

大豆抗旱性研究进展^{*}

孙祖东 陈怀珠 杨守臻 黎 炎

(广西农业科学院经济作物研究所, 广西 南宁 530007)

ADVANCES IN DROUGHT TOLERANCE IN SOYBEAN

Sun Zudong Chen Huaizhu Yang Shouzhen Li Yan

(Industrial Crops Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, 530007)

摘要 大豆抗旱性在水分不足的干旱和半干旱地区的大豆生产中起着重要的作用,是高产稳产的限制因素之一,品种的抗旱性好,产量就高。本文从抗旱资源的鉴定和筛选、干旱对大豆生长发育的影响、抗旱性的生理基础、抗旱指标与分级方法等方面概述了大豆抗旱性研究的进展。

关键词 大豆; 抗旱性

中图分类号 S565.103.4 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2001)03-0221-06

抗旱性是大豆高产稳产的重要生态性状,当土壤中水分少到不足以维持大豆正常生长需要时,便会出现干旱。由于干旱的发生,大豆体内的水分平衡就会失调,从而使原生质脱水、衰老、破坏、光合能力降低、有机物运输及积累减少,同时破坏了有机物合成与分解的正常比例,对产量造成严重的影响。

具抗旱性的作物往往根系发达、根冠比较大、叶片的气孔多、输导组织发达、茸毛多、角质化程度高或蜡质层厚,这样的构造对水分的贮藏与供应都很有利。在生理上,抗旱性强的品种在干旱情况下,不削弱酶的合成活性,能够保持较强的同化能力,蛋白质与淀粉等主要干物质的合成仍然维持较高的水平,能够积累一定的干物质;在干旱时,原生质的粘性较大,束缚水含量较高,自由水含量较少,能够维持体内水分的协调平衡。

1 抗旱性鉴定与抗源筛选

抗旱性鉴定贯穿整个抗旱遗传育种工作的始终,抗旱资源的筛选是大豆抗旱育种的基础,也是研究大豆抗性机制的基础。有了抗旱种质,才能为开

展各项抗旱性研究提供基础材料。

国际上,大豆的抗旱性研究始于70年代末。Cortes P M等(1978)在自然干旱条件下,鉴定出Wilkn、SRF150等具有较强抗旱能力的种质,在严重干旱条件下,仍能获得较高的产量。Carter等^[1]经过二年的研究,鉴定了300份大豆种质的抗旱性,其中来自日本的PI416937在受到干旱胁迫时,萎蔫程度远低于其它品种,随后的研究证明,PI416937能够保持较高的叶片含水量,并能较有效地利用土壤中的水分。

在我国,大豆的抗旱性研究起步较晚,刘学义等^[2]1987—1989年对黄淮海地区11省(市)的5071份大豆资源进行了田间抗旱性鉴定。以产量、单株粒数、单株荚数、分枝数和株高为指标性状,用抗旱系数法进行分级,鉴定出1级高抗类型393份,占7.75%;2级中高抗类型614份,占12.11%;3级中抗类型805份,占15.87%;4级弱抗类型995份,占19.62%;5级不抗类型2264份,占44.65%。

在高抗的1级、2级资源中,来自山西的占32.97%,来自江苏的占3.97%,大豆种质资源的抗旱性,与原来生长在干旱的条件下有关。

* 收稿日期:2000-08-02

基金项目:广西青年科学基金项目(桂科青9811009)。

作者简介:孙祖东(1963-),男,博士,副研究员,研究方向大豆遗传育种。

抗旱性鉴定方法通常有利用田间自然干旱条件鉴定、温室人工控制水分条件鉴定、实验室鉴定和生理生化鉴定等。

1.1 田间自然干旱条件鉴定

将鉴定品种直接种于田间,利用自然干旱条件造成水分胁迫,使生长发育受到影响,并用人工灌溉作对照,以此来评价品种的抗旱性^[2-6]。梁成第^[3]应用这种方法鉴定了902份大豆品种的抗旱性。按大豆叶片萎蔫值与大豆株高、单株荚数、单株粒数、单株产量的干旱指数值的累加值,把902份大豆品种划为5个不同的抗旱级别,鉴定出中度以上(1级+2级)的抗旱品种176份。

