

网络出版时间:2012-06-08 16:10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120608.1610.034.html>

绿豆品种抗旱性早期鉴定方法研究

郭中校^{1,2}, 张连学¹, 王明海², 徐 宁², 包淑英², 王桂芳², 徐仲伟³

(1 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118; 2 吉林省农业科学院 作物育种研究所, 吉林 公主岭 136100;

3 安徽省农业科学院, 安徽 合肥 230000)

【摘要】 **【目的】**探讨早期鉴定绿豆品种抗旱性的简易方法, 为绿豆抗旱育种提供借鉴。**【方法】**依据种子吸水后 24 h 的发芽率对 25 个绿豆种质材料进行抗旱性分级, 从中筛选出 4 个抗旱品种和 4 个普通品种, 采用盆栽控水试验, 研究水分胁迫处理(土壤含水量控制在 9%~11%)对绿豆生长指标及生物量的影响, 根据绿豆植株的抗旱性表现来验证依据种子 24 h 发芽率划分的抗旱等级。**【结果】**不同绿豆品种间种子 24 h 发芽率存在明显差异。种子吸水量与抗旱等级不相关, 幼苗侧根数、主根长度和根系干质量与抗旱等级呈显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)正相关关系。对萌发后幼苗正常供水 24 h 后, 随即停水 24 h, 重复 5 次, 抗旱品种的存活率显著高于普通品种。在营养生长期, 停水后普通品种叶片首先发生萎蔫, 且随着停水时间的延长, 普通品种萎蔫叶片数均高于抗旱品种; 复水后, 抗旱品种叶片的恢复能力强于普通品种。水分胁迫条件下, 绿豆抗旱品种的株高、茎直径和叶片面积均显著高于普通品种, 其中抗旱品种与普通品种的茎直径和叶片面积差异达到极显著水平。在结荚期, 抗旱品种的根、叶片、荚生物量显著高于普通品种。鼓粒期, 普通品种发生永久萎蔫、植株死亡, 而抗旱品种仍能保持生长能力。**【结论】**测定种子 24 h 发芽率可作为早期绿豆品种抗旱性鉴定和筛选的方法。

【关键词】 绿豆; 抗旱性; 水分胁迫; 发芽率

【中图分类号】 S522.034

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)07-0077-08

Study on early identification method of drought-tolerance of mungbean cultivars

GUO Zhong-xiao^{1,2}, ZHANG Lian-xue¹, WANG Ming-hai², XU Ning²,
BAO Shu-ying², WANG Gui-fang², XU Zhong-wei³

(1 College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China;

2 Institute of Crop Breeding, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling, Jilin 136100, China;

3 Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230000, China)

Abstract: **【Objective】** A method for identifying drought-tolerance of mungbean varieties was discussed in order to provide a theoretical basis for drought-tolerance breeding of mungbean. **【Method】** A simple method of germination rate at 24h-after-water-absorption was used and verified to investigate mungbean drought-tolerance. The drought-tolerance of 25 mungbean germplasms was graded according to seed germination rate at the germination stage, and then in pot water-control trails at vegetative growth stage and reproductive growth stage. **【Result】** It indicated that there were significant differences in drought-tolerance among mungbean materials. Water absorption made no difference to drought-tolerance. However, germination rate of 24 h-after-water-absorption and drought-tolerance were closely correlated. Seedling branch root

* [收稿日期] 2011-12-31

[基金项目] 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-09-Z9); 吉林省科技支撑计划重点项目“特色粮豆油作物优良新品种选育及综合配套技术研究”(20090204); 吉林省科研育种专项资金项目“食用豆抗性种质创新与新品种选育”

[作者简介] 郭中校(1964—), 男, 吉林前郭人, 研究员, 在读博士, 主要从事杂粮杂豆研究。E-mail: guozhx@cjaas.com

[通信作者] 张连学(1955—), 男, 吉林大安人, 教授, 博士, 主要从事药用植物栽培、育种研究。E-mail: zlx863@163.com

number, main root length and root dry weight had significant ($P < 0.05$) or highly significant positive correlation ($P < 0.01$) with drought-tolerance. Under repeated stress of supplying water for 24 h after germination and then no water for 24 h, the survival rate of drought-tolerant cultivars was higher than that of ordinary ones. At the vegetative growth stage, temporary wilting (under soil moisture of 9% to 11%) treatment led to leaf wilting of ordinary cultivars, with reduced plant height, stem diameter and leaf area. Among the traits, the changes of stem diameter and leaf area were highly significant. During the reproductive growth stage, temporary wilting induced significantly lower root biomass and branch biomass in ordinary cultivars. When moved to the seed filling stage, ordinary cultivars wilted without recovery. On the contrary, the drought-tolerant cultivars still maintained ability to grow. 【Conclusion】 These results indicated that 24 h-germination-rate of mungbean seeds could be used as a method in drought resistance identification and screening.

