻关计划(编号:TDZKGG201603)。

作者简介:周 宇(1994—),男,四川简阳人,硕士研究生,研究方向为南疆特色蔬菜种质资源。E-mail:zhouy\_joe@163.com。

通信作者:轩正英,硕士,副教授,研究方向为南疆特色蔬菜种质资源。E-mail:xzyzky@163.com。

光照度 37.5 μmol/(m<sup>2</sup> · s)] 中连续培养 7 d, 每天统计 1 次发芽数。

1.3 测定指标与方法

种子萌发期间, 每天记载发芽的种子数, 并按照如下方法计算各指标。

发芽率 = 发芽种子数 / 供试种子总数 × 100% ;

发芽势 = 第 4 天发芽种子数 / 供试种子总数 × 100% 。

发芽指数 = Σ (G<sub>i</sub> / D<sub>i</sub>) , 其中 G<sub>i</sub> 为第 *t* 天发芽种子个数, D<sub>i</sub> 为相应发芽时间, d;

活力指数 = 发芽指数 × 胚根鲜质量;

耐盐系数 = 处理值 / 对照值 × 100% 。

盐胁迫第 7 天随机取 6 株幼苗测定叶绿素含量、苗高和胚根长。

1.4 数据统计分析

1.4.1 数据标准化 运用模糊数学隶属函数法对耐盐系数进行标准化:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{j,\min}}{X_{j,\max} - X_{j,\min}} \quad (1)$$

式中: X<sub>ij</sub> 表示 *i* 种类 *j* 指标的隶属值; X<sub>ij</sub> 表示 *i* 种类 *j* 指标的测定值; X<sub>j,max</sub>、X<sub>j,min</sub> 分别表示指标的最大值和最小值。

$$V_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum [X_{ij} - \bar{X}_{ij}]^2}}{\bar{X}_{ij}} \quad (2)$$

式中: V<sub>j</sub> 表示标准差系数。

1.4.2 权重处理 采用标准差系数法, 计算标准差系数 V<sub>j</sub>, 归一化后得到各个耐盐指标的权重系数 W<sub>j</sub>。

$$W_j = \frac{V_j}{\sum V_j} \quad (3)$$

1.4.3 综合评价 种质材料的耐盐综合评价 D 值经以下公式获得:

$$D = \sum [X_{ij} W_j] \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 茺菁种质资源各指标耐盐系数的差异

发芽率反映种子发芽的数量; 发芽势反映种子发芽的整齐度和速率; 发芽指数反映的是茺菁种子的综合活力; 活力指数能较为综合地反映茺菁种子的发芽率、发芽势、发芽指数、种子活力和幼苗的生长势; 而叶绿素、苗高和胚根长则反映幼苗生长势的重要指标<sup>[8]</sup>。

从表 2 可以看出, 16 份种质材料的发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数、叶绿素含量、苗高和胚根长的耐盐系数差异明显, 其中叶绿素含量变化范围为 0 ~ 64.48%, 苗高变化范围 0 ~ 30.41%, 胚根长变化范围 0 ~ 5.03%, 发芽势变化范围 5.26% ~ 99.22%, 发芽指数变化范围 3.42% ~ 73.10%, 活力指数变化范围 0 ~ 12.34%。所有材料在盐胁迫下的叶绿素含量、苗高和胚根长均低于对照组。个别材料的 (W3、W8、W13) 的发芽率、发芽势高于对照组, 表现出较高的耐盐性。16 份茺菁材料间变化幅度最小的耐盐指标为胚根长, 为 38.12%; 叶绿素含量的耐盐系数变化最大, 为 117.77%。其余的指标变化幅度在 64.84% ~ 92.67%, 说明这些茺菁材料在萌发期的耐盐性存在着较大差异。

2.2 种质资源耐盐性的综合评价

表 3 所显示的是 16 份茺菁种质材料在 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 复盐胁迫下的叶绿素含量、苗高、胚根长、发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数等指标的耐盐系数的平均值。我们从表 3 中可以看出不同茺菁种质材料的耐盐系数有很大差异, 叶绿

