

DOI:10.11937/bfyy.201620002

黄瓜主要种质资源耐旱性评价

李 阳, 秦智伟, 周秀艳, 辛 明

(农业部东北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 东北农业大学 园艺学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:以 16 个主要黄瓜品种为试材,通过设定正常水分处理和干旱处理(正常水量的 50%)的方法,研究了干旱对黄瓜成株期植株的形态、生理生化指标的影响,以期筛选出黄瓜耐旱性鉴定指标,为抗旱黄瓜品种的选育提供依据。结果表明:干旱处理对不同生态类型黄瓜的根干质量、地上部干质量、株高、丙二醛含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度及叶面积有显著影响,应用隶属函数法对黄瓜抗旱性进行分析,得出根干质量是与耐旱性相关性最大的指标,并通过逐步回归建立总隶属函数值与根干质量的最优回归方程 $Y=0.575+0.417X$,用此方程对供试材料进行预测,预测值与总隶属函数值基本一致。

关键词:黄瓜;耐旱性;种质资源;评价

中图分类号:S 642.202 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)20-0005-04

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是中国重要的主栽蔬菜品种之一,在蔬菜设施栽培中占有重要地位。随着设施园艺的发展,黄瓜逐渐形成周年供应的生产模式^[1]。黄瓜根系浅、叶片大、耗水量多,其生长发育对水分的要求较高,其植株的生长发育和产品的质量易受外界环境条件的影响^[2]。干旱胁迫是影响黄瓜代谢和产量的重要非生物胁迫因子,干旱会导致作物减产,影响其质量与经济价值。因此,筛选与培育优质耐旱种质资源始终是农业研究的重要课题^[3-4]。研究发现,通过采用不同浓度 PEG 6000(渗透势)模拟干旱胁迫,发现高渗透势对黄瓜种子发芽率、发芽指数、活力指数、胚根长、下胚轴长、幼胚一级侧根数、电解质外渗率、胚根干质量有显著抑制作用^[5]。也有研究表明,干旱胁迫导致植物组织含水量下降,电解质外渗,加剧膜质过氧化,丙二醛(MDA)含量增加,保护酶活性降低^[5-8]。干旱胁迫下,黄瓜幼苗的叶绿素、脯氨酸含量升高,光合速率降低,生长受到显著抑制^[9-11]。探索科学的抗旱性鉴定方法和鉴定指标,对培育高产抗旱、优质兼备的作物新品种及加快育种进程并对种质筛选的耐旱性进行科学评价有十分重要的意义^[12]。该试验以 16 个主栽黄瓜品种为试材,设置 50%

浇水量和正常水分供给 2 个处理,研究干旱胁迫对黄瓜生理生化指标及形态指标的影响,筛选出与耐旱性最相关的指标,以期为黄瓜耐干旱种质资源创新及新品种选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 4 种不同生态类型的 16 份黄瓜品种(品系)(表 1)为供试材料,其种子由东北农业大学园艺学院黄瓜课题组提供。

表 1 黄瓜种质资源耐旱性评价

Table 1 Cucumber germplasm drought assessment

品种(品系)名称 Variety(Line) name	生态类型 Ecological types	总隶属函数值 Total value of the membership function	预测值 Predictive value
“北京 204”	华北型	0.734	0.709
“649”自交系	欧洲温室型	0.637	0.577
“津优 2 号”	华北型	0.570	0.593
“津春 5 号”	华北型	0.545	0.591
“津研 4 号”	华北型	0.500	0.446
“D0410-3mansour”	欧洲温室型	0.493	0.484
“节成太郎”	欧洲温室型	0.479	0.452
“白丝条”	华南型	0.448	0.445
“美国小黄瓜”	腌渍型	0.370	0.410
“压趴架”	华南型	0.362	0.398
“荷兰黄瓜”	腌渍型	0.361	0.362
“春早霸王”	华南型	0.348	0.386
“俄罗斯小黄瓜”	腌渍型	0.331	0.370
“奇梦 3 号”	华南型	0.299	0.366
“LUNGODELLACINA”	腌渍型	0.295	0.309
“いばなしきゅり”	欧洲温室型	0.284	0.299

第一作者简介:李阳(1992-),女,硕士研究生,研究方向为黄瓜分子遗传育种。E-mail:1101471317@qq.com.

责任作者:秦智伟(1957-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为黄瓜遗传育种。E-mail:qzw303@126.com.

