

我国设施黄瓜新育成品种芽期耐盐性评价

曹齐卫¹, 李利斌¹, 孔素萍¹, 邱岸², 张允楠², 孙小镭¹

(¹山东省农业科学院蔬菜花卉研究所/国家蔬菜改良中心山东分中心/山东省设施蔬菜生物学重点实验室, 济南 250100;

²山东农业大学园艺科学与工程学院, 泰安 271018)

摘要:用 100 mmol/L $Mg(NO_3)_2$ 盐溶液对不同生态类型的 143 个设施黄瓜新品种进行 4 d 芽期胁迫处理, 调查各种质的发芽势、发芽指数、相对伤害率、发芽率、相对发芽率、第 2 天和第 4 天胚根伸长长度、后 2 d 胚根伸长速度等 8 个指标, 利用各指标隶属函数值对其耐盐性进行聚类分析, 并对耐盐强的种质进行恢复出苗初步筛选。研究表明, 黄瓜萌发期的耐盐性强弱评价结果受多个指标的影响。8 个发芽指标的变异系数为 10.5% ~ 81.0%, 除了发芽率和相对发芽率的变异较小外, 其他性状的变异幅度均较大 (32.0% ~ 81.0%); 各性状指标变异系数在不同生态类型种质中表现不同, 华北型和欧洲温室型种质以相对伤害率变异系数为最大, 华南型和欧美加工型种质以后 2 d 胚根伸长速度变异系数最大。从种质总体抗盐结果看, 欧美加工型和欧洲温室型 > 华南型 > 华北型。各指标隶属函数值聚类分析结果表明, 将所有种质划为耐盐强、中、弱 3 类, 其中耐盐强的品种共有 54 个, 占 37.8%。54 个耐盐品种胁迫后经出苗试验初步筛选出 12 个恢复能力强的品种, 即: J31-1 > 绿精灵 > DRT5 > YT24 > 东农 02 号 > 上海农科 4 号 > 冬灵 102 > IVF8 > 津优 35 > HGS-2 > 扬大 13 > J30-1。

关键词:设施黄瓜; 品种; 芽期耐盐; 隶属函数

Evaluation of Salt Tolerance of Newly-bred Greenhouse Cucumber Cultivars at Germination Stage

CAO Qi-wei¹, LI Li-bin¹, KONG Su-ping¹, QIU An², ZHANG Yun-nan², SUN Xiao-lei¹

(¹ Institute of Vegetables and flowers, Shandong Academy of Agricultural Sciences/Shandong Branch of National Improvement Center for Vegetables/Shandong Province Key Laboratory for Biology of Greenhouse Vegetables, Jinan 250100;

² College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018)

Abstract: 143 newly-bred greenhouse cucumber cultivars belonging to different ecotypes were treated with 100mmol/L $Mg(NO_3)_2$ for 4 days at germination stage. And eight indices including germination potential, germination index, relative injury rate, germination frequency, relative germination frequency, radicle length after salt treatment for 2 and 4 days, and radicle elongation speed of the latter 2 days were investigated. Using the membership function value of these indices to cluster these new-bred greenhouse cucumber cultivars, and primarily select salt-tolerance germplasms through growing them under salt-free conditions after salt treatment for 4 days. The results showed that salt-tolerance of the cucumber at germination stage were affected by multiple factors. The variation coefficient of eight indices were ranged from 10.0% to 81.0%. Except variation coefficient of germination frequency and relative germination frequency was less, other indices variation coefficient was as large as 32.0% - 81.0%. The variation coefficient of these indices was distinct among different ecotype germplasms. The variation coefficient of relative injury rate was the largest of North-China Ecotype and European Greenhouse Ecotype, however in South-China Ecotype and European-Processing Ecotype germplasms, the variation coefficient of radicle elongation speed of

收稿日期: 2013-08-20 修回日期: 2013-09-30 网络出版日期: 2014-04-08

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140408.0842.010.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-25); “十二五”科技支撑项目 (2012BAD02B03); 山东省自主创新成果转化重大专项 (2011ZHZX1A0404)

第一作者研究方向为黄瓜遗传育种。E-mail: caoqiwei2004@sina.com; 李利斌为共同第一作者

通信作者: 孙小镭, 研究方向为黄瓜遗传育种。E-mail: scssxl@163.com

the latter 2 days was the largest. From overall view of germplasm salt tolerance, European Greenhouse Ecotype and Processing Ecotype was better than South-China Ecotype, and then South-China Ecotype was better than North-China Ecotype. All the germplasms were divided into three groups according to the cluster results of subordinate function value including better, moderate, and less salt-tolerance. There were 54 high salt-tolerance cultivars, accounting for 37.8%. By emergence selection of these high salt-tolerance germplasms after salt treatment, 12 cultivars were chosen as better restore-growth germplasm. They were successively arranged as J31-1 > Lvjingling > DRT5 > YT24 > Dongnong2 > Shanghainongke 4 > Dongling 102 > IVF8 > Jinyou35 > HGS-2 > Yangda13 > J30-1 according to their ability to restore growth.

