

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2025.0591

## 29 个黄瓜品种萌发期耐盐碱性分析

张越<sup>1</sup>, 魏秋杨<sup>1</sup>, 王鑫宇<sup>1</sup>, 谢洋<sup>1,2</sup>, 张姣姣<sup>1,2</sup>, 王琛<sup>1,2</sup>,  
李晓丽<sup>1,2</sup>, 宋晓飞<sup>3</sup>, 闫立英<sup>1,2</sup>, 贾建华<sup>1,2</sup>

(1. 河北科技师范学院园艺科技学院 河北秦皇岛 066004; 2. 河北省特色园艺种质挖掘与创新利用重点实验室·河北省高校特色园艺植物生物育种应用技术研发中心 河北秦皇岛 066004;  
3. 河北科技师范学院分析测试中心 河北秦皇岛 066004)

**摘要:** 为明确黄瓜种子萌发期的耐盐碱性, 以 29 个黄瓜品种为试材, 以纯水为对照, 采用 50 和 100 mmol·L<sup>-1</sup> 盐碱混合溶液 (NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaHCO<sub>3</sub> 物质的量比 1:9:1:9) 进行处理, 统计种子的相对发芽势 (RGP)、相对发芽率 (RGR)、萌发胁迫指数 (GSI) 和相对萌发时间 (RGT) 等指标, 并采用主成分分析法和模糊隶属函数分析法, 对 29 个黄瓜品种萌发期耐盐碱性进行综合评价。结果表明, 供试黄瓜品种的相对发芽势、相对发芽率、萌发胁迫指数和相对萌发时间与隶属函数排名较一致, 可作为评价黄瓜种子萌发期耐盐碱性指标; 主成分分析提取 3 个主成分, 累计贡献率达 91.069%; 筛选出了相对耐盐碱品种 5 个 (瑞光 2 号、卓越一号、津春 5 号、京研夏美 2 号和中农 6 号); 相对盐碱敏感品种 5 个 (金牌 618、超亮耐热王、津园 16 号、津春 4 号和中农 12 号)。本研究结果可为黄瓜耐盐碱性育种提供一定的参考。

**关键词:** 黄瓜; 盐碱胁迫; 胁迫指数; 综合分析

中图分类号: S642.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)03-075-09

### Analysis on salt-alkali resistance of 29 cucumber varieties at germination stage

ZHANG Yue<sup>1</sup>, WEI Qiuyang<sup>1</sup>, WANG Xinyu<sup>1</sup>, XIE Yang<sup>1,2</sup>, ZHANG Jiaojiao<sup>1,2</sup>, WANG Chen<sup>1,2</sup>, LI Xiaoli<sup>1,2</sup>, SONG Xiaofei<sup>3</sup>, YAN Liying<sup>1,2</sup>, JIA Jianhua<sup>1,2</sup>

(1. College of Horticultural Science and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066004, Hebei, China; 2. Hebei Key Laboratory of Horticultural Germplasm Excavation and Innovative Utilization/Hebei Higher Institute Application Technology Research and Development Center of Horticultural Plant Biological Breeding, Qinhuangdao 066004, Hebei, China; 3. Analysis and Testing Center, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao 066004, Hebei, China)

**Abstract:** To clarify the salt-alkali tolerance of cucumber seeds during germination, 29 cucumber varieties were subjected to germination tests using mixed salt-alkali solutions (0 mmol·L<sup>-1</sup>, 50 mmol·L<sup>-1</sup> and 100 mmol·L<sup>-1</sup>; the amount of substance ratio of NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> was 1:9:1:9). The relative germination energy (RGP), relative germination rate (RGR), germination stress index (GSI) and relative germination time (RGT) were measured. Principal component analysis and membership function analysis were used to comprehensive evaluate the salt-alkali tolerance of 29 cucumber varieties at germination period. The results showed that the relative germination potential, relative germination rate, germination stress index and relative germination time of the tested cucumber varieties were consistent with the membership ranking and could be used as indicators to evaluate the salt-alkali tolerance of cucumber seeds during the germination period. Three principal components were extracted by principal component analysis, with a cumulative contribution rate of 91.069%. Five relatively salt-alkali tolerant materials were screened, namely Ruiguang No. 2, Zhuoyue No. 1, Jinchun No. 5, Jingyan Xiamei No. 2 and Zhongnong No. 6; and the following five materials were selected as salt-alkali sensitive varieties, including Jinpai 618, Chaoliang Nairewang, Jinyuan No. 16, Jinchun No. 4 and Zhongnong No. 12. This research results can provide a certain reference for the breeding of salt-alkali tolerant cucumber.

**Key words:** Cucumber; Salt-alkali stress; Stress index; Comprehensive analysis

收稿日期: 2025-08-18; 修回日期: 2025-11-06

基金项目: 省属高校基本科研业务费专项 (2023JK09); 河北省教育厅项目 (QN2023089); 河北科技师范学院科学研究基金 (2023YB011); 河北省现代农业产业技术体系建设专项基金 (HBCT2023100201)

作者简介: 张越, 女, 在读硕士研究生, 研究方向为黄瓜遗传育种与分子生物学。E-mail: 2598337241@qq.com

通信作者: 贾建华, 男, 讲师, 研究方向为黄瓜遗传育种与分子生物学。E-mail: Jianhuajia91@163.com

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是全球最重要的设施蔬菜之一。当前,土壤盐渍化面积不断扩大,全球约有 8.33 亿  $\text{hm}^2$  的土壤受到盐渍化威胁,其中我国盐渍土总面积为 3690 万  $\text{hm}^2$ ,占全国可利用土地面积的 5.01%,主要分布在东北、华北、西北、长江中下游及滨海等地区<sup>[1-3]</sup>。然而,黄瓜属于典型的盐敏感型植物,其生长发育和产量极易受到土壤盐渍化的影响<sup>[4]</sup>。