田间鉴定的另一种方法是将鉴定品种种植在不同的生态条件下进行异地多点的田间试验,由于不同的自然降水量形成不同的土壤水分状况,并主要根据产量来评价抗旱性^[7]。

田间鉴定方法简单易行,在进行大规模的鉴定时十分有效,所获结果在当地条件下比较可靠。缺点是受到季节的限制,工作量大,所需时间长,速度慢,每年结果可比性差,难以重复。

1.2 温室人工控制水分条件鉴定

在温室内,通常使用盆栽的方法鉴定大豆品种的抗旱性。刘良舟等^[8]在盆栽条件下鉴定了105份大豆种质(其中,野生种质6份)。鉴定出徐州小油豆、崇明铁梗豆和丰县孙楼子黄豆在生育前期和生育后期均表现出较强的抗旱性。温室鉴定易于控制土壤的水分条件,也可以控制空气湿度施加干旱胁迫,造成大气干燥,还可以给大豆喷施化学干燥剂,进而可研究不同生育期内干旱对生长发育、生理过程或产量的影响^[9-10]。此法克服了田间鉴定的一些缺点,鉴定结果便于比较,也比较可靠,同时便于控制干旱胁迫时间、强度和重复次数,可选择任何生长发育阶段进行鉴定。但室内鉴定需要一定设备,能源消耗大,无法进行大规模鉴定。同时,由于温室环境与大田环境的差异有可能带来试验误差。

1.3 实验室鉴定

在实验室内,通常用高渗溶液如聚乙二醇(PEG)^[11-13]、蔗糖、葡萄糖^[16]或甘露醇溶液^[17]等进行干旱模拟来研究其对种子萌发和幼苗生长发育的影响,从而鉴定大豆品种的抗旱性。

Bousslama等^[14]用-0.6MPa的PEG溶液对20份大豆品种进行种子发芽试验,结果,Forrest Essex发芽较好,表现出较强的抗性。使用溶液培养幼苗的鉴定结果与自然鉴定的结果有极显著的正相关,

因此他们认为,用高渗溶液培养的方法来鉴定大豆的抗旱性是较可靠和具有应用价值的大豆抗旱性鉴定方法。

高渗溶液法简单易行,周期短,只要种子质量有保证,可以做为大批量的筛选方法。

1.4 生理生化鉴定

叶片持水力的测定 叶片持水力的大小反映出大豆品种保持体内水分的能力,通过测定叶片失水速率,可以鉴定大豆品种的抗旱性^[18-20]。叶片失水速率小,保水力就强,品种的抗旱性也就较强;反之,叶片失水速率大,其保水力就弱,品种的抗旱性也较弱。

叶片电导率的测定 大豆叶片在干旱逆境条件下,细胞膜会受到破坏,细胞内含物向外渗漏,叶片电导率增加,通过测定叶片的电导率,计算出细胞膜的伤害率,再根据伤害率的大小来鉴定大豆品种的抗旱性^[18-19]。

$$\text{伤害率} = \frac{\text{处理电导率值}}{\text{煮沸后电导率值}} \times 100\%$$

凡伤害率小的,表明该品种在干旱逆境条件下,细胞膜的破坏程度较轻,品种的抗旱性较强;随着伤害率的增加,其抗旱性随之下降。

在选择鉴定方法时,应本着可靠实用、简便易行的原则。田间鉴定最直接,能够真实反映出大豆的种性,但是,难以控制环境的水分状况。

2 干旱对大豆生态及产量性状的影响

2.1 大豆生育期与抗旱性

大豆的抗旱机制通常有避旱与耐旱,在季节性干旱地区,利用早熟品种是有效措施^[21-22]。通过种植早熟品种,使大豆在干旱来临之前就已成熟收获,或者使大豆的干旱敏感生育时期与环境的干旱期错开,达到避旱的目的。

不同抗旱类型的品种其生育特性不同,在生育前期生长发育过程中,干旱敏感型在适宜水分条件下比抗旱类型品种生长势大、发育快,而在干旱条件下完全相反。如株高和烘干的生物量,抗旱品种在适宜水分条件下比干旱敏感型品种分别少0.77cm/10天,1.67g/株;但在干旱条件分别增加2.33cm/10天和0.4g/株^[8]。

