

张文博,刘芸希,李国铭,等.盐碱地栽培条件下 8 份野生型番茄种质田间综合性状评价[J].江苏农业科学,2024,52(3):173-178.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.03.026

# 盐碱地栽培条件下 8 份野生型番茄种质 田间综合性状评价

张文博,刘芸希,李国铭,刘慧英

(石河子大学农学院/特色果蔬栽培生理与种质资源利用兵团重点实验室,新疆石河子 832003)

**摘要:**为了对中国科学院遗传发育研究所提供的 8 份野生番茄种质在盐碱地栽培条件下的田间综合形状进行评价,通过对盐碱地种植条件下 8 份供试野生番茄种质的生长、产量和果实品质等 13 个农艺性状进行观测,并运用主成分分析法结合隶属函数法,评价野生番茄种质材料的田间综合性状。经主成分分析,最终提取 5 个主成分;隶属函数法分析结果表明,在盐碱地栽培条件下,8 份野生番茄材料的田间综合性状从优到劣排序为新盐 14 号>新盐 13 号>新盐 16 号>新盐 18 号>新盐 12 号≈新盐 15 号>新盐 17 号>新盐 11 号。其中,新盐 14 号和新盐 13 号的综合性状评价值( $D$  值)最高,分别为 0.73 和 0.62,说明这 2 个野生番茄材料在盐碱地上具有明显的生长优势,综合表现最佳。

**关键词:**野生型番茄;种质资源;主成分分析法;隶属函数法;综合性状评价

**中图分类号:**S641.203.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)03-0173-06

土壤盐渍化是全球面临的主要环境危机之一,也是造成农业损失的重要限制因子<sup>[1]</sup>。我国受盐碱胁迫影响的耕地面积总计超过 0.33 亿  $\text{hm}^2$ ,位居世界第三<sup>[2-3]</sup>,主要分布在我国华北、西北、东北和滨海地区在内的 17 个省(市、区),占据全国耕地面积的 1/4,尤其是西北地区,多为盐化和碱化的复合土壤类型,对作物产生盐碱双重胁迫<sup>[4-5]</sup>。因此,挖掘品种本身的耐盐碱能力,筛选和培育耐盐碱品种,是现阶段开发利用盐碱土最为有效的手段。

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)属于茄科茄属,是我国重要的蔬菜作物之一,广泛栽培于露地和设施生产中<sup>[6]</sup>。番茄属于耐盐碱性中等的植物,但仍然会遭受盐碱胁迫的危害,导致产量和品质下降。前人研究发现,野生型番茄相较栽培品种更为耐盐碱,且栽培番茄的耐盐碱基因多来自野生番茄<sup>[7]</sup>。野生番茄中醋栗番茄(*S. pimpinellifolium*)主要作为一种良好的耐盐碱资源被利用。此外,潘那利番茄、加拉帕戈斯番茄(*S. galapagense*)、契斯曼妮番

茄和秘鲁番茄等野生番茄种质也具有良好的耐盐碱性<sup>[8]</sup>。因此,保护和挖掘优良野生番茄耐盐碱种质资源,对确保番茄耐盐碱基因的多样性至关重要,可为番茄耐盐碱品种的育种和驯化提供基础材料。目前,有关番茄种质资源的耐盐碱性研究主要集中在室内可控环境下的种子萌发期及幼苗期,而对成熟期和收获期的研究相对较少<sup>[9]</sup>,尤其是在盐碱地上全生育期的研究尚未见报道。因此,本研究对盐碱地种植条件下 8 份野生番茄种质的生长、产量和果实品质等农艺性状进行观测,运用主成分分析法结合隶属函数法进行盐碱地栽培条件下农艺性状的综合评价,筛选出优良的种质材料,为其进一步研究及应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

本研究供试的 8 份野生型番茄种质材料为新盐 11 号、新盐 12 号、新盐 13 号、新盐 14 号、新盐 15 号、新盐 16 号、新盐 17 号和新盐 18 号,其中仅新盐 16 号是加拉帕戈斯番茄,其他的番茄材料均为醋栗番茄,均由中国科学院遗传与发育生物学研究所提供。

