

干旱胁迫对野生和栽培大豆根系特征及生理指标的影响

蒲伟凤,李桂兰,张敏,王丹,王卢平,纪展波,代波,乔亚科

(河北科技师范学院 生命科技学院,河北 昌黎 066600)

摘要:以 4 份野生大豆(永 5、永 26、永 46、永 52)和 4 份栽培大豆(中黄 13、冀豆 12、秦皇 10、秦皇 29)为材料,用不同浓度(0%、10%、20%、30%)PEG₆₀₀₀模拟水分胁迫,探讨干旱胁迫对野生和栽培大豆幼苗根系特征和生理指标的影响。结果表明:随着干旱胁迫的增加,不同大豆材料的根系特性存在显著差异,大豆抗旱性与总根长、总根表面积、总根体积呈正相关,与平均根直径呈负相关;隶属函数综合评定结果表明 4 份野生大豆的抗旱性均强于栽培大豆,其中栽培大豆中黄 13 抗旱性最差。干旱胁迫下,野生大豆、栽培大豆的叶片相对含水量呈下降趋势,丙二醛含量均比 0% PEG₆₀₀₀有所增加,但不同材料间叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化物酶(POD)活性的表现趋势不同,说明野生大豆和栽培大豆的抗旱生理指标存在一定的差异。

关键词:干旱胁迫;野生大豆;栽培大豆;抗旱性

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)04-0615-08

Effects of Drought Stress on Root Characteristics and Physiological Indexes of *Glycine soja* and *Glycine max*

PU Wei-feng, LI Gui-lan, ZHANG Min, WANG Dang, WANG Lu-ping, JI Zhan-bo, DAI Bo, QIAO Ya-ke

(Hebei Normal University of Science & Technology, Changli 066600, Hebei, China)

Abstract: Four wild soybeans (Yong5, Yong26, Yong46, Yong52) and 4 cultivated soybeans (Zhonghuang 13, Jidou12, Qinhuang 10, Qinhuang 29) were used as materials in this study to discuss the effects of drought stress on root characteristics and physiological indexes of wild soybeans and cultivate soybeans. Drought stress conditions was simulated by different concentrations of PEG₆₀₀₀. The results showed that, the root characteristics of different soybean materials were significantly different with the increase of drought stress. Besides, drought resistance of soybean was positively correlated with total root length, total root surface and total root volume of the root, while drought resistance of soybean was negatively correlated with average roots diameter. The results of membership functions and comprehensive evaluation showed that wild soybean materials had stronger drought stress resistance than cultivated soybean, and Zhonghuang 13 cultivated soybean had the weakest drought stress resistance in all cultivated soybeans, besides, relative water contents of wild soybeans and cultivate soybean leaves were decreased and MDA content was increased than 0% PEG₆₀₀₀ under drought stress. However, the chlorophyll content, the activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) had different performances, which indicated that there were some differences between the drought resistance physiological indexes of wild and cultivated soybeans.

Key words: Drought stress; *Glycine soja*; *Glycine max*; Drought resistance

近年来,由于全球性气候变化,导致干旱发生的周期缩短、程度加重,对粮食生产构成了严重的威胁,干旱已成为影响作物产量的主要障碍因素之一^[1]。大豆(*Glycine max*)作为世界五大经济作物之一,是人类优质蛋白质和食用油脂的重要来源,在粮食生产中占有极为重要的地位。且大豆需水量高、根系不发达,是豆类作物中对于干旱最为敏感的一种。水分亏缺严重地影响了大豆的产量,要消

除干旱威胁,利用大豆自身的抗旱能力是一种重要、经济、有效的措施^[2]。当前我国大豆抗旱育种中所用的种质资源多来自于各地栽培大豆,由于遗传基础相对狭窄,可利用的抗旱基因资源匮乏,严重阻碍大豆抗旱育种的进展。野生大豆(*Glycine soja*)是栽培大豆(*Glycine max*)的近缘野生种,分布广、变异大、类型丰富。近年来,野生大豆资源的利用在大豆育种中已有许多成功的事例,筛选出了高

收稿日期:2010-03-15

基金项目:转基因生物新品种培育重大专项资助项目(2009ZX08004-004B,2009ZX08004-001B);国家自然科学基金资助项目(30940050);河北省自然科学基金资助项目(C2009000868);河北省科技厅支撑计划资助项目(09220103D;06547005D-3)。

第一作者简介:蒲伟凤(1982-),女,在读硕士,现主要从事植物遗传资源研究。E-mail:puweifeng0907@126.com。

通讯作者:乔亚科,教授。E-mail:qiaoyake@126.com。

蛋白、高含硫氨酸、多荚、高抗虫、高抗病等一批优异基因型的品种,但野生大豆在大豆抗旱育种中的价值还没有得到充分的肯定。因此对野生大豆种质进行抗旱性鉴定,对拓宽栽培大豆的遗传基础,提高大豆抗旱育种水平有重要价值^[3]。以往育种学家们已经筛选了一大批与抗旱性有关的形态指标和生理生化指标,但不同类型大豆的抗旱机制可能不完全相同。大豆的抗旱性是许多数量或质量遗传基因综合作用累加的结果,每一个与抗旱性有关的性状对大豆的抗旱性都起作用,且这种作用是微效的,不宜就某一个生理参数来判断其抗旱性。所以,用来评价大豆抗旱性的任何单一指标都具有片面性,而用多个指标去综合评价大豆的抗旱性才较为可靠^[4-6]。