表 2 茺菁种质资源各指标耐盐系数的差异

材料编号	耐盐系数 (%)						
	叶绿素含量	苗高	胚根长	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数
W1	22.67	6.90	1.70	11.25	11.39	8.46	0.31
W2	64.48	16.90	3.53	66.89	67.82	47.00	5.62
W3	38.16	19.45	2.70	40.05	38.90	28.44	3.26
W4	0.00	8.72	2.20	28.00	31.82	25.44	0.85
W5	0.00	0.00	0.00	5.26	5.88	6.08	0.00
W6	0.00	18.90	3.84	52.81	50.56	37.15	5.66
W7	31.54	19.61	3.86	70.37	65.43	47.51	6.86
W8	0.00	0.00	4.73	41.19	40.05	30.74	1.93
W9	20.60	21.47	3.03	99.22	99.22	73.10	9.34
W10	60.45	23.61	4.88	82.76	82.35	54.00	12.01
W11	0.00	21.36	3.43	50.57	51.76	30.51	2.49
W12	32.98	27.63	5.03	9.20	7.62	6.66	0.41
W13	39.38	30.41	3.88	74.16	74.16	52.89	6.94
W14	0.00	0.00	3.30	5.75	3.70	3.42	0.19
W15	0.00	0.00	3.69	86.96	86.96	65.96	12.34
W16	0.00	0.00	4.49	28.99	28.99	19.79	3.12
平均值	19.39	13.44	3.39	47.09	46.66	33.57	4.46
最大值	64.48	30.41	5.03	99.22	99.22	73.10	12.34
最小值	0.00	0.00	0.00	5.26	3.70	3.42	0.00
标准差	22.84	10.97	1.29	30.82	30.74	21.77	4.13
变异系数 (%)	117.77	81.63	38.12	65.45	65.87	64.84	92.67

素含量、苗高、胚根长、发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数最大的值是 W2、W13、W12、W9、W9、W9 和 W15；叶绿素含量、苗高、胚根长、发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数最小的值是 (W4、W5、W6、W14、W15、W16)、(W5、W8、W14、W15、W16)、W5、W14、W14、W14 和 W5。在叶绿素含量、苗高、胚根长、发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数各指标中,每项指标对 16 份芫菁种质材料的耐盐性程度都不完全相同,说明不同的指标从不同角度来反映芫菁种质材料耐盐性程度,但单一的指标不能全面反映芫菁种质材料的综合耐盐性,因此只

有通过多项指标综合评价才能较为客观地评价芫菁种质材料的耐盐性程度。利用公式(1)~(4)对表 3 中的数据进行标准化转化,从而得到各指标耐盐系数的隶属函数值矩阵  $T$ (表 4),再通过公式计算出叶绿素含量、苗高、胚根长、发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数各指标的权重系数矩阵  $U$ (表 5)。通过  $T$  与  $U$  这 2 个矩阵的复合运算,得到各芫菁种质材料的综合评价  $D$  值。并按照材料的数字顺序将其排序,从表 4 中可以看出,W10 的综合评价  $D$  值最大,为 0.86,耐盐性最强;W5 的综合评价  $D$  值最小,为 0.01,耐盐性最弱。

