

## 苗期大豆根系及地上部性状与耐旱性的关系

王 敏,杨万明,杜维俊

(山西农业大学 农学院,山西 太谷 030801)

**摘要:**选用耐旱性较强的野生大豆 SNWS0048 和综合性状优良但不耐旱的育成品种晋大 73 为亲本,构建回交自交系(BIL)群体。连续 2 a 在人工控制环境下,检测不同水分条件下该大豆群体的苗期根系及地上部性状,采用相关及通径分析研究了大豆根系及地上部性状与耐旱性的关系,同时探讨了这些性状的遗传特性。结果表明:在干旱胁迫下株高、茎重、根长和根重均有所下降,根冠比有所升高。干旱胁迫下的耐旱系数与所有性状呈正相关,其中与主根长、根重、根冠比极显著相关,与茎重显著相关,与株高相关不显著。通径分析进一步表明正常供水条件下根干重对大豆耐旱性有重要影响,而干旱胁迫条件下根冠比对大豆耐旱性的影响较大。

**关键词:**大豆;苗期;根系特征;耐旱性

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2012)03-0399-07

## Root and Aboveground Characteristics at Seedling and Their Relationship with Drought Tolerance in Soybean

WANG Min, YANG Wan-ming, DU Wei-jun

(College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China)

**Abstract:** A BIL population is developed from a crossing between SNWS0048, a wild soybean with strong drought tolerance and Jinda73, a drought-sensitive variety with superior agronomic traits. The phenotypic characteristics of the BIL population were examined in seedling under drought and well-watered condition as well as the controlled environments for two years, including taproot length, root weight, root shoot ratio and so on. Root and aboveground traits and their relationship with drought-tolerance were studied using correlations and path analysis, and discussed the heredity characteristic of these traits. The result showed that plant height, shoot weight, root length and root weight were decreased and root shoot ratio was increased under drought condition. The correlative analysis showed that drought tolerant coefficient had significant positive correlation with taproot length, root weight and root shoot ratio. Path analysis showed that root dry weight in the well-watered condition and root/shoot ratio under drought stress were the main factors reflecting drought-tolerance of soybean.

**Key words:** Soybean; Seedling; Root characteristic; Drought tolerance

大豆是豆类作物中对水分最敏感的一种<sup>[1]</sup>。缺乏耐旱品种严重制约了大豆产业的发展。而耐旱性是多基因控制的复杂数量性状,尚未发现一个性状可以作为唯一的、可靠的耐旱性鉴定指标。目前人们通常综合应用多个指标来对植株耐旱性进行鉴定。根系作为研究和改良作物耐旱性的一个重要组成部分,得到广泛的重视<sup>[2-9]</sup>,但这些研究多是针对不同品种间的耐旱性评价,因而所得结论各有侧重。该研究利用耐旱性强的野生大豆和不耐旱的栽培大豆为亲本构建回交重组自交系群体(BIL),分析了该群体在干旱胁迫下根系及地上部性状的遗传表现,并对这些性状与耐旱系数进行了

相关及通径分析,旨在为大豆耐旱品种的选育提供理论依据和实践基础。

### 1 材料与amp;方法

#### 1.1 试验材料

野生大豆 SNWS0048,由山西农业大学大豆研究室从山西省左云县收集。蔓生、分枝多、椭圆叶、籽粒椭圆、种皮黑色、百粒重 4.5 g 左右、耐旱性强。

栽培大豆晋大 73,由山西农业大学大豆研究室培育。分枝 2~4 个、株型紧凑、叶披针形、籽粒圆形、种皮黄色、百粒重 20 g 左右、耐旱性较弱。

以 SNWS0048 为母本,晋大 73 为父本配制杂交

收稿日期:2012-01-12

基金项目:国家自然科学基金项目(31171580);山西省科技基础条件平台建设计划(20110910040103);山西农业大学育种基金项目(2011001);山西农业大学引进人才科研启动项目(XB2010010)。