前人研究表明,盐胁迫和碱胁迫是两种不同性质的胁迫,虽然二者之间有一定的相关性,但其对植物的胁迫作用机制以及植物对其生理适应机制均有明显不同<sup>[5]</sup>。通常将以中性盐氯化钠( $\text{NaCl}$ )和硫酸钠( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )引起的胁迫称为盐胁迫,而将以碱性盐碳酸氢钠( $\text{NaHCO}_3$ )和碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )引起的胁迫称为碱胁迫<sup>[6]</sup>。盐胁迫主要对植物造成离子胁迫( $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 积累破坏离子平衡)、渗透胁迫(阻碍水分吸收)以及由此引发的氧化损伤(活性氧积累)等<sup>[5-7]</sup>;而碱胁迫下,植物除受到盐胁迫的影响外,还会因高 pH 胁迫导致离子毒性,引起 Fe、P 等营养元素沉淀以及膜系统损伤<sup>[5,8]</sup>,最终导致植物生理代谢紊乱,生长受到抑制,进而影响其产量和品质。在黄瓜研究中的结果表明,随着  $\text{NaCl}$  浓度增加,其种子发芽势、发芽率及相对发芽率呈显著下降趋势,相对伤害率则持续上升<sup>[9]</sup>。同时,盐浓度升高会明显延缓黄瓜种子的萌发进程<sup>[10]</sup>。值得注意的是,在相同浓度条件下,碱性盐( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$ )对种子萌发的抑制作用显著强于中性盐( $\text{NaCl}$ )<sup>[11-12]</sup>,这一

现象印证了碱胁迫复合伤害的特殊性。

研究发现,不同品种黄瓜种子萌发期对  $\text{NaCl}$  的耐性存在差异。中农 12 号、津春 5 号、冬美 901 和冬美 906 等品种萌发期的耐盐性较强<sup>[13-14]</sup>。此外,部分研究也对不同黄瓜品种的耐盐能力进行了分析,结果表明,耐盐性由强到弱依次为长春密刺、津研 506、中农七号、津杂三号、津研四号、鲁黄瓜九号<sup>[15]</sup>;沈季雪等<sup>[16]</sup>研究表明,不同品种黄瓜种子萌发时对  $\text{NaCl}$  的耐受性由强到弱依次为春夏秋王、津研四号、唐山秋瓜、新津优一号、新津春四号、新津研七号。徐慧妮等<sup>[17]</sup>利用  $\text{NO}_3^-$  模拟盐碱环境对种子的胁迫,筛选出了耐盐碱品种津园 5 号和新泰密刺。此外,王学军等<sup>[18]</sup>对黄瓜不同品种的抗  $\text{NO}_3^-$  能力进行排序,由强到弱依次为长春密刺、中农 1101、津春四号、津春三号、北京 401、早春八号、兴丰 88-8。

然而,在黄瓜种子萌发期对复合盐碱耐受性的研究与评价较少,一定程度上制约了黄瓜耐盐碱品种的筛选与应用。鉴于此,笔者以 29 个黄瓜品种为材料,利用主成分分析法和模糊隶属函数法对供试品种萌发期的耐盐碱性进行综合评价,以期为黄瓜耐盐碱育种提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以中农 126、津优 1 号、津春 5 号、津优 401 等 29 个黄瓜品种为材料,品种信息详见表 1。

表 1 29 个黄瓜品种信息

Table 1 Information of 29 cucumber varieties

编号 Number	材料 Material	种质类型 Germplasm type	生态型 Ecotype	来源 Source
1	津优 1 号 Jinyou No. 1	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
2	津优 339 Jinyou 339	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
3	津优 401 Jinyou 401	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
4	津优 611 Jinyou 611	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
5	津春 4 号 Jinchun No. 4	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
6	津春 5 号 Jinchun No. 5	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
7	津春 9 号 Jinchun No. 9	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
8	津园 16 号 Jinyuan No. 16	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.

表1 (续)  
Table 1 (Continued)

编号 Number	材料 Material	种质类型 Germplasm type	生态型 Ecotype	来源 Source
9	中农6号 Zhongnong No. 6	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	中蔬种业科技(北京)有限公司 China Vegetable Seed Technology (Beijing) Co., Ltd.
10	中农8号 Zhongnong No. 8	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	中蔬种业科技(北京)有限公司 China Vegetable Seed Technology (Beijing) Co., Ltd.
11	中农12号 Zhongnong No. 12	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	中蔬种业科技(北京)有限公司 China Vegetable Seed Technology (Beijing) Co., Ltd.
12	中农16号 Zhongnong No. 16	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	中蔬种业科技(北京)有限公司 China Vegetable Seed Technology (Beijing) Co., Ltd.
13	中农126号 Zhongnong No. 126	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	中蔬种业科技(北京)有限公司 China Vegetable Seed Technology (Beijing) Co., Ltd.
14	京研夏美 Jingyan Xiamei	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
15	京研夏美2号 Jingyan Xiamei No. 2	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
16	京研春秋绿2号 Jingyan Chunqiulü No. 2	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
17	京研春秋绿8号 Jingyan Chunqiulü No. 8	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
18	京研118 Jingyan 118	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
19	瑞光2号 Ruiguang No. 2	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
20	绿秀 Lüxiu	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
21	富豪先锋 Fuhao Xianfeng	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	山东省新泰市祥云种业有限公司 Shandong Xintai Xiangyun Seed Co., Ltd.
22	金牌618 Jinpai 618	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	山东省新泰市祥云种业有限公司 Shandong Xintai Xiangyun Seed Co., Ltd.
23	绿心黄瓜 Lüxin Cucumber	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	寿光欣欣然园艺有限公司 Shouguang Xinxinran Horticulture Co., Ltd.
24	超亮耐热王 Chaoliang Nairewang	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	新泰市亿丰源种业有限公司 Xintai Yifengyuan Seed Co., Ltd.
25	卓越一号 Zhuoyue No. 1	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Technology Co., Ltd.
26	春优503 Chunyou 503	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	天津久优农业科技有限公司 Tianjin Jiuyou Agricultural Technology Co., Ltd.
27	新研七号 Xinyan No. 7	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	河北良达盛农种业有限公司 Hebei Liangdashengnong Seed Co., Ltd.
28	津川亮丰 Jinchuan Liangfeng	商业品种 Commercial variety	华北型 Northern China type	河北环农种业有限公司 Hebei Huannong Seed Co., Ltd.
29	绿岛7号 Lüdao No. 7	自育品种 Self-bred variety	华南型 Southern China type	河北科技师范学院 Hebei Normal University of Science and Technology

