

PEG胁迫下新疆主要加工番茄萌芽期耐旱性评价

张余洋¹,王文杰²,郭玲³,于军³,李汉霞²

(¹华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室,武汉 430070;

²华中农业大学园艺植物生物学教育部重点实验室,武汉 430070;

³塔里木大学植物科技学院,阿拉尔市 843300)

摘要:通过PEG模拟干旱胁迫对新疆14个主要加工番茄品种进行萌芽期和幼苗期耐旱性鉴定。在PEG半致死浓度(11.4%)下,对加工番茄发芽率、发芽势、发芽指数、胚根长度、幼苗鲜重、幼苗干重等指标进行聚类分析和差异比较。结果表明,不同基因型加工番茄的耐旱性能具有较大差异。14个加工番茄品种中,早得、佳禾红运、石红15号、红果3号、麒麟钻石为耐旱性较强品种,里格尔87-5、美国世纪红、佳禾9号、新选里格尔87-5、昌农020耐旱性较弱,石红6号、麒麟020、麒麟87-5、佳义200耐旱性最差。加工番茄萌发能力参数聚类分析和幼苗生长指标差异分析结果较为一致,在加工番茄萌芽期和幼苗期可对其耐旱性进行快速鉴定。

关键词:番茄(*Solanum lycopersicum*);PEG;耐旱性;萌芽;聚类分析

中图分类号:S63

文献标识码:A

论文编号:2009-1619

Drought Tolerance Analysis of Main Processing Tomato Cultivars from Xinjiang by PEG Stress during Germination Stage

Zhang Yuyang¹, Wang Wenjie², Guo Ling³, Yu Jun³, Li Hanxia²

(¹National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

²Key Laboratory of Horticultural Plant Biology (Ministry of Education),

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

³College of Plant Science and Technology, Tarim University, Ala'er 843300)

Abstract: In order to evaluate drought tolerance of main cultivars of Xinjiang processing tomatoes, the germination and seedlings characters of 14 processing tomato cultivars were investigated under half lethal PEG concentration (11.4%). Several indexes including sprouting rate, sprouting trend, sprouting index, the radicle length, fresh wet and dry wet of seedlings were investigated and cluster analysis was utilized. Results indicated drought tolerance varied among different processing tomato genotypes. Among 14 processing tomato cultivars, relative higher drought tolerance exists in Zaode, Jiahehongyun, Shihong15, Hongguo3 and Qilingzhuanishi; relative lower drought tolerance exists in Ligeer87-5, American Red, Jiahe9, Xinxuanheigeer87-5 and Changnong020; and the least drought tolerance exists in Shihong6, Qiling020, Qiling87-5 and Jiayi200. The cluster result in germination stage and significance analysis in seedling stage was coherent. The drought tolerance of processing tomatoes could be screened at germination stage and seedling stage respectively.

Key words: tomato (*Solanum lycopersicum*), PEG, drought tolerance, germination, cluster analysis

基金项目:新疆兵团博士资金(2008JC04),国家自然科学基金(30800756)。

第一作者简介:张余洋,男,1979年出生,博士,副教授,硕士研究生导师。研究方向:蔬菜生物技术与遗传改良。通信地址:430070 华中农业大学园艺林学学院,作物遗传改良国家重点实验室,E-mail:yyzhang@mail.hzau.edu.cn。

通讯作者:李汉霞,女,1958年出生,教授。研究方向:蔬菜生物技术与遗传育种。通信地址:430070 华中农业大学园艺林学学院,Tel:027-87286867,E-mail:hxli@mail.hzau.edu.cn。