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD02B03);黑龙江省自然科学基金青年基金资助项目(QC2012C122)。

收稿日期:2016-07-18

1.2 试验方法

试验于 2015 年 7 月在东北农业大学设施园艺中心大棚内进行,采用 8 cm×8 cm 育苗钵育苗,三叶一心后,移栽于 30 cm×25 cm 的塑料桶中,栽培基质为营养土和草炭 1:1 比例配制,每桶装入混合后的基质 9 kg,烘干法测定其相对含水量约 50%。测量上午、傍晚日均温在 28℃左右,正午温度在 35℃左右,湿度在 70%左右。待植株长至约 12 片真叶时进行干旱处理,对照每桶浇 1 L 水(经试验得出恰好浇透的浇水量),处理每桶浇 500 mL 水,每隔 3 d 浇 1 次水,生长期每桶施等量尿素 1~2 次。试验设 3 次重复,每个重复 3 桶,每桶 1 株。干旱胁迫 20 d 后测量相关指标。

1.3 项目测定

干旱胁迫后测定株高、叶面积、叶绿素含量、地上部干质量、根干质量、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、可溶性蛋白质含量、MDA 含量、POD 活性。株高用直尺测量地上部分到生长点的高度。叶面积用龚建华等^[13]的方法测量叶片从上到下第 10 片真叶。叶绿素含量用 CCM-200 plus 仪器测定(SPAD 值)黄瓜第 9 片真叶。地上部干质量、根干质量以 75℃烘干至恒重测定。净光合速率、气孔导度、蒸腾速率用 LI-6400 光合仪测定。取植株基部向上第 10 节的叶片,每叶钻取 3 个部分并去除叶脉,剪成细丝,混合均匀。用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性,用硫代巴比妥酸法(TBA)测定丙二醛(MDA)含量,用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白质含量^[14]。

1.4 数据分析

利用 SPSS 22.0 软件进行隶属函数值的计算及相关性分析。

采用耐旱隶属函数值方法^[15]:首先求出每个品种各特征性状的具体隶属函数值。然后把每个品种各个性状具体耐旱隶属值进行累加,并求平均值。平均值越大,耐旱性越强。

当指标性状值与耐旱性呈正相关时隶属函数值公式为 $\hat{X}_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$;当指标性状值与耐旱性呈负相关时: $\hat{X}_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$ 。

隶属函数平均值(总隶属函数值)公式: $\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \hat{X}_{ij}$,式中, \hat{X}_{ij} 为 i 品种 j 性状的隶属函数值, X_{ij} 为 i 品种 j 性状值, $X_{j\min}$ 为各品种 j 性状最小值, $X_{j\max}$ 为各品种 j 性状的最大值。 n 为指标性状数量, \bar{X}_i 为 i 品种耐旱隶属函数平均值即总隶属函数值。

2 结果与分析

2.1 黄瓜种质耐旱性评价结果

隶属函数值法是一种在多个指标测定的基础上对供试材料进行综合评价的方法,避免了计算单一指标带

来的片面性和不全面性。其评价价值越大,耐旱性越强。将其应用于黄瓜耐旱品种的筛选,更具科学性和可靠性。该试验选用 4 种不同类型黄瓜品种,分别为华北型、华南型、腌渍型、欧洲温室型(表 1)。华北型黄瓜材料 4 份,隶属函数均值为 0.587,隶属函数值变幅为 0.500~0.734;欧洲温室型黄瓜材料 4 份,隶属函数均值为 0.473,隶属函数值变幅为 0.284~0.637;华南型黄瓜材料 4 份,隶属函数均值为 0.374,变幅为 0.299~0.448;腌渍型黄瓜材料 4 份,隶属函数均值为 0.339,变幅为 0.295~0.370。根据各隶属函数值大小,可将 16 个黄瓜品种的耐旱性分为强、中、弱 3 级:隶属函数值大小在 0.500~0.734 为强耐旱型;隶属函数值大小在 0.300~0.493 为中等耐旱型;隶属函数值在 0.300 以下的为不耐旱型。结果表明,不同生态类型黄瓜的耐旱性存在差异,华北型、欧洲温室型耐旱性高于华南型和腌渍型。