Key words: greenhouse cucumber; cultivars; salt tolerance at germination stage; subordinate function

黄瓜是我国重要的设施栽培蔬菜之一,其产量和经济效益位居蔬菜的前列。设施土壤的次生盐渍化是引起黄瓜连作障碍的重要因素^[1],往往导致生产效益下降、产品品质变劣,严重影响设施黄瓜的可持续发展。开展耐盐品种的选育是解决该问题的有效途径之一。耐盐种质的鉴定评价是开展耐盐品种选育的基础和前提。针对次生盐渍化设施土壤的盐分组成,近年来开展了大量的研究,研究结果表明阴离子以 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 为主,阳离子以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为主,因产区和施肥习惯及土壤类型不一,主导阴阳离子不同^[2-7]。盐分组成区别于滨海盐土(NaCl)。

近年来在黄瓜种质耐盐性方面开展了大量的研究^[8-13],多数的研究都以 NaCl 处理为研究手段。朱进等^[8]采用 300 mmol/L NaCl 胁迫处理 20 个黄瓜品种,通过 8 d 的发芽试验,利用 3 个发芽指标鉴定出津优 3 号为耐盐品种,津春 5 号、津优 1 号为中耐品种;王广印等^[9]根据每个品种在不同 NaCl 浓度(155 mmol/L、225 mmol/L、295 mmol/L)胁迫下的各个发芽指标下降率值的大小来评价 14 个品种的耐盐性,结果表明,津春 5 号为耐盐,津优 3 号为中耐,津优 1 号为不耐;王学军等^[10]和童辉等^[11]利用不同浓度 NaCl 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 芽期胁迫处理 34 个黄瓜品种,研究表明黄瓜品种对这两种盐的抗性反应不一致,对不同盐浓度的耐性差别可能是由不同的基因或不同的代谢过程所控制。

上述研究涉及的品种数量少,生态类型单一,芽期采用的评价指标少,黄瓜耐盐性的鉴定和评价方法因盐的种类、研究材料和研究者不同而异,没有统一的标准,得出的结果往往不尽一致^[8-10]。植物的耐盐性是多种因素综合作用的结果,其生理机制复杂,单一指标或几个指标往往难以全面反映不同种质的耐盐性^[15-16],如何依据生产现状采用合理的盐分处理,科学有效地评价大量黄瓜品种芽期耐盐性还鲜见报道。

本课题组在调查研究山东黄瓜主产区出现严重

连作障碍的 13 年设施表层土壤溶液的阴阳离子成分组成的基础上,通过模拟,得出 100 mmol/L $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 为黄瓜芽期耐盐胁迫的适宜浓度^[7]。本研究以我国第 3 届黄瓜年会上征集的不同生态类型的新育成设施栽培品种为试材,采用 100 mmol/L $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 进行芽期胁迫,利用多指标隶属函数法进行综合评价,旨在了解目前我国新育成设施品种的耐盐总体状况,合理评价筛选黄瓜耐盐品种资源,为进一步开展耐盐育种提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

全国 34 家育种单位新选育的 143 个黄瓜新品种,均为杂交种,详见表 1。其中华北型品种 74 个,约占 52%,华南型品种 42 个,约占 29%,欧洲温室型品种 23 个,约占 16%,欧美加工型 4 个,约占 3%。品种来源于新疆、甘肃、陕西、北京、天津、山西、山东、安徽、江苏、浙江、上海、广东、四川、重庆、湖南、湖北、黑龙江、吉林、辽宁等省(自治区、直辖市)。

1.2 芽期耐盐性鉴定方法

连作 13 年以上的设施黄瓜土壤中水溶性盐阴阳离子的成分测定和模拟盐种类和胁迫浓度的筛选方法见本次研究的预备试验^[7]。本试验于 2013 年 5 月在山东省农业科学院蔬菜花卉研究所设施重点试验室进行,每个黄瓜品种挑选 50 粒饱满无破损的种子用 10% 的次氯酸钠消毒 10 min,蒸馏水冲洗 2 次、浸种吸胀 4 h 后置于铺有 2 层滤纸的培养皿(直径 9 cm)内,分别加入 10 mL 100 mmol/L $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 盐溶液,以蒸馏水处理的种子为对照,每个处理重复 3 次,试验期间每天定时以称重法补充蒸馏水,保持盐溶液浓度相对稳定,在 RXZ 型人工智能光照培养箱内避光培养,温度调至 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。胚芽长度采用游标卡尺进行测量。将盐胁迫 4 d 后耐盐种质黄瓜种子播种于非盐碱土壤中,观察其恢复出苗情况。