### 1.2 试验设计

本试验于 2022 年 5—9 月在石河子大学试验场基地 4 连盐碱地(86°02'E,44°18'N)进行。试验实

收稿日期:2023-04-13

基金项目:国家自然科学基金-新疆联合基金重点项目(编号:U1903202)。

作者简介:张文博(1999—),男,新疆昌吉人,硕士研究生,研究方向为蔬菜抗逆生理。E-mail:1425016834@qq.com。

通信作者:刘慧英,博士,教授,研究方向为蔬菜抗逆生理、设施园艺。  
E-mail:hyliuok@aliyun.com。

施地点位于干旱的温带大陆性气候区域,供试土壤的电导率为 6.98 mS/cm, pH 值为 8.37, 碱解氮含量为 31.79 mg/kg, 速效磷含量为 37.35 mg/kg, 速效钾含量为 158.81 mg/kg。前茬作物为棉花。

8 份野生型番茄材料采用完全随机区组试验设计, 1 个小区 1 份材料, 每个小区种植番茄 20 株, 小区面积为 96 m<sup>2</sup>, 重复 3 次。在番茄的种植过程中, 采用覆膜滴灌的栽培方式, 膜带宽度为 120 cm, 按照 2 行/膜的规格进行种植, 株距为 40 cm。供试材料于 2022 年 3 月 23 日播种并进行无土穴盘育苗, 待幼苗长出 4~5 张真叶时即 5 月 2 日移栽至大田后开始进行灌溉和施肥, 随后进行田间管理。在番茄生长期间, 对供试植株物候期和生长性状指标进行观测并记录, 在采收期对果实性状、品质和产量进行调查测定, 以综合评估其生长表现和产量水平。

### 1.3 测定指标与方法

本次调查所采用的方法遵循 NY/T 1858.5—2010《番茄主要病害抗病性鉴定技术规程 第 5 部分: 番茄抗疮痂病鉴定技术规程》。

1.3.1 主要物候期 播种期为在穴盘中播种番茄种子的确切日期; 定植期为番茄幼苗实际移栽到田间的日期; 开花期为番茄植株开花率达到 50% 的日期; 始收期为番茄植株结出可收获果实率达到 30% 的日期; 定植到收获的生长时间即从定植到首次收获的时间, d。

1.3.2 植物生长性状 株高: 测量植株主干从生长点到根部的距离。茎粗: 用数显游标卡尺测量植株茎基部的直径。叶片数: 自下往上统计植株叶片总数。

1.3.3 果实性状 果实形状: 观察完全成熟的正常果实的外观。果实颜色: 用肉眼观察已成熟商品果的果皮颜色。果实硬度: 使用硬度计随机测量 10 个成熟果实的硬度, 计算平均值。果实横纵径: 随机选择 10 个成熟的果实, 并用游标卡尺测量其横纵径, 最后计算平均值。果实心室数: 随机选取 10 个成熟果实, 切开观察果实心室数, 并记录平均值。果肉厚度: 随机选取 10 个成熟果实, 并用游标卡尺测量果肉厚度, 然后记录平均值。平均单果质量: 随机选择 10 个成熟果实, 并用天平称质量, 计算平均质量。

1.3.4 果实品质 可溶性固形物含量使用手持式折射仪测量成熟果实的折射率<sup>[10]</sup>; 可溶性糖含量利用 Gurrieri 等的方法<sup>[11]</sup>进行测定; 可滴定酸含量测

定过程中采用 Miller 等的方法<sup>[12]</sup>; 番茄红素含量采用 Yang 等的方法<sup>[13]</sup>进行测定; 维生素 C 含量采用杨丽等提出的方法<sup>[14]</sup>进行测定。

1.3.5 果实小区产量 果实产量: 对每个小区实际收获的产量进行加和, 然后求其平均值(kg)。

### 1.4 数据处理及统计分析

1.4.1 各指标的隶属函数值 各指标的隶属函数值 $[\mu(X_j)]$ 的公式为:

$$\mu(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad j=1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

式中:  $X_j$  为第  $j$  个指标的测定值;  $X_{\max}$  为第  $j$  个测定指标的最大值;  $X_{\min}$  为第  $j$  个测定指标的最小值。

1.4.2 各综合指标的权重 各综合指标的权重公式为:

$$W_j = \frac{P_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad j=1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