表 3 萌发期耐盐指标的耐盐系数及其排序

系谱	叶绿素含量		苗高		胚根长		发芽率		发芽势		发芽指数		活力指数	
	耐盐系数(%)	排序	耐盐系数(%)	排序	耐盐系数(%)	排序	耐盐系数(%)	排序	耐盐系数(%)	排序	耐盐系数(%)	排序	耐盐系数(%)	排序
W1	22.67	7	6.90	11	1.70	15	11.25	13	11.39	13	8.46	13	0.31	14
W2	64.48	1	16.90	9	3.53	9	66.89	6	67.82	5	47.00	6	6.86	5
W3	38.16	4	19.45	7	2.70	13	40.05	10	38.90	10	28.44	10	3.26	8
W4	0.00	9	8.72	10	2.20	14	28.00	12	31.82	11	25.44	11	0.85	12
W5	0.00	10	0.00	12	0.00	16	5.26	16	5.88	15	6.08	15	0.00	16
W6	0.00	11	18.90	8	3.84	7	52.81	7	50.56	8	37.15	7	2.49	10
W7	31.54	6	19.61	6	3.86	6	70.37	5	65.43	6	47.51	5	5.62	7
W8	0.00	12	0.00	13	4.73	3	41.19	9	40.05	9	30.74	8	5.66	6
W9	20.60	8	21.47	4	3.03	12	99.22	1	99.22	1	73.10	1	9.34	3
W10	60.45	2	23.61	3	4.88	2	82.76	3	82.35	3	54.00	3	12.01	2
W11	0.00	13	21.36	5	3.43	10	50.57	8	51.76	7	30.51	9	1.93	11
W12	32.98	5	27.63	2	5.03	1	9.20	14	7.62	14	6.66	14	0.41	13
W13	39.38	3	30.41	1	3.88	5	74.16	4	74.16	4	52.89	4	6.94	4
W14	0.00	14	0.00	14	3.30	11	5.75	15	3.70	16	3.42	16	0.19	15
W15	0.00	15	0.00	15	3.69	8	86.96	2	86.96	2	65.96	2	12.34	1
W16	0.00	16	0.00	16	4.49	4	28.99	11	28.99	12	19.79	12	3.12	9

表 4 芫菁种质资源耐盐系数隶属函数值及综合评价

材料	叶绿素含量	苗高	胚根长	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	综合评价 $D$ 值	排序
W1	0.35	0.23	0.34	0.06	0.08	0.07	0.02	0.16	14
W2	1.00	0.56	0.70	0.66	0.67	0.63	0.46	0.67	4
W3	0.59	0.64	0.54	0.37	0.37	0.36	0.26	0.45	8
W4	0.00	0.29	0.44	0.24	0.29	0.32	0.07	0.23	13
W5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	16
W6	0.00	0.62	0.76	0.51	0.49	0.48	0.46	0.46	7
W7	0.49	0.65	0.77	0.69	0.65	0.63	0.56	0.63	5
W8	0.00	0.00	0.94	0.38	0.38	0.39	0.16	0.29	11
W9	0.32	0.71	0.60	1.00	1.00	1.00	0.76	0.77	2
W10	0.94	0.78	0.97	0.82	0.82	0.73	0.97	0.86	1
W11	0.00	0.70	0.68	0.48	0.50	0.39	0.20	0.41	9
W12	0.51	0.91	1.00	0.04	0.04	0.05	0.03	0.36	10
W13	0.61	1.00	0.77	0.73	0.74	0.71	0.56	0.73	3
W14	0.00	0.00	0.66	0.01	0.00	0.00	0.02	0.08	15
W15	0.00	0.00	0.73	0.87	0.87	0.90	1.00	0.60	6
W16	0.00	0.00	0.89	0.25	0.26	0.24	0.25	0.24	12

2.3 种质资源萌发期各指标耐盐系数的相关性分析

从表 6 可以看出,叶绿素含量与苗高、综合评价  $D$  值,苗高与综合评价  $D$  值,发芽率与发芽势、发芽指数、活力指数、综合评价  $D$  值,发芽势与发芽指数、活力指数、综合评价  $D$  值,发芽指数与活力指数、综合评价  $D$  值,V 活力指数与综合评价  $D$  值均呈极显著正相关。

同时从偏相关系数可以看出,叶绿素含量与苗高、胚根长、活力指数呈极显著负相关,与发芽指数呈显著负相关,与综合评价  $D$  值呈极显著正相关;苗高与胚根长、发芽指数呈显著负相关,与活力指数呈极显著负相关,与综合评价  $D$  值呈极显著正相关;胚根长与发芽指数、活力指数呈显著负相关,与综合评价  $D$  值呈极显著正相关;发芽率与发芽势呈极

表 5 茺菁种质资源各耐盐指标的权重系数

耐盐指标	权重系数
叶绿素含量	0.156
苗高	0.159
胚根长	0.113
发芽率	0.145
发芽势	0.142
发芽指数	0.138
活力指数	0.148