收稿日期:2009-08-11,修回日期:2009-08-27。

0 引言

干旱是影响植物生长发育的主要非生物逆境之一,在农作物上产上造成严重损失。Islam 等研究表明,通过测定干旱胁迫下苗期的发芽率、发芽势、胚根长可以作为植物抗旱性指标^[1]。通过测定黄瓜萌芽期相对发芽势、相对发芽率、相对发芽指数可对黄瓜萌芽期的耐盐性进行评价^[2]。在耐旱评价方面,聚乙二醇(PEG)模拟干旱条件下筛选为作物耐旱评价提供了较好的工具。PEG模拟干旱体系先后在大豆^[3]、莲子草^[4]、草坪草^[5]、拟南芥^[6]、水稻^[7]、棉花^[8]、苜蓿^[9]、辣椒^[10]和油菜^[11]中建立。研究者根据PEG胁迫下的植物生长发育和生理响应进行研究,表明PEG筛选是较好的干旱模拟体系。在番茄中,研究者曾利用PEG作为渗透胁迫试剂,通过离体培养筛选番茄耐旱细胞系^[12]。然而PEG胁迫下离体组织培养筛选容易发生体细胞变异,不易保持现有良好品种特性^[13]。PEG作为一种高渗透调节剂,也被用于番茄种子引发(seed priming),适当浓度PEG可促进种子萌发率和发芽势^[14-18]。张春梅等通过PEG胁迫后番茄幼苗内ABA、JA多胺测定,表明内源多胺的积累诱导ABA和JA含量升高,从而导致番茄幼苗耐旱性增强^[19]。此试验基于PEG胁迫下番茄的生长和生理响应差异,利用PEG胁迫对加工番茄萌芽期和幼苗期筛选,以期为加工番茄的耐旱性鉴定提供参考。

1 材料与方法

试验于2008年10月至11月在华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室进行。供试新疆加工番茄品种14个,由新疆塔里木大学植物科技学院提供(表1)。PEG筛选在1/2MS无菌固体培养基中进行。番茄种子经70%酒精表面消毒15s,再用50%次氯酸钠溶液消毒15min,最后用无菌水清洗。将消毒番茄种子置于PEG6000浓度分别为0%、5%、10%、15%、20%的装有固体培养基培养皿(Φ7cm)中培养。每个培养皿均匀放入20粒种子,3次重复。统计各浓度下的发芽率,计算回归方程,得出番茄种子的半致死浓度。调查半致死浓度采用干旱敏感型番茄品种A53。A53由此实验室繁殖保存。

得出半致死浓度(11.4% PEG)后,将14种加工番茄种子分别置于PEG6000浓度为11.4%的装有固体培养基的培养皿中培养。每个培养皿均匀放入20粒种子,3次重复。对照为不加PEG6000的固体培养基。记录每天的各个培养皿的发芽数。计算出发芽率、发芽势(第5天)、发芽指数、相对发芽率、相对发芽势(第5天)、相对发芽指数。播种3周后,测出各品种的胚根长度、幼苗鲜重、干重。采用Excel软件进行数据处理,计算平均值、百分率、标准误等。根据相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数,采用SAS8.0最短距离法进行聚类分析。

表1 供试番茄品种及其来源

编号	品种	来源	特性
1	昌农020	新疆	有限生长型
2	佳义200	新疆	有限生长型
3	麒麟020	新疆	有限生长型
4	佳禾红运	新疆	有限生长型
5	美国世纪红	新疆	有限生长型
6	早得	新疆	有限生长型
7	新选里格尔87-5	新疆	有限生长型
8	麒麟87-5	新疆	有限生长型
9	佳禾9号	新疆	有限生长型
10	麒麟钻石	新疆	有限生长型
11	红果3号	新疆	有限生长型
12	里格尔87-5	新疆	有限生长型
13	石红15号	新疆	有限生长型
14	石红6号	新疆	有限生长型