Key words: mungbean; drought-tolerance; water stress; germination rate

吉林省是我国绿豆主产省份,其中西部的白城、松原等地是我国出口绿豆生产基地,也是中国绿豆的集散地和辐射源,年种植面积 10 万多 hm^2 ,年出口量 10 万 t 左右。特别是“白城绿豆”这一吉林名牌,在国际市场上久享盛誉,在出口创汇、调整种植结构、改善人们膳食结构等方面具有重要作用。2010 年全国绿豆价格飙升,主要就是由于吉林省主产区及其周边地区绿豆产量大幅度下降所致。

然而,吉林省绿豆主要种植在西部的干旱、盐碱地带,而且随着全球气候的变化,干旱已成为限制该区域绿豆生产的重要因素,因此选育抗旱型品种是解决干旱条件下作物生产的最有效途径^[1]。近年来,许多学者对作物抗旱性的研究已有一些报道^[2-4]。张璞等^[5]的研究表明,可以依据种子的吸水系数大小对绿豆抗旱性的强弱进行初步筛选。萎蔫是作物营养体缺水的直观生理表现,萎蔫程度较重的品系吸水能力弱,根系不发达,耐旱性较差。作物在水分胁迫下,体内细胞在结构、生理及生物化学上发生了一系列适应性改变后,最终要在植株形态上有所表现,主根长、根干质量、侧根数、根/冠比、茎直径等形态指标可用于抗旱性鉴定^[6]。此外,作物在干旱条件下的种子发芽率、存活率、株高、干物质积累速率、叶面积、叶片黄叶枯叶数、叶片扩展速率等指标均可用于抗旱性鉴定^[7-10]。苗期进行反复干旱胁迫,以最后存活苗的百分率评价品种苗期抗旱性具有可行性^[11]。同时,通过生理生化指标来鉴定品种间的抗旱性也有诸多报道^[12-13]。通过这些鉴定方法,可筛选出不同抗旱性能的种质资源,但多数鉴定方法的可靠性还有待验证。同时,有些鉴定方法复杂,测定周期长,也限制了其在实际生产中的应用。关于绿豆品种早期抗旱性的研究目前尚不多见,研究快速准确的鉴定方法对筛选抗旱品种有着重要的

实际意义。

发芽率可作为验证种子活力的指标^[14],因其测定方法简便、试验条件易于控制,现已广泛应用于品种生理特性的研究中。本研究以 25 个绿豆种质材料的种子发芽率为指标,从中分别筛选出 4 个普通品种和 4 个抗旱品种,结合盆栽控水试验,观察不同绿豆品种苗期、营养生长期和生殖生长期的抗旱性表现,验证以测定种子发芽率作为绿豆品种抗旱性鉴定方法的可行性,旨在为绿豆抗旱育种提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试绿豆品种共 25 个,其中农家品种 7 个,育成品种 18 个,均由吉林省农业科学院作物育种研究所食用豆类研究室提供(表 1)。

1.2 试验设计

1.2.1 发芽试验 称量种子干质量,浸泡后将种子放入光照培养箱内培养(温度 18~20 °C,相对湿度 65%,光照 12 h/d)。每个培养皿直径 8.1 cm,放 20 粒种子。待种子吸水饱和后称种子质量,计算种子吸水量:

种子吸水量 = 种子饱和吸水后质量 - 种子干质量。

定时观察不同绿豆品种种子的发芽情况,根据绿豆吸水后 24 h 发芽率,将其按 0~40%、41%~60%、61%~80%、81%~90% 和 91%~100% 划分为 5 个抗旱等级。将不同抗旱等级的绿豆品种培养 7 d 后,测量萌发幼苗的主根长度、侧根数、幼苗直径和根鲜质量、干质量。

种子发芽率 = 发芽种子数 / 种子总数。

反复水分胁迫试验:待种子完全吸胀后,正常供水 24 h,随后停水 24 h,重复 5 次。停水时,将种子转移到干燥的培养皿中断水胁迫处理,统计不同绿

豆品种幼苗的存活率。此外,观察抗旱品种与普通品种的形态特征并照相。

表 1 供试的 25 个绿豆品种

Table 1 25 mungbean varieties used in this study

品种名称 Variety	育成年份 Released year	品种名称 Variety	育成年份 Released year	品种名称 Variety	育成年份 Released year
白绿 522 Bailü 522	1994	洮绿 3 号 Taolü 3	2007	大鹦哥绿 985 Dayinggelü 985	2009
公绿 1 号 Gonglü 1	1995	翡翠绿 Feicuilü	2007	绿豆 732 Lüdou 732	—
公绿 2 号 Gonglü 2	1996	白绿 9 号 Bailü 9	2007	绿豆 713 Lüdou 713	—
白绿 6 号 Bailü 6	2000	吉绿 3 号 Jilü 3	2007	绿豆 9281 Lüdou 9281	—
大鹦哥绿 935 Dayinggelü 935	2001	吉绿 4 号 Jilü 4	2007	绿豆 3554 Lüdou 3554	—
吉绿 9346 Jilü 9346	2002	洮绿 5 号 Taolü 5	2008	公交 1099 Gongjiao 1099	—
白绿 8 号 Bailü 8	2002	吉绿 5 号 Jilü 5	2009	绿豆 340 Lüdou 340	—
洮 218 Tao 218	2005	新绿 1 号 Xinlü 1	2009	绿豆 809 Lüdou 809	—
洮 208 Tao 208	2005				