## 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2024年6—10月在河北科技师范学院园艺中心实验室进行。选取饱满、整齐度一致且无病虫害的黄瓜种子,于55℃温水浸种15 min后转移到衬有1层滤纸的圆形培养皿中,每个培养皿放置50粒种子。试验采用完全随机设计,对照组(CK)和胁迫组(T1、T2)分别加入6 mL

的0、50和100 mmol·L<sup>-1</sup>盐碱混合溶液(NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaHCO<sub>3</sub>物质的量比1:9:1:9),于28℃下进行恒温培养,每2 h记录种子萌发数(以胚根出现2 mm为萌发)。每个处理重复3次。处理48 h后,计算种子的发芽势、发芽率、发芽指数、相对发芽势、相对发芽率、萌发胁迫指数、相对萌发时间等指标。试验重复3次。

1.2.2 相关指标测定 各指标计算方法如下<sup>[18-19]</sup>:

$$\text{发芽势(GP)/\%} = (\text{萌发高峰时种子的萌发总数} / \text{供试种子总数}) \times 100; \quad (1)$$

$$\text{相对发芽势(RGP)/\%} = (\text{处理组发芽势} / \text{对照组发芽势}) \times 100; \quad (2)$$

$$\text{发芽率(GR)/\%} = (\text{末期萌发总数} / \text{供试种子总数}) \times 100; \quad (3)$$

$$\text{相对发芽率(RGR)/\%} = (\text{处理组发芽率} / \text{对照组发芽率}) \times 100; \quad (4)$$

$$\text{发芽指数(GI)} = \sum (Gt/Dt); \quad (5)$$

$$\text{发芽胁迫指数(GSI)} = \text{盐碱胁迫处理下的发芽指数(GIS)} / \text{对照发芽指数(GIC)}; \quad (6)$$

$$\text{平均发芽时间(MGT)} = \sum (Gi \times Di) / N; \quad (7)$$

$$\text{相对发芽时间(RGT)} = \text{处理组平均发芽时间} / \text{对照组平均发芽时间}. \quad (8)$$

式中,  $Gt$  为萌发试验终期内每日萌发数,  $Dt$  为萌发天数;  $Gi$  为不同培养小时数萌发种子数,  $Di$  为相应的培养小时数,  $N$  为试验终期萌发种子数。

1.2.3 耐盐碱性综合分析 利用模糊隶属函数法对相对发芽势、相对发芽率、萌发胁迫指数、相对萌发时间等 4 个种子萌发相关指标进行综合分析, 参

考张志良等<sup>[20]</sup>的方法计算模糊隶属函数值。参考张博文等<sup>[21]</sup>的方法计算耐盐碱综合评价价值。

### 1.3 数据处理

采用 SPSS 20 分析软件对试验数据进行单因素方差分析, 并进行多重比较(Duncan)和变异系数分析; 采用 Microsoft Excel 2020 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 29 个黄瓜品种萌发相关指标变异系数分析

由表 2 可知, 29 个黄瓜品种对照组(CK)与处理组(T1、T2)各性状的变异系数差异均达到极显著水平; 对照的变异系数为 10.8%~30.5%, T1 和 T2 处理的变异系数分别为 13.1%~67.1% 和 15.9%~194.3%, 对照的变异系数从大到小排序为发芽指数 > 平均发芽时间 > 发芽势 > 发芽率, T1 处理的变异系数从大到小排序为发芽势 > 发芽指数 > 平均发芽时间 > 发芽率, T2 处理的变异系数从大到小排序为发芽势 > 发芽指数 > 平均发芽时间 > 发芽率。发芽率、发芽势、发芽指数及平均发芽时间等种子萌发相关指标的变异系数介于 10.8%~193.4% 之间, 差异均达到极显著水平。以上结果表明, 29 个黄瓜

表 2 29 个黄瓜品种萌发相关指标分析

Table 2 Analysis of germination-related indicators of 29 cucumber varieties

指标 Index	处理 Treatment	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%	t 值 t value	P 值 P value
发芽势 Germination potential/%	CK	68.667	11.811	17.2	41.109	0.000
	T1	19.761	13.260	67.1	10.512	0.000
	T2	2.299	4.467	194.3	2.357	0.000
发芽率 Germination rate/%	CK	94.138	10.197	10.8	65.279	0.000
	T1	91.647	12.013	13.1	54.395	0.000
	T2	88.000	14.023	15.9	44.305	0.000
发芽指数 Germination index	CK	36.770	11.232	30.5	23.149	0.000
	T1	32.365	10.704	33.1	21.469	0.000
	T2	24.569	6.094	24.8	24.556	0.000
平均发芽时间 Mean time to germination	CK	23.475	5.059	21.6	32.812	0.000
	T1	28.124	5.836	20.8	34.083	0.000
	T2	32.866	5.260	16.0	40.556	0.000

品种在萌发过程中, 其耐盐碱性存在极显著差异, 且指标的变异系数越大, 说明 29 个黄瓜品种的耐盐碱性差异越明显。

### 2.2 盐碱胁迫对黄瓜种子相对发芽势和相对发芽率的影响

由表 3 可知, 50 mmol·L<sup>-1</sup> 盐碱混合溶液(T1)胁迫时, 瑞光 2 号、津春 5 号、卓越一号、中农 6 号的相对发芽势较高, 津园 16 号、超亮耐热王、津春 4