关于大豆抗旱性鉴定的研究有很多,但多采用田间自然条件鉴定和温室人工控制水分条件鉴定^[7-8]。聚乙二醇(Polyethylene glycol, PEG)是一种较为理想的渗透调节剂,通过PEG诱导植物干旱胁迫探究抗旱机制的研究已有不少报道,许多研究者认为,用PEG进行干旱模拟代替土壤水分胁迫处理可获得比较可靠的结果^[9-12]。目前,关于利用不同浓度PEG进行干旱胁迫测定不同大豆材料根系特征的研究还很少,多数为盆栽条件下人工控水对大豆根系特征的研究^[11-12],PEG干旱胁迫下大豆生理生化指标的报道已做了部分研究^[13-15],但目前还缺少用PEG胁迫同时观察地下根系特性和地上叶片生理生化特性来研究其抗旱性。

选用4份野生大豆和4份栽培大豆为材料,采用砂基栽培,利用不同浓度的PEG₆₀₀₀溶液进行浸根培养,研究不同浓度PEG₆₀₀₀处理对不同大豆根系特征和各项生理生化指标的影响,旨在研究干旱胁迫对野生大豆、栽培大豆苗期根系特性和叶片生理生化特性的影响机制,建立大豆抗旱性的生理指标综合评价体系,为大豆种质资源抗旱性鉴定、抗旱育种和栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

4份野生大豆:永5、永26、永46、永52;4份栽培大豆:中黄13、冀豆12、秦皇10、秦皇29。

1.2 试验设计

试验于2009年5月在河北科技师范学院旱棚盆栽条件下进行。将冲洗干净过筛的细沙装入8×8 cm的营养钵,整齐摆放在46.5×35×13.5 cm(长×宽×高)的塑料方盆中,每盆20个营养钵。8份材料随机排列,种子催芽后,同一材料挑选胚根长

度一致的种子播于营养钵中,每钵5株,5次重复,于子叶期留3株长势一致的幼苗。每隔3 d浇定量的Hoagland营养液于塑料盆中,其余时间视水分情况补充相同量的水分。处理为适宜水分(0%PEG₆₀₀₀)与干旱胁迫(10%PEG₆₀₀₀、20%PEG₆₀₀₀、30%PEG₆₀₀₀),于真叶期用PEG₆₀₀₀溶液进行不同浓度的干旱胁迫,胁迫前1 d不浇水和营养液。处理3 d后测定各项生理生化指标,处理10 d后测定地下根系特征。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 根系测定方法 将植株连同沙土一起浸入水中,轻轻洗掉根系上的沙土,浸入FAA固定液中,浸泡30 min以上,将固定后的根取出用镊子拉直,使各分枝彼此不重叠,然后置于Epson扫描仪上扫描根系,利用WinRhizo根系分析系统(加拿大Rigent公司)进行分析,获得包括根总长、根总体积、根总表面积和根平均直径等根系性状数据。将全部根系放置在滤纸上吸干水分,称其鲜重,于105℃下杀青30 min,80℃下烘至恒重,冷却后称其干重。将干旱胁迫下的根系特征值数据转换成隶属函数值,可先计算各重复的隶属函数值,再求材料平均抗旱隶属函数值,用平均隶属函数值进行抗旱性综合评价^[16]。

1.3.2 生理生化指标测定 每个处理取相同部位的叶片,每个指标测定重复3次。

叶片相对含水量采用张志良^[17]的称重法测定;叶绿素含量参照李合生^[18]的80%丙酮比色法测定;丙二醛(MDA)含量参照李合生^[18]的硫代巴比妥酸(TAB)比色法测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用李合生^[18]的抑制氮蓝四唑(NBT)光化还原比色法测定,以每单位时间内光还原50%氮蓝四唑为1个酶活性单位,单位为 $U \cdot g^{-1}FW$ 。过氧化物酶(POD)活性参照张宪政^[19]的愈创木酚法测定,于470 nm波长下测定反应体系每分每克鲜质量增加0.01为1个酶活力单位,单位为 $U \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$ 。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel进行数据处理,SPSS统计分析软件进行显著性分析,所得数据为3个处理的平均值±标准误。

2 结果与分析

2.1 PEG胁迫对大豆根系特征的影响及抗旱性评价

2.1.1 不同类型大豆苗期根系特征 2种不同类型大豆根系有明显的差异(图1),野生大豆总根长较长,侧根多且细,表面积大,根系发达。栽培大豆主根明显,直径粗,总根长较短,侧根少,根毛不发