2 结果与分析

2.1 番茄PEG胁迫半致死浓度确定

在PEG6000浓度分别0%、5%、10%、15%、20%胁迫处

理下,番茄品种A53萌芽率存在显著差异(图1)。随着PEG6000的浓度增加,番茄种子的发芽率逐渐降低。在不加PEG6000的培养皿中发芽率为100%,而当

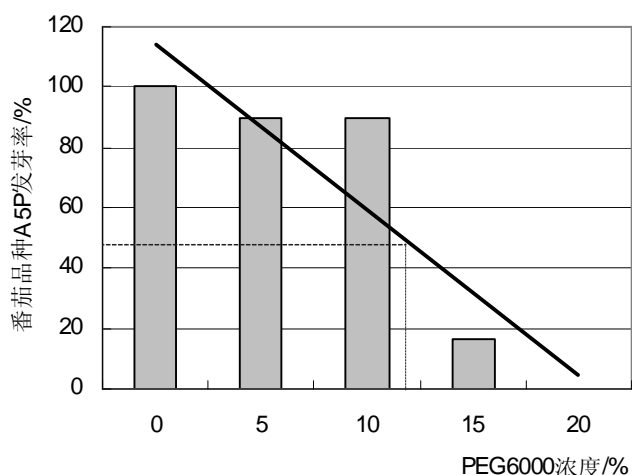


图1 加工番茄 PEG 胁迫半致死浓度确定(斜实线表示趋势线, 虚线表示半致死浓度 11.4%)
PEG6000 浓度达到 20% 时, 发芽率为 0。通过回归方程计算, 番茄 PEG6000 的半致死浓度为 11.4%。利用所得

到的 11.4% 为适宜浓度, 进行后续的 PEG 胁迫处理, 分析不同加工番茄品种在该浓度下的萌发特性及生长势。

2.2 PEG 胁迫下加工番茄萌发能力

在 PEG 半致死浓度胁迫下, 所有番茄品种的相对发芽率都达 50% 以上, 说明其萌发能力均强于普通番茄品种 A53。相对发芽势除了石红 6 号都达到了 70% 以上(表 2)。分别根据相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数, 进行显著性差异分析表明, 尽管存在一定的差异, 除了石红 6 号的相对发芽率和相对发芽势具有显著差异外, 大部分不具有显著差异(图 2)。而进一步分别根据相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数进行聚类分析, 可较为直观的评价其耐旱性差异。

采用 SAS 8.0 软件的最短距离法以相对发芽率、相对发芽势以及相对发芽指数为指标对 14 个加工番茄品种进行聚类分析。根据相对发芽率聚类结果表明, 在阈值 0.1 处, 麒麟 020、佳禾红运、早得、麒麟

表 2 PEG 胁迫下加工番茄的相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数

编号	相对发芽率/%	相对发芽势/%	相对发芽指数/%
1	82.2±5.9	74.8±7.1	66.5±13.1
2	83.0±5.1	75.9±5.3	69.1±18.6
3	75.9±5.3	75.9±5.3	80.3±36.1
4	100.4±10.6	100.4±10.6	76.3±10.4
5	86.7±25.6	86.7±25.6	73.5±21.0
6	90.0±10.0	83.3±5.8	68.6±13.0
7	86.7±15.3	83.8±24.9	82.4±17.2
8	78.9±11.7	79.6±26.3	94.0±52.6
9	96.7±5.8	100.0±0.0	66.1±12.2
10	93.7±15.9	83.3±20.8	81.6±16.4
11	93.7±15.9	85.9±5.1	80.5±22.5
12	93.7±21.3	83.7±31.0	97.0±48.4
13	96.7±12.5	96.7±12.5	91.0±15.3
14	53.0±39.9	45.9±34.1	52.0±36.7