表 1 参试品种表

Table 1 Information of tested cultivars

编号 Code	名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype	编号 Code	名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype
1 h	IVF-5	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	41 h	绿园 3 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华北型
2 h	IVF-4	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	42 h	绿园 6 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华北型
3 h	IVF-2	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	43 h	绿园 5 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华北型
4 h	IVF-3	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	44 h	P2008-16	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华北型
5 h	IVF-1	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	45 h	P2008-44	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华北型
6 h	中农大 34 号	中国农业大学	华北型	46 h	HN11	湖南省蔬菜研究所	华北型
7 h	中农大 36 号	中国农业大学	华北型	47 h	HN9	湖南省蔬菜研究所	华北型
8 h	中农大 35 号	中国农业大学	华北型	49 h	41565	黑龙江省农业科学院园艺分院	华北型
9 h	中农大 33 号	中国农业大学	华北型	50 h	京研春美 4 号	北京蔬菜研究中心	华北型
10 h	浙优 1 号	浙江省农业科学院蔬菜研究所	华北型	51 h	京研春美 1 号	北京蔬菜研究中心	华北型
11 h	扬大 14 号	扬州大学园艺与植物保护学院	华北型	52 h	京研 3256 黄瓜	北京蔬菜研究中心	华北型
12 h	HGS-2	天津科润黄瓜研究所	华北型	54 h	京研春美 3 号	北京蔬菜研究中心	华北型
13 h	HGS-5	天津科润黄瓜研究所	华北型	55 h	京研春美 2 号	北京蔬菜研究中心	华北型
14 h	HGS-3	天津科润黄瓜研究所	华北型	56 h	京研 0366	北京蔬菜研究中心	华北型
15 h	HGS-1	天津科润黄瓜研究所	华北型	58 h	新津 11	寿光市新世纪种苗有限公司	华北型
16 h	HGS-4	天津科润黄瓜研究所	华北型	68 h	东农 03 号	东北农业大学黄瓜课题组	欧洲温室型
17 h	DRT4	天津德瑞特种业有限公司	华北型	70 h	gs-A1	甘肃省农业科学院蔬菜研究所	华南型
18 h	DRT7	天津德瑞特种业有限公司	华北型	71 h	黄瓜新组合 302	广东省农业科学院蔬菜研究所	华南型
19 h	DRT3	天津德瑞特种业有限公司	华北型	72 h	RJ2011-1	黑龙江省农业科学院园艺分院	华南型
20 h	DRT8	天津德瑞特种业有限公司	华北型	73 h	RJ2011-2	黑龙江省农业科学院园艺分院	华南型
21 h	DRT5	天津德瑞特种业有限公司	华北型	74 h	鄂皇九号黄瓜	湖北黄石蔬菜研究所	华南型
22 h	DRT6	天津德瑞特种业有限公司	华北型	75 h	鄂蔬百剑	湖北黄石蔬菜研究所	华南型
23 h	DRT2	天津德瑞特种业有限公司	华北型	76 h	HN8	湖南省蔬菜研究所	华南型
24 h	DRT1	天津德瑞特种业有限公司	华北型	77 h	HN6	湖南省蔬菜研究所	华南型
25 h	川菜 4 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	78 h	HN7	湖南省蔬菜研究所	华南型
26 h	川菜 6 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	79 h	吉 P45-906	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华南型
27 h	川菜 3 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	80 h	吉杂 16	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华南型
29 h	川菜 7 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	81 h	绿园 32 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华南型
30 h	多美优	上海种都种业科技有限公司	华北型	84 h	C113	青岛市农业科学院	华南型
31 h	世纪绿宝	上海种都种业科技有限公司	华北型	85 h	C89	青岛市农业科学院	华南型
32 h	博娜	上海种都种业科技有限公司	华北型	86 h	C45	青岛市农业科学院	华南型
33 h	申杂 5 号	上海交通大学农业与生物学院	华北型	87 h	山农小黄瓜	山东农业大学园艺学院	欧洲温室型
34 h	晋密刺 2 号	山西省农业科学院蔬菜研究所	华北型	88 h	申绿 05	上海交通大学农业与生物学院	欧洲温室型
35 h	晋密刺 4 号	山西省农业科学院蔬菜研究所	华北型	89 h	申杂 4 号	上海交通大学农业与生物学院	华南型
36 h	晋密刺 6 号	山西省农业科学院蔬菜研究所	华北型	90 h	申绿 06	上海交通大学农业与生物学院	欧洲温室型
37 h	山农 11-2	山东农业大学	华北型	91 h	申绿 03	上海交通大学农业与生物学院	欧洲温室型
38 h	山农 11-3	山东农业大学	华北型	92 h	上海农科院 4 号	上海市农业科学院园艺研究所	华南型
39 h	C133	青岛市农业科学院	华北型	93 h	上海农科院 2 号	上海市农业科学院园艺研究所	华南型
40 h	C57	青岛市农业科学院	华北型	94 h	上海农科院 5 号	上海市农业科学院园艺研究所	华南型

表 1(续)