式中:  $W_j$  表示第  $j$  个综合测定指标的权重;  $P_j$  为第  $j$  个测定指标的方差贡献率;  $\sum_{j=1}^n P_j$  为累计贡献率。

1.4.3 综合评价 耐盐碱性综合评价( $D$  值) 公式为:

$$D = \sum_{j=1}^n [\mu(X_j) \times W_j] \quad j=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

1.4.4 数据处理 采用 SPSS 19.0 软件进行主成分分析和隶属函数值计算, 以得出不同野生型番茄品种的  $D$  值, 并进行排序。采用 Excel 2010 绘制图表。

## 2 结果与分析

2.1 盐碱地栽培条件下不同野生型番茄种质材料的物候期

由表 1 可知, 8 份野生型番茄材料的开花期在 5 月 21—27 日之间, 其中新盐 12 号、新盐 13 号、新盐 14 号、新盐 15 号、新盐 17 号和新盐 18 号的开花期较早, 都在 5 月 21 日; 而新盐 11 号和新盐 16 号的开花期相对较晚, 在 5 月 27 日。这 8 份野生型番茄材料的始收期介于 8 月 10—23 日之间, 其中新盐 13 号和新盐 18 号最早开始第 1 批果实采收, 均在 8 月 10 日; 而新盐 12 号、新盐 14 号、新盐 15 号、新盐 16 号和新盐 17 号则在 8 月 23 日采收第 1 批果实。这 8 份野生型番茄材料从定植到收获所需的时间在 101~114 d 之间, 其中新盐 18 号用时最短, 只需 101 d, 而新盐 12 号、新盐 13 号、新盐 14 号、新盐 15 号、新盐 16 号和新盐 17 号则用时较长, 需要 114 d。

表 1 盐碱地栽培条件下野生番茄种质的物候期

材料名称	播种期 (月-日)	定植期 (月-日)	开花期 (月-日)	始收期 (月-日)	定植到 收获的时间 (d)
新盐 11 号	03-23	05-02	05-27	08-20	111
新盐 12 号	03-23	05-02	05-21	08-23	114
新盐 13 号	03-23	05-02	05-21	08-10	101
新盐 14 号	03-23	05-02	05-21	08-23	114
新盐 15 号	03-23	05-02	05-21	08-23	114
新盐 16 号	03-23	05-02	05-27	08-23	114
新盐 17 号	03-23	05-02	05-21	08-23	114
新盐 18 号	03-23	05-02	05-21	08-10	101

2.2 盐碱地栽培条件下不同野生型番茄种质材料的生长性状

由表 2 可知,8 份野生型番茄材料的株高在 146.67~188.33 cm 之间,其中新盐 14 号的株高最高,其次是新盐 12 号和新盐 16 号,而新盐 15 号的株高显著低于其他材料(新盐 11 号、新盐 18 号除外)。供试番茄材料的茎粗均在 0.88~1.56 cm 之间,其中新盐 14 号的茎最粗,新盐 13 号的茎最细。在野生番茄材料中,叶片数在 21~35 张之间,其中新盐 14 号和新盐 15 号的叶片数之间没有显著差异,且均明显高于其他野生型番茄材料;新盐 13 号和新盐 17 号的叶片数明显少于其他供试野生型番茄品种,而新盐 16 号和新盐 18 号之间的叶片数则相近,且没有显著差异。

2.3 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料的果实性状

由表 3 可以看出,在 8 份野生型番茄材料中,新盐 12 号、新盐 14 号、新盐 15 号和新盐 18 号的果实成熟后变成红色,而新盐 13 号、新盐 16 号和新盐 17 号的果实则变成粉红色。野生型番茄根据果形

表 2 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质的生长性状

材料名称	生长 习性	株高 (cm)	茎粗 (cm)	叶片数 (张)
新盐 11 号	无限	152.00±3.00de	1.03±0.06cde	26±2.08de
新盐 12 号	无限	175.33±5.03b	0.93±0.22de	27±1.53d
新盐 13 号	无限	166.00±6.00c	0.88±0.04e	23±1.53ef
新盐 14 号	无限	188.33±4.93a	1.56±0.05a	35±2.31a
新盐 15 号	无限	146.67±5.51e	1.14±0.03bc	32±1.53ab
新盐 16 号	有限	175.33±5.13b	1.07±0.06cd	31±1.15bc
新盐 17 号	有限	158.00±2.00d	1.28±0.03b	21±1.53f
新盐 18 号	无限	153.00±2.00de	1.11±0.11c	28±2.08cd