1.2.2 盆栽控水试验 根据 24 h 发芽率及幼苗形态特征、存活率的鉴定结果,选择 4 个抗旱品种和 4 个普通品种于温室条件下进行盆栽控水试验。供试土壤为东北农田黑土。试验用花盆高 35 cm,内径 35 cm,每盆播种 8 粒,正常供水,3 次重复,子叶期定植为每盆 3 棵。于 V4 期(营养生长期,主茎第 3 个复叶全展)进行水分胁迫处理,土壤含水量控制在 9%~11%,以正常供水植株为对照。水分胁迫处理 5 d 后测量株高、茎直径以及叶面积(CI-203 便携式激光叶面积仪)。此外,测定 4 个抗旱品种和 4 个普通品种停水 24,28,32,36 h 及复水 24,28,32,32 和 40 h 时萎蔫叶片数的变化。于结荚期测定植株各器官生物量,此外观察不同绿豆品种鼓粒期(生殖生

长期)的形态特征和根系特征并照相。

1.3 数据处理

试验数据均为 3 次重复的平均值,用 Excel 进行数据的初步处理,应用唐启义等^[15]开发的 DPS 软件对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同绿豆品种 24 h 发芽率的比较

由表 2 可以看出,25 个绿豆品种的发芽率差异很大,其中,翡翠绿、洮绿 3 号、洮 208、绿豆 713 的发芽率均大于 95%,确定为抗旱品种;公绿 2 号、吉绿 4 号、白绿 9 号、新绿 1 号的发芽率均小于 40%,确定为普通品种。

表 2 25 个绿豆品种 24 h 发芽率的比较

Table 2 Germination rate of 25 mungbean varieties

品种名称 Variety	发芽率/% Germination rate	抗旱等级 Drought tolerant grades	品种名称 Variety	发芽率/% Germination rate	抗旱等级 Drought tolerant grades
白绿 522 Bailü 522	68.00	3	吉绿 4 号 Jilü 4	38.67	1
公绿 1 号 Gonglü 1	56.00	2	洮绿 5 号 Taolü 5	81.33	4
公绿 2 号 Gonglü 2	37.33	1	吉绿 5 号 Jilü 5	77.33	3
白绿 6 号 Bailü 6	73.33	3	新绿 1 号 Xinlü 1	36.00	1
大鹦哥绿 935 Dayinggelü 935	50.67	2	大鹦哥绿 985 Dayinggelü 985	65.33	3
吉绿 9346 Jilü 9346	68.00	3	绿豆 732 Lüdou 732	88.00	4
白绿 8 号 Bailü 8	66.67	3	绿豆 713 Lüdou 713	97.33	5
洮 218 Tao 218	85.33	4	绿豆 9281 Lüdou 9281	66.67	3
洮 208 Tao 208	98.67	5	绿豆 3554 Lüdou 3554	77.33	3
洮绿 3 号 Taolü 3	100.00	5	公交 1099 Gongjiao 1099	65.33	3
翡翠绿 Feicuilü	100.00	5	绿豆 340 Lüdou 340	81.33	4
白绿 9 号 Bailü 9	34.67	1	绿豆 809 Lüdou 809	89.33	4
吉绿 3 号 Jilü 3	53.33	2			

2.2 绿豆幼苗生长特性与抗旱性的关系

为了验证以 24 h 发芽率鉴定品种抗旱性的可靠性,将萌发后的绿豆继续培养 7 d,测定幼苗侧根数、幼苗主根长度、幼苗直径和根鲜质量、根干质量,分别以种子吸水量、侧根数、主根长度、幼苗直径、根鲜质量和根干质量为横坐标,以抗旱等级为纵坐标,

绘制幼苗生长特性与抗旱等级的关系图(图 1)。由图 1 可以看出,种子吸水量与抗旱等级呈负相关关系,但相关性不显著;幼苗侧根数、主根长度和根干质量与抗旱等级呈显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)正相关关系;幼苗直径和根鲜质量与抗旱性呈正相关关系,但相关性不显著。