编号 Code	名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype	编号 Code	名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype
95 h	上海农科院 1 号	上海市农业科学院园艺研究所	华南型	64B	中农 116	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
96 h	上海农科院 3 号	上海市农业科学院园艺研究所	华南型	64N	东农 01 号	东北农业大学	华南型
97 h	曼迪露	上海种都种业科技有限公司	华南型	65B	中农大 23	中国农业大学	华北型
98 h	碧维斯 F1	上海种都种业科技有限公司	欧洲温室型	65N	东农 05 号	东北农业大学	欧洲温室型
99 h	汉美瑞	上海种都种业科技有限公司	华南型	66B	中农大 24	中国农业大学	华北型
100 h	川菜 1 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华南型	66N	东农 04 号	东北农业大学	欧洲温室型
101 h	川菜 2 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华南型	67B	靓绿 1 号	山东华盛农业股份公司	华北型
102 h	WZC01(超美特)	温州市农业科学院	华南型	67N	东农 02 号	东北农业大学	华南型
103 h	XN-3	西北农林科技大学园艺学院	华南型	68B	靓绿 2 号	山东华盛农业股份公司	华北型
104 h	XN-1	西北农林科技大学园艺学院	华南型	69B	山农 11 号	山东农业大学	华北型
105 h	灵秀	烟台农业科学院蔬菜研究所	欧洲温室型	69N	gs-A2	甘肃省农业科学院蔬菜研究所	华南型
106 h	YT24	烟台农业科学院蔬菜研究所	华南型	C34	C34	青岛市农业科学院	华南型
107 h	烟台白黄瓜	烟台农业科学院蔬菜研究所	华南型	C72	C72	青岛市农业科学院	华南型
108 h	扬大 12 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型	CK1	津优 35	天津科润黄瓜研究所	华北型
109 h	扬大 10 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型	CK2	Y35	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
110 h	扬大 11 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型	CK3	冬灵 102	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
111 h	扬大 13 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型	CK4	鲁蔬 869	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
112 h	浙秀 2 号	浙江省农业科学院蔬菜研究所	欧洲温室型	CK5	冬秀 1	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
113 h	中农大 11012	中国农业大学	欧洲温室型	CK6	冬秀 2	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
114 h	中农大 11202	中国农业大学	欧洲温室型	CK7	绿衣天使	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华南型
115 h	中农大 11224	中国农业大学	欧洲温室型	CL	CL	青岛市农业科学院	华南型
116 h	中农大 11016	中国农业大学	欧洲温室型	IVF6	IVF-6	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
117 h	中农大 11001	中国农业大学	欧洲温室型	IVF7	IVF-7	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
118 h	16WC	重庆市农业科学院蔬菜研究所	华南型	IVF8	IVF-8	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
119 h	YB 燕白	重庆市农业科学院蔬菜研究所	华南型	IVF9	IVF-9	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
120 h	86R	重庆市农业科学院蔬菜研究所	华南型	IVF10	IVF-10	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
60B	冬雪棚丰 10 号	泰安泰丰园艺有限公司	华北型	J22-1	J22-1	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	欧美加工型
60N	金碧春秋	安徽省农业科学院园艺研究所	欧洲温室型	J30-1	SJ30-1	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	欧美加工型
61B	大丰 14 号	泰安泰丰园艺有限公司	华北型	J31-1	SJ31-1	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	欧美加工型
62B	亮丰 5 号	泰安泰丰园艺有限公司	华北型	J38-1	J38-1	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	欧美加工型
62N	迷你 5 号	北京蔬菜研究中心	欧洲温室型	ZSF	ZSF	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华南型
63B	中农 18	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	ZSM	ZSM	山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	华南型
63N	绿精灵	北京蔬菜研究中心	欧洲温室型				

1.3 测定项目

芽期盐胁迫调查的指标为:第 2 天统计发芽势、发芽指数和相对伤害率,第 4 天统计发芽率、相对发芽率,第 2 天和第 4 天测量胚根的伸长长度。
发芽率(%) = 发芽种子粒数/供试种子粒数 × 100;
发芽势(%) = 规定天数内发芽种子粒数/供试种子粒数 × 100;
发芽指数 = 规定天数内发芽种子数/发芽天数;

相对发芽率(%) = 处理发芽数/对照发芽数 × 100;
相对伤害率(%) = (对照发芽数-处理发芽数)/对照发芽数 × 100;
后 2 天胚根生长速度(mm/d) = (第 4 天胚根长度 - 第 2 天胚根长度)/2。
胁迫处理结束后播种于正常土壤,播种后第 15 天测定出苗率、株高、叶面积(第 2 片真叶)。叶面积采用 Li-3000 叶面积仪测定。

1.4 统计分析

采用 Excel 进行数据处理,计算平均值、标准差和变异系数,计算出各个性状的隶属函数值,采用 DPS 7.5 软件计算欧式距离进行聚类分析。耐盐隶属函数值计算公式:

$$X(u) = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中, X 为黄瓜各品种的某一指标测定值, X_{\max} 为所试品种中某一指标测定值的最大值, X_{\min} 为该指标中最小值。如果与耐盐性为负相关,则用反隶属函数进行转换,计算公式为:

$$X(u) = 1 - \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

2 结果与分析

2.1 发芽指标的变异系数

由表 2 可知,除了发芽率和相对发芽率的变异系数较小外,其他性状的变异幅度均较大,在 32.0% ~ 81.0%,第 4 天胚根伸长长度变异系数为 32.0%,后 2 天胚根生长速度变异系数最大为 81.0%。采用的指标品种间变异系数大,有利于将耐盐能力不一致的品种区分开来。

表 2 黄瓜品种发芽指标的变异系数

Table 2 Coefficient variation of germination indices of tested cucumber cultivars