注:同列数据后不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

和果形指数可分为 2 类:圆形果和高圆形果。其中,新盐 11 号、新盐 12 号、新盐 15 号、新盐 16 号和新盐 18 号属于圆形果,果形指数介于 0.87~1.00 之间;而新盐 13 号、新盐 14 号和新盐 17 号则属于高圆形果,果形指数大于 1.00。在单果质量方面,供试野生型番茄介于 1.01~1.49 g 之间,其中新盐 18 号的单果质量最大,且显著高于除新盐 15 号外的其他供试野生型番茄品种。对于果实硬度这一指标,供试野生型番茄的表现在 5.7~10.3 kg/cm<sup>2</sup> 之间,其中新盐 16 号品种表现最好,其次为新盐 17 号,而新盐 11 号的果实硬度最小,远远低于其他野生型番茄品种。供试野生型番茄的果肉厚度平均值为 1.295 mm,新盐 12 号的果肉厚度最厚,为 1.51 mm,显著高于除新盐 13 号外的其他供试野生型番茄品种;而新盐 14 号的果肉厚度最薄,为 1.21 mm,显著低于其他供试野生型番茄品种。

2.4 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料的果实品质性状

由表 4 可知,就可溶性固形物含量而言,供试野生型番茄的范围为 6.86%~12.67%。其中,新盐

表 3 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质的果实性状

材料名称	果色	果形	果形指数	横径 (cm)	纵径 (cm)	单果质量 (g)	果实硬度 (kg/cm <sup>2</sup> )	果肉厚度 (mm)
新盐 11 号	橘红色	圆形	0.87	1.32	1.15	1.34±0.12bc	5.7±0.15f	1.27±0.07c
新盐 12 号	红色	圆形	0.88	1.17	1.16	1.01±0.12e	8.7±0.26c	1.51±0.14a
新盐 13 号	粉红色	高圆形	1.11	1.22	1.35	1.26±0.02cd	7.4±0.21d	1.34±0.02a
新盐 14 号	红色	高圆形	1.10	1.24	1.37	1.25±0.04cd	6.8±0.20e	1.21±0.05d
新盐 15 号	红色	圆形	0.98	1.41	1.38	1.42±0.10ab	6.6±0.26e	1.30±0.11b
新盐 16 号	粉红色	圆形	0.98	1.24	1.20	1.31±0.16cd	10.3±0.22a	1.25±0.08c
新盐 17 号	粉红色	高圆形	1.13	1.17	1.28	1.22±0.21d	9.6±0.11b	1.24±0.08c
新盐 18 号	红色	圆形	1.00	1.35	1.36	1.49±0.02a	7.8±0.15c	1.24±0.03c

表 4 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料的果实品质性状

材料名称	可溶性固形物含量 (%)	可溶性糖含量 (mg/g)	维生素 C 含量 (μg/g)	番茄红素含量 (μg/g)	可滴定酸含量 (%)
新盐 11 号	6.86 ± 0.49f	21.27 ± 1.30b	97.68 ± 2.05ab	60.52 ± 1.31a	1.14 ± 0.03b
新盐 12 号	10.13 ± 0.61cd	20.30 ± 0.51c	99.93 ± 0.85a	32.11 ± 1.09d	0.84 ± 0.06f
新盐 13 号	12.67 ± 0.29a	18.28 ± 1.36d	90.64 ± 2.51c	43.03 ± 1.35b	1.41 ± 0.09a
新盐 14 号	10.90 ± 0.72bc	17.17 ± 0.63e	91.72 ± 1.77c	33.86 ± 0.50d	0.95 ± 0.06d
新盐 15 号	9.47 ± 0.12de	20.93 ± 0.59c	95.43 ± 0.17b	23.94 ± 2.41f	1.04 ± 0.03c
新盐 16 号	11.30 ± 0.46b	27.06 ± 1.20a	91.42 ± 1.39c	26.44 ± 0.73e	0.93 ± 0.09e
新盐 17 号	9.17 ± 0.35e	20.92 ± 0.56c	89.96 ± 2.63c	40.09 ± 1.09c	0.71 ± 0.09g
新盐 18 号	10.17 ± 0.31cd	20.69 ± 1.05c	89.17 ± 1.06c	25.18 ± 1.01ef	0.61 ± 0.06h