第一作者简介:王敏(1981-),女,博士,讲师,主要从事大豆耐旱育种研究。E-mail:wangmin3502@126.com。

通讯作者:杜维俊(1968-),女,教授,主要从事大豆抗性及分子遗传育种研究。E-mail:duweijun68@126.com。

组合,所得  $F_1$ 代与晋大73回交,获得  $BC_1F_1$ 代,将其种植产生  $BC_1F_2$ 群体,该群体以单籽粒传法连续自交4代,得到一个回交重组自交系(BIL)群体,以该群体中200个株系作为研究材料。

## 1.2 试验设计

采用温室盆栽种植。将基质(土:沙=1:2)填入花盆(上口直径和盆高均为12 cm),将花盆埋入土中,地面上露出5 cm。裂区设计,主区因素为水分,分为正常供水(CK)和干旱胁迫(DS),采用称重法控制土壤水分,盆中土壤含水量分别是田间最大持水量的70%和40%。副区因素为材料,每个材料种2盆。每盆均匀种植3穴,每穴种植3粒种子,在2叶期间苗,每穴留苗1株。所有材料分别于2008年4月20日和2009年5月1日播种,生长至3叶期进行根系及地上部性状的测定。

## 1.3 测定项目与方法

将花盆从土壤中取出,用水将盆土充分浸泡,将土壤连同植株轻轻倒出,然后用流水慢慢冲洗,洗净根上所有附泥,在子叶节处将植株剪断,分为根茎两部分,分别对根茎部性状进行测定。

株高:用直尺测量从子叶节到植株顶端生长点

的长度。

主根长:用直尺测量从子叶节到主根尖端的长度。

茎鲜重:用吸水纸吸干茎表面水分,然后用电子天平称量。

根鲜重:同茎鲜重测量。

茎干重:首先在105℃条件下杀青20 min,然后在80℃条件下烘干至恒重,电子天平称重。

根干重:同茎干重测量。

鲜重根冠比 = 根鲜重/茎鲜重

干重根冠比 = 根干重/茎干重

## 1.4 数据分析

利用Excel 2007进行表型性状的遗传变异分析,利用DPS 3.01对2a数据进行方差分析,计算各性状间的相关系数,进行各性状对耐旱系数的通径分析。耐旱系数计算公式如下:

耐旱系数 = 测量值/正常供水测量值

## 2 结果与分析

### 2.1 根系及地上部性状的遗传变异

从表1和表2中群体及亲本的均值可以看出,

表1 2008年BIL群体及亲本性状的表型统计

Table 1 The performances of traits in BIL population and parents in 2008

性状 Trait	处理 Treatment	BIL 群体 BIL population					亲本 Parents	
		均值 ± 标准差 Mean ± SD	变幅 Range	变异系数 CV/%	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	SNWS0048	晋大73 Jinda73
株高 PH	CK	22.02 ± 5.66	11.18-39.10	25.69	0.04	-0.07	36.47	19.17
	DS	19.62 ± 5.36	7.50-36.58	27.34	0.29	0.27	22.97	11.20
茎鲜重 FWS	CK	2.60 ± 1.01	0.39-5.46	38.83	1.01	0.17	1.55	2.52
	DS	1.82 ± 0.87	0.37-4.38	47.70	0.64	0.89	0.82	1.86
茎干重 DWS	CK	0.58 ± 0.22	0.16-1.18	37.93	0.88	0.40	0.41	0.70
	DS	0.45 ± 0.21	0.08-1.05	46.34	0.85	0.85	0.25	0.49
主根长 LTR	CK	35.80 ± 10.05	14.77-72.73	28.07	-0.02	-0.02	44.50	23.90
	DS	34.98 ± 10.9	10.50-67.26	31.16	0.42	0.24	40.33	11.93
根鲜重 FWR	CK	1.21 ± 0.54	0.48-3.28	44.65	1.57	1.81	0.92	1.24
	DS	0.95 ± 0.52	0.25-3.06	54.38	2.21	0.01	0.50	0.90
根干重 DWR	CK	0.23 ± 0.06	0.10-0.52	28.65	0.56	1.92	0.19	0.24
	DS	0.18 ± 0.07	0.07-0.42	37.40	0.71	0.71	0.12	0.19
鲜重根冠比 RSF	CK	0.52 ± 0.21	0.06-1.16	40.89	0.33	1.93	0.59	0.47
	DS	0.56 ± 0.25	0.15-1.33	43.97	0.33	0.09	0.61	0.48
干重根冠比 RSD	CK	0.44 ± 0.18	0.07-1.12	40.35	1.23	3.54	0.46	0.34
	DS	0.46 ± 0.19	0.19-1.24	41.35	2.40	1.41	0.48	0.45