显著正相关;发芽指数与综合评价  $D$  值呈显著正相关;活力指数与综合评价  $D$  值呈极显著正相关(表 6)。

2.4 种质资源萌发期耐盐性聚类分析

利用 DPS 7.05 软件基于综合评价  $D$  值对种质资源各指标隶属函数值进行聚类分析,在距离约为 0.9 时可将 16 份茺菁种质材料分为 4 大类(图 1)。根据综合评价  $D$  值可将这 16 个茺菁种质材料的耐盐性分为高耐、中耐、不耐、敏感等 4 类(表 7),并对各指标单独聚类得到结果见表 8。从表 7 和表 8 中可以看到,第 1 类为中等耐盐的材料 1 份(W15);第 2 类

表 6 茺菁种质资源各指标耐盐系数的相关系数

指标	相关系数/偏相关系数							
	叶绿素含量	苗高	胚根长	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	综合评价 $D$ 值
叶绿素含量	1.000	-0.763 **	-0.670 **	-0.287	0.137	-0.514 *	-0.689 **	0.929 **
苗高	0.643 **	1.000	-0.604 *	-0.194	0.097	-0.536 *	-0.828 **	0.911 **
胚根长	0.258	0.341	1.000	0.025	-0.084	-0.502 *	-0.514 *	0.702 **
发芽率	0.377	0.426	0.368	1.000	0.850 **	0.047	-0.071	0.303
发芽势	0.370	0.418	0.346	0.998 **	1.000	0.291	-0.007	-0.123
发芽指数	0.330	0.372	0.317	0.991 **	0.993 **	1.000	-0.398	0.502 *
活力指数	0.376	0.310	0.387	0.925 **	0.919 **	0.916 **	1.000	0.806 **
综合评价 $D$ 值	0.626 **	0.638 **	0.466	0.941 **	0.934 **	0.916 **	0.896 **	1.000

注:左下角为相关系数,右上角为偏相关系数; $r_{0.05}=0.497$ , $r_{0.01}=0.623$ 。 \*\*、\* 为通过 0.05、0.10 的显著性检验。

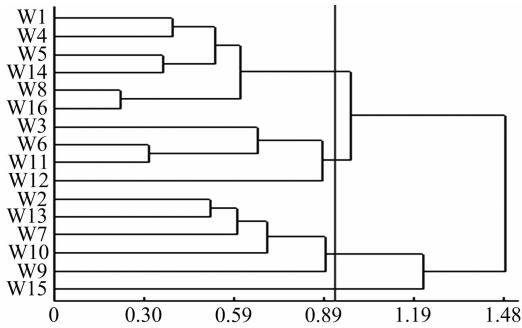


图1 茺菁种质资源系统聚类

为不耐盐的材料 4 份(W3、W6、W11 和 W12);第 3 类为高耐盐材料 5 份(W2、W7、W9、W10 和 W13);第 4 类为盐敏感性材料 6 份(W1、W4、W5、W8、W14 和 W16)。

2.5 高耐盐种质材料的主要表现性状

从表 7 中可以看出,高耐盐类群中的 5 份茺菁种质材料耐盐系数均值均表现较强的耐盐性,其中叶绿素含量最高为 0.67,苗高最高为 0.76,胚根长最长为 0.67,发芽率较高为 0.77,发芽势较高为 0.75,发芽指数较高为 0.65,活力指数较高为 0.60,综合评价  $D$  值最高为 0.70。因此,此 5 份茺菁种质材料可作为选育耐盐品种的候选资源。

表 7 种质资源基于综合评价  $D$  值的系统分析

分类	隶属值								分级
	叶绿素含量	苗高	胚根长	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	综合评价 $D$ 值	
第 1 类	0.00	0.00	0.58	0.87	0.87	0.86	1.00	0.58	中耐
第 2 类	0.28	0.75	0.46	0.35	0.34	0.26	0.19	0.38	不耐
第 3 类	0.67	0.76	0.67	0.77	0.75	0.65	0.60	0.70	高耐
第 4 类	0.05	0.11	0.33	0.16	0.15	0.12	0.07	0.13	敏感