达。秦皇 29 为栽培大豆和野生大豆杂交选育的品种,其表现与野生大豆根系相似。

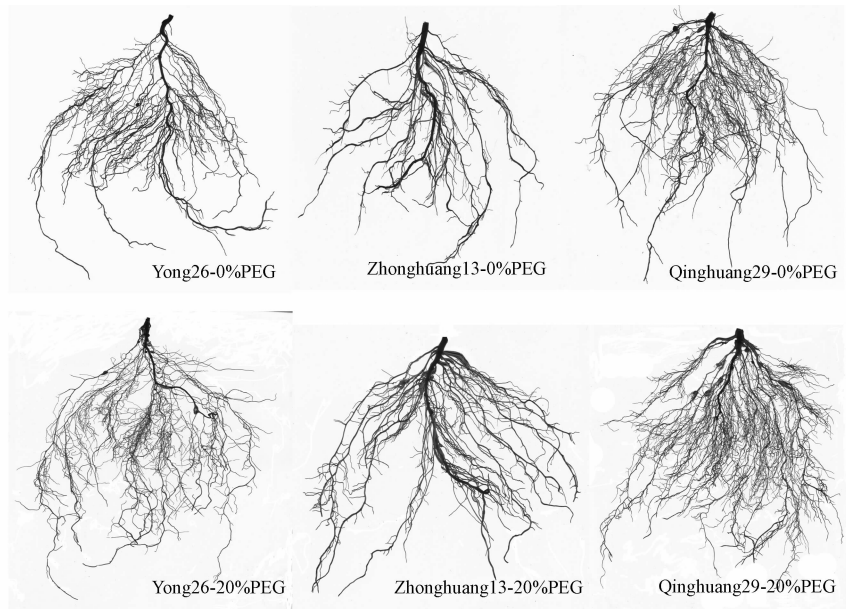


图 1 不同类型大豆根系特征

Fig. 1 Root characteristics of different types of soybeans

统计分析结果(表 1)表明:不同材料之间总根长、平均根直径、根鲜重、根干重、根含水量等性状的差异达到极显著水平($P < 0.01$),总根表面积、总根体积差异显著($P < 0.05$)。由此表明,不同大豆类型间根系特征存在自身的遗传差异。所测试材料,总根长分布范围为 284.67 ~ 851.70 cm,总根表面积为 40.99 ~ 105.21 cm²,总根体积为 0.41 ~ 1.04 cm³,平均根直径为 0.34 ~ 0.49 mm,其变幅较大。除平均根直径和根含水量这 2 项指标外,其它根系指标的最大值为秦皇 29,其次为永 26;栽培大豆中黄 13、冀豆 12 的根平均直径大于野生大豆、秦皇 10 和秦皇 29。

表 1 不同大豆材料的根系特征值

Table 1 The root characteristic of different soybean materials

材料名称 Varieties	总根长 Total root length/cm	总根表面积 Total root surface area/cm ²	总根体积 Total root volume/cm ³	平均根直径 Average root diameter/mm	根鲜重 Root fresh weight/g	根干重 Root dry weight/g	根含水量 Root moisture content/%
永 5 Yong5	436.86 bcAB	53.58 bA	0.50 bA	0.42 bB	0.79 eDE	0.06 bcB	0.93 abABC
永 26 Yong26	719.69 abAB	83.47 abA	0.77 abA	0.34 dD	1.07 cBC	0.07 bB	0.94 abAB
永 46 Yong46	368.18 bcB	40.77 bA	0.42 bA	0.39 bcBCD	0.93 dCD	0.06 bcB	0.93 abABC
永 52 Yong52	442.14 bcAB	47.84 bA	0.41 bA	0.40 bcBC	0.75 eE	0.06 bcB	0.93 bcBC
中黄 13 Zhonghuang13	327.69 cB	40.99 bA	0.45 bA	0.48 aA	0.76 eDE	0.06 bcB	0.92 cC
冀豆 12 Jidou12	284.67 cB	43.32 bA	0.41 bA	0.49 aA	0.57 fF	0.05 cB	0.92 cC
秦皇 10 Qinhuang10	557.21 abcAB	71.46 abA	0.73 abA	0.37 cdCD	1.22 bB	0.07 bB	0.94 aA
秦皇 29 Qinhuang29	851.70 aA	105.21 aA	1.04 aA	0.39 bcBCD	1.42 aA	0.11 aA	0.92 bcBC

同列内标以不同大小写字母的值分别在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。

Values within the same column followed by different capital and lowercase letters are significant difference at 0.01 and 0.05 probability level, respectively. The same as below.

2.1.2 PEG 干旱胁迫对大豆根系的影响 根系总长度、总表面积、总体积、根鲜重及干重随干旱胁迫的加重而逐渐增加,根平均直径则下降(表 2)。0% PEG₆₀₀₀ 下的总根长、总根表面积、总根体积、平均根直径与 10% PEG₆₀₀₀ 处理之间无显著差异($P > 0.05$),而与 20% PEG₆₀₀₀、30% PEG₆₀₀₀ 之间差异显著

($P < 0.05$); 20% PEG₆₀₀₀ 处理下总根长、总根表面积、总根体积与 30% PEG₆₀₀₀ 间无显著差异;根系含水量在不同处理之间无显著差异($P > 0.05$)。因此可将 20% PEG₆₀₀₀ 作为鉴定大豆材料抗旱性的适宜浓度。

表 2 不同浓度 PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫下处理之间的多重比较结果

Table 2 The multiple comparison results of different treatment under different PEG₆₀₀₀ drought stress

处理 Treatment	总根长 Total root length/cm	总根表面积 Total root surface area/cm ²	总根体积 Total root volume/cm ³	平均根直径 Average root diameter/mm	根鲜重 Root fresh weight/g	根干重 Root dry weight/g	根含水量 Root moisture content/%
0% PEG ₆₀₀₀	498.52 bC	60.83 cB	0.59 cB	0.41 aA	0.94 dD	0.07 dC	0.93 aA
10% PEG ₆₀₀₀	557.78 bBC	71.24 bcAB	0.69 bcAB	0.40 aA	1.13 bB	0.08 bB	0.93 aA
20% PEG ₆₀₀₀	684.98 aAB	82.13 abAB	0.83 abA	0.38 bB	1.01 cC	0.08 cB	0.93 aA
30% PEG ₆₀₀₀	754.92 aA	92.80 aA	0.89 aA	0.37 cB	1.31 aA	0.09 aA	0.93 aA

2.1.3 根系性状隶属函数值综合评价 将 20% PEG 下差异显著的根系参数进行隶属函数综合分析(表 3),各材料隶属函数值间也存在较大的差异,说明根系特征的 6 项指标与大豆幼苗期抗旱性有着密切关系,在一定程度上表达出各品种的抗旱性强弱。根据根系各项指标的平均抗旱隶属函数值分级标准,将 2 种不同类型的大豆材料分为以下 5 个级别:1 级,抗旱型:永 26、永 46; 2 级,较抗旱型:

