

几种甘蓝型油菜幼苗抗旱性特征的比较研究

关周博^{1,2}, 田建华^{1,2}, 胡银岗³, 李少钦^{1,2}, 董育红^{1,2}, 郑磊^{1,2}
韦世豪^{1,2}, 塔娜^{1,2}, 王学芳^{1,2}, 张文学^{1,2}, 李殿荣^{1,2}

(1. 陕西省杂交油菜研究中心, 陕西 大荔 715105; 2. 国家油料作物改良中心陕西油菜分中心, 陕西 大荔 715105
3. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以 EV1、EV2、EV3、EV4、EV5、EV6 个抗旱性不同的油菜品种为试验材料, 通过不同浓度 PEG-6000 渗透溶液模拟干旱胁迫处理, 研究油菜幼苗的抗旱指数、根长、苗高和根冠比等性状变化, 探索在大田环境条件下的苗期生长特征。结果表明, 水分胁迫下 EV2 的抗旱指数最大, EV6 的抗旱指数最小; 不同浓度 PEG 胁迫下, 各品种差异显著, EV1、EV2 和 EV3 的根长、苗高和根冠比较大, 而 EV5 和 EV6 的表现较差。在大田油菜五叶期时, EV2 的冠层覆盖面积最大, 与其它品种之间存在极显著性差异; 总生物量以 EV2、EV3 和 EV1 较大, 根系干重以 EV2 较大, 而且三者之间存在显著相关性; 与抗旱指数进行通径分析, 冠层覆盖面积对抗旱性的直接通径系数最大, 达到 0.5975。冠层覆盖面积的大小反映了早期活力的强弱, 早期活力强, 相应的品种抗旱指数高, 抗旱性强。

关键词: 甘蓝型油菜; 幼苗; 抗旱性
中图分类号: S603.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)05-0046-06

Comparative study on drought resistance characteristic of *Brassica napus* L. seedling

GUAN Zhou-bo^{1,2}, TIAN Jian-hua^{1,2}, HU Yin-gang³, LI Shao-qin^{1,2}, DONG Yu-hong^{1,2}, ZHENG Lei^{1,2},
WEI Shi-hao^{1,2}, TA Na^{1,2}, WANG Xue-Fang^{1,2}, ZHANG Wen-xue^{1,2}, LI Dian-rong^{1,2}
(1. Hybrid Rapeseed Research Center of Shaanxi Province, Dali, Shaanxi 715105, China;
2. Shaanxi Rapeseed Branch of National oil Crops Genetic Improvement Center, Dali, Shaanxi 715105, China;
3. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi, 712100, China)

Abstract: An experiment was conducted to investigate drought index, root length, seeding height and the ratio of root to shoot of 6 rapeseed cultivars (EV1, EV2, EV3, EV4, EV5, EV6) with different drought resistance under different concentrations of PEG-6000 osmotic solution simulated drought in field. The result showed that drought index of EV2 was the highest, while EV6 was the lowest under water stress. There were significant differences among cultivars under different concentration of PEG, that root length, with seeding height and ratio of root to shoot of EV1, EV2 and EV3 being larger than those of EV5 and EV6. Canopy cover area of EV2 was the larger as compared with other cultivars during five-leaf stage. Path analysis of drought resistance index showed that direct path coefficient of canopy cover area to drought resistance was as high as 0.5975. Canopy cover area reflected strength of vigor during early stage at early stage when the drought resistance index of cultivars and drought resistance being stronger.

Keywords: *Brassica napus* L.; seedling; drought resistance

干旱是影响作物产量极其重要的非生物因素, 是制约农业发展的主因。中国是一个水资源短缺的国家, 人均水资源量约为世界人均的 1/4, 耕地平均占有水量约为世界平均水平的 3/5^[1-3]。水资源严重短缺已成为制约我国国民经济可持续发展的瓶颈^[4]。山仑认为^[5], 当水的流失、蒸发、渗透得到有效控制, 水的时空调节得到最大限度利用之后, 充分挖掘植物自身的水分高效利用机制将成为节水农业

收稿日期: 2013-10-07
基金项目: 旱区作物逆境生物学国家重点实验室开放课题基金(CSBAA2013013); 科学家岗位油菜现代产业技术体系建设(CARS-13); 国家 863 计划(2011AA10A104); 陕西省科技统筹创新工程计划(2011KTZB02-01-03)
作者简介: 关周博(1983—), 男, 陕西长安人, 硕士, 助理研究员, 主要从事油菜育种研究。E-mail: guanzhoubo1983@163.com。