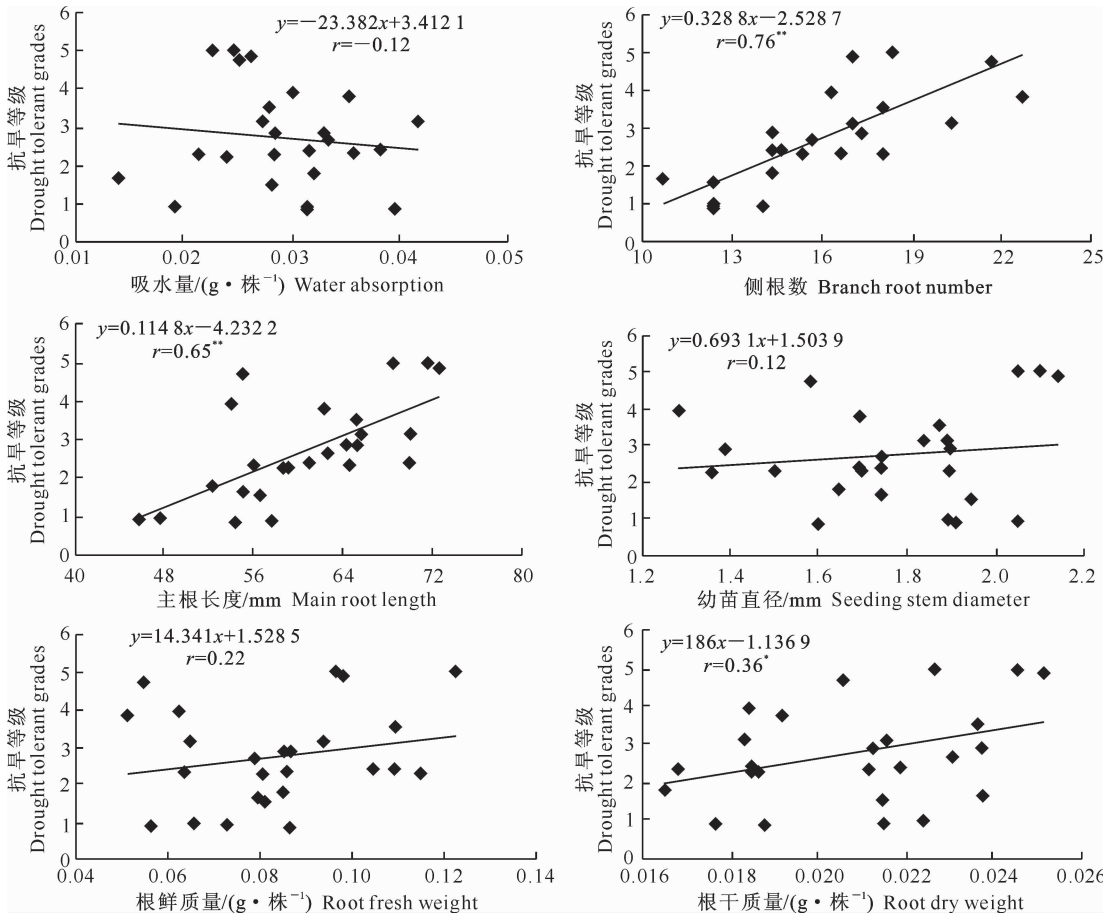


图 1 绿豆幼苗生长特性与抗旱等级的关系

“*”表示相关性显著($P < 0.05$),“**”表示相关性极显著($P < 0.01$)

Fig. 1 Relationship between growth characters and drought-resistant grades at seedling stage of mungbean

“*” means significant correlation ($P < 0.05$),“**” means highly significant correlation ($P < 0.01$)

2.3 反复水分胁迫下不同绿豆品种幼苗形态特征和存活率的比较

分别对抗旱和普通绿豆品种的幼苗进行反复水

分胁迫处理,结果(图 2 和表 3)表明,与普通绿豆品种相比,抗旱绿豆品种有较长的根系长度和较多的侧根数以及较高的存活率。



图 2 反复 5 次水分胁迫后不同绿豆品种幼苗的形态

1,2. 抗旱品种; 3,4. 普通品种

Fig. 2 Seedling morphology of mungbean cultivars under water stress repeated 5 times

1,2. Drought tolerant cultivars; 3,4. Ordinary cultivars

表 3 反复水分胁迫下不同绿豆品种的幼苗存活率

Table 3 Mungbean seedling survival rate under repeated water stress

%

品种 Varieties		胁迫次数 Stress times				
		1	2	3	4	5
抗旱品种 Strong drought cultivars	绿豆 713 Lüdou 713	100	85	65	40	15
	翡翠绿 Feicuiliú	100	90	70	40	30
	洮 208 Tao 208	100	85	60	35	20
	洮绿 3 号 Taolü 3	100	90	70	40	25
	平均 Mean	—	87.5±1.44 aA	66.25±2.39 aA	38.75±1.25 aA	22.5±3.23 aA
普通品种 Ordinary cultivars	公绿 2 号 Gonglü 2	100	65	20	10	0
	吉绿 4 号 Jilü 4	100	60	20	0	0
	白绿 9 号 Bailü 9	95	45	15	0	0
	新绿 1 号 Xinlü 1	90	40	20	0	0
	平均 Mean	96.25±2.39 aA	52.5±5.95 bA	18.75±1.25 bB	2.5±2.5 bB	—

注:同列数据后标不同大写字母者表示差异达 0.01 显著水平,标不同小写字母者表示差异达 0.05 显著水平。下表同。
Note: Values followed by a different capital and small letter are significantly different at 0.01 and 0.05 level. The same as below table.