在生育后期,抗旱品种在生育前期正常条件下,相对地表现生长缓慢、植株矮小、根、茎生长量小;而遇干旱则大大减少这种差距,甚至会出现相反的结果。

果。

从生育前、后期的抗旱性关系来看,大豆品种在生育前期的抗旱性与在生育后期的抗旱性无相关,这种现象可能与品种的抗旱性机制有关。

2.2 大豆的结荚习性与抗旱性

Blanchet R, Nemeskeri E 等^[23-28]报道,大豆品种在受到干旱胁迫时,有限结荚习性和亚有限结荚习性的品种比无限结荚习性的品种具有较强的抗旱能力,籽粒的饱满度较好。

梁成第^[22]利用自然干旱条件,鉴定了 850 份具有不同结荚习性的 850 个大豆品种的抗旱性,结果有限结荚习性品种中度以上抗旱品种数(1 级+2 级)占同类型总数的百分比,大于亚有限结荚习性和无限结荚习性品种。一般地随着植株高度的增加,抗旱性减弱。抗旱强弱顺序为有限结荚习性>亚有限结荚习性>无限结荚习性。

2.3 大豆产量性状与抗旱性

干旱是大豆高产稳产的重要限制因素,由于干旱胁迫,会使大豆产量显著减少^[29],在花期受旱时对产量的影响较在苗期受旱时大。寿惠霞等^[30]的盆栽试验研究结果,8 个大豆品种在苗期受旱每株籽粒产量是 3.9—6.9g,在花期受旱每株籽粒产量是 1.7—5.2g,而不受旱的产量是每株 6.3—8.0g。在苗期受旱产量平均下降 20.40%,花期受旱产量平均下降 46.23%。苗期受旱会使植株生长缓慢、分枝数减少、单株荚粒数减少,从而使产量降低;花期受旱会使大量花荚脱落,造成产量损失。

与抗旱性密切相关的性状主要有子粒产量、单株粒数、单株荚数、植株高度、分枝数等^[31]。任冬莲等应用受旱指数将干旱对各种性状抑制作用的大小进行排队,其受旱指数的顺序为子粒产量>二粒荚数>单株粒数>单株荚数>一粒荚数>三粒以上荚数>分枝数>百粒重>株高>主茎节数>鼓粒至成熟日数>出苗至开花日数>开花至鼓粒日数。受旱指数大,受到干旱抑制的作用就强,由此可见,干旱抑制作用最大的是子粒产量和产量构成因素,其次是形态性状,再次是生育期性状。其研究结果还表明,在干旱环境条件下,子粒产量,生物产量,单株荚数、单株粒数与抗旱性呈高度正相关;叶片萎蔫度、黄化脱落叶节位与抗旱性呈高度负相关。

3 抗旱性的生理基础

3.1 气孔特性与大豆抗旱性

气孔是控制叶片内水蒸气和 CO₂ 扩散的门户,气孔数目和大小影响着蒸腾作用和光合作用的全过程。气孔的调节机能主要表现在当水分供应充足并有利于进行快速 CO₂ 同化时,气孔导度趋于增加;而在有利快速蒸腾,不利光合作用时,气孔导度则趋于减小^[32-36]。气孔的这种调节方式,可使植株以有限的水分损耗,获得尽可能大的 CO₂ 同化量,从而使一天中对水分的利用达到最优化。气孔调节能力的有效程度是植株适应逆境的重要方式。光照、温度、二氧化碳浓度和水分胁迫对气孔密度都有影响,气孔密度有着显著的基因型差异。叶片气孔的数量、开张度和气孔阻力都与抗旱性有关^[36]。强抗旱类型气孔密度、单位叶面积气孔总长度正、背面均大于弱抗类型^[37]。

从水分胁迫对气孔导度来看,在水分充足的条件下,干旱敏感品种气孔导度大于抗旱品种,但只要有轻度的水分胁迫(土壤含水量 65—70%),干旱敏感品种的气孔导度就会急剧下降,严重水分胁迫时,气孔导度降到了很低的水平,而抗旱品种在受到水分胁迫时,能够较好地维持气孔开放。