PH: Plant height; FWS: Fresh weight of stem; DWS: Dry weight of stem; LTR: Length of tap root; FER: Fresh weight of root; DWR: Dry weight of root; RSF: Root shoot ratio of fresh weight; RSD: Root shoot ratio of dry weight.

在干旱胁迫下株高、地上部重、根长和根重均低于对照,说明干旱胁迫抑制了株高和根长的生长以及植株重量的增加。干旱胁迫下根冠比高于对照,可以看出干旱胁迫对地上部的影响明显大于对根系的影响,说明在干旱胁迫下大豆首先保证根系的发育以适应干旱。

从表1和表2中可以看出,干旱胁迫条件下,母本 SNWS0048 的株高、主根长和根冠比高于父本晋大 73,而根重和茎重低于晋大 73。从群体来看,干旱胁迫下 2008 年所有性状的变异系数均大于对照,2009 年除根重外,其它性状的变异系数均大于对

照,可见除根重外,其它性状在干旱胁迫条件下均发生了较大变异,表明群体株系在这些性状上对干旱胁迫的反应不同。群体大多数性状均值介于双亲之间,一些性状如 2008 年对照的茎鲜重和干旱胁迫下的根鲜重以及 2009 年干旱胁迫下的根冠比均值甚至超过了高值亲本。各性状最大值高于高值亲本,最小值低于低值亲本,表现出超亲分离。大多数性状偏度和峰度绝对值小于 2,是数量遗传典型的分布。干重根冠比的偏度和峰度绝对值在 2 均较大,这是由群体后代在干重根冠比上表现出较多超高值株系而引起的。

表 2 2009 年 BIL 群体及亲本性状的表型统计

Table 2 The performances of traits in BIL population and parents in 2009

性状 Trait	处理 Treatment	BIL 群体 BIL population					亲本 Parents	
		均值 $\pm$ 标准差 Mean $\pm$ SD	变幅 Range	变异系数 CV/%	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	SNWS0048	晋大 73 Jinda73
株高 PH	CK	16.49 $\pm$ 2.19	11.35-23.90	13.31	0.39	0.23	15.20	18.50
	DS	12.36 $\pm$ 1.78	6.95-16.70	14.45	0.40	0.50	13.10	10.50
茎鲜重 FWS	CK	1.89 $\pm$ 0.49	0.72-4.14	25.86	-0.06	-0.44	1.11	2.10
	DS	1.13 $\pm$ 0.37	0.33-2.50	32.22	0.44	0.63	0.67	1.14
茎干重 DWS	CK	0.38 $\pm$ 0.12	0.13-0.95	30.96	0.29	-0.01	0.15	0.65
	DS	0.24 $\pm$ 0.10	0.09-0.82	40.95	1.96	1.23	0.10	0.25
主根长 LTR	CK	22.18 $\pm$ 3.79	10.60-37.20	17.11	0.62	0.38	26.35	20.20
	DS	20.52 $\pm$ 3.98	6.90-32.65	19.37	0.45	0.52	23.30	18.55
根鲜重 FWR	CK	1.74 $\pm$ 0.43	0.60-3.54	24.40	1.25	1.25	1.14	1.89
	DS	1.33 $\pm$ 0.31	0.43-2.22	23.44	1.49	1.96	1.10	1.34
根干重 DWR	CK	0.32 $\pm$ 0.11	0.13-0.90	34.38	0.88	1.92	0.27	0.35
	DS	0.31 $\pm$ 0.09	0.09-0.67	30.24	0.98	1.86	0.14	0.32
鲜重根冠比 RSF	CK	0.95 $\pm$ 0.22	0.48-1.79	23.40	0.80	-0.43	1.03	0.90
	DS	1.26 $\pm$ 0.39	0.57-3.05	31.00	3.70	1.18	1.64	1.18
干重根冠比 RSD	CK	0.87 $\pm$ 0.3	0.25-2.16	34.58	1.39	2.95	1.13	0.53
	DS	1.43 $\pm$ 0.54	0.32-3.97	37.86	3.74	1.83	1.40	1.28