2.4 水分胁迫对不同绿豆品种植株生长和生物量的影响

根据种子吸水后 24 h 发芽率和幼苗形态特征、存活率的鉴定结果,用 4 个抗旱品种和 4 个普通品种进行盆栽试验,在营养生长期对绿豆品种的生长指标进行观测,结果见表 4。由表 4 可知,正常供水条件下(对照),绿豆抗旱品种与普通品种的株高、茎直径和叶面积差异均不显著;而水分胁迫条件下,抗

旱品种与普通品种的株高、茎直径、叶面积差异达显著或极显著水平。水分胁迫后,绿豆抗旱品种株高、茎直径及叶面积较正常供水条件下分别下降了 59.61%,2.15%和 52.28%,而普通品种分别下降了 137.81%,25.42%和 75.45%,可见绿豆普通品种在水分胁迫条件下,株高、茎直径和叶面积下降的幅度均高于抗旱品种。

表 4 正常供水和水分胁迫下不同绿豆品种株高、茎直径及叶面积的比较

Table 4 Comparitions of plant height,stem diameter and leaf area under normal
water supply and water stress at the fourth leaf stage

品种 Varieties		株高/cm Plant height		茎直径/mm Stem diameter		叶面积/(cm ² ·株 ⁻¹) Leaf area	
		对照	水分胁迫处理	对照	水分胁迫处理	对照	水分胁迫处理
		Control	Water stress	Control	Water stress	Control	Water stress
抗旱品种 Drought- tolerant cultivars	绿豆 713 Lüdou 713	45.0	33.2	3.25	3.45	198.52	125.89
	翡翠绿 Feicuiliú	32.3	21.9	3.21	3.23	182.54	109.22
	洮绿 208 Taolü 208	38.4	21.2	3.72	3.43	191.11	138.70
	洮绿 3 号 Taolü 3	42.5	22.8	3.14	2.92	212.46	141.39
	平均 Mean	39.55±2.77 aA	24.78±2.83 aA	3.33±0.13 aA	3.26±0.12 aA	196.15±6.34 aA	128.81±7.35 aA
普通品种 Ordinary cultivars	公绿 2 号 Gonglü 2	36.3	15.3	2.87	2.68	144.66	88.98
	吉绿 4 号 Jilü 4	32.6	12.7	3.24	2.12	104.38	55.56
	白绿 9 号 Bailü 9	29.7	13.1	3.08	2.55	129.25	77.08
	新绿 1 号 Xinlü 1	41.5	17.8	2.86	2.23	137.60	72.41
	平均 Mean	35.03±2.55 aA	14.73±1.17 bA	3.01±0.09 aA	2.40±0.13 bB	128.97±8.78 aA	73.51±6.93 bB

本研究中,停水 32 h 后,绿豆普通品种叶片首先发生萎蔫,停水 36 h 后,抗旱品种叶片才开始发生萎蔫。V4 期停水/复水后不同绿豆品种萎蔫叶片数的变化见图 3。由图 3 可以看出,随着停水时间的延长,绿豆普通品种萎蔫叶片数均高于抗旱品种,且二者差异越来越大。复水 24 h 后,绿豆抗旱品种与普通品种萎蔫叶片数均逐渐减小,即萎蔫叶片逐渐恢复,且抗旱品种叶片恢复能力较普通品种强。此外,本试验还发现,在营养生长期停水后,植株叶

片从下层开始萎蔫;在生殖生长期停水后,植株上层和下层叶片同时开始萎蔫。

结荚期水分胁迫下不同绿豆植株各器官生物量的比较见图 4。由图 4 可以看出,绿豆抗旱品种各器官生物量均高于普通品种,除了茎和叶柄外,抗旱品种与普通品种根、叶片、荚生物量差异均达显著水平($P<0.05$)。同时观察发现,鼓粒期绿豆普通品种植株发生了永久萎蔫,失去了生长能力;而抗旱品种仍保持生长能力(图 5,6)。