2.2 干旱胁迫对黄瓜形态指标及生理生化指标的影响

对各参试材料形态、生理生化指标变化率进行方差分析后,发现各品种间形态指标(株高变化率、叶面积变化率、地上部干质量变化率、根干质量变化率)、生化指标(净光合速率变化率、蒸腾速率变化率、气孔导度变化率)、生理指标(MDA 变化率、POD 活性变化率)存在显著或极显著差异。由表 2 可知,各品种株高变化率均为负值,变幅为 -0.014~-0.367。‘649’自交系、‘津优 2 号’‘津春 5 号’‘北京 204’变化幅度较小,分别为 -0.014、-0.059、-0.106、-0.048;‘いばなしきゅり’‘春早霸王’变幅最大,分别为 -0.367、-0.300。这表明干旱使黄瓜各品种株高普遍下降;根干质量变化率除‘北京 204’‘津优 2 号’‘津春 5 号’‘649’自交系为正值外,其余均为负值,说明干旱使大多数黄瓜品种根干质量降低,地上部干质量及叶面积、光合特征参数都有不同程度的下降,MDA 含量的变化率除‘649’自交系、‘津优 2 号’‘津春 5 号’‘D0410mansour’外,皆为正值,说明干旱胁迫导致植株体内膜质过氧化程度加重,POD 活性大部分呈增加趋势,但无明显规律性。

2.3 黄瓜耐旱性指标间的相关性及回归分析

由表 3 进一步对总隶属函数值及各项指标变化率进行相关分析,发现除 POD 活性变化率和产量变化率外,其它指标均与总隶属函数值极显著正相关,相关系数依次为 0.683、0.903、0.799、0.708、-0.633、0.627、0.777、0.644,说明耐旱性与根干质量、地上部干质量、叶面积、株高、光合速率、蒸腾速率、气孔导度密切相关,MDA 含量与耐旱性呈极显著负相关。

以总隶属函数值为因变量,以各单项指标的变化率作自变量,采用逐步回归的方法建立最优回归方程: $Y = 0.575 + 0.417X$ ($R = 0.903$, $F = 62.061^{**}$),其中 Y 为总隶属函数值, X 为根干质量变化率,由方程可知,在

表 2
Table 2
各指标变化率
Change rate of each index

品种(品系)	株高	根干质量	地上部干质量	叶面积	光合速率	蒸腾速率	气孔导度	丙二醛	过氧化物酶
Variety (Line)	Plant height	Root dry weight	Shoot dry weight	Leaf area	Net photosynthetic rate	Transpiration rate	Stomatal conductance	MDA	POD
‘649’自交系	-0.014	0.004	-0.167	-0.310	-0.255	-0.198	-0.714	-0.051	0.279
“奇梦 3 号”	-0.267	-0.501	-0.448	-0.670	-0.835	-0.792	-0.772	0.364	7.433
“津研 4 号”	-0.198	-0.309	-0.265	-0.427	-0.529	-0.611	-0.913	0.054	0.313
“荷兰黄瓜”	-0.159	-0.510	-0.511	-0.340	-0.630	-0.903	-0.881	0.183	0.870
‘D0410-3mansour’	-0.195	-0.267	-0.435	-0.637	-0.823	-0.801	-0.832	-0.099	0.072
‘いばなしきゅり’	-0.376	-0.687	-0.557	-0.639	-0.606	-0.726	-0.657	0.204	0.183
“压趴架”	-0.278	-0.424	-0.490	-0.690	-0.743	-0.707	-0.866	0.107	2.700
“俄罗斯小黄瓜”	-0.197	-0.732	-0.336	-0.380	-0.304	-0.275	-0.828	0.162	0.330
“春早霸王”	-0.300	-0.452	-0.395	-0.527	-0.443	-0.568	-0.864	0.172	3.086
“节成太郎”	-0.350	-0.296	-0.477	-0.621	-0.272	-0.517	-0.865	0.131	0.009
“白丝条”	-0.219	-0.551	-0.456	-0.547	-0.522	-0.446	-0.682	0.201	0.209
‘LUNGODELLACINA’	-0.283	-0.398	-0.462	-0.610	-0.595	-0.655	-0.743	0.372	1.010
“津优 2 号”	-0.119	0.044	-0.199	-0.217	-0.046	-0.178	-0.497	-0.176	-0.260
“津春 5 号”	-0.106	0.038	-0.064	-0.371	-0.361	-0.221	-0.529	-0.151	-0.249
“美国小黄瓜”	-0.142	-0.395	-0.348	-0.401	-0.420	-0.649	-0.865	0.122	1.990
“北京 204”	-0.048	0.321	-0.054	-0.395	-0.160	0.456	-0.095	0.151	0.431

注:变化率=(处理平均值-CK)/CK。
Note:Change rate=(treat mean - comparison value)/comparison value.