发展的核心,因而筛选和培育抗旱性强、水分利用率高、能在有限水分条件下生长较快并能最大限度的利用水资源的品种是生物节水的措施。

我国油菜主产区常常受到秋旱或春旱的危害,导致秋播或春播油菜出苗慢而不齐,叶片发育缓慢,植株矮小,影响油菜秋发或春发作用^[6-7],进而导致油菜成熟期产量不高,因此,研究油菜的抗旱性是当前比较紧迫和重要的任务。提高油菜的抗旱性,首先要对油菜的抗旱性特征进行科学准确的探讨和评价,发掘稳定可靠的抗旱性特征,从而正确的去评价和筛选抗旱性油菜品种。李真等^[7]通过盆栽试验对油菜株高、根长、地上部干重、根干重、根冠比和总干重六个性状的抗旱系数作为抗旱性评价指标进行了评价,认为地上部干重、根干重和总干重的抗旱性可作为甘蓝型油菜苗期抗旱性的主要评价指标。胡承伟等^[8]利用水分模拟胁迫发现相对侧根数和根长与根系活力指数之间呈显著正相关,可作为抗旱性鉴定的辅助指标。王道杰^[3]认为芽苗总长、总鲜质量、总干质量、脯氨酸含量及 SOD 活性相对值 5 个指标划分的抗旱级别与抗旱总级别的相关性达到极显著性水平,可作为油菜芽期抗旱性鉴定的指标。谢小玉^[9]研究发现油菜连续干旱胁迫下,其叶片相对含水量、丙二醛、叶面积可作为油菜抗旱种质筛选的依据。Norouzi^[10]等认为脯氨酸的积累可作为甘蓝型油菜渗透调节能力的一个指标。Wright 等^[11]研究指出,渗透调节的大小会影响油菜对干旱的反映程度和油菜在干旱胁迫下的产量。还有较多研究认为萌发抗旱指数、相对发芽率、根长胁迫指数、苗高胁迫指数和相对根体积可作为抗旱性鉴定指标^[12]。以上研究多侧重于生理指标或芽期模拟胁迫下的单一指标研究抗旱性,相对全面和客观比较抗旱性的报道较少。本研究通过对六份甘蓝型油菜种植资源的抗旱性特征进行比较研究,分析其抗旱性特征,皆为甘蓝型油菜抗旱种质资源的筛选提供可借鉴的指标、方法,同时为选育抗旱性品种提供理论借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试油菜品种来源于陕西省杂交油菜研究中心种质资源库。通过旱地种植利用田间直接鉴定法从 300 多份种质资源中筛选出的 6 份抗旱性不同的甘蓝型油菜品种,该品种为本单位自育的高世代纯和油菜品种(如表 1),其品种名称分别编号为 EV1、EV2、EV3、EV4、EV5、EV6。

1.2 试验方法

1.2.1 PEG 渗透胁迫处理 为保证试验处理一致,随机选取各供试甘蓝型油菜材料种子 2 000 粒放于培养皿中,先用 5% 次氯酸钠溶液消毒 5 min,再用无菌蒸馏水冲洗干净种子上残留的次氯酸钠溶液。在直径为 9 cm 的培养皿中铺放 3 层直径 9 cm 的滤纸,每个培养皿加蒸馏水 6 ml,将滤纸打湿,制成发芽床,将已消毒好的各供试甘蓝型油菜种子分别置于培养皿中,每个培养皿放 100 粒种子,并加盖,于 25℃ 的培养箱中暗培养 24 h 至种子露白。用 PEG - 6000 浓度分别为 0%、5%、10%、15%、20% (W/V) 进行模拟干旱胁迫处理,其中 0% PEG 仅为蒸馏水,做为对照。每个品种 5 个处理,重复 3 次,完全随机排列。每个培养皿中加入相应的 PEG 渗透溶液 10 mL,在温度为 25℃ 的恒温培养箱中继续培养。培养 10 d 后,将其取出用自来水冲洗掉幼苗根部的 PEG 溶液,用直尺测量其根长和幼苗高度,每个处理材料测量 10 株幼苗。再将根部和幼苗分开放于烘箱中,烘干测其根冠比和总生物量干重。