永 5、秦皇 29; 3 级,中间型:永 52、冀豆 12、秦皇 10; 5 级,干旱敏感型:中黄 13。

大豆根系平均隶属函数抗旱鉴定级别与根系特征值呈负相关,且与总根长、总根表面积和根平均直径达到极显著相关($P < 0.01$),与总根体积呈显著相关($P < 0.05$)。根鲜重及根干重与平均隶属函数鉴定级别相关性不显著($P > 0.05$),建议不采用这 2 个指标。

表 3 20% PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫下不同大豆类型根系性状隶属函数值及抗旱分级

Table 3 The subordinate function value of soybean root traits and drought resistance grading Under 20% PEG₆₀₀₀ drought stress

材料名称 Varieties	总根长度 Total root length	总根表面积 Total root surface area	总根体积 Total root volume	平均根直径 Average root diameter	根鲜重 Root fresh weight	根干重 Root dry weight	平均隶属函数值 Average membership function value	抗旱级别 Grades of drought tolerance
永 5 Yong5	0.88	0.70	0.47	0.92	0.63	0.66	0.71	2
永 26 Yong26	0.94	0.90	0.74	0.88	1.00	1.00	0.91	1
永 46 Yong46	1.00	0.96	0.87	1.00	0.69	0.77	0.88	1
永 52 Yong52	0.79	0.53	0.42	0.47	0.71	0.49	0.57	3
中黄 13 Zhonghuang13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.63	0.20	5
冀豆 12 Jidou12	0.67	0.80	0.75	0.00	0.51	0.76	0.58	3
秦皇 10 Qinhuang10	0.75	0.72	0.76	0.70	0.00	0.00	0.49	3
秦皇 29 Qinhuang29	0.86	1.00	1.00	0.46	0.49	0.41	0.70	2
r	-0.93 **	-0.89 **	-0.75 *	-0.81 **	-0.39	-0.3600		

r: 代表根系抗旱级别与根系性状的相关系数; *: 0.05 显著水平; **: 0.01 极显著水平。

“r” represent the relationship grades of drought tolerance and root traits; “*” and “**” represent significant difference at 0.05 and 0.01 probability level.

2.2 PEG 胁迫对野生大豆、栽培大豆生理生化指标的影响

2.2.1 叶片相对含水量(RWC) 模拟干旱导致大豆幼苗叶片相对含水量比对照(0% PEG₆₀₀₀)有所下降,并随胁迫程度加重叶片相对含水量呈下降趋势(表 4)。统计分析表明,不同浓度 PEG₆₀₀₀ 处理之间以及不同处理材料间叶片相对含水量差异不同,由此可以推断,不同程度的干旱胁迫对大豆叶片相对含水量值影响较大。

不同干旱胁迫下野生大豆的相对含水量均要高于栽培大豆,与对照相比,8 份大豆材料因抗旱性不同叶片相对含水量下降幅度有明显差别。野生大豆永 46 在各干旱胁迫下其叶片相对含水量均较高,下降幅度最小,在各个胁迫水平的下降幅度分别为 5.62%、6.04%、8.53%,说明其抗旱性较强;栽培大豆中黄 13 下降幅度最明显,在各个胁迫水平的下降幅度分别为 4.96%、26.71%、42.11%,表明其细胞渗透调节能力较差,抗性较弱。

表 4 PEG₆₀₀₀ 对大豆叶片相对含水量的影响

Table 4 Effect of PEG₆₀₀₀ treatment on the relative water content (%) of soybean leaves

材料 Varieties	0% PEG ₆₀₀₀	10% PEG ₆₀₀₀	20% PEG ₆₀₀₀	30% PEG ₆₀₀₀
永 5 Yong5	84.53 ± 4.85 bB	76.63 ± 6.47 dC	72.60 ± 4.22 bB	68.42 ± 4.59 bB
永 26 Yong26	83.75 ± 2.56 bB	83.47 ± 4.84 aA	70.64 ± 2.41 cB	60.30 ± 6.61 dD
永 46 Yong46	87.11 ± 3.06 aA	82.21 ± 6.23 abA	81.85 ± 5.16 aA	79.68 ± 5.73 aA
永 52 Yong52	80.31 ± 9.58 cdCD	76.10 ± 1.79 dCD	68.34 ± 7.29 dC	63.61 ± 2.24 cC
中黄 13 Zhonghuang13	83.93 ± 1.28 bB	79.77 ± 2.99 cB	61.51 ± 5.61 gF	48.58 ± 4.03 gF
冀豆 12 Jidou12	79.49 ± 4.55 dD	69.52 ± 5.60 fE	65.58 ± 5.09 eD	49.54 ± 7.24 fgF
秦皇 10 Qinhuang10	81.68 ± 4.54 cD	81.56 ± 4.03 bAB	63.55 ± 1.28 fE	50.47 ± 6.38 fF
秦皇 29 Qinhuang29	75.45 ± 0.97 eE	74.48 ± 1.79 eD	57.88 ± 8.05 hG	53.79 ± 3.35 eE

2.2.2 叶绿素含量 不同浓度 PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫对大豆叶片叶绿素含量的影响见图 2,野生大豆材料随着 PEG₆₀₀₀ 浓度的增加大豆叶片中叶绿素含量均比对照有不同程度的增加,在 20% PEG₆₀₀₀ 时达到最大值,30% PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫下急剧下降;栽培大豆材料冀豆 12 和中黄 13 的叶绿素含量在 10% PEG₆₀₀₀ 时达到最大值,之后出现下降趋势,秦皇 10,秦皇 29