号的相对发芽势较低; 29 个品种的相对发芽率均高于 80%。100 mmol·L<sup>-1</sup> 盐碱混合溶液(T2)胁迫时, 超半数(17/29)品种的相对发芽势为 0%, 仅瑞光 2 号、中农 6 号、春优 503 的相对发芽势较高, 且仅瑞光 2 号、金牌 618、绿秀 3 个品种的相对发芽率低于 80%。综上, 在本试验条件下, 瑞光 2 号、津春 5 号、卓越一号、中农 6 号的相对发芽势较高, 而津园 16 号、超亮耐热王、津春 4 号的相对发芽势较低。此外,

表3 盐碱胁迫下29个黄瓜品种的相对发芽势与相对发芽率

编号 Number	材料 Material	相对发芽势 RGP/%		相对发芽率 RGR/%	
		T1	T2	T1	T2
1	津优 1 号 Jinyou No. 1	11.1±5.1 hij	0.0±0.0 f	102.1±2.1 a	95.8±2.1 bcde
2	津优 339 Jinyou 339	24.5±8.0 def	6.4±3.2 cde	98.6±1.3 abc	94.2±3.3 bcde
3	津优 401 Jinyou 401	23.1±4.2 defg	0.0±0.0 f	100.0±0.0 abc	100.0±0.0 abc
4	津优 611 Jinyou 611	16.0±8.4 fgh	0.0±0.0 f	102.0±0.0 a	93.9±2.0 bcde
5	津春 4 号 Jinchun No. 4	9.4±0.0 hij	0.0±0.0 f	99.3±1.2 abc	92.0±2.0 de
6	津春 5 号 Jinchun No. 5	69.4±1.8 b	5.1±4.7 cde	100.0±0.0 abc	98.0±2.0 abcd
7	津春 9 号 Jinchun No. 9	17.1±0.0 efgh	2.4±2.4 ef	100.0±0.0 abc	98.0±2.0 abcd
8	津园 16 号 Jinyuan No. 16	4.5±4.2 j	0.0±0.0 f	92.0±2.0 cd	92.0±2.0 de
9	中农 6 号 Zhongnong No. 6	65.5±6.0 b	28.7±5.3 b	82.7±1.6 ef	80.0±3.1 f
10	中农 8 号 Zhongnong No. 8	15.9±7.1 fgh	0.0±0.0 f	100.0±0.0 abc	100.0±0.0 abc
11	中农 12 号 Zhongnong No. 12	13.6±5.5 ghij	0.0±0.0 f	100.0±0.0 abc	90.0±4.0 e
12	中农 16 号 Zhongnong No. 16	22.2±5.1 defg	0.0±0.0 f	100.7±3.2 abc	100.7±2.4 ab
13	中农 126 号 Zhongnong No. 126	23.4±4.3 defg	0.0±0.0 f	98.0±2.0 abc	98.0±2.0 abcd
14	京研夏美 Jingyan Xiamei	14.4±2.4 ghi	0.0±0.0 f	100.0±2.0 abc	100.0±0.0 abc
15	京研夏美 2 号 Jingyan Xiamei No. 2	45.0±9.0 c	8.0±1.7 cd	100.0±1.2 abc	103.4±0.0 a
16	京研春秋绿 2 号 Jingyan Chunqiulü No. 2	46.0±5.3 c	6.9±0.0 cde	100.0±0.0 abc	100.0±0.0 abc
17	京研春秋绿 8 号 Jingyan Chunqiulü No. 8	31.4±2.9 d	0.0±0.0 f	100.0±0.0 abc	100.0±0.0 abc
18	京研 118 Jingyan 118	27.8±5.6 d	0.0±0.0 f	92.5±2.3 bcd	94.0±3.4 bcde
19	瑞光 2 号 Ruiguang No. 2	90.2±3.4 a	49.0±9.0 a	101.3±18.8 ab	71.3±15.0 g
20	绿秀 Lüxiu	46.4±0.0 c	4.5±4.2 cdef	89.6±1.3 de	77.0±1.3 fg
21	富豪先锋 Fuhao Xianfeng	14.5±3.6 ghi	3.6±3.6 def	101.4±1.2 ab	91.5±0.0 de
22	金牌 618 Jinpai 618	14.7±0.0 ghi	0.0±0.0 f	80.0±4.0 f	75.3±5.0 fg
23	绿心黄瓜 Lüxin Cucumber	14.5±2.5 ghi	0.0±0.0 f	98.5±5.8 abc	89.8±2.2 e
24	超亮耐热王 Chaoliang Nairewang	6.0±5.5 ij	0.0±0.0 f	100.0±0.0 abc	92.0±2.0 de
25	卓越一号 Zhuoyue No. 1	66.4±6.0 b	4.8±0.0 cdef	96.5±8.4 abcd	95.8±1.2 bcde
26	春优 503 Chunyou 503	26.3±4.8 de	26.3±4.8 f	97.6±3.7 abcd	97.6±3.7 cde
27	新研七号 Xinyan No. 7	26.1±3.3 de	8.7±1.9 c	93.2±6.8 abcd	90.9±4.5 de
28	津川亮丰 Jinchuan Liangfeng	25.8±2.3 de	0.0±0.0 f	100.0±2.0 abc	91.8±6.1 de
29	绿岛 7 号 Lüdao No. 7	48.0±7.2 c	0.0±0.0 f	100.0±1.2 abc	97.2±2.4 abcde