表 1 油菜品种(系)的系谱来源		
Table 1 Pedigree source of rapeseed cultivars (line)		
品种(系) Cultivars (Lines)	系谱 Pedigree	
EV1	7339 - 8	
EV2	Jia219	
EV3	7792 - 95/772	
EV4	2000 - 5/3022	
EV5	HSTC2/784	
EV6	C022/5C21	

幼苗抗旱指数(DI)。公式为 $DI = \frac{\text{渗透胁迫下幼苗平均干物质质量}}{\text{对照条件下幼苗干物质质量}}$ 。

1.2.2 大田试验 试验于 2012 年 9 月 - 2013 年 5 月在陕西省大荔县杂交油菜研究中心试验田内进行(该地处于渭北旱区,属于半干旱地区,利用自然降水造成干旱胁迫,以油菜的生长状况来评价抗旱性,北纬 34°36' 东经 109°43'),整个生育期的降水量为 222.3 mm(如图 1)。小区面积 3 m²,行长 2.5 m,行距 0.4 m,密度 22.5 万株·hm⁻²,设置三个重复,试验采用随机区组设计。在试验材料播种后,油菜幼苗生长到五叶期时测量冠层覆盖面积、总生物量干重和根系干重,每个材料测量 5 株。

1.2.3 数据统计分析 利用 EXCEL 软件进行数据整理、分析与绘图。采用 SAS 软件对试验结果进行方差分析和性状间相关性分析。

2 结果与分析

2.1 参试油菜品种的抗旱性分析

抗旱指数是衡量油菜抗旱性的一个综合指标,抗旱指数的大小反映了油菜品种的抗旱性大小,可操作性强,是目前最适用于油菜综合性抗旱鉴定指标^[6]。通过对不同油菜品种的抗旱指数分析,从表 2 可知:在所参试的油菜品种中,不同抗旱类型油菜品种抗旱指数不同,其中抗旱指数最高的为 EV2,其次为 EV1、EV3、EV4、EV5;抗旱指数最低的为 EV6,参试品种的抗旱指数,反映了各品种的抗旱性差异。

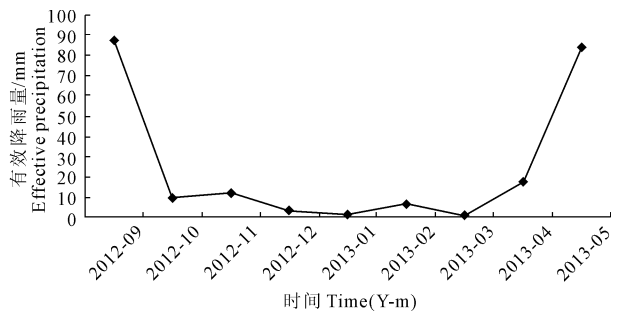


图 1 油菜生育期有效降水分布

Fig.1 Distribution map of effective precipitation during growing period of rapeseed

表 2 参试油菜品种抗旱指数

Table 2 Drought resistance index of rapeseed cultivars

品种 Variety	抗旱指数 DI
EV1	0.7889
EV2	0.8098
EV3	0.7608
EV4	0.5657
EV5	0.4382
EV6	0.4340

2.2 不同浓度 PEG - 6000 胁迫条件下油菜生长性状的变化

如表 3 所示,高浓度 PEG 胁迫处理下,各参试油菜品种的根长和苗高都有明显的缩短,在没有 PEG 胁迫(对照)时,油菜品种之间的根长差异比较大,最长的是 EV1、EV2 和 EV3, EV6 的根长最短,随着胁迫浓度的提高,各油菜品种的根长都有不同程度的下降,在浓度大于 10% PEG 胁迫下各油菜根长的降低最为明显;在浓度大于 15% PEG 胁迫下, EV1、EV2、EV3 和 EV4 的根长降低幅度是最大的。在没有胁迫处理下,各油菜品种的苗高差异不大,随着胁迫浓度的升高出现了不同程度的变化, EV6 的