性状 Trait	平均值 Mean	最小值 Min.	最大值 Max.	标准差 SD	变异系数 (%) CV
发芽势(%) GP	58.4	0	99.0	31.4	53.8
发芽指数 GI	14.6	0	24.8	7.9	54.1
相对伤害率 (%) RIR	40.5	0	100.0	21.6	53.3
发芽率(%) GF	95.6	6.0	100.0	10.8	11.3
相对发芽率 (%) RGF	0.95	0.06	1.00	0.10	10.5
第 2 天胚根伸长 长度(mm) RLS	1.7	0	3.3	0.8	47.1
第 4 天胚根伸长 长度(mm) RLF	2.5	0.6	5.6	0.8	32.0
后 2 天胚根生长 速度(mm/d) RES	0.37	0	1.30	0.30	81.0

GP: Germination potential, GI: Germination index, RIR: Relative injury rate, GF: Germination frequency, RGF: Relative germination frequency, RLS: Radicle length of the second day, RLF: Radicle length of the forth day, RES: Radicle elongation speed of the latter 2 days, the same as below

2.2 盐胁迫对不同生态类型黄瓜种子发芽的影响

不同生态类型黄瓜品种耐盐性结果见表 3。从种质的总体耐盐结果看,欧美加工型和欧洲温室型 > 华南型 > 华北型,华北型各指标的变异系数为 4.3% ~ 72.0%,其中发芽势、发芽指数、相对伤害率、第 2 天胚根伸长长度、后 2 天胚根生长速率等性状的变异系数较大,在 50.0% 以上,相对伤害率的变异系数最大;华南型各指标的变异系数为 18.7% ~ 100.0%,其中发芽势、发芽指数、相对伤害率、后 2 天胚根生长速率等性状变异系数较大,在 40.0% 以上,后 2 天胚根生长速率最大为 100.0%;欧洲温室型各指标的变异系数为 2.1% ~ 91.3%,其中相对伤害率、后 2 天胚根生长速度变异系数较大;欧美加工型品种的变异系数为 4.6% ~ 100.0%,后 2 天胚根的生长速度最大为 100.0%,其次为相对伤害率为 74.2%。表 3 结果表明本试验中采用的多个评价指标,在不同生态类型黄瓜中表现不同,即使是同一个生态类型的不同品种间也存在着较大的差异,不同生态类型的黄瓜种子的抗 $Mg(NO_3)_2$ 的能力不一样,黄瓜种子对 $Mg(NO_3)_2$ 的抗性很可能由自身不同的基因或不同的代谢过程所控制。因此采用多个指标综合评价不同品种的耐盐性更具有合理性。

2.3 不同品种耐盐性的聚类分析

对 143 个品种的 8 个耐盐指标进行隶属函数计算,利用 DPS 软件进行聚类分析,聚类的方法为类平均法,遗传距离为欧式距离。当遗传距离为 1.06 时,可以把所有的品种耐盐性分为 3 类:第 I 类强、第 II 类中、第 III 类弱(图 1)。耐盐强的品种共有 54 个,占 37.8%,其中华北型品种有 22 个,华南型品种 17 个,欧美加工型品种 4 个,欧洲温室型品种 11 个。该族群各指标平均值发芽势为 88.6%,发芽指数为 22.1,相对伤害率为 10.4%,发芽率为 98.5%,第 2 天胚根伸长长度 2.4 mm,第 4 天胚根伸长长度为 3.2 mm,后 2 天胚根生长速度为 0.40 mm/d。耐盐性中等的品种有 43 个,占总数 30.1%,其中华北型品种有 18 个,华南型品种 19 个,欧洲温室型品种有 6 个,各指标平均值发芽势为 63.1%,发芽指数为 15.8,相对伤害率为 35.1%,发芽率为 95.3%,第 2 天胚根伸长长度 1.6 mm,第 4 天胚根伸长长度为 2.3 mm,后 2 天胚根生长速度为 0.35 mm/d。耐盐性差的品种有 46 个,占 32.1%,其中华北型品种有 34 个,华南型品种有 12 个,其发芽势 18.6%,发芽指数为 4.6,相对伤害率为 80.9%,发芽率为 92.3%,第 2 天胚根伸长长度 1.4 mm,第 4 天胚根伸长长度为 2.0 mm,后 2 天胚根生长速度为 0.30 mm/d。

表 3 100 mmol/L Mg(NO₃)₂ 对不同生态类型黄瓜品种发芽的影响

Table 3 Effects of 100 mmol/L Mg(NO₃)₂ on germination of different ecotypic cucumber cultivars