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

50 mmol·L<sup>-1</sup>和 100 mmol·L<sup>-1</sup>的盐碱胁迫延迟了黄瓜种子的萌发,但对种子相对发芽率的影响较小。

### 2.3 盐碱胁迫对黄瓜种子发芽胁迫指数和相对发芽时间的影响

由表 4 可知,在 50 mmol·L<sup>-1</sup>盐碱混合溶液胁迫下,京研夏美 2 号、卓越一号、津优 611 的发芽胁迫指数较高;而中农 8 号、新研七号、金牌 618、津优 401 的发芽胁迫指数较低。在 100 mmol·L<sup>-1</sup>盐碱混合溶液胁迫下,京研夏美 2 号、卓越一号、津春 5 号、津优 611 的发芽胁迫指数较高;而金牌 618、超亮耐热王、津园 16 号的发芽胁迫指数较低。

在 50 mmol·L<sup>-1</sup>盐碱混合溶液胁迫下,津春 5 号、瑞光 2 号、中农 6 号的相对平均萌发时间接近

于 1,出现轻微延迟;而新研七号、京研夏美、津优 339 的相对平均萌发时间大于 1.3,相对其他品种萌发延迟比较明显。在 100 mmol·L<sup>-1</sup>盐碱混合溶液胁迫下,中农 6 号、春优 503、津春 5 号、瑞光 2 号、绿秀、京研 118 的相对平均萌发时间仍小于 1.3,受盐碱影响较小;新研七号、京研夏美、津优 611、超亮耐热王、津优 1 号、津优 339 的相对平均萌发时间均大于 1.5,出现较为严重的延迟,表明其受盐碱胁迫影响较大。

综上所述,京研夏美 2 号、卓越一号、津优 611、津春 5 号发芽胁迫指数较高;中农 8 号、新研七号、金牌 618、津优 401、超亮耐热王、津园 16 号发芽胁迫指数较低。此外,与对照相比,盐碱混合溶液胁

表4 盐碱胁迫下29个黄瓜品种的发芽胁迫指数与相对发芽时间

**Table 4 Germination stress index and relative germination time of 29 cucumber varieties under saline-alkaline stress**

编号 Number	材料 Material	发芽胁迫指数 GSI		相对发芽时间 RGT	
		T1	T2	T1	T2
1	津优1号 Jinyou No. 1	0.976±0.018 cd	0.549±0.016 lmn	1.175±0.012 ghij	1.539±0.006 bc
2	津优339 Jinyou 339	0.718±0.022 lmn	0.646±0.030 hij	1.314±0.026 c	1.515±0.044 cd
3	津优401 Jinyou 401	0.678±0.018 mn	0.581±0.000 jki	1.165±0.008 ghijk	1.390±0.010 jk
4	津优611 Jinyou 611	1.850±0.051 b	0.973±0.012 b	1.203±0.024 fg	1.542±0.021 bc
5	津春4号 Jinchun No. 4	0.793±0.009 hijkl	0.734±0.016 defg	1.186±0.011 fgghi	1.456±0.008 fg
6	津春5号 Jinchun No. 5	1.000±0.000 c	0.980±0.020 b	1.045±0.002 p	1.220±0.006 o
7	津春9号 Jinchun No. 9	0.724±0.026 lmn	0.645±0.013 hij	1.157±0.003 hijkl	1.348±0.005 lm
8	津园16号 Jinyuan No. 16	0.860±0.020 efghi	0.493±0.025 no	1.169±0.020 ghijk	1.392±0.004 jk
9	中农6号 Zhongnong No. 6	0.827±0.016 ghijk	0.800±0.031 cd	1.088±0.029 no	1.187±0.008 p
10	中农8号 Zhongnong No. 8	0.650±0.029 n	0.584±0.000 jki	1.185±0.014 fgghi	1.375±0.000 kl
11	中农12号 Zhongnong No. 12	0.867±0.000 efghi	0.780±0.035 cde	1.299±0.010 c	1.371±0.003 kl
12	中农16号 Zhongnong No. 16	0.944±0.012 cdef	0.796±0.048 cd	1.161±0.022 hijkl	1.390±0.009 jk
13	中农126号 Zhongnong No. 126	0.930±0.020 cdefg	0.667±0.035 ghi	1.189±0.002 fgghi	1.490±0.004 de
14	京研夏美 Jingyan Xiamei	0.960±0.013 cde	0.633±0.015 ijk	1.349±0.005 b	1.569±0.013 b
15	京研夏美2号 Jingyan Xiamei No. 2	1.945±0.055 a	1.400±0.052 a	1.155±0.035 ijkl	1.451±0.041 fg
16	京研春秋绿2号 Jingyan Chunqiulü No. 2	0.883±0.015 defgh	0.710±0.010 fgh	1.155±0.004 ijkl	1.416±0.006 hij
17	京研春秋绿8号 Jingyan Chunqiulü No. 8	0.718±0.012 lmn	0.588±0.000 jki	1.143±0.006 jklm	1.366±0.015 klm
18	京研118 Jingyan 118	0.672±0.016 mn	0.683±0.025 ghi	1.122±0.011 lmn	1.278±0.019 n
19	瑞光2号 Ruiguang No. 2	1.013±0.188 c	0.713±0.150 efgh	1.084±0.065 o	1.224±0.028 o
20	绿秀 Lüxiu	0.741±0.035 jklmn	0.612±0.010 jki	1.134±0.004 klm	1.269±0.004 n
21	富豪先锋 Fuhao Xianfeng	0.771±0.038 ijklm	0.552±0.016 lmn	1.245±0.025 de	1.413±0.018 ij
22	金牌618 Jinpai 618	0.667±0.960 mn	0.430±0.032 o	1.196±1.217 fgh	1.470±0.015 ef
23	绿心黄瓜 Lüxin Cucumber	0.925±0.054 cedfg	0.842±0.021 c	1.176±0.029 ghij	1.337±0.003 m
24	超亮耐热王 Chaoliang Nairewang	0.734±0.025 klmn	0.492±0.015 no	1.263±0.015 d	1.541±0.036 bc
25	卓越一号 Zhuoyue No. 1	1.930±0.168 ab	1.343±0.063 a	1.113±0.003 mno	1.432±0.020 ghi
26	春优503 Chunyou 503	0.813±0.031 hijkl	0.813±0.031 cdef	1.218±0.012 ef	1.218±0.012 klm
27	新研七号 Xinyan No. 7	0.656±0.054 n	0.571±0.034 klm	1.810±0.004 a	1.875±0.005 a
28	津川亮丰 Jinchuan Liangfeng	0.840±0.043 fghij	0.507±0.027 mn	1.169±0.005 ghijk	1.452±0.026 fg
29	绿岛7号 Lüdao No. 7	0.892±0.027 defgh	0.536±0.022 lmn	1.134±0.006 klm	1.447±0.029 fgh