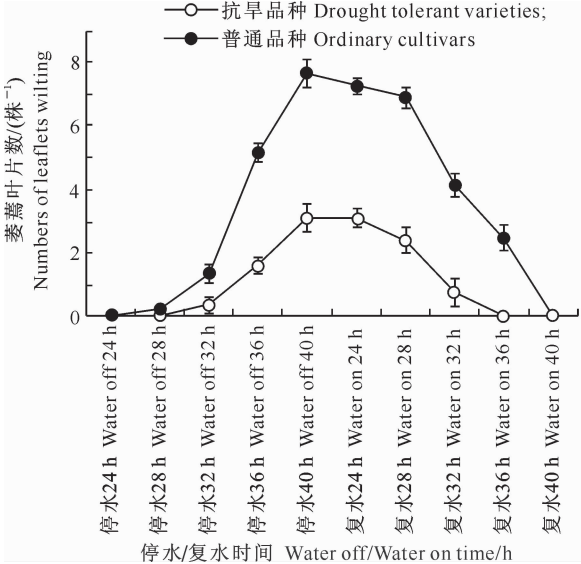


图 3 V4 期停水/复水后不同绿豆品种萎蔫叶片数的变化

Fig. 3 Numbers of wilting leaflets on potted plants after water-off/water-on at the fourth leaf V4 stage

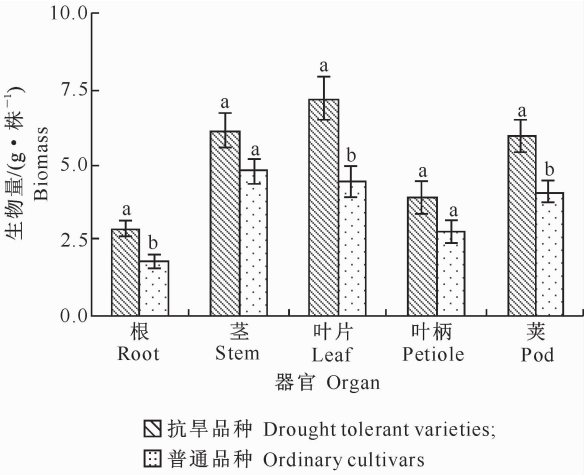


图 4 水分胁迫下结荚期不同绿豆植株各器官生物量的比较

同一器官内标不同字母者表示在 5% 水平上差异显著
Fig. 4 Comparitions of the various parts of mung bean plant biomass under water stress at seed filling stage
Bars superscribed by different letters for the same organ are significantly different at 5% probability level



图 5 水分胁迫下鼓粒期不同绿豆品种的形态特征
1,2. 抗旱品种;3,4. 普通品种

Fig. 5 Morphology of mungbean varieties under water stress at seed filling stage
1,2. Drought tolerant cultivars;3,4. Ordinary cultivars

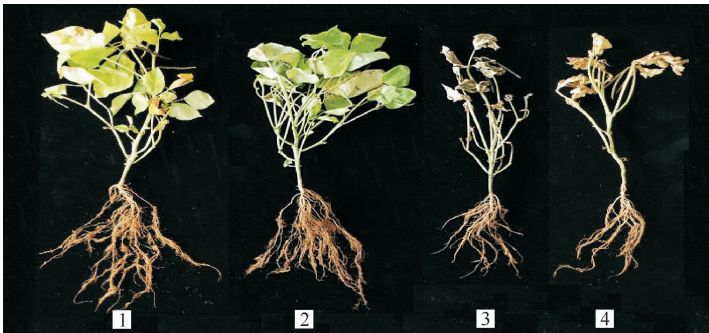


图 6 水分胁迫下鼓粒期不同绿豆品种根系特征
1,2. 抗旱品种;3,4. 普通品种

Fig. 6 Characters of mungbean plants and roots under water stress at seed filling stage
1,2. Drought tolerant cultivars;3,4. Ordinary cultivars

3 讨 论

水资源匮乏已严重限制了作物的生长^[16]。面对 21 世纪剧增的粮食需求,培育耐旱节水品种已成为当前作物育种的目标之一^[17-18]。传统的耐旱品种选育多以干旱环境下的产量表现为筛选指标,而产量为各种生理生化代谢过程的综合体现,且在逆境下遗传不稳定,因而选择效率低下。为此,有学者认为选用对干旱胁迫反映敏感且遗传力较高的二级性状作为耐旱鉴定指标,可以克服直接根据产量表现选育品种的不足,推动耐旱育种工作的有效进行^[19-20]。