生态类型 Ecotype		发芽势 (%) GP	发芽指数 GI	相对伤害率 (%) RIR	发芽率 (%) GF	相对发芽率 (%) RGF	第 2 天胚根 伸长长度 (mm) RLS	第 4 天胚 根伸长长度 (mm) RLF	后 2 天胚根伸 长速度 (mm/d) RES
华北型 North-China ecotype	平均值 Mean	49.7	12.4	48.9	97.9	0.98	1.4	2.4	0.5
	最小值 Min.	0	0	0	79.0	0.79	0	1.2	0
	最大值 Max.	98.0	24.5	100.0	100.0	1.00	3.3	5.5	1.1
	标准差 SD	34.4	8.6	35.2	4.3	0.04	0.8	0.6	0.3
	变异系数 (%) CV	69.2	69.4	72.0	4.4	4.3	57.1	25.0	60.0
华南型 South-China ecotype	平均值 Mean	62.4	15.6	36.9	91.5	0.91	1.9	2.5	0.3
	最小值 Min.	0	0	0	6.0	0.06	0.1	0.6	0
	最大值 Max.	99.0	24.8	100.0	100.0	1.00	3.3	5.6	1.3
	标准差 SD	26.9	6.7	27.0	17.1	0.17	0.7	0.9	0.3
	变异系数 (%) CV	43.1	42.9	73.2	18.7	18.7	36.8	36.0	100.0
欧洲温室型 European greenhouse ecotype	平均值 Mean	79.5	19.9	19.5	97.1	0.97	2.2	2.8	0.3
	最小值 Min.	46.0	11.5	0	93.0	0.93	1.4	2.0	0.1
	最大值 Max.	99.0	24.8	53.1	100.0	1.00	3.2	4.2	0.5
	标准差 SD	18.1	4.5	17.8	2.1	0.02	0.4	0.6	0.1
	变异系数 (%) CV	22.8	22.6	91.3	2.2	2.1	18.2	21.4	33.3
欧美加工型 European- Processing ecotype	平均值 Mean	79.8	19.1	19.4	95.8	0.96	2.6	3.2	0.3
	最小值 Min.	60.0	15.0	7.1	91.0	0.91	2.2	2.6	0
	最大值 Max.	91.0	22.8	40.0	100.0	1.00	3.1	4.3	0.8
	标准差 SD	13.7	3.6	14.4	4.4	0.04	0.4	0.7	0.3
	变异系数 (%) CV	17.2	18.8	74.2	4.6	4.6	15.4	21.9	100.0

2.4 盐胁迫后不同品种恢复发芽能力比较

将聚类分析结果中耐盐性强的 54 个品种处理到第 4 天后播种于正常土壤,调查出苗率、株高、叶面积等性状,调查结果表明出苗率在 46% 以上的品种有 12 个(表 4)。其中华北型品种 5 个,华南型品种有 2

个,欧洲温室型品种有 3 个,欧美加工型品种有 2 个。胁迫后通过计算 3 个指标的隶属函数值,初步得出经过盐胁迫后恢复能力强弱排序,即:J31-1 > 绿精灵 > DRT5 > YT24 > 东农 02 号 > 上海农科 4 号 > 冬灵 102 > IVF8 > 津优 35 > HGS-2 > 扬大 13 > J30-1。

表 4 耐盐品种恢复出苗能力比较表

Table 4 Ability to recover emergence of salt-tolerant cucumber cultivars

编号 Code	名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype	出苗率 (%) Seedling rate	株高 (cm) Plant height	叶面积 (cm ²) Leaf area	隶属值 Subordinate function value	排名 Ranking
63N	绿精灵	北京蔬菜研究中心	欧洲温室型	50.2	12.1	24.4	0.70	2
106h	YT24	烟台农业科学院	华南型	54.4	9.7	20.4	0.53	4
21h	DRT5	天津德瑞特种业	华北型	58.1	8.7	25.1	0.65	3
J31-1	J31-1	山东省农业科学院	欧美加工型	74.4	8.0	21.1	0.71	1
92h	上海农科 4 号	上海农业科学院	华南型	54.7	7.0	17.5	0.34	6
12h	HGS-2	天津科润黄瓜研究所	华北型	46.2	5.9	18.5	0.22	10
67N	东农 02 号	东北农业大学	欧洲温室型	52.0	5.9	21.9	0.38	5
CK3	冬灵 102	山东省农业科学院	华北型	54.6	5.2	19.6	0.31	7
IVF8	IVF8	中国农业科学院	华北型	52.1	5.1	20.6	0.30	8
J30-1	J30-1	山东省农业科学院	欧美加工型	46.7	4.9	12.9	0.03	12
111h	扬大 13	扬州大学	欧洲温室型	52.2	4.9	11.8	0.08	11
CK1	津优 35	天津科润黄瓜研究所	华北型	50.5	4.8	20.7	0.27	9