3.2 光合产物的分配与大豆抗旱性

大豆的物质生产受到外界条件的制约,当大豆受到干旱胁迫时,就会使器官间光合产物的分配发生变化^[38-40]。在始花期,光合产物主要积累在叶片中,此时的叶片既是能量的生产源,同时又是主要的贮存库;在鼓粒成熟期,光合作用积累的热能主要分配在籽粒中,形成产量。抗旱性强的品种光能利用率较高,热积累的速率大,分配在籽粒中的热量比例较高,可以获得较高的产量。

孙广玉^[32]利用旱棚盆栽研究了水分胁迫对强抗旱品种“7605”和干旱敏感品种鲁豆 4 号的光合速率的影响。土壤水份胁迫对两个大豆品种光合速率的影响因生育期和水分胁迫程度而异,分枝期水分胁迫对光合作用的影响明显小于其它生育期。在水分充足的条件下,鲁豆 4 号单叶光合速率在各个生育期差异不大,但“7605”则表现为在分枝期光合速率明显较鲁豆 4 号低,并且随着生育期的推移,光合速率有逐渐增强的趋势,至开花期和结荚期两个品种的光合速率接近。在受到干旱胁迫时,两个品种的光合速率都显著降低,土壤含水量越低,降低的幅度越大。比较两个品种的光合速率对水分胁迫的反应,鲁豆 4 号光合速率降低的幅度均大于“7605”,严重水分胁迫(土壤含水量 35—40%)时,“7605”的光合速率超过了鲁豆 4 号,说明“7605”有较强的抗旱

能力。

3.3 大豆根系活动与抗旱性

大豆是需水较多的作物,水分的吸收有赖于根系的作用,根系的特性和活动与抗旱性有密切的关系^[41-43]。在土壤比较干旱的条件下(相对含水量55%),抗旱性强的品种发芽迅速,胚根的生长速度快,发根能力强,一级侧根与二级侧根的数量多,能很快形成幼苗根系,主根下扎深度显著大于其它品种^[15]。在成苗期,抗旱性强的品种根系发达,主根长度和侧根总长度显著大于弱抗旱品种,向四周扩散的范围较广^[44]。从与根毛的关系来看,在干旱胁迫时,不管是哪种类型,根毛长度、根毛密度和根毛总长度均有增加,这是对水分胁迫的本能反应。但是强抗旱类型品种的根毛长度与根毛总长度均显著大于其它类型的品种,根毛长度与抗旱性关系密切^[45]。进一步研究结果,抗旱品种的根系活跃吸收表面积一般都大于抗旱中间类型品种,更大于弱抗旱类型品种。根系活跃吸收表面积是反映根系吸收能力的一个重要指标,因此,在干旱条件下,抗旱品种能够更好地吸收利用土壤中的水分。强大的根系是大豆抗旱的重要特征之一^[46]。从根的解剖结构显示,抗旱品种主根的中柱较粗、皮层细胞直径较大,导管数目较多且导管总面积较大,根的输导组织发达。这种结构特点,使抗旱品种能够更有效地吸收利用土壤水分。

郑丕芝报道^[47],根系内的可溶性物质含量高、伤流量大、渗透吸水能力强是抗旱大豆品种根系的重要生理功能。从不同抗旱类型大豆品种根系内可溶性糖的含量和游离氨基酸的含量来看,抗旱品种高于抗旱性中等和抗旱性弱的品种,从而使抗旱品种根系细胞具有较高的基态渗透浓度,也就具有较强的吸水保水能力。从根系的伤流量来看,抗旱性强的品种多于抗旱性中等和抗旱性弱的品种,而且不同抗旱类型间的差异达到了极显著水平。伤流量大,根系吸水能力就强。由于抗旱大豆品种具备了这些根系抗旱的形态特征和生理功能,所以其地上部分生长发育良好,经济产量也高。

4 抗旱指标与分级方法

抗旱鉴定就是按作物品种的抗旱能力大小进行筛选、评价和归类的过程。在进行抗旱鉴定时,必须确定抗旱指标,有了抗旱指标,才有抗旱分级的依据。在干旱胁迫的条件下,大豆的许多生态、形态、

农艺与生理生化性状都将受到影响、发生变化,因此在评价大豆的抗旱性时,选用什么指标,选用形态指标还是生理生化指标,选用单一指标还是综合指标成了大豆抗旱研究工作者关注的重点问题。总的说来,选用的指标必须实用有效和简便经济。