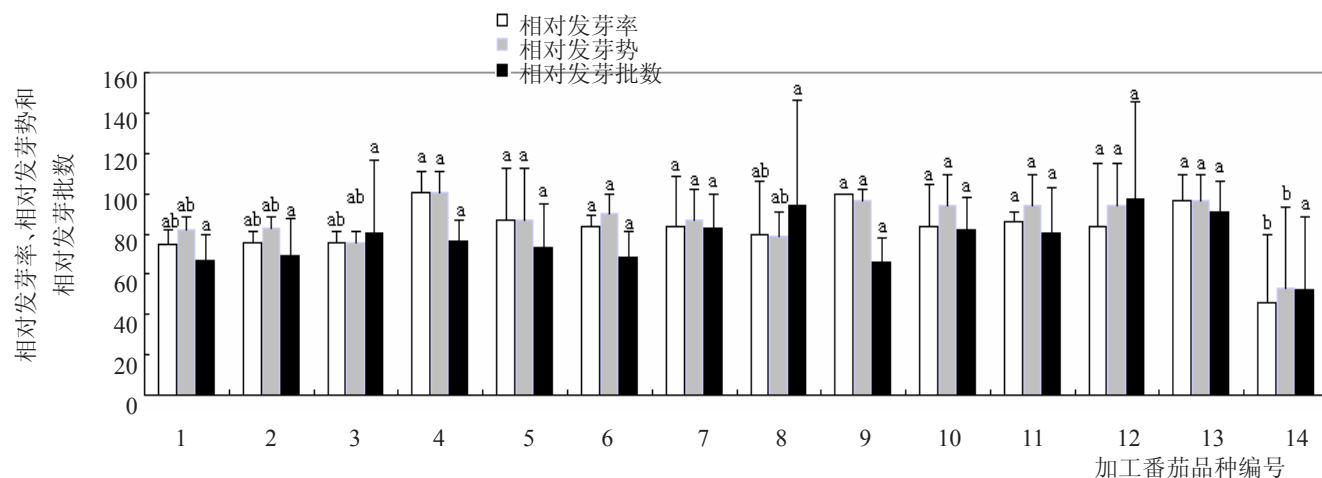


图 2 PEG 胁迫下加工番茄的相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数差异比较

注: 同一颜色的柱上面不同字母表示经过 5% 水平显著性测验具有显著差异, 相同字母表示没有显著差异。

87-5、麒麟钻石、石红15号等6个加工番茄品种表现出较好的耐旱性(图3)。根据相对发芽势聚类结果表明,在阈值0.1处,麒麟020、佳禾红运、早得、佳禾9号、红果3号、石红15号等6个品种表现出较好的耐旱性

(图4)。根据相对发芽指数聚类结果,在阈值0.1处,早得、新选里格尔87-5、麒麟87-5、佳禾9号、麒麟钻石、红果3号、里格尔87-5等7个品种表现出较好的耐旱性(图5)。