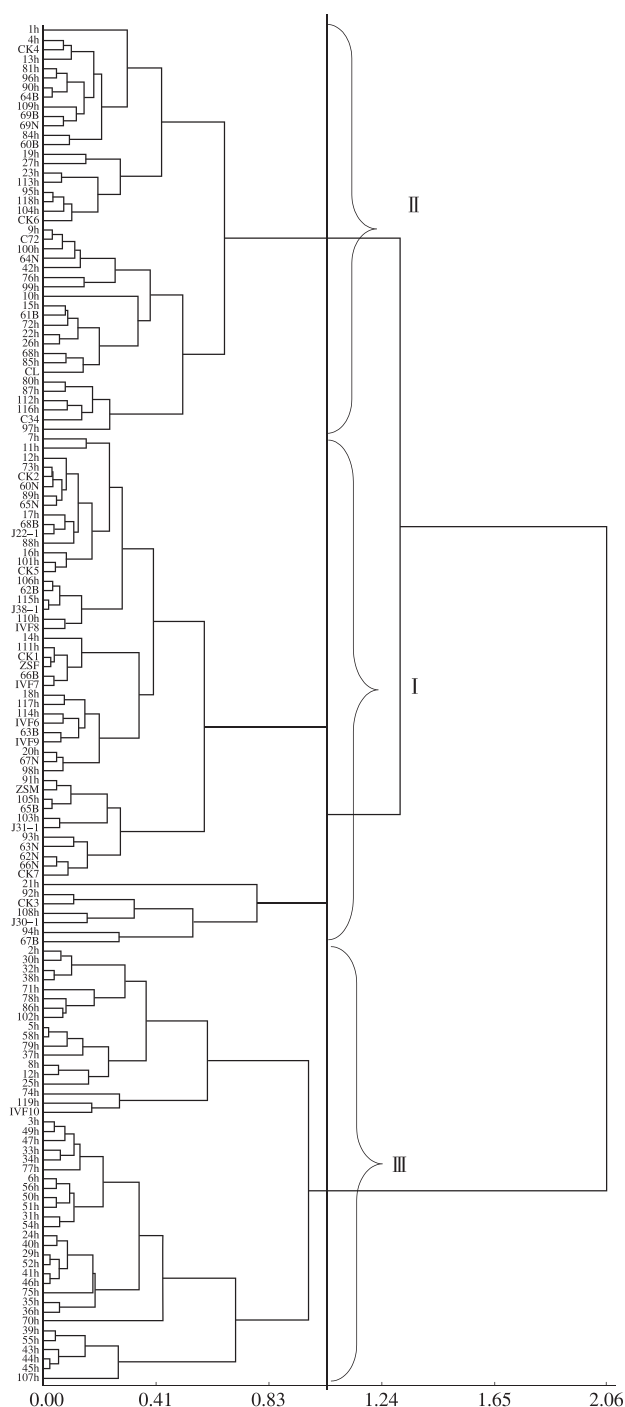


图1 143个新育成设施黄瓜品种耐盐性聚类分析图

Fig. 1 Cluster analysis of salt tolerance of 143 newly-bred greenhouse cucumber cultivars

3 讨论

3.1 黄瓜芽期胁迫盐分选择及耐盐性的评价

芽期是黄瓜盐敏感的关键时期,黄瓜的芽期耐盐性鉴定对于黄瓜耐盐种质的筛选和抗性品种的选育具有重要意义。盐分的离子构成及适宜的

浓度是合理评价种质耐盐性的前提。本研究是在调查山东黄瓜主产区次生盐渍化土壤盐分组成和含量的基础上,通过模拟,得出 $100 \text{ mmol/L Mg}(\text{NO}_3)_2$ 为黄瓜芽期耐盐胁迫的适宜浓度^[7],该盐分有别于滨海盐碱土的盐分 NaCl 。童辉等^[11]研究表明,氯化钠和硝酸盐对植物产生的毒害机理是不一致的。本研究采用 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 评价黄瓜种质耐盐性更符合生产实际,评价指标和方法的选择也是影响耐盐种质筛选的重要因素。植物的耐盐性是多种因素综合作用的结果,其生理机制复杂,单一指标或几个指标往往难以全面反映种质的耐盐性,不同类型品种具有不同的抗逆机制,利用某一指标对不同品种的抗逆性进行评价有一定的片面性。因此需要采取与抗逆相关的多个指标进行综合评价,使得评定的结果与实际情况更为接近^[15-16]。本研究中,芽期各性状对照品种间差异无统计学意义,处理后各品种不同性状的差异主要由盐胁迫引起的,不同品种在芽期盐胁迫下表现出复杂的反应类型。本研究采用的多个不同指标在不同层面反映了耐盐差异,如发芽势反映了种子发芽的快慢和整齐度,发芽率反映了种子发芽的多少,发芽指数能够反映种子在整个发芽期的综合活力,相对伤害率能够直观反映种子受盐害程度的大小,胚根的伸长长度和生长速率能反映种子萌发后在盐溶液中的生长差异。其次,采用的指标变异系数越大表明样本间差别就越大,越便于区分各品种间的耐盐能力差异^[10,12]。本试验中采用的8个指标,有6个变异系数在30%以上;通过对不同生态类型黄瓜品种中不同耐盐性状变异系数比较,表明同一性状在不同生态类型品种中差异较大,进一步表明了采用多个性状综合评价才能真实反映耐盐结果。隶属函数是用来综合评价作物抗逆性的一种有效方法,可以消除个别指标带来的片面性,从而使各种质对逆境的耐受性差异更具有可比性。该方法已在小麦^[17]、水稻^[18]、棉花^[19]、番茄^[20]、甜高粱^[21]、大豆^[22]等作物上广泛应用,筛选出的种质耐盐性强,真实可靠。

前人在比较黄瓜耐盐性差异时多以发芽率等一个或几个指标来评价^[8-10],而本研究采用多个耐盐相关性状隶属函数值进行聚类分析,得出的结果更加可靠。此外在胁迫时间上,朱进等^[8]和王学军等^[10]用盐胁迫处理20~30个黄瓜品种8d和12d,才将耐盐品种区分开。而本研究仅用4d便可以鉴定出不同种质的耐盐性差异,省时省