变化趋势同野生大豆。可见在干旱胁迫下野生大豆和栽培大豆的叶绿素含量变化趋势不同。

2.2.3 丙二醛 (MDA) 含量 不同浓度 PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫下丙二醛变化情况见表 5,不同大豆材料在各浓度 PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫下丙二醛含量差异均达到极显著 ($P < 0.01$),而且在低浓度干旱胁迫下野生大豆丙二醛含量低于栽培大豆。不同干旱胁迫处理之间丙二醛含量差异极显著 ($P < 0.01$),并且随着 PEG 浓度的增加,各材料丙二醛含量均比 0% PEG₆₀₀₀ 有所增加。野生大豆材料在 10% PEG₆₀₀₀ 胁迫条件下各材料 MDA 含量均比对照组略有增加,随着 PEG₆₀₀₀ 浓度的升高叶片丙二醛含量不断增加,PEG₆₀₀₀ 达到 30%,MDA 含量超过对照 1~2 倍;栽培大豆中黄 13 在 10% PEG₆₀₀₀ 时丙二醛含量达到最大值,冀豆 12、秦皇 10、秦皇 29 在 20% PEG 时达到最大值,PEG 浓度达到 30%,中黄 13、冀豆 12 和秦皇 10 的丙二醛含量增加很少,与对照基本相同,秦皇 29 则仍然保持较高的含量。

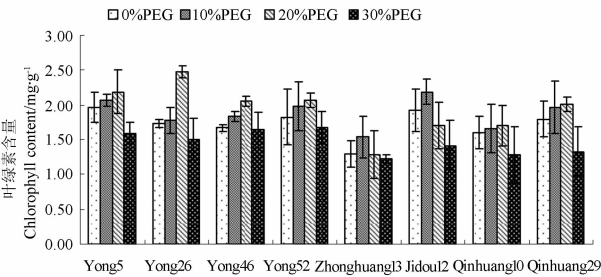


图 2 PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫对不同大豆材料叶绿素含量的影响

Fig.4 Effect of PEG₆₀₀₀ treatment on the chlorophyll content of diffrent soybean leaves

表 5 PEG 处理对不同大豆材料叶内丙二醛含量的影响

Table 5 Effect of PEG treatment on leaf MDA content of different soybean varieties/ $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$

材料 Varieties	0% PEG	10% PEG		20% PEG		30% PEG	
	含量 Content	含量 Content	增加 Increase/%	含量 Content	增加 Increase/%	含量 Content	增加 Increase/%
永 5 Yong5	7.53 cdCD	9.35 cC	24.17	14.09 dD	87.12	21.75 bAB	188.84
永 26 Yong26	5.10 dD	6.88 cC	34.90	13.36 dD	161.96	15.50 cC	203.92
永 46 Yong46	5.79 cdD	7.68 cC	32.64	16.97 dCD	193.09	17.89 cBC	208.98
永 52 Yong52	9.51 bcBCD	9.66 cC	1.58	16.03 dD	68.56	23.22 abA	144.16
中黄 13 Zhonghuang13	12.45 abABC	16.93 bB	35.98	14.81 dD	18.96	14.12 cC	13.41
冀豆 12 Jidou12	14.71 aAB	19.74 bB	34.19	21.83 cC	48.40	15.09 cC	2.58
秦皇 10 Qinhuang10	16.06 aA	26.34 aA	64.01	47.43 aA	195.33	16.18 cC	0.75
秦皇 29 Qinhuang29	12.80 abABC	29.38 aA	129.53	34.62 bB	170.47	25.83 aA	101.80

2.2.4 抗氧化酶活性 不同大豆材料 SOD 活性变化见图 3,野生大豆材料的叶片 SOD 活性均高于栽培大豆,说明野生大豆叶片组织具有较强的抵御活性氧伤害的能力。野生大豆材料在 10% PEG₆₀₀₀ 干旱胁迫的下 SOD 活性显著降低,达到 20% PEG₆₀₀₀

时基本达到最低水平,当 PEG₆₀₀₀ 浓度增加到 30% 时,SOD 活性略高于对照(图 3)。栽培大豆中黄 13 和冀豆 12 随着 PEG 浓度的升高,SOD 活性不断降低,秦皇 10 和秦皇 20 变化趋势类似于野生大豆,但是在 30% PEG 处理下的 SOD 活性几乎与对照相

等。由此可见,不同抗旱性的大豆材料其 SOD 活性在不同干旱胁迫程度下呈现不同趋势。

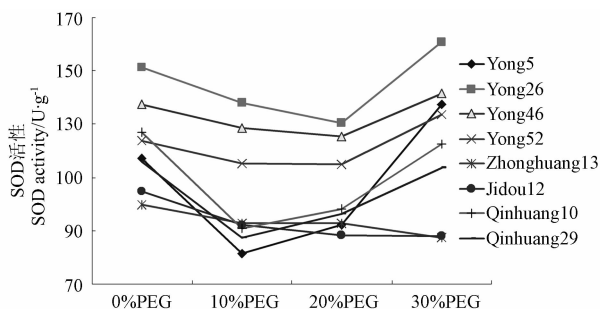


图3 PEG处理对不同大豆材料叶内SOD活性的影响

Fig. 3 Effect of PEG treatment on SOD activity in leaves of different soybean varieties