变化最为明显,在浓度大于 5% PEG 胁迫下苗高降低幅度特别大,说明对于干旱胁迫较敏感,随着干旱胁迫的加剧苗的生长变得缓慢。在苗高中,在浓度为 10% EPG 胁迫下, EV4 比 EV5 的变化大,呈现降低;但是在浓度为 15% EPG 胁迫条件下,苗高降低幅度比 EV5 小,说明不同材料对于干旱胁迫的反应和适应情况不同。在没有胁迫处理下各品种的的根冠比以 EV3 最大, EV1 次之, EV5 最小。随着 PEG 胁迫浓度升高到 5% 时, EV1 和 EV2, EV3 都有不同程度的降低,但其它材料均呈现增大的趋势;胁迫浓度从 5% 到 10% 时 EV1 和 EV2 的根冠比增大了, EV6 的根冠比降低了;在胁迫浓度从 10% 升高到 20% 时根冠比都呈现增大的趋势,以 EV2 和 EV1 最高, EV5 和 EV6 较低,说明在干旱胁迫下 EV1 和 EV2 对于干旱胁迫的适应性强, EV5 和 EV6 对于干旱胁迫较为敏感,抗旱性要弱一些,根的生长较为缓慢。

2.3 不同浓度 PEG 胁迫条件下油菜幼苗生长性状的方差分析

通过对各品种多因素处理方差分析表明(表 4),根长的变化在品种间、处理间和品种与处理间都达到了极显著的差异;苗高和根冠比的变化在品种间有显著差异,在处理间以及品种与处理间达到了极显著差异。对各品种在所有处理浓度下 Duncan 多重比较分析,如表 5 所示,品种 EV1、EV2、EV3 和 EV4 之间的根长差异显著, EV5 和 EV6 间无差异,以 EV1 的根长居首, EV6 的根长最短;在苗高中,品种 EV1、EV2 和 EV3 之间无显著差异,但是与 EV4、EV5、EV6 之间存在显著性差异;在根冠比中 EV5 和 EV6 两个品种间无差异,与其余四个品种之间存在显著性差异,以 EV1 的根冠比最大, EV6 的根冠比最小。

2.4 大田条件下不同油菜品种的苗期生长性状变化

如表 6 所示,不同品种间在油菜五叶期冠层覆盖地面积差异较大,以 EV2 的冠层覆盖面积最大,与其它品种相比具有极显著性差异; EV3 和 EV1 的冠层覆盖面积次之,两者之间无显著性差异; EV5 的冠层覆盖面积最小,与其它品种之间存在极显著性差异。在总生物量干重方面,冠层覆盖面积较大的品种其干物质积累量也较大,在品种间 EV2、EV3 和 EV1 之间无极显著性差异,与 EV4、EV6 和 EV5 之间存在极显著性差异,但 EV2 和 EV1 之间具有显著性差异。在根系干重方面, EV2 与其它品种之间存在极显著性差异; EV3 和 EV1 之间无差异,但与 EV4、EV6 和 EV5 之间存在极显著性差异; EV4、EV6 和 EV5 之间无差异。

表 3 不同浓度 PEG – 6000 胁迫对油菜苗期生长性状的影响

Table 3 Effect of different concentration PEG – 6000 stress on traits of rapeseed seedling stage