力,为大量黄瓜种质资源耐盐快速筛选提供了参考。

3.2 黄瓜耐盐种质的筛选

本研究表明,国外种质整体上耐盐水平要高于我国两大生态类型品种,可以作为我国黄瓜种质资源的有益基因源,通过回交途径来提高华南和华北生态类型品种的耐盐性。总体而言,共鉴定出 54 个耐盐强的品种,占参试品种的 37.8%,其中华北型品种有 22 个,华南型品种 17 个,欧美加工型品种 4 个,欧洲温室型品种 11 个。建议在今后的黄瓜育种中,对这些耐盐品种继续加强研究。

本试验芽期盐胁迫过程中发现,不同品种发芽后在盐溶液中生长受到抑制的程度不一致,严重的出现胚根生长点褐化、胚根基部变粗、形成凸起的现象。为此对室内芽期筛选鉴定的 54 份耐盐材料 4 d 盐胁迫处理后进行正常土壤播种,初步观察其恢复发芽能力状况,根据各品种的出苗状况及株高和叶面积 3 个指标的隶属函数值,筛选出胁迫后恢复出苗能力强的 12 个品种,其中欧美加工型 2 个,欧洲温室型 2 个,华南型 3 个,华北型 5 个。津优 35 也在这 12 个品种之中,该品种是目前我国北方设施黄瓜主要栽培品种,其抗逆性表现较优良,本试验中有 8 个品种的芽期盐胁迫后出苗恢复能力超过该品种。黄瓜在发芽期的耐盐能力并不代表黄瓜全生育期的耐盐能力,发芽期耐盐能力强的品种全生育期不一定抗盐,但全生育期耐盐的品种,发芽期必定耐盐^[10]。利用发芽期耐盐选择可从大量材料中选出有耐盐潜质的品种,以节省人力物力。本研究仅是针对新育成设施黄瓜品种进行的芽期耐盐性鉴定,苗期和成株期的筛选鉴定可在本研究的基础上继续开展,以完善黄瓜不同品种整个生育期的耐盐性评价。

参考文献

- [1] 余海英,李廷轩,周健民. 设施土壤次生盐渍化及其对土壤性质的影响[J]. 土壤,2005,37(6):581-586
- [2] 童有为,陈淡飞. 温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究[J]. 园艺学报,1991,18(2):159-162
- [3] 李先珍,王耀林,张志斌. 京郊蔬菜大棚土壤盐离子积累状况研究初报[J]. 中国蔬菜,1993(4):15-17
- [4] 郭文忠,李丁仁. 宁夏日光温室土壤次生盐渍化发生原因及治理[J]. 长江蔬菜,2003(4):39-40
- [5] Li W Q, Zhang M, Van Der Zee S. Salt contents in soils under plastic greenhouse gardening in China[J]. Pedosphere,2001,11(4):359-367
- [6] 曾希柏,白玲玉,苏世鸣,等. 山东寿光不同种植年限设施土壤的酸化与盐渍化[J]. 生态学报,2010,30(7):1853-1859
- [7] 邱岸,曹齐卫,孙小镭,等. 盐胁迫对黄瓜种子萌发的影响[J]. 山东农业科学,2013,45(4):47-50
- [8] 朱进,别之龙,李娅娜. 黄瓜种子萌芽期及嫁接砧木幼苗期耐盐力评价[J]. 中国农业科学,2006,39(4):772-778
- [9] 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
- [10] 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,2000,31(1):71-73
- [11] 童辉,孙锦,郭世荣,等. 等渗 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗生长及渗透调节物质含量的影响[J]. 西北植物学报,2012,32(2):306-311
- [12] 徐慧妮,王秀峰,孙旭东,等. 黄瓜种子萌发对 NO_3^- 胁迫的响应及耐盐性评价[J]. 西北植物学报,2011,31(2):325-331
- [13] 张景云. 黄瓜不同抗盐品种生理生化特性的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2007
- [14] 张丽平,张格英,史庆华,等. 氯化钠胁迫对不同耐盐黄瓜品种的损伤效应及反射光谱特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(4):761-765
- [15] 李娜娜,张煜,王俊峰,等. 栽培大豆种质资源耐盐性的研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(27):6-11
- [16] 崔江慧,谢登磊,常金华. 高粱材料耐盐性综合评价方法的初步建立与验证[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(1):35-41
- [17] 张巧凤,陈宗金,吴纪中,等. 小麦种质资源的耐盐性鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(4):620-626
- [18] 张国新,王秀萍,鲁雪林,等. 隶属函数法鉴定水稻品种耐盐性[J]. 安徽农学通报,2011,17(1):36-37
- [19] 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
- [20] 董志刚,程智慧. 番茄品种资源芽期和幼苗期的耐盐性及耐盐指标评价[J]. 生态学报,2009,29(3):1348-1355
- [21] 王秀玲,程序,李桂英. 甜高粱耐盐材料的筛选及芽期耐盐性相关分析[J]. 中国生态农业学报,2010,18(6):1239-1244
- [22] 刘太林,杨静慧,穆俊丽,等. 不同大豆品种种子萌芽期的耐盐性[J]. 大豆科学,2009,28(5):837-841