随着干旱胁迫的加重,不同大豆材料过氧化物酶(POD)活性变化趋势不同(图4),野生大豆的POD含量略高于栽培大豆,并随PEG浓度的增加POD活性下降,当PEG₆₀₀₀浓度达到30%时POD活性反而急剧上升;栽培大豆中黄13和冀豆12在10%PEG₆₀₀₀下POD活性急剧上升,在20%PEG₆₀₀₀时其POD活性又急剧下降,30%PEG₆₀₀₀时POD活性有升高;而秦皇10和秦皇29随胁迫加重先降低,在20%PEG₆₀₀₀胁迫下升高,30%PEG₆₀₀₀胁迫下降低,但是变化比较平缓。可见不同抗旱性大豆材料在不同程度的干旱胁迫下,其POD活性变化也不相同。

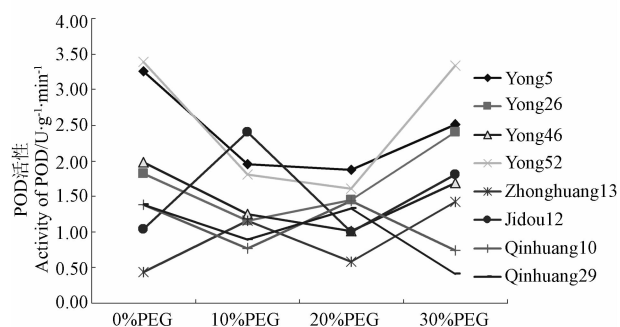


图4 PEG水分胁迫下大豆叶片POD活性的变化

Fig. 4 Effect of PEG treatment on POD activity of different soybean varieties

3 讨论

3.1 根系特性与抗旱性

采用不同浓度的PEG进行干旱胁迫,该方法不受土壤、气候因素的影响,在不损伤根系的情况下能够观测到大豆幼苗完整的根系,许多研究者认为用PEG进行干旱模拟可代替土壤水分胁迫处理而获得比较可靠的结果,并且直观、重复性好。隶属函数值法虽然方法繁琐,但结果也较为可靠,提供了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,是目前对抗旱性进行分级鉴定所采用的主要方法之一,将它应用于抗旱育种的选择,可以提高抗旱性筛选的可靠性,且有利于在育种、生理等研究中应用^[20-21]。

当土壤干旱时,作物根系首先感到胁迫,并迅速发出信号,使整个植株对于干旱做出反应,同时作物通过根系变化适应土壤干旱,根系的特性和活动与抗旱性有密切的关系。因此,根系特性作为研究和改良作物抗旱性的一个重要组成部分,正引起研究者的重视^[11-12,22]。研究结果表明,大豆抗旱性与根系指标中的总根长、总根表面积和总根体积呈正相关,即抗旱性越强的大豆材料其根总长,根表面积,根总体积值越大,与平均根直径呈负相关,此结果与刘莹,盖均镒等^[11]的试验结果基本一致。因此大豆根总长、根总表面积、根总体积可作为抗旱性鉴定与筛选的可靠指标。该研究设计了4个PEG浓度梯度,其中0%PEG与10%PEG之间差异不显著,而与20%PEG之间差异显著,20%PEG和30%PEG之间差异不显著,因此将20%PEG作为筛选大豆材料抗旱性的适宜浓度。

隶属函数综合评定结果表明,永26、永46、永52、永5这几份野生大豆材料的抗旱性比栽培大豆强,其中栽培大豆中黄13抗旱性最差。在栽培大豆中,秦皇29和秦皇10由野生大豆和栽培大豆杂交选育而成,其抗旱性位于野生大豆和栽培大豆之间,明显高于其它栽培大豆。因此野生大豆可以作为大豆抗旱育种的优良种质资源,在以后的抗旱育种工作中,可以利用野生大豆进行大豆种质资源的创新。

3.2 干旱胁迫对生理指标的影响

叶片相对含水量(RWC)是反映植物水分状况的重要指标^[27]。该研究中,干旱胁迫下野生大豆的相对含水量均要高于栽培大豆,这与它们的抗性表现一致。朱鹏等^[13]认为不同PEG浓度胁迫下,各大豆品种相对含水量均比对照有所下降,随胁迫程度加深相对含水量逐渐降低,与研究结果相似。

丙二醛(MDA)是膜质过氧化作用的主要产物之一,其含量可以在一定程度上反映植物遭受逆境伤害的程度,MDA含量增幅小的材料较抗旱,增幅越大的材料抗旱力越低^[24-25]。研究表明,野生大豆材料在10%PEG₆₀₀₀胁迫条件下各材料MDA含量均比对照组略有增加,说明其叶片的膜系统在一定的胁迫范围内能保持相对的稳定性,随着PEG浓度的升高(30%PEG₆₀₀₀),其叶片MDA含量增幅大大提高,表明这些材料能在较大范围内进行调整来适应环境的变化;而栽培大豆(中黄13,冀豆12)在10%

PEG₆₀₀₀胁迫下 MDA 含量急剧增加,表明轻度干旱胁迫已使其膜结构受损伤程度相对较大,细胞内物质的外渗加重,但是随着胁迫程度的加重(30% PEG₆₀₀₀),MDA 质量摩尔浓度增加很少。在 30% PEG₆₀₀₀时,栽培大豆(中黄 13,冀豆 12)生物代谢受到严重影响,因此 MDA 的形成受到了抑制。