性状 Trait	品种编号 NO. of cultivars	胁迫浓度 Concentration of PEG – 6000 stress				
		CK	5%	10%	15%	20%
根长/cm Root length	EV1	6.82 ± 0.23	6.55 ± 0.18	6.47 ± 0.21	5.94 ± 0.17	3.71 ± 0.08
	EV2	6.58 ± 0.15	6.32 ± 0.13	6.25 ± 0.15	5.92 ± 0.09	3.57 ± 0.06
	EV3	6.52 ± 0.17	6.38 ± 0.17	6.10 ± 0.19	5.74 ± 0.10	3.51 ± 0.11
	EV4	6.30 ± 0.21	6.05 ± 0.24	5.95 ± 0.12	5.54 ± 0.21	2.98 ± 0.09
	EV5	5.80 ± 0.12	5.50 ± 0.23	4.82 ± 0.09	3.72 ± 0.11	2.13 ± 0.07
	EV6	5.20 ± .0.19	5.10 ± 0.16	4.52 ± 0.12	3.15 ± 0.08	1.83 ± 0.06
苗高/cm Seedling height	EV1	14.48 ± 0.25	13.80 ± 0.17	13.12 ± 0.022	12.48 ± 0.21	5.91 ± 0.12
	EV2	13.79 ± 0.09	13.54 ± 0.19	12.53 ± 0.19	11.02 ± 0.26	6.13 ± 0.25
	EV3	14.72 ± 0.14	13.93 ± 0.22	13.08 ± 0.18	10.23 ± 0.18	4.30 ± 0.13
	EV4	14.12 ± .0.15	13.54 ± 0.14	11.35 ± 0.22	9.82 ± 0.16	3.92 ± 0.15
	EV5	14.15 ± 0.22	13.22 ± 0.16	11.83 ± 0.27	7.05 ± 0.11	3.16 ± 0.26
	EV6	13.83 ± 0.17	12.95 ± 0.22	10.25 ± 0.03	7.11 ± 0.11	2.15 ± 0.14
根冠比 Ratio of root to shoot	EV1	0.83 ± 0.09	0.72 ± 0.12	0.95 ± 0.15	1.02 ± 0.12	1.09 ± 0.04
	EV2	0.81 ± 0.11	0.69 ± 0.18	0.83 ± 0.13	0.98 ± 0.08	1.10 ± 0.05
	EV3	0.85 ± 0.008	0.70 ± 0.11	0.80 ± 0.16	0.92 ± 0.12	0.98 ± 0.02
	EV4	0.74 ± 0.012	0.79 ± 0.07	0.87 ± 0.09	0.87 ± 0.07	0.92 ± 0.06
	EV5	0.68 ± 0.09	0.72 ± 0.09	0.76 ± 0.06	0.88 ± 0.06	0.89 ± 0.08
	EV6	0.77 ± 0.08	0.81 ± 0.12	0.71 ± 0.08	0.79 ± 0.11	0.91 ± 0.05

表 4 3 个苗期性状 PEG 胁迫处理与品种间的方差分析

Table 4 Variance analysis of 3 seedling traits among cultivars under PEG – 6000 stress

变异来源 Variance source	根长 Root length	苗高 Seedling length	根冠比 Ratio of root to shoot
品种间 Cultivars	6.3184 * *	9.6693 *	0.0232 *
处理间 Treatment	20.7542 * *	31.8518 * *	0.1056 * *
品种间 × 处理间 Variety × Treatment	0.1667 * *	1.7944 * *	0.0071 * *

注: * 和 * * 分别表示 0.05 和 0.01 的显著水平。
Note: * and * * indicate differences significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

表 5 不同品种三个苗期性状的 Duncan 多重比较分析

Table 5 Duncan multiple comparisons analysis of 3 seedling traits among cultivars

品种 Cultivars	根长 Root length	苗高 Seedling length	根冠比 Ratio of root to shoot
EV1	5.877Aa	11.879Aa	0.905Aa
EV2	5.710Ab	11.305Aa	0.866Bb
EV3	5.621Bc	11.196Aa	0.849BCbc
EV4	5.348Cd	10.521Bb	0.830Cc
EV5	4.379Ee	9.861Cc	0.791Dd
EV6	3.941Ee	9.250Dd	0.775Dd

注:表中数据为各品种不同胁迫处理下的平均值。同一列中不同字母表示差异显著,小写和大写字母分别表示 0.05 和 0.01 显著水平。

Note: Data in this table were the average of cultivars under different PEG simulated stresses. Different letters in the same row indicate significant difference; small and capital letters indicate significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

表 6 大田条件下苗期各形态指标的变化

Table 6 Seedling morphological parameters under field condition

冠层覆盖面积/cm ² Canopy cover area		总生物量干重/g Total biomass		根系干重/g Root dry weight	
EV2	811.90Aa	EV2	20.77Aa	EV2	2.925Aa
EV3	760.09Bb	EV3	19.51Aab	EV1	2.280Bb
EV1	746.86Bb	EV1	18.68Ab	EV3	2.185Bb
EV4	650.83Cc	EV4	15.21Bc	EV4	1.465Cc
EV6	541.15Dd	EV6	9.74Cd	EV6	1.155Ced
EV5	475.77Ee	EV5	7.11Ce	EV5	1.020Cd