## 2.2 根系性状的方差分析

对 200 个家系各性状进行方差分析(表 3),比较年度间及水分处理间的显著性差异,分析各性状与环境的互作。结果表明,除主根长外,所有性状在 2 种水分条件下差异极显著,表明干旱胁迫对株高、茎鲜重、茎干重、根鲜重、根干重、鲜重根冠比和干重根冠比有较大影响,对主根长的影响不大,说明干旱胁迫下植株首先保证根系生长以适应干旱。株高、茎鲜重、根鲜重和鲜重根冠比表现出年度间的显著差异和显著的基因型与环境互作,而茎干重、主根长、根干重和干重根冠比只表现出年度间显著差异,没有显著的基因型与环境互作。

## 2.3 根系与地上部性状间的相关分析

利用 2 a 的数据,对 2 种水分条件下各性状间及与耐旱系数间进行了相关分析(表 4 和表 5)。从各性状与耐旱系数的相关分析结果可知,正常供水条件下,耐旱系数与所有性状呈负相关,其中与株高、茎鲜重、茎干重、主根长、根鲜重和根干重相关极显著,与根冠比相关不显著。说明干旱胁迫对地上部性状和根部性状有较大的抑制作用,而对根冠比的影响不大。干旱胁迫条件下,耐旱系数与所有性状呈正相关,其中与主根长、根鲜重、根干重、鲜重根冠比和干重根冠比相关极显著,与茎鲜重和茎干重相关显著,与株高相关不显著。说明与地上部性

表3 2 a 根系及地上部性状方差分析表  
 Table 3 Analysis of variance of traits measured in 2008 and 2009

性状 Trait	变异来源 Variation	自由度 DF	均方 MS	统计值 F	概率 P
株高 PH	水分处理 T	1	2071.8932	146.1664	0.0001
	年度 Y	1	7093.3338	500.4152	0.0001
	基因型 G	199	21.0147	1.4825	0.0007
	基因型与年度 G×Y	199	21.2751	1.5009	0.0005
	误差 Error	399	4.1749		
茎鲜重 FWS	水分处理 T	1	114.8224	271.8189	0.0001
	年度 Y	1	90.4425	214.1044	0.0001
	基因型 G	199	0.5775	1.3671	0.0052
	基因型与年度 G×Y	199	0.6927	1.6397	0.0001
	误差 Error	399	0.4224		
茎干重 DWS	水分处理 T	1	4.0046	150.2896	0.0001
	年度 Y	1	7.2313	271.3874	0.0001
	基因型 G	199	0.0290	1.0882	0.2454
	基因型与年度 G×Y	199	0.0279	1.0477	0.3499
	误差 Error	399	0.0066		
主根长 LTR	水分处理 T	1	21.2533	0.2884	0.5916
	年份 Y	1	29911.1293	405.8524	0.0001
	基因型 G	199	88.9206	1.2065	0.0625
	基因型与年度 G×Y	199	78.2853	1.0622	0.3087
	误差 Error	399	7.6995		
根鲜重 FWR	水分处理 T	1	24.0648	147.7980	0.0001
	年度 Y	1	41.9631	257.7236	0.0001
	基因型 G	199	0.2404	1.4763	0.0007
	基因型与年度 G×Y	199	0.2547	1.5642	0.0001
	误差 Error	399	0.0628		
根干重 DWR	水分处理 T	1	0.1640	19.7680	0.0001
	年度 Y	1	1.8775	226.2968	0.0001
	基因型 G	199	0.0083	1.0020	0.4882
	基因型与年度 G×Y	199	0.0095	1.1434	0.1474
	误差 Error	399	0.0003		
鲜重根冠比 RSF	水分处理 T	1	5.3423	88.8845	0.0001
	年度 Y	1	63.1392	1050.4958	0.0001
	基因型 G	199	0.0936	1.5581	0.0001
	基因型与年度 G×Y	199	0.1267	2.1077	0.0001
	误差 Error	399	0.0201		
干重根冠比 RSD	水分处理 T	1	11.6142	89.5149	0.0001
	年度 Y	1	70.3746	542.4036	0.0001
	基因型 G	199	0.1355	1.0441	0.3649
	基因型与年度 G×Y	199	0.1518	1.1696	0.1105
	误差 Error	399	0.0297		