超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内活性氧自由基的清除酶,许多研究表明,干旱胁迫对植物的伤害可能与其抗氧化酶活性的降低导致膜脂过氧化加剧有关,一定程度上抗旱性强的品种比抗旱性弱的品种能维持较长时间较高的 SOD 活性,从而降低氧化伤害^[13-14,26-27]。研究结果表明,野生大豆叶片内 SOD 活性均高于栽培大豆,证明野生大豆本身就具有较强的抵御活性氧伤害的能力。在轻中度干旱胁迫下,SOD 的活性下降,说明随着胁迫加重植株的膜系统受到了伤害,自由基大量增加,引起活性氧积累超过保护酶系统的清除能力,并对抗氧化酶系统造成伤害,致使 SOD 活性下降;在 30% PEG₆₀₀₀干旱胁迫时野生大豆的 SOD 活性升高,这可能是干旱胁迫激活了 SOD 的活性,通过提高抗氧化能力来减轻干旱胁迫伤害,其机制有待进一步研究。栽培大豆(中黄 13、冀豆 12)SOD 活性随着 PEG₆₀₀₀浓度的增加而明显降低,在一定程度上证明其抗性较弱。

过氧化物酶(POD)是植物体内清除活性氧的另一个重要酶类。杨剑平等^[14]认为大豆叶片中 POD 的活性随渗透胁迫程度的加剧而增大,但随着胁迫程度的加剧,大豆叶片中 POD 的活性表现出先升后降的趋势。孔照胜等^[7]在对大豆的保护酶系与品种抗旱性的研究中证明抗旱品种 POD 酶活性较高,并且胁迫后酶活性显著增高,而不抗旱品种的活性增高幅度不大或减弱。该研究结果表明,抗旱性强的野生大豆的 POD 含量高于抗旱性较弱的栽培大豆。但是,随着干旱胁迫的增加,不同材料之间 POD 含量的变化趋势差异较大,栽培大豆中黄 13 和冀豆 12 表现为先升高再降低再升高;野生大豆材料则表现先降后升;而秦皇 10 和秦皇 29 则随胁迫加重先降低后升高再降低,不同大豆材料出现这些变化差异的机制有待于进一步深入研究。

参考文献

- [1] 王敏,张从宇,马同富,等.大豆品种苗期抗旱性研究[J].中国油料作物学报,2004,26(3):29-32. (Wang M, Zhang C Y, Ma T F, et al. Studies on the drought resistance of seedling in soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2004, 26(3): 29-32.)
- [2] 孙彩霞,沈秀英.作物抗旱性鉴定指标及数量分析方法的研究进展[J].中国农学通报,2002,18(1):49-51. (Sun C X, Shen X Y. Advances in studies on identification indexes and methods of quantitative analyses for crop drought resistance [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2002, 18(1): 49-51.)
- [3] 杨光宇.东北地区野生、半野生大豆资源在大豆育种中利用研究进展[J].大豆科学,1997,16(3):259-263. (Yang G Y. Advance of study on usage of wild and semi-wild soybean in soybean breeding in the northeast of china [J]. Soybean Science, 1997, 16(3): 259-263.)
- [4] 董钻,谢甫绶.土壤水分胁迫对大豆体内酶活性的影响[J].大豆科学,1995,14(4):290-298. (Dong Z, Xie F T. Effects of drought treatments at different stages on the enzyme activities and membrane permeabilities in soybean [J]. Soybean Science, 1995, 14(4): 290-298.)
- [5] 刘学义.大豆抗旱性评定方法探讨[J].中国油料,1986(4):23-26. (Liu X Y. Discuss of identical method in soybean drought resistance [J]. Chinese Oil Crops, 1986(4): 23-26.)
- [6] 谢甫绶,王文和,王海英,等.大豆品种耐旱性的评价[J].沈阳农业大学学报,2000,31(3):238-241. (Xie F T, Wang W H, Wang H Y, et al. Drought tolerance evaluation of soybeans [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2000, 31(3): 238-241.)
- [7] 孔照胜,武云帅,岳爱琴,等.不同大豆品种抗旱性生理指标综合分析[J].华北农学报,2001,16(3):40-45. (Kong Z S, Wu Y S, Yue A Q, et al. Comprehensive analysis of physiological indexes for drought resistance in different soybean varieties [J]. Acta Agricultrae Boreali Sinica, 2001, 16(3): 40-45.)
- [8] 谢甫绶,董钻,刘宛,等.渗透胁迫下大豆抗旱机理的初步研究[J].沈阳农业大学学报,1995,26(3):8-12. (Xie F T, Dong Z, Liu W, et al. Preliminary study on the mechanism of soybean drought resistance under osmotic stress [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1995, 26(3): 8-12.)
- [9] 钟鹏,朱占林,李志刚,等.PEG处理对大豆幼苗活力及膜系统修复的影响[J].中国农学通报,2004,20(4):260-263. (Zhong P, Zhu Z L, Li Z G, et al. Effect of PEG on vigour index and membrane systems repair in different genotypical soybean seedlings [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2004, 20(3): 260-263.)
- [10] 高中超,周宝库,张喜林.大豆对干旱胁迫生理生化的响应[J].大豆通报,2007(6):27-30. (Gao Z C, Zhou B K, Zhang X L. The physiology and biochemistry reaction of soybean to drought stress [J]. Soybean Bulletin, 2007(6): 27-30.)
- [11] 刘莹,盖钧镒,吕慧能.黄淮海地区大豆耐旱根系性状的遗传分析[J].华北农学报,2007,22(5):31-35. (Liu Y, Gai J Y, Lu H N. Inheritance of root traits related to drought tolerance in soybean (*Glycine max* (L) Merr) [J]. Acta Agricultrae Boreali Sinica, 2007, 22(5): 31-35.)
- [12] 陈杨,李隆,张福锁.大豆和蚕豆苗期根系生长特征的比较[J].应用生态学报,2005,16(11):2112-2116. (Chen Y, Li L, Zhang F S. Root growth characteristics of soybean and fababean at their seedling stage [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,