表 8 基于综合评价  $D$  值和各指标聚类后的分级结果

指标	高耐盐	中等耐盐	不耐盐	敏感
综合评价 $D$ 值	W2、W7、W9、W10、W13	W15	W3、W6、W11、W12	W1、W4、W5、W8、W14、W16
叶绿素含量	W2、W10	W3、W7、W12、W13	W1、W9	W4、W5、W6、W8、W11、W14、W15、W16
苗高	W12、W13	W2、W3、W6、W7、W9、W10、W11	W1、W4	W5、W8、W14、W15、W16
胚根长	W8、W10、W12、W16	W2、W3、W6、W7、W9、W11、W13、W14、W15	W1、W4	W5
发芽率	W9、W10、W15	W2、W7、W13	W3、W4、W6、W8、W11、W16	W1、W5、W12、W14
发芽势	W9、W10、W15	W2、W7、W13	W3、W4、W6、W8、W11、W16	W1、W5、W12、W14
发芽指数	W9、W15	W2、W7、W10、W13	W3、W4、W6、W8、W11、W16	W1、W5、W12、W14
活力指数	W9、W10、W15	W2、W6、W7、W13	W3、W8、W11、16	W1、W4、W5、W12、W14

### 3 讨论

植物种质资源的耐盐性是受多基因控制的数量性状,种质资源间的耐盐性存在着较大差异性,单一指标很难全面反映植物耐盐性<sup>[9-12]</sup>。本研究以发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数、叶绿素含量、苗高和胚根长这 7 个指标对 16 份种质材料进行耐盐性评价,发现这些单一指标的耐盐系数可以从不同的方面来反映芜菁耐盐性,但是各指标的评价结果不尽相同,如按照叶绿素含量、胚根长、发芽率、发芽势和活力指数作为评价标准,W10 则为高耐盐性的种质材料,而按照苗高和发芽指数作为评价标准,W10 则为中耐盐性类群,在综合评价 *D* 值的评价中 W10 在高耐盐性类群。所以,不同指标的耐盐性评价结果与综合评价 *D* 值存在着不同程度上的差异。可见,种质资源在耐盐性评价时不能只用单一的指标作为评价标准,应该科学地使用多个指标进行综合评价。

应用模糊数学隶属函数法能够综合评价植物抗逆性,目前在藜麦<sup>[13]</sup>、棉花<sup>[14]</sup>、花椰菜<sup>[15]</sup>等作物上已有相关报道。植物耐盐性评价指标有很多,但皆不相同,在评价时如忽略权重因子的重要性,就会导致评价的不客观性和不科学性。鉴于传统的多个评价指标,其结果无法统一,因此本研究应用隶属函数法计算并赋予 7 个与耐盐性密切相关的指标以权重,综合考虑各指标的权重比值,通过矩阵复合运算,所得到的评价结果也更为科学准确。这与前人在高粱<sup>[16]</sup>、番茄<sup>[17]</sup>、裸燕麦<sup>[18]</sup>等植物耐盐性评价中的研究结果类似。本研究所筛选出的 W2、W7、W9、W10 和 W13 这 5 个高耐盐的芜菁种质资源有望通过基因手段培育出高耐盐型的芜菁新品种。

聚类分析是植物进行耐盐性评价常用的方法<sup>[19-21]</sup>,本研究发现,各耐盐指标单独聚类分析与综合评价 *D* 值的聚类分析得出的结果较为一致,均被划分为高耐盐群类当中,只有极个别的如胚根长聚类中 W8、W12 和 W16,发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数聚类中的 W15 不在综合评价 *D* 值的高耐盐类群中,但是 W15 都在发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数这 4 个指标的高耐盐类群中,所以为了更科学地反映芜菁种植资源的耐盐性,引用隶属函数法对其进行综合评价,由此在综合评价 *D* 值的耐盐性分级中,W15 的耐盐性定位是中等耐盐。而胚根长作为单一指标进行聚类分析的结果与综合评价 *D* 值聚类结果差异较大,所以,本研究认为胚根长这个指标不易作为评价种质资源的耐盐性指标。

### 4 结论

种质资源萌发期耐盐性的评价受到多个指标的影响。运用隶属函数法,计算并赋予测定指标相应的权重值,对 16 份种质资源进行耐盐性评价和排序,综合评价 *D* 值可全面地反映芜菁种质材料的耐盐性。通过综合评价 *D* 值、发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数、叶绿素含量、苗高和胚根长,并分别进行聚类分析,结果显示,胚根长不宜作为耐盐性的评价指标。基于综合评价 *D* 值的聚类分析,可将 16 份种质资源按照耐盐性强弱分为高耐、中耐、不耐和敏感 4 种类型,其中