4.1 产量性状指标

根据产量表现来判定大豆的抗旱性,这是抗旱鉴定的经典方法,它适用在田间或干旱棚等的鉴定。在使用产量指标时,通常用抗旱系数进行分级^[2,8]。

$$\text{抗旱系数} = \frac{\text{干旱胁迫产量}}{\text{非胁迫产量}}$$

抗旱系数在0-1之间,抗旱系数越大,抗旱性越强。

4.2 种子萌发指标:

种子在高渗溶液或在有不同渗透势的土壤中萌发,根据其发芽势和发芽率来评价抗旱性^[8,17,48]。

$$\text{萌发胁迫指数} = \frac{\text{干旱胁迫下种子萌发指数(PIS)}}{\text{对照种子萌发指数(PIC)}}$$

其中,种子萌发指数(PI) = (1.00)nd₂ + (0.75)nd₄ + (0.50)nd₆ + (0.25)nd₈; nd₂, nd₄, nd₆, nd₈ 分别为第2, 4, 6, 8d的种子萌发率。

4.3 综合指标

在干旱胁迫条件下,大豆的许多性状都受到影响。在选用单一性状作抗旱指标时,不同的性状之间会产生较大的差异。为了全面客观地评价某个品种的抗旱能力,需要使用多个性状综合评价大豆品种的抗旱性。综合评定大豆抗旱性可靠程度的关键在于指标性的选择,从田间大规模鉴定角度考虑,选择指标性状不仅要顾及评定的可靠性,而且应具备实践可行性。根据前人大量的研究结果,大豆在受到干旱胁迫时,产量、株高、单株荚数、单株粒数、百粒重等性状受到的影响较大,都可以作为综合评定的性状。用综合指标评价大豆抗旱性的方法通常有:

4.3.1 抗旱系数法:以指标性状的干旱系数累加法求品种抗旱系数:

$$\text{抗旱系数} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{旱地性状值}}{\text{对照性状值}}$$

式中n为指标性状数量,i为指标性状,依照抗旱系数的大小划分抗旱级别。

4.3.2 抗旱隶属函数值方法:首先求出每个品种各特征性状的具体隶属函数值。当指标性状值与抗旱性呈正相关时,

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}}$$

当指标性状值与抗旱性呈负相关时,

$$X_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}}$$

其中, 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。然后把每个品种各个性状具体抗旱隶属值进行累加, 并求平均值:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