- 2005,16(11):2112-2116.)
- [13] 朱鹏,韩阳,阮亚男.不同大豆品种苗期抗旱性比较[J].大豆科学,2008,27(4):711-714.(Zhu P,Han Y,Ruan Y N. Comparison on drought resistance of different soybean varieties at seedling stage[J]. Soybean Science,2008,27(4):711-714.)
- [14] 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.(Yang J P, Chen X Z, Wang W P, et al. The establishment of the simulated system of drought for soybean in laboratory [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2003,19(3):65-68.)
- [15] 王翠花,孙志刚,杨晓松. PEG 处理对大豆叶片抗氧化酶活性的影响[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2005,20(5):523-526.(Wang C H, Sun Z G, Yang X S. Influence in activation of the antioxidase in the blade of soybeans with PEG[J]. Journal of Inner Mongolia University for Nationalities,2005,20(5):523-526.)
- [16] 龚明.作物抗旱性鉴定方法与指标评价[J].云南农业大学学报,1989(1):37-81.(Gong M. Screening methods and indexes of drought resistance in crops and comprehensive evaluation [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,1989(1):37-81.)
- [17] 张志良.植物生理学实验指导(第二版)[M].北京:高等教育出版社,1990.(Zhang Z L. A guide in plant physiology experiment (2nd ed)[M]. Beijing: Higher Education Press,1990.)
- [18] 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,2001.(Li H S. Plant physiology and biochemistry experiment: principle and technology [M]. Beijing: Higher Education Press,2001.)
- [19] 张宪政,陈凤玉,王荣富.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1994.(Zhang X Z, Chen F Y, Wang R F. Plant physiology experimental technology [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press,1994.)
- [20] 吴慎杰,李贵全,李捷,等.大豆抗旱育种中选择指标和标记的研究现状[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):139-142.(Wu S J, Li G Q, Li J. Selecting targets and markers in drought-resistant breeding of soybean [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2003,21(1):139-142.)
- [21] Bouslama M, Schapaugh W T. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance [J]. Crop Science, 1984,24:933-937.
- [22] Garcia A, Gonzalez M C. Morphological markers for the early selection of drought-tolerant rice varieties [J]. Cultivate Tropicales, 1997,18(2):47-50.
- [23] 孙祖东,陈怀珠,杨守喙,等.大豆抗旱性研究进展[J].大豆科学,2001,20(3):221-226.(Sun Z D, Chen H Z, Yang S Z, et al. Advances in drought tolerance in soybean [J]. Soybean Science, 2001,20(3):221-226.)
- [24] 段光明,黄福贞.蚕豆根际水分胁迫与膜脂过氧化化的关系[J].山西大学学报(自然科学版),1992,15(2):176-181.(Duan G M, Huang F Z. Relationship between water stress and peroxidation of membrane lipids about maize or brood bean roots system [J]. Journal of Shanxi University (National Science Edition),1992,15(2):176-181.)
- [25] 黎裕.作物抗旱鉴定方法与指标[J].干旱地区农业研究,1993,11(1):91-99.(Yu L. The identification method and index for crop drought resistance [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,1993,11(1):91-99.)
- [26] 李贵全,张海燕,季兰,等.不同大豆品种抗旱性综合评价[J].应用生态学报,2006,17(12):2408-2412.(Li G Q, Zhang H Y, Ji L, et al. Comprehensive evaluation on drought-resistance of different soybean varieties [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006,17(12):2408-2412.)
- [27] 龚吉蕊,赵爱芬,张立新.干旱胁迫下几种荒漠植物抗氧化能力的比较研究[J].西北植物学报,2004,24(9):1570-1577.(Gong J R, Zhao A F, Zhang L X. A comparative study on anti-oxidative ability of several desert plants under drought stress [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2004,24(9):1570-1577.)

(上接第 614 页)

- [16] 宋英淑,杜智琴,徐永华,等.低位渍水对大豆生长发育的影响与其耐涝性的研究[J].黑龙江农业科学,1990(2):16-20.(Song Y S, Du Z Q, Xu Y H, et al. Effect growth and development on the lower-flood and flood tolerance of soybean [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1990(2):16-20.)
- [17] 张树权,董志国,常志敏,等.包衣大豆萌发期、苗期生理与形态指标研究[J].大豆科学,2000,19(3):286-289.(Zhang S Q, Dong Z G, Chang Z M, et al. Study on the physiological and morphological index of seedling of chemical coated soybean seeds [J]. Soybean Science, 2000,19(3):286-289.)
- [18] Bowler C, Montagu M V, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance [J]. Annual Review of Plant Biology, 1992,43:83-116.
- [19] 蒋明义,杨文英,徐江,等.渗透胁迫下水稻幼苗中叶绿素降解的活性氧损伤作用[J].植物学报,1994,36(4):289-295.(Jiang M Y, Yang W Y, Xu J, et al. Active oxygen damage effect of chlorophyll degradation in rice seedlings under osmotic stress [J]. Acta Botanica Sinica, 1994,36(4):289-295.)
- [20] 史国安,吕璞,毛军需,等.种衣剂对小麦幼苗抗旱性及膜脂过氧化化的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(4):77-81.(Shi G A, Lu U P, Mao J X. Effects of seed chemical formation on drought resistance and lipid peroxidation of winter wheat seedlings [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2000,18(4):77-81.)
- [21] 张明才,何钟佩,田晓莉,等. SHK-6 对干旱胁迫下大豆叶片生理功能的作用[J].作物学报,2005,31(9):26-29.(Zhang M C, He Z P, Tian X L, et al. Effects of plant growth regulator SHK-6 on physiological function of soybean leaves under water deficiency [J]. Acta Agronomica Sinica,2005,31(9):26-29.)