通过对冠层覆盖面积、总生物量干重和根系干重三者的相关性分析,从表 7 中可知,三者之间均存在极显著相关性,说明在早期发育过程中,发育较快的品种如 EV2、EV1 其叶面积大,覆盖地面积也大,能较好地阻止地面水分的蒸发量,根系的生长也就比较良好,对油菜的生长有利,同时较大的叶面积增大了光合面积,提高了光合量,随之积累的干物质也就较多,其早期活力也较强;反之,较小的叶面积对地面水分蒸发的阻止能力也变小了,相应的生长速度也慢,早期活力不强。根系生长较好可有效利用

深层土壤水分, 提高其抗旱性, 保证了地上部分的生长。

表 7 冠层覆盖面积、总生物量和根系干重的相关性分析
Table 7 Correlation analysis of canopy cover area, total biomass and root dry weight

项目 Item	冠层覆盖面积 Canopy cover area	总生物量干重 Total biomass	根系干重 Root dry weight
冠层覆盖面积 Canopy cover area	1		
总生物量干重 Total biomass	0.98 **	1	
根系干重 Root dry weight	0.96 **	0.93 **	1

注: * 和 ** 分别表示 0.05 和 0.01 的显著水平。
Note: * and ** indicate significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

2.5 抗旱性与五叶期性状的通径分析

为了进一步探索冠层覆盖面积、总生物量干重和根系干重三者对抗旱性贡献的大小, 将其做通径分析(如表 8)。苗期三个性状对抗旱性直接影响的大小顺序为: 冠层覆盖面积 > 根系干重 > 总生物量干重。在三者中冠层覆盖面积对抗旱性的直接作用最大, 为 0.5975, 说明冠层面积大提高了品种的群体效应, 覆盖较大的地面积, 有利于保持地面土壤中的水分, 利于根系对水分的吸收利用, 从而提高了其抗旱性。

表 8 苗期性状对抗旱性的通经系数
Table 8 Path coefficients of seedling traits to drought resistance

项目 Item	$X_1 \rightarrow Y$	$X_2 \rightarrow Y$	$X_3 \rightarrow Y$
$X_1 \rightarrow$	0.5975	0.4953	0.3614
$X_2 \rightarrow$	0.4283	0.4296	0.5336
$X_3 \rightarrow$	0.2698	0.4115	0.5571

注: 下划线的为直接通径系数, 未划线的为间接通径系数。 X_1 : 冠层覆盖面积; X_2 : 总生物量干重; X_3 : 根系干重。
Note: the numbers underlined are direct path coefficients, while others are indirect path coefficients. X_1 : Canopy cover area; X_2 : Total biomass; X_3 : Root dry weight.

3 讨 论

作物抗旱性特征研究和评价是作物抗旱研究的重要内容, 目前应用较多的是以盆栽鉴定作物抗旱性, 而且主要以生理指标的测试为主要研究内容, 不同研究得出不同的结论, 研究内容往往重复性较差^[13-19]。基于此, 本试验采用了模拟干旱胁迫的室内研究和利用自然降水造成干旱胁迫的大田试验

相结合的方法对苗期抗旱性特征进行了探讨。研究发现在干旱胁迫下对芽苗期油菜的根长和苗高都有不同程度的影响, 总体呈现下降趋势, 这与李真^[7]等的研究结果相同。在干旱胁迫条件下生长相对较好的品种在大田环境中也有较好的表现, 生长势较强, 在相同的时间内能够积累更多的物质, 如 EV1、EV2 和 EV3, 在干旱胁迫条件下的幼苗长势优于 EV4、EV5 和 EV6, 在大田相同环境条件下的长势和幼苗胁迫的长势具有一致性, 冠层面积大, 早期活力强, 生长势好, 说明抗旱能力强, 对有限水分利用率较高, 与 Margreet W. ter SteegeG. 和 J. Rebetzke 等在小麦上的研究相同, 都认为早期活力强, 抗旱性好对作物在干旱时期安全生长至关重要^[20-22]。