胁迫下黄瓜种子的萌发时间延长。

2.4 主成分分析

主成分分析是一种降维技术,旨在通过少数几个不相关的综合变量(主成分)来概括原始数据集的多数核心特征。这有助于简化数据结构,使研究焦点更为集中,分析结果更易解读。对供试的29个黄瓜品种与耐盐碱性有关的4个指标进行主成分分析。由表5可以看出,前3个主成分的贡献率分别为44.439%、30.516%和16.113%,累计贡献率达到了91.069%。

2.5 隶属函数分析

通过测定29个黄瓜品种在50 mmol·L<sup>-1</sup>与100 mmol·L<sup>-1</sup>的盐碱混合溶液胁迫下的相对发芽势(GE)、相对发芽率(GR)、发芽胁迫指数(GSI)及相

表5 29个黄瓜品种耐盐碱性评价的主成分分析

**Table 5 Principal component analysis of salt-tolerance evaluation of 29 cucumber varieties**

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	1.778	44.439	44.439
2	1.221	30.516	74.955
3	0.645	16.113	91.069
4	0.357	8.931	100.000

对发芽时间(RGT),结果发现,与对照相比,盐碱混合溶液胁迫明显影响了黄瓜品种萌发的上述指标。利用综合评价公式,对29个黄瓜品种种子萌发期的耐盐碱性进行综合评价。综合评价值越大,表明耐盐碱能力越强,结果如表6所示。在29个

表6 盐碱胁迫下29个黄瓜品种各指标隶属函数值和耐盐碱性综合评价值

Table 6 The membership function values of various indicators and the comprehensive evaluation value of salt-alkali tolerance for 29 cucumber varieties under salt-alkali stress

编号 Number	材料 Material	相对发芽势 RGP		相对发芽率 RGR		萌发胁迫指数 GSI		相对萌发时间 RGT		综合评价值 Comprehensive evaluation value		排序 Rank	
		T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1	津优1号 Jinyou No. 1	0.077	0.000	1.000	0.763	0.252	0.123	0.830	0.488	0.603	0.376	17	22
2	津优339 Jinyou 339	0.233	0.130	0.840	0.713	0.053	0.222	0.648	0.524	0.642	0.506	16	8
3	津优401 Jinyou 401	0.217	0.000	0.906	0.893	0.022	0.156	0.842	0.705	0.665	0.454	14	13
4	津优611 Jinyou 611	0.134	0.000	0.998	0.703	0.927	0.560	0.793	0.484	0.775	0.429	8	17
5	津春4号 Jinchun No. 4	0.056	0.000	0.875	0.644	0.110	0.313	0.815	0.609	0.504	0.372	25	23
6	津春5号 Jinchun No. 5	0.757	0.104	0.906	0.831	0.270	0.567	1.000	0.952	1.263	0.628	3	6
7	津春9号 Jinchun No. 9	0.146	0.050	0.906	0.831	0.057	0.221	0.854	0.766	0.601	0.496	18	10
8	津园16号 Jinyuan No. 16	0.000	0.000	0.543	0.644	0.162	0.065	0.838	0.702	0.325	0.336	28	25
9	中农6号 Zhongnong No. 6	0.712	0.586	0.123	0.272	0.137	0.381	0.943	1.000	0.871	0.853	7	3
10	中农8号 Zhongnong No. 8	0.132	0.000	0.906	0.893	0.000	0.158	0.817	0.727	0.574	0.456	22	12
11	中农12号 Zhongnong No. 12	0.106	0.000	0.906	0.582	0.168	0.361	0.668	0.733	0.564	0.366	24	24
12	中农16号 Zhongnong No. 16	0.206	0.000	0.937	0.914	0.227	0.377	0.848	0.704	0.703	0.502	12	9
13	中农126号 Zhongnong No. 126	0.220	0.000	0.815	0.831	0.216	0.244	0.812	0.559	0.663	0.431	15	16
14	京研夏美 Jingyan Xiamei	0.115	0.000	0.906	0.893	0.240	0.210	0.602	0.444	0.580	0.440	21	15
15	京研夏美2号 Jingyan Xiamei No. 2	0.472	0.163	0.906	1.000	1.000	1.000	0.857	0.616	1.094	0.802	4	4
16	京研春秋绿2号 Jingyan Chunqiulü No. 2	0.484	0.141	0.906	0.893	0.180	0.289	0.856	0.667	0.961	0.615	6	7
17	京研春秋绿8号 Jingyan Chunqiulü No. 8	0.314	0.000	0.906	0.893	0.052	0.163	0.871	0.740	0.770	0.458	9	11
18	京研118 Jingyan 118	0.271	0.000	0.565	0.706	0.017	0.261	0.899	0.868	0.584	0.411	20	19
19	瑞光2号 Ruiguang No. 2	1.000	1.000	0.962	0.000	0.280	0.291	0.948	0.947	1.526	1.136	1	1
20	绿秀 Lüxiu	0.488	0.093	0.436	0.180	0.071	0.187	0.883	0.880	0.757	0.278	10	28
21	富豪先锋 Fuhao Xianfeng	0.116	0.074	0.970	0.629	0.093	0.126	0.738	0.671	0.593	0.412	19	18
22	金牌618 Jinpai 618	0.119	0.000	0.000	0.127	0.013	0.000	0.803	0.588	0.193	0.104	29	29
23	绿心黄瓜 Lüxin Cucumber	0.116	0.000	0.840	0.576	0.212	0.425	0.828	0.782	0.569	0.380	23	21
24	超亮耐热王 Chaoliang Nairewang	0.017	0.000	0.906	0.644	0.065	0.063	0.714	0.486	0.461	0.317	27	27
25	卓越一号 Zhuoyue No. 1	0.722	0.098	0.747	0.763	0.989	0.941	0.911	0.643	1.282	0.633	2	5
26	春优503 Chunyou 503	0.254	0.537	0.797	0.818	0.126	0.395	0.774	0.955	0.670	1.025	13	2
27	新研七号 Xinyan No. 7	0.252	0.177	0.597	0.611	0.005	0.146	0.000	0.000	0.496	0.452	26	14
28	津川亮丰 Jinchuan Liangfeng	0.248	0.000	0.906	0.639	0.147	0.079	0.838	0.614	0.718	0.329	11	26
29	绿岛7号 Lüdao No. 7	0.507	0.000	0.906	0.806	0.187	0.109	0.884	0.622	0.988	0.403	5	20