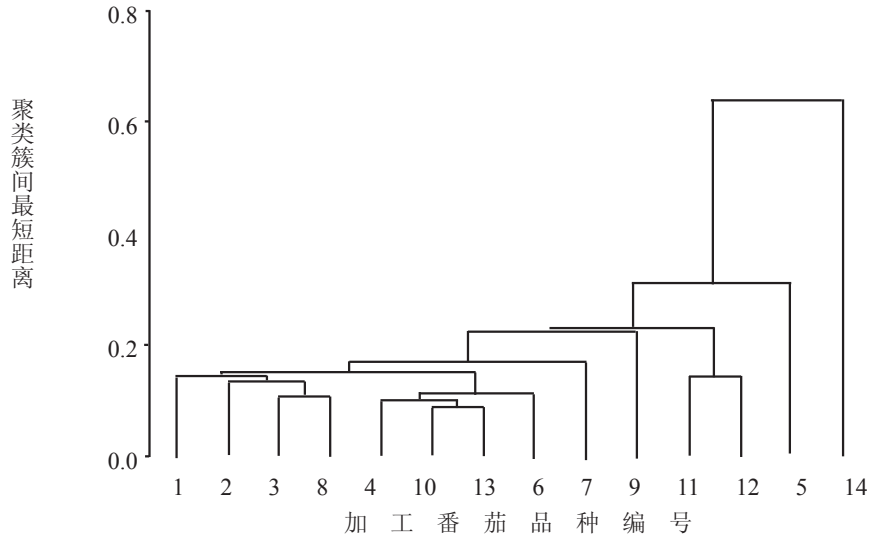


图3 根据相对发芽率进行加工番茄聚类

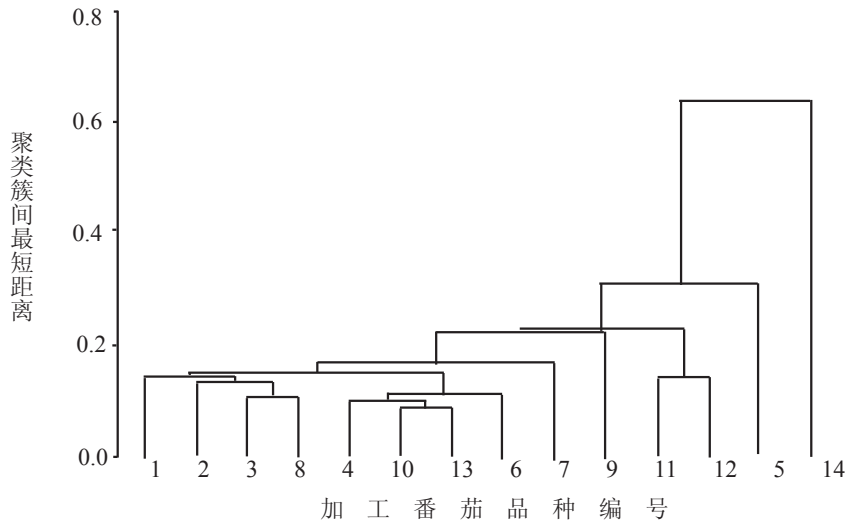


图4 根据相对发芽势进行加工番茄聚类

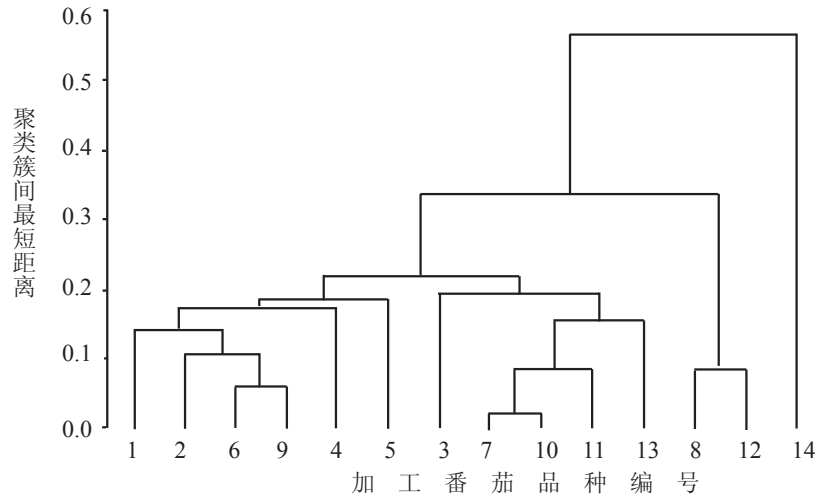


图5 根据相对发芽指数对加工番茄进行聚类

综合3种聚类分析,对于在3项指标中有两项以上表现较好的品种有麒麟020、佳禾红运、早得、麒麟87-5、麒麟钻石、红果3号、石红15号等7个品种,其中加工番茄品种早得的3项指标均表现突出,初步认为这个7个品种为较耐旱品种。而石红6号在3项指标中均表现较低,为耐旱性较差的品种。

通过比较聚类结果与原始数据观测值,发现聚类结果受数据平均值,标准误以及观测数值出现的先后规律共同影响。尽管平均值相近但误差有较大差异,往往不会聚在一起,相反平均值有一定差异,但数值变化规律相近,有可能聚类在一起,这符合栽培实际的评价规则。

2.3 PEG胁迫下加工番茄幼苗生长势

PEG胁迫下加工番茄品种胚根的生长受到了明

显的抑制。PEG胁迫下加工番茄的胚根长度差异很大,在9~39.1 cm之间。与未胁迫对照相比,胚根长度减少幅度在38%~87%之间。根据胚根长度可将加工番茄分为三类:第一梯度 ≥ 25 cm,包括石红15号、早得、麒麟钻石、佳禾红运、红果3号;第二梯度 ≥ 15 cm,包括里格尔87-5、佳义200、麒麟020、新选里格尔87-5、佳禾9号、昌农020;第三梯度为 < 15 cm,包括石红6号、麒麟87-5、美国世纪红(图6)。其中,第一梯度中早得品种胚根降低幅度最小(38%),而第三梯度中美国世纪红的胚根长度较低最显著(87%)。从PEG胁迫下胚根长度及其减少幅度都可以看出不同品种加工番茄的耐受PEG胁迫能力差异。