状相比,根系性状与耐旱性的关系更为密切。从各性状间的分析结果可知,正常供水条件下,除主根

长与鲜重根冠比相关不显著外,其它性状间均相关显著或极显著。干旱胁迫条件下,除主根长与根冠

比、根鲜重与根冠比、茎鲜重和干重根冠比相关不显著外,其它性状间均相关显著或极显著。说明无论在正常供水条件还是干旱胁迫条件,主根长与根冠比都没有密切关系。

表4 正常供水条件下各性状间的相关分析

Table 4 Correlations between traits of BIL lines in control

	株高 PH	茎鲜重 FWS	茎干重 DWS	主根长 LTR	根鲜重 FWR	根干重 DWR	鲜重根冠比 RSF	干重根冠比 RSD
茎鲜重 FWS	0.472 **							
茎干重 DWS	0.577 **	0.596 **						
主根长 LTR	0.217 **	0.218 **	0.211 **					
根鲜重 FWR	0.173 *	0.449 **	0.247 **	0.355 **				
根干重 DWR	0.416 **	0.485 **	0.404 **	0.475 **	0.819 **			
鲜重根冠比 RSF	-0.170 *	-0.574 **	-0.303 **	0.075	0.374 **	0.256 **		
干重根冠比 RSD	-0.182 *	-0.209 **	-0.575 **	0.161 *	0.355 **	0.400 **	0.512 **	
耐旱系数 DTI	-0.423 **	-0.340 **	-0.453 **	-0.484 **	-0.384 **	-0.574 **	-0.055	-0.035

DTI: Drought tolerance index.

表5 干旱胁迫条件下各性状间的相关分析

Table 5 Correlations between traits of BIL lines indrought stress

	株高 PH	茎鲜重 FWS	茎干重 DWS	主根长 LTR	根鲜重 FWR	根干重 DWR	鲜重根冠比 RSF	干重根冠比 RSD
茎鲜重 FWS	0.585 **							
茎干重 DWS	0.727 **	0.421 **						
主根长 LTR	0.351 **	0.349 **	0.328 **					
根鲜重 FWR	0.783 **	0.709 **	0.625 **	0.362 **				
根干重 DWR	0.914 **	0.526 **	0.742 **	0.396 **	0.732 **			
鲜重根冠比 RSF	-0.329 **	0.479 **	-0.306 **	0.031	-0.008	-0.355 **		
干重根冠比 RSD	-0.436 **	-0.074	-0.376 **	-0.131	-0.043	-0.612 **	0.477 **	
耐旱系数 DTI	0.048	0.162 *	0.174 *	0.437 **	0.604 **	0.595 **	0.605 **	0.537 **

#### 2.4 耐旱系数与各性状间的通径分析

为进一步明确各性状对耐旱性的作用大小和作用途径,进行了这些性状对耐旱系数的通径分析(表6和表7)。从表6中可看出,正常供水条件下,除株高、茎鲜重、干重根冠比外,其它性状的直接作用都较大,其中根干重(-0.479)最大。根干重通过与根鲜重有一个较大的间接正向作用(0.175),抵消掉部分根鲜重对耐旱系数的直接负向作用。主根长、根鲜重、茎干重和鲜重根冠比通过与根干重对耐旱系数都有较大的间接效应。株高、茎鲜重和干重根冠比虽然直接通径较小,但通过与根干重对耐旱系数都有较大的间接效应。总之,根干重对耐旱系数不仅有较大的直接作用,而且其它性状通过根干重的间接作用也较大,说明在正常供水条件下根干重大豆耐旱性有重要的影响。