黄瓜品种中,瑞光2号、卓越一号、津春5号、京研夏美2号和中农6号的相对耐盐碱性较强;金牌618、超亮耐热王、津园16号、津春4号和中农12号的相对耐盐碱性较弱。

### 3 讨论与结论

种子萌发期是植物生长发育的关键时期,发芽势、发芽率、发芽指数、平均发芽时间等常用来反映

种子萌发的速度与种子活力,是表示种子使用价值的最重要指标<sup>[18,22-23]</sup>。盐碱胁迫下,黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数均会受到影响。在本研究中,利用混合盐碱胁迫处理 29 个黄瓜品种,结果表明,盐碱胁迫显著降低了种子的发芽势和发芽率,延长了种子的发芽时间。此外,不同浓度的盐碱胁迫对不同黄瓜品种萌发期的影响不同。王广印等<sup>[14]</sup>研究表明,不同黄瓜品种种子萌发受盐胁迫抑制程度不同,随着 NaCl 胁迫浓度的增大,对种子萌发的抑制作用逐渐增强。

前人通过测定中性盐、碱性盐等不同盐胁迫条件下黄瓜种子发芽率、发芽势、发芽指数、平均发芽时间等指标,研究盐胁迫对黄瓜种子萌发的影响,发现不同类型的盐胁迫对黄瓜萌发的影响不同<sup>[5,24-25]</sup>。在本研究中,津优 1 号发芽期的耐盐碱性较弱,津春 5 号的耐盐碱性较强,与前人耐盐性研究的结果一致<sup>[14]</sup>。然而,中农 12 号耐盐碱性较弱,不同于前人研究中发现的其耐盐性较强<sup>[13-14]</sup>。这可能是盐碱胁迫与盐胁迫的浓度不同,导致种子发芽期表现出耐盐但不耐盐碱。此外,盐碱胁迫溶液与盐溶液的 pH、离子类型等差异也可能会导致黄瓜种子发芽期耐盐性与耐盐碱性存在差异。因此,不同品种黄瓜种子发芽期的耐盐性与耐盐碱性差异的机制还有待进一步研究。

盐碱胁迫通过渗透抑制、离子毒害、氧化损伤及高 pH 胁迫多重机制,显著延迟黄瓜种子萌发启动、降低初期萌发速度和整齐度,最终表现为发芽势急剧下降<sup>[26-28]</sup>。在本研究中,盐碱胁迫对黄瓜种子的萌发过程产生显著的抑制作用,且随着胁迫程度的增加,抑制作用愈发明显。发芽势可能是评价黄瓜耐盐性的关键早期参数,其对盐碱胁迫的敏感性明显高于发芽率(GR)。此外,在本试验条件下,低浓度盐碱胁迫使部分品种的相对发芽率大于 100%,表明低盐碱浓度可能促进部分品种的萌发,与前人的研究结果相似<sup>[24]</sup>。

变异系数是用来衡量各观测值变异程度的一个统计量<sup>[29]</sup>。29 个黄瓜品种的发芽势、发芽率、发芽指数、平均发芽时间等种子萌发相关指标的变异系数介于 10.8%~193.4%之间,且各相关性状均存在极显著差异,表明本试验中 29 个黄瓜品种萌发期的耐盐碱性存在较大差异。此外,变异系数越大,表明 29 个黄瓜品种的耐盐碱性差异越明显。目前,Fuzzy 数学中的隶属函数法常被用于抗逆性综合评定,对各个耐受性指标隶属函数值累加,以

平均数来评定植物对逆境的耐受性<sup>[30]</sup>。但这种方法常常忽略了各指标的重要程度。本试验中,首先采用主成分分析法进行降维分析,结合隶属函数分析法,对 29 个黄瓜品种萌发期耐盐碱性进行综合评价,结果表明,种子的相对发芽势、相对发芽率、发芽胁迫指数和相对发芽时间与隶属函数排名基本一致,可作为评价黄瓜种子萌发期耐盐碱性评价的指标。

耐盐碱性是一个复杂的性状,并且由于评价指标和评价方法的差异性,不同品种在不同试验中的结果可能存在差异<sup>[1]</sup>。本研究中,仅对 29 个黄瓜品种萌发期的耐盐碱性进行了相关试验,不同品种其他生育期的耐盐碱性仍有待进一步研究,以期全面评价不同黄瓜品种的耐盐碱性。