同样,PEG胁迫下加工番茄幼苗鲜重明显降低

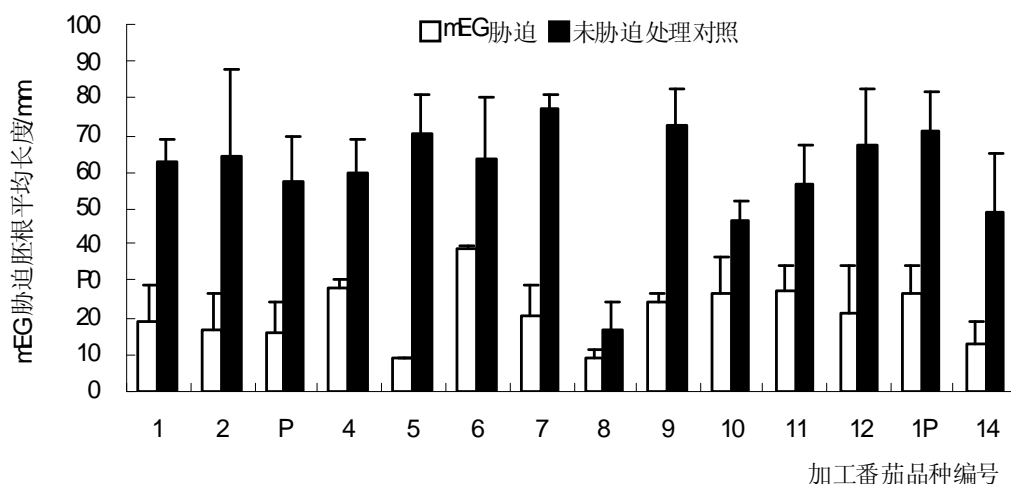


图6 PEG胁迫下14个加工番茄品种胚根长度

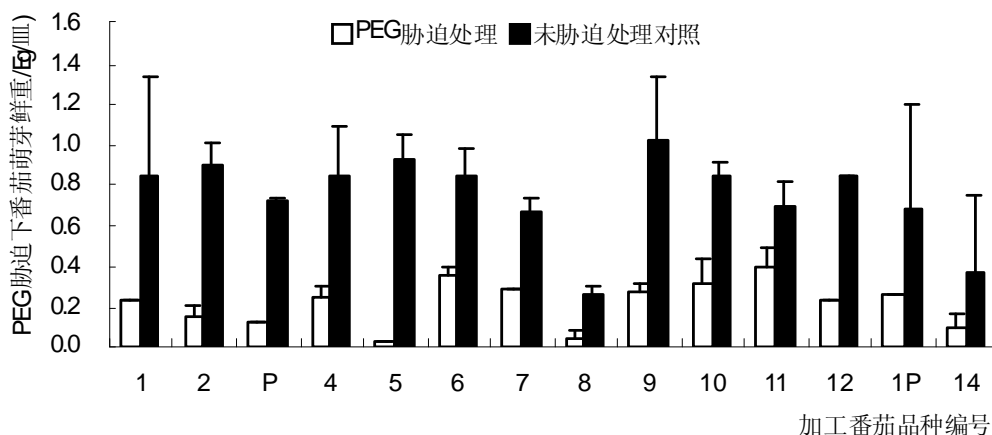


图7 PEG胁迫下加工番茄幼苗鲜重

(图7)。根据PEG胁迫下加工番茄鲜重分为三个梯度:第一梯度 ≥ 0.25 g,包括石红15号、新选里格尔87-5、佳禾9号、麒麟钻石、红果3号、早得;第二梯度 ≥ 0.15 g,包括里格尔87-5、佳禾红运、昌农020;第三梯度 < 0.15 g,包括佳义200、麒麟020、美国世纪红、麒麟