13 号野生型番茄的含量最高,显著高于其他品种;其次为新盐 16 号和新盐 14 号,这 2 个品种之间差异不显著,但它们的可溶性固形物含量明显高于除新盐 13 号外的其他品种。野生型番茄供试材料的可溶性糖含量范围为 17.17 ~ 27.06 mg/g。供试野生型番茄的维生素 C 含量在 89.17 ~ 99.93 μg/g 之间,其中新盐 12 号的维生素 C 含量最高,其次为新盐 11 号和新盐 15 号;新盐 13 号、新盐 14 号、新盐 16 号、新盐 17 号和新盐 18 号之间差异不显著,且新盐 18 号最低。供试野生型番茄的番茄红素含量介于 23.94 ~ 60.52 μg/g 之间,其中新盐 11 号在番茄红素含量方面表现最好,显著高于其他野生型番茄品种;其次为新盐 13 号;再次为新盐 17 号、新盐 12 号和新盐 14 号,且新盐 12 号和新盐 14 号之间差异不显著;新盐 15 号的番茄红素含量最低。

2.5 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料的产量

由表 5 可知,这 8 份野生型番茄品种的产量相差较大,新盐 18 号品种的产量最高,小区产量达到 54.00 kg,且显著高于除新盐 15 号外的其他供试材料;其次是新盐 15 号、新盐 14 号;新盐 17 号的小区产量最低,为 29.03 kg,显著低于除新盐 16 号外的其他供试材料。

2.6 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料农艺性状的综合分析

2.6.1 野生型番茄种质材料农艺性状的主成分分析 对供试的 8 份野生型番茄材料的 13 个农艺性状指标进行主成分分析,结果见表 6。选取方差累计贡献率大于 85% 的 5 个主成分( $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$  和  $Z_5$ ),分别对应的方差贡献率是 26.814%、22.672%、16.748%、14.123% 和 10.505%,这 5 个主成分的方差累计贡献率为 90.862%,基本包含了

表 5 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料的产量

材料名称	小区产量(kg)				单株产量 (kg)
	I	II	III	平均值	
新盐 11 号	40.31	39.09	42.32	41.32 ± 1.63c	2.02
新盐 12 号	35.45	34.39	37.23	35.69 ± 1.44d	1.78
新盐 13 号	32.71	31.72	34.35	32.93 ± 1.33e	1.65
新盐 14 号	50.37	48.87	52.89	50.71 ± 2.03b	2.53
新盐 15 号	51.85	50.29	54.44	52.19 ± 2.10ab	2.61
新盐 16 号	30.07	29.16	31.57	30.27 ± 1.22f	1.51
新盐 17 号	28.84	27.97	30.28	29.03 ± 1.17f	1.45
新盐 18 号	53.49	53.71	54.81	54.00 ± 0.71a	2.70

表 6 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料的农艺性状评价的主成分分析结果

主成分	特征值	方差贡献率 (%)	方差累计贡献率 (%)
1	3.486	26.814	26.814
2	2.947	22.672	49.486
3	2.177	16.748	66.234
4	1.836	14.123	80.357
5	1.366	10.505	90.862
6	0.920	7.080	97.942
7	0.268	2.059	100.001

供试野生型番茄农艺性状指标的全部信息。5 个主成分的基本表达式如下:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0.065X_1 + 0.222X_2 + 0.153X_3 + 0.179X_4 + 0.130X_5 + 0.044X_6 - 0.220X_7 + 0.093X_8 - 0.043X_9 - 0.208X_{10} - 0.150X_{11} - 0.106X_{12} + 0.152X_{13}; \\ Z_2 &= 0.193X_1 - 0.053X_2 - 0.063X_3 + 0.127X_4 - 0.184X_5 + 0.278X_6 + 0.103X_7 + 0.244X_8 + 0.118X_9 - 0.115X_{10} - 0.105X_{11} - 0.002X_{12} - 0.243X_{13}; \\ Z_3 &= 0.129X_1 + 0.087X_2 - 0.131X_3 + 0.259X_4 - 0.158X_5 - 0.230X_6 - 0.029X_7 + 0.110X_8 - 0.375X_9 - 0.059X_{10} + 0.234X_{11} + 0.241X_{12} - 0.050X_{13}; \end{aligned}$$