W2、W7、W9、W10 和 W13 这 5 份种质资源属于高耐盐性材料,W1、W4、W5、W8、W14 和 W16 为盐敏感性材料,这些可为耐盐性新品种遗传改良及其耐盐遗传机制研究提供材料基础。

### 参考文献:

- [1] 张 谦,陈凤丹,冯国艺,等. 盐碱土改良利用措施综述[J]. 天津农业科学,2016(8):35-39.
- [2] 许咏梅,祁 通,杨金钰,等. 新疆绿洲盐碱土盐地碱蓬蔬菜栽培技术模式[J]. 农村科技,2015(11):51-52.
- [3] 施月婕,高 杰,赵建军. 盐胁迫对芜菁种子萌发的影响[J]. 新疆农业科学,2011,48(3):487-492.
- [4] 朱志华,王明珍,宋景芝,等. 蚕豆和豇豆品种耐盐性鉴定初报[J]. 作物品种资源,1990(4):29-30.
- [5] 宋尚文. 盐胁迫下 6 个桑树品种反应特性研究[D]. 泰安:山东农业大学,2011:12-13.
- [6] 姜景彬,魏 民,张 贺,等. 蔬菜耐盐性鉴定方法研究进展[J]. 中国瓜菜,2009,22(3):39-41.
- [7] 贺转转,邢佳佳,陈 玲,等. 植物幼苗抗逆机制研究进展[J]. 生物技术通报,2013,02(2):1-7.
- [8] 于 洁,闫利军,冀晓婷,等. 苜蓿和扁蓿豆萌发期耐盐指标筛选及耐盐性综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(3):449-460.
- [9] 贾亚雄,李向林,袁庆华,等. 披碱草属野生种质资源苗期耐盐性评价及相关生理机制研究[J]. 中国农业科学,2008,41(10):2999-3007.
- [10] 申玉香,乔海龙,陈 和,等. 几个大麦品种(系)的耐盐性评价[J]. 核农学报,2009,23(5):752-757.
- [11] 李 源,刘贵波,高洪文,等. 紫花苜蓿种质耐盐性综合评价及盐胁迫下的生理反应[J]. 草业学报,2010,19(4):79-86.
- [12] 姜 珊,张文辉,刘新成. 3 种园林树木种子萌发期耐盐性研究[J]. 西北植物学报,2009,29(4):733-741.
- [13] 吕亚慈,郭晓丽,孙佳伟,等. 不同藜麦品种萌发期耐盐性研究[J]. 种子,2017,36(5):88-91.
- [14] 张国伟,路海玲,张 雷,等. 棉花萌发期和苗期耐盐性评价及耐盐指标筛选[J]. 应用生态学报,2011,22(8):2045-2053.
- [15] 朱世杨,张小玲,罗天宽,等. 花椰菜种质资源萌发期耐盐性综合评价[J]. 核农学报,2012,26(2):380-390.
- [16] 李丰先,周宇飞,王艺陶,等. 高粱品种萌发期耐碱性筛选与综合鉴定[J]. 中国农业科学,2013,46(9):1762-1771.
- [17] 李 翠,梁 燕,张纪涛,等. 渗透胁迫对番茄种子萌发特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(2):173-179.
- [18] 陈 新,张宗文,吴 斌. 裸燕麦萌发期耐盐性综合评价与耐盐种质筛选[J]. 中国农业科学,2014,47(10):2038-2046.
- [19] 何虎翼,谭冠宁,何新民,等. 63 份马铃薯品种(系)资源农艺性状的主成分与聚类分析[J]. 江苏农业学报,2017,33(1):27-33.
- [20] 王薇薇,郭 军,梅 焱,等. 大蒜种质资源的综合评价与聚类分析[J]. 江苏农业学报,2017,33(2):397-403.
- [21] 孟 林,尚春艳,毛培春,等. 偃麦草属植物种质材料苗期耐盐性综合评价[J]. 草业学报,2009,18(4):67-74.