87-5、石红6号。加工番茄鲜重与非PEG胁迫对照相比,鲜重减少幅度最小的为红果3号(44%),减少最为显著的品种为美国世纪红(97%)。

与胚根长度和幼苗鲜重变化趋势不同,PEG胁迫下加工番茄幼苗的干重变化并不具有一致性,与非胁迫

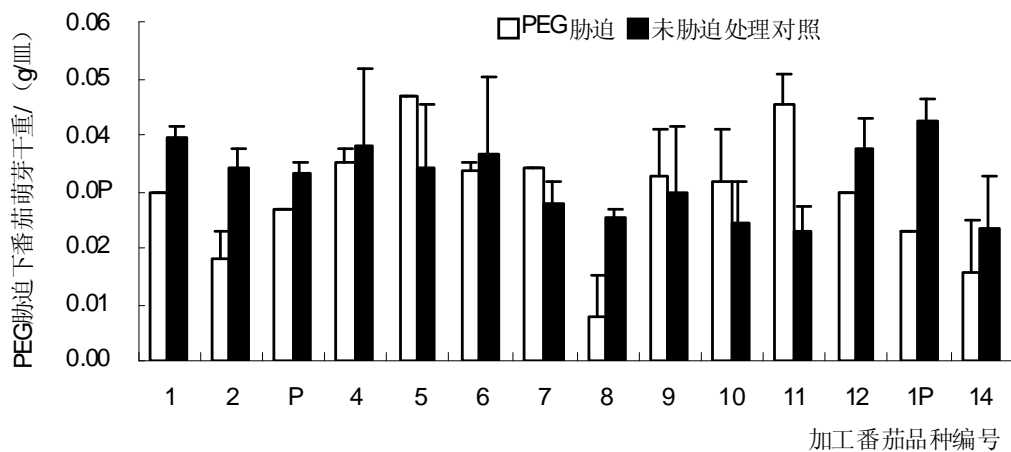


图8 PEG胁迫下加工番茄幼苗干重

胁迫对照相比呈上升或下降趋势(图8)。干重下降程度最大的是麒麟87-5(69.7%),而增加幅度最大的是红果3号(94%)。根据PEG胁迫下番茄幼苗干重可将加工番茄分成三个梯度:第一梯度 $\geq 0.03\text{g}$,佳禾9号、麒麟钻石、红果3号、佳禾红运、美国世纪红、早得、新选里格尔87-5;第二梯度 $\geq 0.02\text{g}$,包括石红15号、麒麟020、里格尔87-5、昌农020;第三梯度 $< 0.02\text{g}$,包括石红6号、麒麟87-5、佳义200。

综合加工番茄幼苗期胚根长度、鲜重、干重等指标,将加工番茄品种按照耐旱性强弱分为三个梯度:第一梯度为石红15号、早得、新选里格尔87-5、佳禾9号、麒麟钻石、红果3号、佳禾红运;第二梯度为昌农020、麒麟020、里格尔87-5;第三梯度为美国世纪红、麒麟87-5、石红6号、佳义200。

最后,从PEG胁迫下萌发能力和幼苗生长势两方面共同分析,可以确定14个加工番茄品种中,早得、佳禾红运、石红15号、红果3号、麒麟钻石为耐旱性较强品种;里格尔87-5、美国世纪红、佳禾9号、新选里格尔87-5、昌农020耐旱性较弱;石红6号、麒麟020、麒麟87-5、佳义200耐旱性最差。

3 讨论

此试验根据PEG胁迫下萌发能力包括相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数以及幼苗生长势等多个指标,通过进行统计分析,对加工番茄萌芽期的耐旱特性进行初步评价。综合萌发能力和幼苗生长势两方面评价结果,14种新疆主要加工番茄品种中佳禾红运、早得、麒麟钻石、红果3号、石红15号具有较强的耐干旱胁迫能力。PEG胁迫下加工番茄在萌芽期和幼苗期的表现基本一致,佳禾红运、早得、佳禾9号、麒麟钻石、石红15号皆处在第一梯度;昌农020、里格尔87-5、红果3号、麒麟020皆处在第二梯度;美国世纪红、石红

6号则均位在第三梯度。

在根据相对发芽率、相对发芽势以及相对发芽指数进行聚类时发现,对3种指标分别聚类和3种指标同时整体聚类,得出的聚类分析结果并不完全相同^[2]。笔者认为,影响聚类结果的因素包括平均值、标准误以及数值的先后顺序。在单个指标单独聚类中,观测值可以直接用于聚类分析。而3种指标之间有一定差异,这种差异来源于计算过程,而非品种特性,因此3种指标整体聚类较难反映品种特性。此实验根据3种指标分别聚类,再综合3种聚类结果分析其共同特征。另外,此实验采用普通干旱敏感型番茄品种A53设置的PEG半致死浓度(11.4%),在该PEG浓度下加工番茄的发芽率都达50%以上,说明加工番茄与普通番茄A53相比都具有一定的耐旱性。利用A53筛选出的半致死浓度对于加工番茄可能并非真正的半致死浓度,但统一浓度下的筛选,也具有一定参考价值。