综上所述,不同浓度的盐碱胁迫对不同黄瓜品种萌发期的影响不同,相对发芽势、相对发芽率、发芽胁迫指数和相对发芽时间均可作为评价黄瓜种子萌发期耐盐性的评价指标。本研究从 29 个黄瓜品种中筛选出了相对耐盐碱材料 5 份:瑞光 2 号、卓越一号、津春 5 号、京研夏美 2 号和中农 6 号;相对盐碱敏感材料 5 份:金牌 618、超亮耐热王、津园 16 号、津春 4 号和中农 12 号。本研究结果可为黄瓜耐盐碱性育种提供一定的参考。

### 参考文献

- [1] 张建锋,张旭东,周金星,等.世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J].水土保持研究,2005(6):32-34.
- [2] 杨真,王宝山.中国盐渍土资源现状及改良利用对策[J].山东农业科学,2015,47(4):125-130.
- [3] 赵作章,陈劲松,彭尔瑞,等.土壤盐渍化及治理研究进展[J].中国农村水利水电,2023(6):202-208.
- [4] WANG M F, YANG S L, SUN L, et al. A CBL4-CIPK6 module confers salt tolerance in cucumber[J]. Vegetable Research, 2022,2(1):62-71.
- [5] 张丽平.盐碱胁迫对黄瓜种子发芽和幼苗生理代谢的影响[D].山东泰安:山东农业大学,2008.
- [6] 苗丽.外源 NO 和 IAA 及其互作对黄瓜幼苗盐胁迫缓解效应的研究[D].山东泰安:山东农业大学,2014.
- [7] 魏国强,朱祝军,方学智,等.NaCl 胁迫对不同品种黄瓜幼苗生长、叶绿素荧光特性和活性氧代谢的影响[J].中国农业科学,2004,37(11):1754-1759.
- [8] 颜宏,赵伟,尹尚军,等.羊草对不同盐碱胁迫的生理响应[J].草业学报,2006,15(6):49-55.
- [9] 刘东让,董邵云,苗晗,等.黄瓜耐盐胁迫遗传育种研究进展[J].中国蔬菜,2021(7):14-23.
- [10] AL-MOMANY B, ABU-ROMMAN S. Cucumber and salinity[J]. Australian Journal of Crop Science, 2023, 17(7):581-590.
- [11] TIWARI J K, MUNSHI A D, KUMA R, et al. Effects of salt

- stress on cucumber: Seed germination, vegetative growth and fruit yield[J]. *Indian Journal of Horticulture*, 2013, 70(4): 538-543.
- [12] 王婷,王玉州,王梦珂,等.两个甜瓜品种芽苗期对盐碱胁迫的响应及耐性差异[J].*中国瓜菜*,2025,38(1):57-64.
- [13] 赵桂东,王宏宝,李茹,等.不同品种黄瓜种子萌发期对NaCl的耐盐性测定[J].*西南农业学报*,2014,27(2):754-757.
- [14] 王广印,周秀梅,张建伟,等.不同黄瓜品种种子萌发期的耐盐性研究[J].*植物遗传资源学报*,2004,5(3):299-303.
- [15] 王学军,李仁所,李式军,等.黄瓜抗盐选择研究[J].*山东农业大学学报(自然科学版)*,2000(1):74-76.
- [16] 沈季雪,蒋景龙.不同浓度NaCl处理对6种黄瓜种子萌发的影响[J].*江苏农业科学*,2017,45(7):111-115.
- [17] 徐慧妮,王秀峰,孙旭东,等.黄瓜种子萌发对NO<sub>3</sub><sup>-</sup>胁迫的响应及耐盐性评价[J].*西北植物学报*,2011,31(2):325-331.
- [18] 陈雅琦,苏楷淇,陈泰祥,等.混合盐碱胁迫对醉马草种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].*草业学报*,2021,30(3):137-157.
- [19] 贾双双,汤玲,张雪平,等.NaCl胁迫对生菜种子发芽特性的影响[J].*安徽科技学院学报*,2016,30(1):30-35.
- [20] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [21] 张文博,刘芸希,李国铭,等.9份番茄材料种子萌发期耐盐碱性评价[J].*种子*,2023,42(5):26-32.
- [22] ZHANG F Y. Response of different cucumber varieties to NaCl salt stress in seed germination stage[J]. *Botanical Research*, 2018,7(1):86-92.
- [23] 胡嘉伟,刘勇,李国雷,等.添加蘑菇渣堆肥对油松容器苗种子萌发和生长的影响[J].*中南林业科技大学学报*,2015,35(6):28-33.
- [24] 王静婷,钱晶晶,张雪平,等.Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>和NaHCO<sub>3</sub>混合盐溶液对黄瓜种子发芽特性的影响[J].*安徽科技学院学报*,2022,36(4):31-37.
- [25] 崔玮,张芬琴,李玉兰,等.中性盐和碱性盐胁迫对黄瓜种子萌发的影响[J].*种子*,2006(4):66-69.
- [26] ZELM E V, ZHANG Y X, TESTERINK C. Salt tolerance mechanisms of plants[J]. *Annual Review of Plant Biology*, 2020, 71(1):403-433.
- [27] ZHU Y X, GONG H J, YIN J L. Role of silicon in mediating salt tolerance in plants: A review [J]. *Plants*, 2019, 8(6): 147.
- [28] 薛洋,赵胜杰,何玉敏,等.瓜菜作物耐盐性研究进展[J].*中国瓜菜*,2023,36(12):1-8.
- [29] 周国彦,谢洋,邢雨蒙,等.33份旱黄瓜种子萌发期抗旱性鉴定[J].*中国瓜菜*,2023,36(3):92-97.
- [30] 潘俏,张舒嫫,沈迪,等.黄瓜耐盐突变体材料的筛选与鉴定[J].*南京农业大学学报*,2018,41(1):64-70.
- [31] 刘鹏,杨文强,王崇启,等.甜瓜品系萌发期耐盐性鉴定及筛选[J].*中国瓜菜*,2024,37(8):34-50.