$$Z_4 = 0.339X_1 + 0.107X_2 + 0.369X_3 - 0.168X_4 - 0.218X_5 - 0.083X_6 + 0.169X_7 + 0.085X_8 - 0.119X_9 + 0.310X_{10} - 0.168X_{11} + 0.008X_{12} + 0.158X_{13};$$

$$Z_5 = -0.183X_1 - 0.368X_2 + 0.080X_3 + 0.051X_4 + 0.309X_5 - 0.077X_6 + 0.242X_7 + 0.388X_8 - 0.084X_9 - 0.071X_{10} - 0.259X_{11} + 0.347X_{12} + 0.210X_{13}。$$

式中： $X_1 \sim X_{13}$  分别代表供试番茄的株高、茎粗、叶片数、果形指数、单果质量、果实硬度、果肉厚度、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、维生素 C 含量、番茄红素含量、可滴定酸含量及小区平均产量等。

在主成分分析中,各因子系数的绝对值能够体现其对主成分的重要性。从表 7 可以看出,5 个主成分表达式中贡献率最大的因子依次是主成分 1 中的茎粗(0.222)、主成分 2 中的果实硬度(0.278)、主成分 3 中的可溶性糖含量(-0.375)、主成分 4 中的叶片数(0.369)以及主成分 5 中的可溶性固形物含量(0.388)。

表 7 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料各项指标的载荷矩阵

指标	载荷值				
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
株高	0.065	0.193	0.129	0.339	-0.183
茎粗	0.222	-0.053	0.087	0.107	-0.368
叶片数	0.153	-0.063	-0.131	0.369	0.080
果形指数	0.179	0.127	0.259	-0.168	0.051
单果质量	0.130	-0.184	-0.158	-0.218	0.309
果实硬度	0.044	0.278	-0.230	-0.083	-0.077
果肉厚度	-0.220	0.103	-0.029	0.169	0.242
可溶性固形物含量	0.093	0.244	0.110	0.085	0.388
可溶性糖含量	-0.043	0.118	-0.375	-0.119	-0.084
维生素 C 含量	-0.208	-0.115	-0.059	0.310	-0.071
番茄红素含量	-0.150	-0.105	0.234	-0.168	-0.259
可滴定酸含量	-0.106	-0.002	0.241	0.008	0.347
小区平均产量	0.152	-0.243	-0.050	0.158	0.210

2.6.2 野生型番茄材料农艺性状的隶属函数分析

利用综合评价公式,对 8 份野生型番茄在盐碱地栽培条件下的农艺性状进行综合评价(求得  $D$  值), $D$  值反映了各材料农艺性状的综合表现,其数值越大,表明综合性状表现越好,结果如图 1 所示。将所有供试野生型番茄材料的  $D$  值进行排序,依次为新盐 14 号>新盐 13 号>新盐 16 号>新盐 18 号>新盐 12 号≈新盐 15 号>新盐 17 号>新盐 11 号。结果表明,在盐碱地栽培条件下,新盐 14 号和新盐 13 号的  $D$  值在所有供试野生型番茄中较高,分别为 0.73、0.62,表现出植株生长优势强,综合性状较佳;