从表7中可看出,干旱胁迫条件下各性状的直接作用以鲜重根冠比(0.253)和干重根冠比

(0.225)最大,主根长和根鲜重次之。鲜重根冠比通过与根鲜重对耐旱系数的间接通径较大(0.135);干重根冠比通过与根鲜重(0.119)和鲜重根冠比(0.106)的间接通径较大;根鲜重通过与鲜重根冠比(0.179)和干重根冠比(0.140)的间接通径较大;而主根长通过其它性状的间接通径都较小。株高、茎鲜重、根干重与耐旱系数的直接作用都不大,但通过与其它性状的间接作用较大。株高主要是通过鲜重根冠比(0.133)和干重根冠比(0.167)对耐旱系数产生间接作用;茎鲜重主要是通过鲜重根冠比的间接作用(0.121);根干重主要是通过根鲜重(0.149)、鲜重根冠比(0.148)和干重根冠比(0.164)的间接作用。而茎干重对耐旱系数的直接作用和通过其它性状的间接作用都较小。总之,鲜重根冠比和干重根冠比对耐旱系数不仅有较大的直接作用,而且其它性状通过鲜重根冠比和干重根冠比的间接作用也较大,说明在干旱胁迫条

表 6 正常供水条件下耐旱系数与各性状间的通路分析

Table 6 Path analysis between drought tolerance index and traits in control

作用因子 Effect factor	直接通路系数 Direct effect coefficient	间接通路系数 Indirect effect coefficient							
		PH	FWS	DWS	LTR	FWR	DWR	RSF	RSD
		株高 PH	-0.084		-0.029	-0.102	-0.057	0.037	-0.199
茎鲜重 FWS	-0.062	-0.040		-0.105	-0.057	0.096	-0.232	0.072	-0.012
茎干重 DWS	-0.176	-0.048	-0.037		-0.056	0.053	-0.194	0.038	-0.033
主根长 LTR	-0.264	-0.018	-0.013	-0.037		0.076	-0.228	-0.009	0.009
根鲜重 FWR	-0.214	-0.015	-0.028	-0.043	-0.094		-0.393	-0.047	0.021
根干重 DWR	-0.479	-0.035	-0.030	-0.071	-0.125	0.175		-0.032	0.023
鲜重根冠比 RSF	-0.125	0.014	0.035	0.053	-0.020	0.080	-0.123		0.030
干重根冠比 RSD	-0.058	0.015	0.013	0.101	-0.042	0.076	-0.192	-0.064	

表 7 干旱胁迫条件下耐旱系数与各性状间的通路分析

Table 7 Path analysis between drought tolerance index and traits in drought stress

作用因子 Effect factor	直接通路系数 Direct effect coefficient	间接通路系数 Indirect effect coefficient							
		PH	FWS	DWS	LTR	FWR	DWR	RSF	RSD
		株高 PH	0.041		0.025	0.036	0.077	0.139	0.059
茎鲜重 FWS	0.070	0.015		0.028	0.006	0.002	0.021	0.121	0.069
茎干重 DWS	0.059	0.025	-0.034		0.026	0.008	0.028	0.019	0.084
主根长 LTR	0.194	-0.016	-0.002	0.008		0.069	0.023	0.088	0.074
根鲜重 FWR	0.191	-0.030	0.001	0.003	0.070		0.051	0.179	0.140
根干重 DWR	0.065	-0.038	0.023	0.026	0.068	0.149		0.148	0.164
鲜重根冠比 RSF	0.253	-0.022	-0.034	0.004	0.068	0.135	0.038		0.095
干重根冠比 RSD	0.225	-0.031	0.022	0.022	0.064	0.119	0.047	0.106	