在旱区, 作物生长所需的大量水分主要是依靠降水, 然而 50% 的降水可能通过蒸发直接从土壤表层丢失。减少这种从土壤表层丢失水分的一种有效方法就是发展一个早期生长较快和活力更强的一个品种^[23]; 因为较大叶片所产生的冠层将更加有效地遮蔽土壤表层, 减少地面蒸腾量, 从而将水分利用效率提高了 25% 以上, 达到抗旱的目的, 而且较大的叶片吸收更多的光线, 制造更多的养分, 使作物得到更好的生长, 对提高作物总的生物量和种子产量有重要贡献^[24], 在本研究中也发现油菜苗期冠层的大小与抗旱指数的直接通径系数高, 可将这一相关特性应用在今后的抗旱材料筛选中。笔者在育种实践中也发现, 在对旱区育种材料选育中, 可通过对材料早期生长势和冠层大小的观察记载, 来预测其抗旱性的强弱。植物抗旱性是一个复杂的生理过程, 采用多指标, 多个时期的抗旱性特征综合评价, 其结果更加有效真实, 本试验只仅对苗期特征进行了比较探讨, 在今后还要加强油菜生长发育后期的抗旱性特征研究, 为筛选真正抗旱的种质资源和选育抗旱性品种打下基础。真正有效地从生物节水的角度提高作物利用水分效率, 以达到作物抗旱目的, 这也将成为今后的研究重点。

参 考 文 献:

[1] 赵红梅, 郭程瑾, 段巍巍, 等. 小麦品种抗旱性评价指标研究[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(1): 76-81.
[2] 桂月晶. 油菜抗旱指标筛选及抗旱相关基因的表达分析[D]. 河南郑州: 河南大学, 2011.
[3] 王道杰, 桂月靖, 杨翠玲, 等. 油菜抗旱性及鉴定方法与指标Ⅲ. 油菜苗期抗旱性及鉴定指标筛选[J]. 西北农业学报, 2012, 21(6): 108-113.
[4] 谢惠民, 石 峰, 张晓科, 等. 我国北部不同生态区冬小麦新品种水分利用效率的研究[J]. 西南农业学报, 2005, 18(5): 557-

561.

- [5] 山 仑. 挖掘植物自身抗旱节水潜力的探讨[J]. 河南大学学报, 2012, 42(5): 587-592.
- [6] 杨春杰, 程 勇, 邹崇顺. 模拟干旱胁迫下不同甘蓝型油菜品种发芽能力的配合力与遗传效应分析[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1744-1749.
- [7] 李 真, 梅淑芳, 梅 忠, 等. 甘蓝型油菜 DH 群体苗期抗旱性的评价[J]. 作物学报, 2012, 38(11): 2108-2114.
- [8] 胡承伟, 张学昆, 邹锡玲, 等. PEG 模拟干旱胁迫下甘蓝型油菜的根系特性与抗旱性[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(1): 048-053.
- [9] 谢小玉, 张 霞, 张 兵. 油菜苗期抗旱性评价及抗旱相关指标变化分析[J]. 中国农业科学, 2013, 46(3): 476-485.
- [10] Norouzi M, Toorchi M, Salekdeh GH, et al. Effect of water deficit on growth, grain yield and osmotic adjustment in rapeseed[J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2008, 6(2): 132-138.
- [11] Wright P R, Morgan J M, Robins J. Turgor maintenance by osmoregulation in *Brassica napus* and *B. juncea* under field conditions[J]. Annals of Botany, 1997, 80: 313-319.
- [12] 张 霞, 谢小玉. PEG 胁迫下甘蓝型油菜种子萌发期抗旱鉴定指标的研究[J]. 西北农业学报, 2012, 21(2): 72-77.
- [13] 罗明亮. 甘蓝型油菜苗期耐旱相关性状的配合力和遗传效应分析[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [14] 王士强, 胡银岗, 仝奎军, 等. 小麦抗旱相关农艺性状和生理生化性状的灰色关联度分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 1744-1749.
- [15] 宋凤斌, 徐世昌. 玉米抗旱性鉴定指标的研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(1): 127-129.
- [16] 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.
- [17] 孟庆立, 关周博, 冯佰利, 等. 谷子抗旱相关性状的主成分与模糊聚类分析[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2667-2675.
- [18] 鲁雪林, 王秀萍, 张国新. 旱稻抗旱性评价指标研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 124-126.
- [19] 朱宗河, 郑文寅, 张学昆. 甘蓝型油菜耐旱相关性状的主成分分析及综合评价[J]. 中国农业科学, 2011, 44(9): 1775-1787.
- [20] Margreet W, Franka M, Hans L, et al. Genetic and physiological architecture of early vigor in *aeiopolis tauschii*, the D - genome donor of hexaploid wheat. a quantitative trait loci analysis[J]. Plant Physiology, 2005, 139: 1078-1094.
- [21] Rebetzke G J, Richards R A. Genetic improvement of early vigor in wheat[J]. Aust J Agric Res, 1999, 50: 291-301.
- [22] Richards R A, Lukacs Z. Seedling vigor in wheat—sources of variation for genetic and agronomic improvement[J]. Aust J Agric Res, 2002, 53: 41-50.
- [23] Lu X L, Niu A L, Cai H Y, et al. Genetic dissection of seedling and early vigor in a recombinant inbred line population of rice[J]. Plant Science, 2007, 172: 212-220.
- [24] Messmer S T P, Stamp N, Ruta A. QTLs for early vigor of tropical maize[J]. Mol Breeding, 2010, 25: 91-103.