植物在逆境胁迫下往往通过启动抗氧化防御系统等来使植物免受逆境伤害。植物体内抗氧化防御系统是由一些清除活性氧的酶系和抗氧化物质组成的,如超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和抗坏血酸等^[10]。因此从生理响应水平上将能够进一步说明植株的逆境耐受能力。另一方面,尽管幼苗期PEG胁迫下的耐旱性评价与田间耐旱性鉴定有高度一致性^[8],作物耐旱鉴定最终需要依靠田间鉴定。

参考文献

- [1] Islam M S, Srivastava P S L, Deshmukh P S. Evaluation of screening techniques for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L) [J]. *Indian J Plant Physiol*, 1998, 3(3): 197-200.
- [2] 朱进,别之龙,李娅娜,等.黄瓜种子萌芽期及嫁接砧木幼苗期耐盐

- 力评价.中国农业科学,2006,39(4):772-778.
- [3] 杨剑平,陈学珍,王文平,等.大豆实验室PEG6000模拟干旱体系的建立[J].中国农学通报,2003,19(3):65-68.
- [4] 许凯扬,叶万辉,段学武,等.PEG诱导水分胁迫下喜旱莲子草的生理适应性[J].浙江大学学报.农业与生命科学版,2004,30(3):271-277.
- [5] 段碧华,尹伟伦,韩宝平,等.不同PEG-6000浓度处理下几种冷季型草坪草抗旱性比较研究[J].中国农学通报,2005,21(8):247-251.
- [6] 张依章,王幼宁,张文胜,等.聚乙二醇模拟水分胁迫筛选拟南芥突变体的新方法[J].植物生理学通讯,2006,42(2):285-287.
- [7] 戴高兴,彭克勤,邓国富,等.聚乙二醇模拟干旱对耐低钾水稻幼苗的根系生长及某些生理特性的影响[J].植物生理学通讯,2007,43(5):865-868.
- [8] 张雪妍,刘传亮,王俊娟,等.PEG胁迫方法评价棉花幼苗耐旱性研究[J].棉花学报,2007,19(3):205-209.
- [9] 李文娆,张岁岐,山仑,等.PEG模拟旱后复水对紫花苜蓿茎叶生理生态特性的影响[J].西北农业学报,2008,17(6):247-252.
- [10] 蔡小东,郭见林.PEG模拟干旱胁迫下辣椒相关生理指标的变化[J].湖南农业科学,2008(6):49-50,58.
- [11] 李震,杨春杰,张学昆,等.PEG胁迫下甘蓝型油菜品种(系)种子发芽耐旱性鉴定[J].中国油料作物学报,2008,30(4):438-442.
- [12] Handa A K., Bressan R A, Handa S, et al. Characteristics of cultured tomato cells after prolonged exposure to medium containing polyethylene glycol [J]. Plant Physiol, 1982, 69:514-521.
- [13] Handa A K., Bressan R A, Handa S, et al. Clonal variation for tolerance to polyethylene glycol-induced water stress in cultured tomato cells [J]. Plant Physiol, 1983, 72:645-653.
- [14] Frett J J, Pill W G, and Morneau D C. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds [J]. HortScience, 1991, 26: 1158-1159.
- [15] Pill W G, Frett J J, Morneau D C. Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions [J]. HortScience, 1991, 26:1160-1162.
- [16] Liptay A, Zariffa N. Testing the morphological aspects of polyethylene glycol-primed tomato seeds with proportional odds analysis [J]. HortScience, 1993, 28: 881-883.
- [17] 刘永庆.PEG高渗预处理对番茄种子活力的影响[J].湖南农业大学学报,1994,20(1):42-46.
- [18] 苏君之,孙同毅,李焕秀.渗透调节剂PEG对番茄老化种子发芽率的影响.全国蔬菜遗传育种学术讨论会论文集[C]2002.
- [19] 张春梅,邹志荣,张志新,等.聚乙二醇胁迫下的番茄幼苗内ABA、JA和多胺含量以及多胺氧化酶活性的变化[J].植物生理学通讯, 2008,44(4):689-692.

致谢:试验中得到华中农业大学叶志彪教授的指导和帮助,表示衷心感谢!