对绿豆早期抗旱性进行研究,能够缩短鉴定周期、简便快捷,对大量筛选抗旱性品种具有极其重要的理论和实际意义。王连铮等^[21]认为,大豆种子胚根生长速度可作为苗期抗旱的参考,抗旱型品种胚根生长速度快于非抗旱型品种。幼苗存活率与大豆品种的抗旱性高度相关,抗旱性强的品种幼苗存活率高,发芽率也较好^[22-23]。发芽率可以作为大豆品种抗旱性鉴定和筛选的方法^[24]。本研究结果表明,绿豆抗旱等级与种子吸水量无关,这可能是由于不同绿豆种质材料百粒质量有差异;幼苗侧根数、主根长度和根干质量与抗旱等级密切相关,其中幼苗侧根数、主根长度与抗旱等级呈极显著正相关;水分胁迫条件下,绿豆抗旱品种有较多的侧根数量和较长根系;反复水分胁迫处理后,绿豆抗旱品种存活率显著高于普通品种,这与胡荣海等^[25]的研究结果一致。建立发达的根系以躲避干旱土壤层或提高吸收土壤水分的竞争力是植物避旱的一种重要而有效的机制^[26-28]。由于根质量、根数量、根长等性状的遗传力较高^[29],因而通过改良根系性状可以促进耐旱品种的有效选育。在干旱环境下,根系发达的绿豆品种具有显著的生长优势,育种中选择根系发达的种质材料有助于提高绿豆耐旱性,但是根部性状的田间鉴定工作耗时费力,不利于选育工作的有效进行。此外,绿豆产量及根系性状属于易受环境影响的数量性状。因此,挖掘在正常、干旱环境下均可稳定表达的根系性状 QTL,并鉴定与其紧密连锁的分子标记可有效促进绿豆目标性状的选择^[30]。

关于干旱条件下不同抗旱性品种植株的形态特征研究已有许多,如王敏等^[31]研究表明,抗旱大豆品种的株高和叶面积均大于普通品种。本研究结果表明,水分胁迫后绿豆普通品种的株高、茎直径及叶面积较正常供水条件下的下降幅度高于抗旱品种;

水分胁迫条件下,抗旱品种的株高、茎直径及叶面积显著高于普通品种,其中抗旱品种与普通品种茎直径和叶面积差异达到极显著水平;停水后,绿豆普通品种叶片首先开始萎蔫;复水后,绿豆抗旱品种萎蔫叶片有较强的恢复能力,这可能是因为水分胁迫尚未严重破坏绿豆光合器官及其生理机能;抗旱品种植株各部分生物量均高于普通品种,其中抗旱品种与普通品种根、叶片和荚生物量的差异均达到显著水平。同时本研究还发现,鼓粒期普通品种发生永久萎蔫,导致植株死亡;而抗旱品种仍能保持生长能力。

4 结 论

根据绿豆种子吸水后 24 h 发芽率确定的抗旱性,与苗期幼苗形态、存活率以及营养生长期和生殖生长期水分胁迫下的抗旱性表现具有良好的一致性,说明测定种子 24 h 发芽率可作为绿豆品种抗旱性鉴定和筛选的方法。

[参考文献]

- [1] Hudak C M, Patterson R P. Vegetative growth analysis of a drought-resistant soybean plant introduction [J]. Crop Science, 1995, 35: 464-471.
- [2] 胡标林, 余守武, 万 勇, 等. 东乡普通野生稻全生育期抗旱性鉴定 [J]. 作物学报, 2007, 33(3): 425-432.
Hu B L, Yu S W, Wang Y, et al. Drought-resistance identification of dongxiang common wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) in whole growth period [J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(3): 425-432. (in Chinese)
- [3] 张明生, 谈 锋, 张启堂. 快速鉴定甘薯品种抗旱性的生理指标及方法的筛选 [J]. 中国农业科学, 2001, 34(3): 260-265.
Zhang M S, Tan F, Zhang Q T. Physiological indices for rapid identification of sweet potato drought resistance and selection of methods [J]. Sci Agric Sin, 2001, 34(3): 260-265. (in Chinese)
- [4] 揭雨成, 黄丕生, 李宗道. 苕麻基因型抗旱性差异及其早期鉴定研究 [J]. 作物学报, 2000, 26(6): 942-946.
Jie Y C, Huang P S, Li Z D. Genotype difference and early evaluation of drought resistance in ramie [J]. Acta Agronomica Sinica, 2000, 26(6): 942-946. (in Chinese)
- [5] 张 璞, 田建华. 抗旱性绿豆品种的选育 [J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(4): 41-44.
Zhang P, Tian J H. Breeding of drought-resistant mungbean varieties [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1999, 17(4): 41-44. (in Chinese)
- [6] 孙彩霞, 沈秀瑛. 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 re-