表 3
Table 3
隶属函数平均值与各指标变化率的相关性矩阵
Correlation matrix of membership function means and change rate of index

指标	Y	株高	根干质量	地上部干质量	叶面积	丙二醛含量	过氧化物酶活性	光合速率	蒸腾速率	气孔导度	产量
Index	Y	Plant height	Root dry weight	Shoot dry weight	Leaf area	MDA content	POD activity	Net photosynthetic rate	Transpiration rate	Stomatal conductance	Yield
Y	1	0.683 **	0.903 **	0.799 **	0.522 *	-0.633 **	-0.474	0.627 **	0.777 **	0.644 **	0.381
株高	0.683 **	1	0.671 **	0.769 **	0.513 *	-0.544 *	-0.262	0.483	0.591 *	0.471	0.491
根干质量	0.903 **	0.671 **	1	0.831 **	0.478	-0.576 *	-0.289	0.586 *	0.729 **	0.708 **	0.282
地上部干质量	0.799 **	0.769 **	0.831 **	1	0.696 **	-0.578 *	-0.293	0.679 **	0.829 **	0.656 **	0.466
叶面积	0.522 *	0.513 *	0.478	0.696 **	1	-0.545 *	-0.254	0.586 *	0.554 *	0.546 *	0.142
丙二醛含量	-0.633 **	-0.544 *	-0.576 *	-0.578 *	-0.533 *	1	0.541 *	-0.419	-0.317	-0.189	-0.236
过氧化物酶活性	-0.474	-0.262	-0.289	-0.293	-0.428	0.541 *	1	-0.509 *	-0.366	-0.245	-0.456
光合速率	0.627 **	0.483	0.568 *	0.679 **	0.731 **	-0.419	-0.509 *	1	0.798 **	0.524 *	0.418
蒸腾速率	0.777 **	0.591 *	0.729 **	0.829 **	0.532 *	-0.317	-0.366	0.798 **	1	0.836 **	0.507 *
气孔导度	0.644 **	0.471	0.708 **	0.656 **	0.331	-0.189	-0.245	0.524 *	0.836 **	1	0.219
产量	0.381	0.491	0.282	0.466	0.419	-0.236	-0.456	0.418	0.507 *	0.219	1

注:Y 为各指标总隶属函数值;*,** 分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。
Note:Y represents total membership values of each index;*,** represents significant level at 0.01 and 0.05.

10 个单项指标中,根干质量与总隶属函数值极显著正相关,相关系数 $R=0.903$,用该回归方程对各指标总隶属函数值进行预测,其预测值与评价排序基本一致。说明根干质量变化率是与耐旱性最相关的指标,而株高、叶面积等可作为鉴定耐旱性的辅助指标。

3 讨论

干旱会导致植物根系生长受到抑制,进一步影响地上部分生长,且地上部分受到逆境胁迫后通过降低气孔导度降低水分的散失,使光合速率及蒸腾速率随之下降,影响光合产物的积累,最终导致叶面积减小、地上部分干物质积累量下降。该试验通过控制水分含量对黄瓜进行干旱处理(对照充足水分,处理为适宜水分的 50%),通过对形态指标(株高、叶面积、地上部干质量、根

干质量、茎粗、叶片数)、生理指标(叶绿素含量、MDA 含量、POD 活性、可溶性蛋白质含量)及光合特征指标和产量指标测定来研究黄瓜的耐旱性,发现方差分析后茎粗、叶片数、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、 CO_2 浓度、产量与品种间耐旱性关系不显著,叶绿素含量表现为处理大于对照,但未达到差异显著水平;产量则是品种内差异显著,品种间差异不显著,说明产量主要还是取决于黄瓜自身特性。

植物的抗旱性是指在干旱条件下植物的生存能力,而作物的抗旱性尤指在土壤干旱或干燥条件下作物不仅能存活下来,而且能使产量稳定在一定水平的能力。在大量种质资源耐旱性鉴定及耐旱品种选育的早期世代,筛选简单、有效的鉴定指标是最关键的环节^[16]。隶属函数分析是一条在多指标测定基础上对材料特性进

行综合评价的途径,可以克服仅利用少数指标对 1~2 个品种进行评价的不足^[17],用隶属函数法对甜高粱萌发的耐盐性进行了综合评价,认为隶属函数法是一种较为理想的评价方法^[18],利用模糊数学中隶属函数分析法,可以对品种的多个性状进行综合分析,进而对品种作出全面评价^[19]。该试验用隶属函数法对黄瓜进行综合评价,对总隶属函数值及各指标变化率进行相关性分析,得出抗旱性与根干质量、地上部干质量、株高、MDA 含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度极显著相关,与叶面积显著相关,相关系数分别为 0.903、0.799、0.683、-0.633、0.627、0.777、0.644、0.522,其中根干质量与总隶属函数值相关性最大,为 0.903。建立总隶属函数值与根干质量的最优回归方程 $Y=0.575+0.417X$,利用建立的最优回归方程对供试材料进行预测,结果与综合评价基本一致。可以利用此方程进行黄瓜种质资源筛选的耐旱性评价。初步鉴定出耐旱的黄瓜种质资源 5 份:“北京 204”“649”自交系、“津优 2 号”“津春 5 号”“津研 4 号”;不耐旱的黄瓜种质资源 3 份:“奇梦 3 号”“LUN-GODELLACINA”“いばなしきゅり”。