件下根冠比对大豆耐旱性有重要的影响。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 利用野生和栽培品种杂交选育耐旱性大豆品种的可行性

该研究通过野生与栽培品种杂交构建了回交自交系群体,后代株系的总体耐旱性得到了增强和改善,群体内还分离出较多在干旱胁迫下根系性状表现优于双亲的株系,表明耐旱性是一个能够遗传的性状,且遗传给后代的概率较高。中国农业科学院原作物品种资源研究所从 20 世纪 80 年代中期开始进行野生大豆种质导入研究,利用河南省野生大豆种质 ZYD3576 与 2 个栽培大豆品种为亲本,采用三交方式进行杂交组合配制,在其后代中选育出高产、稳产、耐旱、耐盐碱性的新种质“中野 1 号”<sup>[10]</sup>。杨光宇等<sup>[11]</sup>利用野生大豆种质选育出了耐盐、耐旱、高蛋白大豆新品种吉育 59 和高产大豆新品种

吉育 66。这些结果表明利用野生与栽培品种杂交选育耐旱性大豆品种是可行的。

#### 3.2 根系及地上部性状与大豆耐旱性的关系

根系作为水分吸收的主要器官,与大豆耐旱性的形成必然具有密切的关系。王金陵<sup>[12]</sup>认为耐旱品种具有较强大的根系。富健等<sup>[13]</sup>研究表明,耐旱性强的品种发根早,主根长,侧根发达且数量多,在干旱条件下更为明显。刘学义等<sup>[14]</sup>进一步研究表明,大豆成苗期在干旱胁迫下,不同抗旱类型大豆品种的根毛长度,根毛密度和根毛总长度均有增加,这是根毛对胁迫的本能反应,而且抗旱性强的类型增加幅度更大。刘莹等<sup>[4]</sup>分析表明,耐旱平均隶属函数值与根干重、根总长和根体积的相对值均呈极显著相关。该文利用盆栽试验对根系及与根系密切相关的地上部性状进行了系统研究。测定了大豆苗期主根长、根鲜重、根干重以及地上部分的株高、鲜重和干重,并计算出鲜重根冠比和干重

根冠比。结果表明,在干旱胁迫下,大豆根系及地上部分生长发育均受抑制,表现在主根长、根鲜重、根干重、株高、茎鲜重和茎干重等指标在干旱情况下明显下降。而鲜重根冠比和干重根冠比在干旱胁迫下有所升高,表明干旱胁迫对地上部分的影响显著大于对根系的影响,进一步说明干旱胁迫下大豆植株首先保证根系的生长以适应干旱。另外,研究发现在正常水分供给条件下的主根长、根鲜重和根干重等性状在群体后代各株系间具有一定的差异。可以说明,各株系的根系在土壤中存在和分布状况不同。这势必影响根系对土壤中水分的吸收和利用。对根系相关性状与耐旱系数间的相关分析结果表明,干旱胁迫条件下,耐旱系数与根系性状相关极显著,与地上部性状相关显著或不显著。说明与地上部性状相比,根系性状与耐旱性的关系更为密切。综上所述,根系相关性状与大豆耐旱性的关系密切,可作为大豆耐旱性鉴定的指标。