新盐 17 号和新盐 11 号的  $D$  值在所有供试野生型番茄材料中较低,综合性状较差。

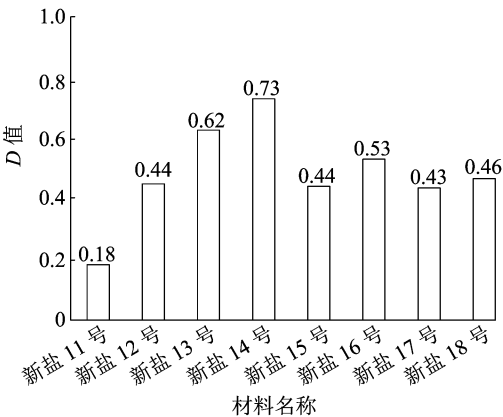


图 1 盐碱地栽培条件下野生型番茄种质材料农艺性状的综合评价

3 讨论

目前,在园艺作物的耐盐碱品种育种和驯化工作中,存在许多作物基因的遗传多样性资源已经接近枯竭的问题,特别是自花授粉等作物,其中番茄就是一个典型的自花授粉作物<sup>[15]</sup>。但研究发现,这些作物的原始种通常具有较高的变异水平,而野生种的变异类型则更为丰富<sup>[16]</sup>。因此,搜集和保护野生型番茄种质资源,以确保番茄耐盐碱品种基因的遗传多样性非常重要。王忠宇对 300 份野生番茄材料进行全基因组测序,筛选出 25 株最耐盐碱的品种,对保护番茄耐盐碱有关基因和培育耐盐碱性材料至关重要<sup>[17]</sup>。张建华等开展的研究发现,在盐胁迫下,野生型番茄的干质量显著高于常规番茄,野生番茄不仅能保持较高的根冠比和叶片含水量,而且在酶带数量和酶活性水平方面同样远远高于常规番茄,尤其是在过氧化物酶 2(POD2)这条酶带上<sup>[18]</sup>。这些特点说明野生番茄相对常规番茄表现出更强的盐碱适应能力。另外,孙云贺研究发现,在盐胁迫条件下,野生番茄相对于常规番茄来说,在组织和细胞水平上  $Na^+$  积累相对较少,而对  $K^+$  的吸收较高,这也是野生型番茄更为耐盐碱的一个重要原因<sup>[19]</sup>。因此,保护和挖掘优良野生耐盐碱番茄种质资源,以确保番茄耐盐碱基因的多样性至关重要,可为番茄耐盐碱品种的育种和驯化提供基础材料。

筛选出适合在盐碱土地生长的高产优质耐盐番茄品种,需要对相关的农艺性状及产量进行测定,并采用科学合理的方法进行综合评价。目前,

主成分分析和隶属函数法等方法已被广泛应用于评价作物的产量、品质和抗逆性等方面<sup>[20]</sup>。因此,本研究对 8 份野生番茄品种的 13 个农艺性状进行主成分分析,提取 5 个主成分。结果表明,可溶性糖和可溶性固形物含量分别在主成分 3、5 中具有较高的贡献率,因此这 2 个指标可以用来代表野生番茄的品质。新盐 13 号的可溶性固形物含量最高,达到 12.67%,明显高于其他供试番茄品种;新盐 16 号的可溶性糖含量最高,达到 27.06 mg/g,显著高于其他供试野生型番茄品种;虽然新盐 13 号和新盐 16 号的营养品质非常出色,但是它们的产量相对较低,因此后期可以通过杂交选育等方法来改良这 2 个品种,以提高其产量并维持其营养品质。

通过隶属函数法,对 8 份野生番茄种质在农艺性状和产量性状方面进行综合评价。结果显示,在盐碱地栽培条件下,新盐 14 号、新盐 13 号的综合评价(*D* 值)较高,分别为 0.73、0.62,表明这 2 个品种在植株生长方面具有较强的优势,综合表现较佳。相反,新盐 17 号和新盐 11 号的 *D* 值较低,表明它们在盐碱地栽培条件下综合表现较差。尽管本研究使用隶属函数对供试品种进行全面评估,但也不能忽略野生番茄材料在某些方面的出色表现,例如生育期最短且单果质量最大的新盐 18 号、维生素 C 含量最高的新盐 12 号和番茄红素含量最高的新盐 11 号,鉴于这些材料在特定方面的出色表现,它们的种质资源具有广泛的应用前景。因此,应充分挖掘它们的潜力,以满足不同方面的需求。