n 为指标性状数量, \bar{X}_i 为 i 品种抗旱隶属函数平均值, 平均值越大, 抗旱性越强^[49-50]。

抗旱性通常分为 5 级, 根据指标值的大小分别为 1 级—高抗旱型, 2 级—中抗旱型, 3 级—中间型, 4 级—干旱较敏感型, 5 级—干旱敏感型。

在评定大豆的抗旱性时, 除了使用上述指标外还使用存活率指标、根系指标、水势指标、气孔指标、光合指标、呼吸指标等。

参 考 文 献

- Carter T E Jr, Rufty T W, Kuo C G. Soybean Plant in introductions exhibiting drought and aluminum tolerance [C]. Adaptation of food crops to temperature and water stress; proceedings of an international symposium, Taiwan, 13—18, August 1992, 1993, 335—346.
- 刘学义, 张小虎. 黄淮海地区大豆种质资源抗旱性鉴定及其研究 [J]. 山西农业科学, 1993, 21(1): 19—24.
- 梁成第. 大豆抗旱性的鉴定方法 [J]. 中国油料, 1990(1): 34—37.
- Sloane R J, Ptterson R P, Carter T E Jr. Field drought tolerance of a soybean plant in introduction. Crop Science [J]. 1990, 30(1): 118—123.
- Myakushko Yu P, Ivanova O S. Evaluation of a collection of soybean material in the area of inadequate moisture in Rostov province [J]. Nauchno Tekhnicheskii Bulletin Vsesoyuznogo Nauchno Issledovatel'skogo Institute Moslichnykh—Kultur. 1988, 2: 20—23.
- Kpogonou B K, Sapra V T, Singh B P, et al. Evaluation of soybean gemplasm for stress tolerance and biological efficiency [J]. Soybean Genetics Newsletter. 1986, 13: 186—197.
- 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.
- 刘良舟, 盖钧镒, 马育华. 江淮下游大豆地方品种抗旱性鉴定的初步研究 [J]. 南京农业大学学报, 1989, 12(1): 15—21.
- Kpoghomou B K, Sapra V T, Beyl C A. Sensitivity to drought stress of three soybean cultivars during different growth stages [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 1990, 164(2): 104—109.
- Golman I L, Carter T E Jr, Patterson R P. Differential genotypic response to drought stress and subsoil aluminum in Soybean [J]. Crop Science 1993, 29(2): 330—334.
- Sahed H, Kirkwood R C. Response of adapted and unadapted soybean cell suspension cultures to water stress [J]. Phyton Horn, 1992, 32(2): 263—275.
- Sapra V T, Anaele A O. Screening Soybean genotypes for drought and heat tolerance [J]. Journal of Agronomy and Crop—Science, 1991, 167(2): 96—102.
- Kpoghomou B K, Sapra V T, Beyl C A. Screening for drought tolerance soybean gemination and its relationship to Seedling responses [J]. Journal of Agronomy and Science, 1990, 164(3): 153—159.
- Bouslama M, Schapaugh W T Jr. Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance [J]. Crop Science, 1984, 24(5): 933—937.
- 王法宏, 郑丕堯, 王树安, 等. 大豆不同抗旱性品种根系性状的比较研究. I. 形态特征及解剖组织结构 [J]. 中国油料, 1981(1): 32—37.
- Kozhushko N N. Evaluation of the drought resistance of field crops. Diagnostic ustochivosti rastenik stressovym [J]. Vozdeistviyam, 1980, 10—25.
- 李舒凡, 邵桂花. 大豆抗旱性鉴定方法的探讨与评价 [J]. 作物杂志, 1992(1): 30—31.
- 郭志强, 刘学义, 张俊荣. 大豆抗旱生理指标研究 [J]. 山西农业科学, 1988(4): 6—9.
- 李舒凡, 沈桂琴, 徐美德. 施钾对增强大豆抗旱性的影响 [J]. 大豆科学, 1993, 12(4): 302—306.
- Singh B B, Shrivastava M K, Ambawatia G A. Genotypic differences in potassium accumulation in soybean (*Glycine max*) under water stress [J]. Narendra Deva Journal of Agricultural Research, 1986, 1(2): 167—170.
- Rose I A, Mewhirter K S, Spurway R A. Identification of drought tolerance in early—maturing indeterminate Soybeans (*Glycine max* (L.) Merr) [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1992, 43(3): 645—657.
- 梁成第. 大豆生态、形态及产量性状与抗旱性研究 [J]. 辽宁农业科学, 1990(2): 3—7.
- Blanchet R. The beginnings of determinate varieties [J]. Bulletin—CETIOM, 1990(106): 14—16.
- Nemeskeri E, Rognli O A, Solberg E, et al. Investigation of the adaptability of legumes in the Hungarian climate [J]. Developments in Plant Breeding of Norway, 1994(2): 25—28.
- Chinchilla R G, Carrillo S P, Agudelo D O, et al. Evaluation of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) cultivars with different growth habits according to irrigation level [J]. Acta Agronomica, Universidad Nacional de Colombia, 1998, 38(1): 7—22.
- Boubaker M. A Study of drought tolerance in soybeans (*Glycine Max* (L.) Merr) [J]. Dissertation Abstracts International, B Science and Engineering, 1987, 47(9): 3584B 209PP.
- Cortes P M, Sinclair T R. Water relations of field grown soybean under drought [J]. Crop Science, 1986, 26(5): 993—998.
- Gelfi N, Blanchet R, Laurent J. Behaviour and production of some indeterminate soybean types under different Levels of water stress [J]. Informations Techniques CETIOM, 1985(91): 3—11.
- Resketo B, Szabo L. The effect of drought on the development and yield components of soybean [C]. Proceedings 16th ICID European Regional Conference, Vol. I. Drought phenomena, 1992, 347—354.