### 参考文献

- [1] 杨鹏辉,李贵全,郭丽,等. 干旱胁迫对不同抗旱大豆品种花荚期质膜透性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3):127-129. (Yang P H, Li G Q, Guo L, et al. Effect of drought stress on plasma membrane permeability of soybean varieties during flowering-podding stage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3):127-129. )
- [2] 贾强生,卫铃,杨海峰. 大豆幼苗期根系特性和抗旱性关系初探[J]. 陕西农业科学,2006(2):12-13. (Jia Q S, Wei L, Yang H F. The relationship between drought resistance and root characteristic of soybean seedlings[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2006(2):12-13. )
- [3] 刘莹,蔡祈明. 大豆根系形态及苗期耐旱根系性状的研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版),2009,26(3):81-84. (Liu Y, Cai Q M. Root morphology and root traits related to drought tolerance at vegetation stage in soybean [*Glycine max*(L.) Merr.] [J]. Journal of Hebei University of Engineering(Natural Science Edition), 2009, 26(3):81-84. )
- [4] 刘莹,盖钧镒,吕慧能. 大豆品种苗期根系性状的遗传变异及其与耐逆境胁迫的关系[J]. 大豆科学,2007,26(2):127-133. (Liu Y, Gai J Y, Lü H N. Genetic variation of root traits at seedling stage and their relationship with stress tolerance in soybean [J]. Soybean Science, 2007, 26(2):127-133. )
- [5] 刘莹,盖钧镒,吕慧能. 大豆根区逆境耐性的种质鉴定及其与根系性状的关系[J]. 作物学报,2005,31(9):1132-1137. (Liu Y, Gai J Y, Lü H N. Identification of rhizosphere abiotic stress tolerance and related root traits in soybean [*Glycine max*(L.) Merr.] [J]. Acta Agronomica Sinica, 2005, 31(9):1132-1137. )
- [6] 刘莹,王锁贵. 大豆耐旱种质鉴定及其与根系的相关研究[J]. 河南农业科学,2006(9):48-52. (Liu Y, Wang S G. Identification of drought tolerant germplasm and the correlation with root traits in soybean [*Glycine max*(L.) Merr.] [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2006(9):48-52. )
- [7] 赵坤,董守坤,刘丽君,等. 干旱胁迫对春大豆开花期根系生理特性的影响[J]. 大豆科学,2010,29(3):437-443. (Zhao K, Dong S K, Liu L J, et al. Effects of drought stress on physiological characteristics of root system of spring soybean in flowering period [J]. Soybean Science, 2010, 29(3):437-443. )
- [8] 蒲伟凤,李桂兰,张敏,等. 干旱胁迫对野生和栽培大豆根系特征及生理指标的影响[J]. 大豆科学,2010,29(4):615-622. (Pu W F, Li G L, Zhang M, et al. Effects of drought stress on root characteristics and physiological indexes of *Glycine soja* and *Glycine max*[J]. Soybean Science, 2010, 29(4):615-622. )
- [9] 路贵和. 黄淮海地区不同抗旱类型大豆种质资源根系特征及抗旱性研究[J]. 山西农业科学,2000,28(2):37-40. (Lu G H. Studies on root properties and drought-resistance for different types of drought-resistant soybean germplasm from Huang-Huai-Hai area [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2000, 28(2):37-40. )
- [10] 王克晶,李福山. 我国野生大豆(*G. soja*)种质资源及其种质创新利用[J]. 中国农业科技导报,2000(6):69-72. (Wang K J, Li F S. General situation of wild soybean (*G. soja*) germplasm resources and its utilization of introgression into cultivated soybean in China[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2000(6):69-72. )
- [11] 杨光宇,郑惠玉,韩春风. 不同类型栽培大豆(*G. max*)亲本对种间杂种后代影响的研究[J]. 大豆科学,1993,12(2):137-145. (Yang G Y, Zheng H Y, Han C F. Effect of *G. max* parents of different growth habit on performance of progenies in *G. max* × *G. gracilis* crosses[J]. Soybean Science, 1993, 12(2):137-145. )
- [12] 王金陵. 大豆根系的初步观察[J]. 农业学报,1955,6(3):331-334. (Wang J L. The preliminary observing on soybean root system [J]. Journal of Agricultural Sciences, 1955, 6(3):331-334. )
- [13] 富健,刘玉芳,崔殿财,等. 大豆苗期抗旱性与根系生长的研究[J]. 吉林农业科学,1994(4):21-22. (Fu J, Liu Y F, Cui D C, et al. Study on the relationship between tolerance to drought and growth of roots of soybean in seedling stage[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1994(4):21-22. )
- [14] 刘学义,任冬莲,李晋明,等. 大豆成苗期根毛与抗旱性的关系研究[J]. 山西农业科学,1996,24(1):27-30. (Liu X Y, Ren D L, Li J M, et al. Study on the relationship between drought-resistance and root hair of soybean in seedling stage [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 1996, 24(1):27-30. )