参考文献

- [1] 苗兵兵,莫伟钦,江南.生物有机肥在黄瓜基质栽培中的应用[J].广西热带农业,2008(5):17.
- [2] 郝敬虹,易旻,尚庆茂,等.干旱胁迫下外源水杨酸对黄瓜幼苗膜脂过氧化和光合特性的影响[J].应用生态学报,2012,23(3):717-723.
- [3] 孙涌栋,焦涛,姚连芳,等.水分胁迫对黄瓜幼苗生理指标的影响[J].河北农业大学学报,2008,31(5):34-37.
- [4] 张常青,洪波,李建科,等.地被菊幼苗耐旱性评价方法研究[J].中国农业科学,2005,38(4):789-796.
- [5] 许耀照,曾秀存,王勤礼,等.PEG 模拟干旱胁迫对不同黄瓜品种种子萌发的影响[J].中国蔬菜,2010(14):54-59.
- [6] 王玉珏,付秋实,郑禾,等.干旱胁迫对黄瓜幼苗生长、光合生理及气孔特征的影响[J].中国农业大学学报,2010,15(5):12-18.
- [7] 徐小芳,罗庆熙,闰杰,等.干旱胁迫下外源物质对黄瓜幼苗的影响[J].北方园艺,2009(2):12-17.
- [8] 张戮.干旱胁迫对黄瓜幼苗生理指标的影响[J].南方农业学报,2011,42(12):1466-1468.
- [9] 吴顺,张雪芹,蔡燕.干旱胁迫对黄瓜幼苗叶绿素含量和光合特性的影响[J].中国农学通报,2014,30(1):133-137.
- [10] 张红梅,金海军,丁小涛,等.高温胁迫对不同黄瓜幼苗叶绿素荧光特性的影响[J].上海农业学报,2012,28(1):11-16.
- [11] MAXWELL K, JOHNSON G N. Chlorophyll fluorescence - A practical guide[J]. J Exp Bot, 2000, 51(345): 659-688.
- [12] 蒲伟凤,纪展波,李桂兰.作物抗旱性鉴定方法研究进展[J].河北科技师范学院学报,2011,25(2):34-39.
- [13] 龚建华,向军.黄瓜群体叶面积无破坏性速测方法研究[J].中国蔬菜,2001(4):7-9.
- [14] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:138-167.
- [15] 陶向新.模糊数学在农业科学中的初步应用[J].沈阳农业大学学报,1982(2):96-107.
- [16] 周广生,梅方竹,周竹青,等.小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及预测[J].中国农业科学,2003,36(11):1378-1382.
- [17] 魏永胜,梁宗锁,山仑,等.利用隶属函数法评价苜蓿抗旱性[J].草业科学,2005,22(6):33-36.
- [18] 柴媛媛,史团省,谷卫彬.种子萌发期甜高粱对盐胁迫的响应及其耐盐性综合评价分析[J].种子,2008,27(2):43-47.
- [19] 李亮,夏新莉,尹伟伦,等.用隶属函数法对 10 个沙棘品种抗旱性的综合评价[J].山东林业科技,2007(1):59-60.

Evaluation of Drought Tolerance in Major Cucumber Germplasm

LI Yang, QIN Zhiwei, ZHOU Xiuyan, XIN Ming

(Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Northeast Region), Ministry of Agriculture/Horticultural College, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: Taking 16 major cucumber varieties as experimental materials, by setting the normal water treatment and drought (50% of the normal amount of water), the morphology of drought cucumber adult stage material, physiological and biochemical indexes were studied, and filtered out cucumber drought tolerance index, to provide the basis for breeding drought-resistant varieties of cucumbers. The results showed that the effect of drought on different ecological types of cucumber's root dry weight, shoot dry weight, plant height, MDA content, net photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance and leaf area were significant, subordinate function value method was used to analysis the cucumber drought resistance analysis, the root dry weight was the most relevant indicator of drought tolerance. Then a regression equation with subordinate function value and root dry weight for identifying cucumber drought tolerance was established $Y=0.575+0.417X$, this equation was used to predict drought resistance of materials, and the total value of the membership function was basically the same as predict value.

Keywords: cucumber; drought tolerance; germplasm resources; evaluation