## 4 结论

本试验以 8 份野生型番茄种质为供试材料,开展盐碱地栽培条件下番茄种质资源物候期、植株生长性状、果实品质及产量性状的比较,进而通过主成分分析并结合隶属函数的方法对盐碱地上番茄种质资源进行综合性状评价。结果显示,8 份野生型番茄中新盐 13 号和新盐 18 号的生育期最短,定植后 101 d 就能成熟,此外新盐 18 号的单果质量最大,为 1.49 g。新盐 16 号的果实硬度和可溶性糖含量均最高,分别为 10.3 kg/cm<sup>2</sup> 和 27.06 mg/g。新盐 13 号的可溶性固形物含量最高,为 12.67%。新盐 11 号的番茄红素含量比其他品种高,为 60.52 μg/g。在盐碱地上种植的野生番茄田间综合性状从优到劣的排名为新盐 14 号 > 新盐 13 号 > 新盐 16 号 > 新盐 18 号 > 新盐 12 号 ≈ 新盐 15 号 > 新

盐 17 号 > 新盐 11 号。

## 参考文献:

- [1] 张 静,高文博,晏 林,等. 燕麦种质资源耐盐碱性鉴定评价及耐盐碱种质筛选[J]. 作物学报,2023,49(6):1551–1561.
- [2] 张金珠,邹 杰,王振华,等. 利用 GPR 多频天线振幅络平均估值估算滴灌棉田土壤盐分含量[J]. 农业工程学报,2021,37(8):99–107.
- [3] 邵新强,王小艳,焦 伟,等. 金丝楸幼苗响应盐碱胁迫的生理和转录组分析[J]. 林业科学研究,2023,36(1):166–178.
- [4] 梁培鑫,唐 榕,郭 睿,等. 混合盐碱胁迫对油莎豆生长及生理性状的影响[J]. 干旱区资源与环境,2022,36(10):185–192.
- [5] 姜 森,许向阳,姜景彬,等. 番茄耐盐性的遗传分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):88–91.
- [6] 刘玉菡,陶 宁,王庆国,等. 番茄中 ABC 转运蛋白 SIABCG23 调控茉莉酸信号途径[J]. 园艺学报,2023,50(3):559–568.
- [7] 史建磊,熊自立,苏世闻,等. 栽培番茄与野生番茄 NBS–LRR 类抗病基因家族的全基因组鉴定及表达分析[J]. 南方农业学报,2021,52(5):1158–1166.
- [8] Foolad M R. Recent advances in genetics of salt tolerance in tomato [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2004, 76(2):101–119.
- [9] 张继峰,王振华,张金珠,等. 盐碱胁迫对滴灌加工番茄生理生长和干物质积累的影响[J]. 水土保持学报,2019,33(1):270–276.
- [10] 李晓芳,杨永岗,张化生. 甜瓜叶柄可溶性固形物含量的变化[J]. 北方园艺,2015(14):31–34.
- [11] Gurrieri L, Merico M, Trost P, et al. Impact of drought on soluble sugars and free proline content in selected *Arabidopsis* mutants[J]. Biology, 2020, 9(11):367.
- [12] Miller B A, Kostick S A, Luby J J. Large – effect QTLs for titratable acidity and soluble solids content validated in ‘honeycrisp’ – derived apple germplasm[J]. Agronomy, 2022, 12(7):1703.
- [13] Yang H, Li M, Kui X, et al. Comparative studies on the quality and lycopene content of pomelo (*Citrus grandis* Osbeck) cultivars[J]. Natural Product Communications, 2020, 15(9):1934578X20953290.
- [14] 杨 丽,麦振龙,朱 良,等. 果蔬中维生素 C 含量的测定方法比较与优化[J]. 安徽农业科学,2018,46(22):232–233,236.
- [15] 李君明,宋 燕,朱 彤,等. 番茄耐盐分子育种研究进展[J]. 分子植物育种,2006,4(1):111–116.
- [16] 陈火英,李怀志,刘 杨,等. 番茄耐盐性及耐盐育种研究进展[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2007,25(5):507–512.
- [17] 王忠宇. 番茄耐盐的遗传学基础与分子机制研究[D]. 北京:中国农业科学院,2021:18–84.
- [18] 张建华,刘凤荣,陈火英. 野生番茄和栽培番茄的耐盐差异性比较研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2006,24(6):533–540.
- [19] 孙云贺. 野生番茄和栽培番茄离子稳态效应及其耐盐性比较研究[D]. 南京:南京农业大学,2014:26–64.
- [20] 苏小雨,高桐梅,张鹏钰,等. 基于主成分分析及隶属函数法对芝麻苗期耐热性综合评价[J]. 作物杂志,2023(4):52–59.