- sistance [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2002, 18 (1): 49-51. (in Chinese)
- [7] 霍仕平, 晏庆九, 宋光英, 等. 玉米抗旱鉴定的形态和生理生化指标研究进展 [J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(3): 67-73.
Huo S P, Yan Q J, Song G Y, et al. Progress in morphological and physiological and biochemical indexes of drought resistance identification of maize [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1995, 13(3): 67-73. (in Chinese)
- [8] 王述民. 绿豆抗旱鉴定方法和指标 [J]. 作物品种资源, 1989 (2): 27-28.
Wang S M. Method and index of identification for mungbean drought-resistance [J]. China Seeds, 1989(2): 27-28. (in Chinese)
- [9] 黎 裕. 作物抗旱鉴定方法和指标 [J]. 干旱地区农业研究, 1993, 11(1): 91-99.
Li Y. Method and index of identification for crop drought-resistance [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1993, 11 (1): 91-99. (in Chinese)
- [10] 胡荣海. 农作物抗旱鉴定方法和指标 [J]. 作物品种资源, 1986(4): 36-39.
Hu R H. Method and index of identification for crop drought-resistance [J]. China Seeds, 1986(4): 36-39. (in Chinese)
- [11] 李荫梅. 苗期反复干旱法鉴定谷子抗旱性的可靠性与实用性 [J]. 河北农业科学, 1992(4): 9-11.
Li Y M. Identification for reliability and practicability of millet drought-resistance with repeated drought stress at seedling stage [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 1992(4): 9-11. (in Chinese)
- [12] 孙振雷, 刘海学, 刘 鹏, 等. 不同绿豆品种苗期抗旱性的比较研究 [J]. 内蒙古民族大学学报, 2002, 17(1): 33-38.
Sun Z L, Liu H X, Liu P, et al. Comparison on anti-dry in seedling stage of different mungbean breeds [J]. Journal of Inner Mongolia University for Nationalities, 2002, 17(1): 33-38. (in Chinese)
- [13] 江 龙. 作物抗旱性的研究方法 [J]. 贵州农业科学, 1999, 27 (5): 70-72.
Jiang L. Research method of crop drought-resistance [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 1999, 27 (5): 70-72. (in Chinese)
- [14] 唐志华, 马继凤. 大豆种子活力研究进展 [J]. 作物研究, 2007, 21(5): 625-628.
Tang Z H, Ma J F. Advances in researches on seed vigor of soybean [J]. Crop Research, 2007, 21 (5): 625-628. (in Chinese)
- [15] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
Tang Q Y, Feng M G. DPS data processing system for practical statistics [M]. Beijing: Science Press, 2002. (in Chinese)
- [16] Brown L R, Halweil B. China's water shortage could shake world food security [J]. World Watch, 1998, 7: 3-4.
- [17] 罗利军, 张启发. 栽培稻抗旱性研究的现状与策略 [J]. 中国水稻科学, 2001, 15(3): 209-214.
- Luo L J, Zhang Q F. The status and strategy on drought resistance of rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Chin J Rice Sci, 2001, 15(3): 209-214. (in Chinese)
- [18] 腾 胜, 钱 前, 曾大力. 水稻苗期耐旱性基因位点及其互作的分析 [J]. 遗传学报, 2002, 29(3): 235-240.
Teng S, Qian Q, Zeng D L. Analysis of gene loci and epistasis for drought tolerance in seedling stage of rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Acta Genet Sin, 2002, 29(3): 235-240. (in Chinese)
- [19] Bruce W B, Edmeades G O, Barker T C. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance [J]. J Exp Bot, 2002, 53: 13-25.
- [20] Lafitte H R, Price A H, Courtis B. Yield response to water deficit in an upland rice mapping population: Associations among traits and genetic markers [J]. Theor Appl Genet, 2004, 109: 1237-1246.
- [21] 王连铮, 王金陵. 大豆遗传育种学 [M]. 北京: 科学出版社, 1992: 36.
Wang L Z, Wang J L. Soybean genetics and breeding [M]. Beijing: Science Press, 1992: 36. (in Chinese)
- [22] Bouslama M, Schapaugh W T J. Stress tolerance in soybean: I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance [J]. Crop Science, 1984, 24(5): 933-937.
- [23] Stoffela P J. Root characteristics of black beans; II. Relationship of root size to lodging and seed ofield [J]. Crop Science, 1979, 19(6): 862-863.
- [24] 袁 野, 邴 鑫, 徐克章, 等. 大豆品种抗旱性早期鉴定方法 [J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(4): 518-524.
Yuan Y, Bing X, Xu K Z, et al. Early identification method of droughttolerance of soybean cultivars [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2010, 32(4): 518-524. (in Chinese)
- [25] 胡荣海, 昌小平. 反复干旱法的生理基础及其应用 [J]. 华北农学报, 1996, 11(3): 55-56.
Hu R H, Chang X P. The physiological base and utilization of repeated drought method [J]. Acta Agriculturae Boreall-Sinica, 1996, 11(3): 55-56. (in Chinese)
- [26] Price A H, Tomos A D. Genetic dissection of root growth in rice (*Oryza sativa* L.): II. Mapping quantitative trait loci using molecular markers [J]. Theor Appl Genet, 1997, 95: 143-152.
- [27] Ekanayake I J, O'Toole J C, Garrity D P. Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice [J]. Crop Science, 1985, 25: 927-933.
- [28] Fukai S, Cooper M. Development of drought-resistant cultivars using physio-morphological traits in rice [J]. Field Crops Research, 1995, 40: 67-86.
- [29] Caradus J R. Genetic control of phosphorus uptake and phosphorus status in plants [C]//Genetic Manipulation of Crop Plants to Enhance Integrated Nutrient Management in Cropping System. Patancheru, India: ICRISAT Asia Centre, 1995: 55-74.