(上接第 45 页)

- [4] 孟义江,宋占权,魏俊杰,等.玉米耐盐基因型的筛选[J].河南农业科学,2004,(4):25-28.
- [5] 徐立华,阴卫军,周柱华,等.细胞工程技术培育玉米耐盐自交系[J].作物杂志,2006,(4):26-28.
- [6] 付 艳,高树仁,王振华.玉米种质苗期耐盐性的评价[J].玉米科学,2009,17(1):36-39,50.
- [7] 汤 华,柳晓磊.盐胁迫下玉米苗期农艺性状和脯氨酸含量变化的研究[J].中国农学通报,2007,23(3):244-249.
- [8] 柳斌辉,张文英,栗雨勤.玉米耐盐性的鉴定评价[J].华北农学报,2012,27(Z1):101-105.
- [9] 杨书华,张春宵,朴明鑫,等.69份玉米自交系的苗期耐盐碱性分析[J].种子,2011,30(3):1-6.
- [10] 张宪政,陈凤玉,王荣富.植物生理学试验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1994.
- [11] 张国伟,路海玲,张雷陈,等.棉花萌发期和苗期耐盐指标的筛选[J].应用生态学报,2011,22(8):2045-2053.
- [12] Dkhil B B, Denden M. Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* L. (Moench.) seeds [J]. African Journal of Agricultural Research, 2010, 5: 1412-1418.
- [13] Epstein E. In better crops for food [J]. Ciba Foundation Symposium, 1983, 97: 61-82.
- [14] 王宝山,赵可夫,邹 琦.作物耐盐机理研究进展及提高作物抗盐性的对策[J].植物学通报,1997,(14):25-30.
- [15] 杨洪斌,邱念伟,陈 敏.小麦耐盐机理及培育抗盐品种研究进展[J].山东师范大学学报,2001,16(1):79-82.
- [16] 马雅琴,翁跃进.引进春小麦种质耐盐性的鉴定评价[J].作物学报,2005,31(1):58-64.
- [17] Ashraf M. Salt tolerance of cotton: Some new advances [J]. Critical Review in Plant Science, 2002, 21(1): 1-30.
- [18] 汤 华,柳晓磊,罗秋芸.玉米耐盐早期筛选体系的初步研究[J].海南大学学报(自然科学版),2007,25(2):169-172,176.
- [19] 彭云玲,李伟丽,王坤泽,等.NaCl胁迫对玉米耐盐系与盐敏感系萌发和幼苗生长的影响[J].草业学报,2012,21(4):62-71.
- [20] 张培培,杜 锦,向春阳,等.NaCl胁迫对玉米种子活力及幼苗性状的影响[J].中国农学通报,2011,27(30):35-38.
- [21] 刘 芳,付 艳,高树仁,等.玉米幼苗的盐胁迫反应及玉米耐盐性的鉴定[J].黑龙江八一农垦大学学报,2007,19(6):22-26.
- [22] 付 艳,高树仁,杨克军,等.盐胁迫对玉米耐盐系与盐敏感系苗期几个生理生化指标的影响[J].植物生理学报,2011,47(5):459-462.
- [23] 付 艳,高树仁,杨克军,等.盐胁迫对玉米耐盐系与盐敏感系苗期生长影响的比较研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2011,23(1):13-15.
- [24] Casenave E C, Degano C A, Toselli M E, et al. Statistical studies on anatomical modifications in the radicle and hypocotyl of cotton induced by NaCl [J]. Biological Research, 1999, 32: 289-295.