- 30 寿惠霞, 朱丹华, 陈彩霞, 等. 8个春大豆品种对旱境的反应及抗旱指标初探[J]. 浙江农业科学, 1991(6): 278-281.
- 31 任冬莲, 任天佑, 刘学义, 等. 适于大豆育种应用的抗旱性鉴定技术研究[J]. 华北农学报, 1997, 12(1): 61-64.
- 32 孙广玉, 邹琦, 程炳嵩, 等. 大豆光合速率和气孔导度对水分胁迫的响应[J]. 植物学报, 1991, 33(1): 43-49.
- 33 Djekoun A, Planchon C. Tomatal conductance, photosynthesis and acetylene reduction rate in soybean genotypes[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1992, 72(2): 383-390.
- 34 Paje M C M, Ludlow M M, Lawn R J. Variation among soybean (*Glycine max* (L.) Merr) accessions in epidermal conductance of leaves[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1988, 39(3): 363-373.
- 35 苗以农, 刘学军, 许守民, 等. 大豆不同品种的叶片蒸腾速率和气孔阻力[J]. 中国油料, 1982(2): 10-13.
- 36 刘学义. 作物抗旱性鉴定与方法评述[J]. 经济作物科技, 1985(1): 123-134.
- 37 路贵和, 刘学义, 张学武. 不同抗旱类型大豆品种气孔特性初探[J]. 山西农业科学, 1994, 22(4): 8-11.
- 38 Djekoun A, Planchon C. Tolerance to low leaf water potential in soybean genotypes[J]. Euphytica, 1991, 55(3): 247-253.
- 39 谢甫缙, 董钻, 赵芝新, 等. 大豆器官间的热能分布与耐旱性的关系初报[J]. 大豆科学, 1993, 12(2): 107-111.
- 40 梁成第. 大豆籽粒内含物与抗旱性关系研究[J]. 大豆科学, 1993, 12(1): 14.
- 41 Planchon C, Calmes J, Blanchet R. Ecophysiology of soybeans: II. Adaptation to dry condition[C]. Informations Techniques CEF-TIOM, 1986, 94, Supplement, 79-88.
- 42 Brown E A, Caviness C E, Brown D A. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit[J]. Agronomy Journal, 1985, 77(2): 274-278.
- 43 Garay A F, Wilhelm W W. Root system characteristics of two soybean isolines undergoing water stress conditions[J]. Agronomy Journal, 1983, 75(6): 973-977.
- 44 任冬莲, 路贵和, 刘学义. 大豆成苗期抗旱性与根系生长的关系[J]. 中国油料, 1993(1): 37-39.
- 45 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.
- 46 王金陵. 大豆根系的初步观察[J]. 农业学报, 1955, 6(3): 331-334.
- 47 郑丕尧, 王法宏, 王瑞舫, 等. 大豆不同抗旱性品种根系性状的比较研究: I. 生理功能[J]. 中国油料, 1989(2): 6-9.
- 48 王以芝. 大豆种子吸水率与抗旱性[J]. 种子世界, 1989, (1): 23-24.
- 49 刘学义. 大豆抗旱性鉴定方法与指标的综合评价[J]. 中国油料, 1986(4): 23-26.
- 50 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.

2002年《玉米科学》征订启事

《玉米科学》是1992年经国家新闻出版署和国家科委批准出版的全国性科技期刊。近年来,玉米科学已经发展成为我国唯一的玉米学术刊物,在国内玉米界具有较大影响。

《玉米科学》是理论与实践相结合,普及与提高相结合的刊物。主要报道:遗传育种、新品种信息、品种资源、耕作栽培、生理生化、生物工程、土壤肥料、植物保护、种子繁育、加工利用、国内外玉米科研动态、市场信息等方面的内容。适合科研、教学、生产及管理方面人员参考。国内外公开发行。季刊,每季末25日出版。国际大开本(210mm×297mm)。标准刊号CN22-1201/S,国内定价:每本7.00元,全年28.00元。邮发代号:12-137。全国各地邮局(所)均可订阅。漏订者可直接向吉林省公主岭市西兴华街6号,吉林省农业科学院《玉米科学》编辑部补订,邮编136100。

《玉米科学》愿为科研、教学、生产及广大农民种业界朋友竭诚服务。从2001年开始承办广告业务。广告经营许可证:四广字050104号。

电话:0434-6257334, E-mail: ymkx @ public. jaas. sp. jl. cn