

低能 C⁺ 注入对花生 M₃ 代抗旱性能影响的试验研究

徐磊¹ 杨培岭¹ 任树梅¹ 张涛² 韩玉国¹

(1. 中国农业大学 水利与土木工程学院,北京 100083; 2. 北京师范大学 低能核物理研究所,北京 100875)

摘要 以农花 5 号花生为试材,研究 4 种注量的低能 C⁺ 对农花 5 号 M₃ 代抗旱性能的影响。通过田间小区试验对 M₃ 代主茎高、侧枝长、叶片失水率等指标进行观测,运用直接评价、间接综合评价以及聚类分析方法对 M₃ 代抗旱性能进行分析。结果显示:适宜剂量的低能 C⁺ 注入能够明显改变花生 M₃ 代的抗旱能力,本试验中,C⁺ 剂量为 10¹⁵ cm⁻² 时,花生 M₃ 代的抗旱性显著强于对照;剂量 10¹² cm⁻²,M₃ 代的抗旱性略有增强;而 10¹¹ cm⁻² 和 10¹⁶ cm⁻² 剂量条件下抗旱性与对照相比差异不大。因此,低能 C⁺ 注入可以改变花生品性,是获得优质种子资源的一种有效方法。

关键词 花生;低能 C⁺;注入剂量;抗旱性;直接和间接综合评价

中图分类号 S 5034

文章编号 1007-4333(2007)04-0050-05

文献标识码 A

Study on drought resistance of M₃ generation of peanut induced by low energy C⁺ ion implantation

Xu Lei¹, Yang Peiling¹, Ren Shumei¹, Zhang Tao², Han Yuguo¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Institute of Low Energy Nuclear Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract Taken the Nonghua 5 peanut as experimental material, the effects of low energy C⁺ ion implantation in four doses in M₃ generation on drought resistance was experimentally studied. The main stem, the cotyledonary branch, the dehydration rate and other parameters were observed. The methods of direct evaluation, comprehensive indirect evaluation and the clustering analysis were used to evaluate the drought resistance of M₃ generation. Results showed that the drought resistance was distinctly inflected by low energy C⁺ ion implantation. In the dose of 10¹⁵ cm⁻² the drought resistance was obviously prior to the control and it was slightly prior to in the dose of 10¹² cm⁻². While in the dose of 10¹¹ cm⁻² and 10¹⁶ cm⁻² the drought resistances were almost no change. It can be also indicated from the results that the low ion implantation was an effective method to improve the seeds.

Key words peanut; low energy C⁺ ion; implantation dose; drought resistance; direct and comprehensive indirect evaluation

花生 (*Arachis hypogaea* L.) 是世界上广泛分布的一种豆科类经济作物,也是我国第一大植物油榨取原料和重要的蛋白质生产资源。花生主要生长于干旱半干旱地区,本身具有一定的抗旱性,但区域性缺水和季节性干旱依然制约着其生长和生产^[1-2]。与玉米、小麦、水稻等作物相比,国内针对提高花生抗旱性能的研究较晚,相关报道较少^[1-4],且大部分

仅局限于实验室模拟条件下的研究,不能全面反映花生的抗旱性能^[3-4]。针对这种现状,结合当今科技的发展,课题组开展了运用低能离子技术对花生种子进行处理,以观察其性状变化的研究。国内外现有研究表明,该技术突变率高、突变谱广、生理损伤小,且已得到了一批具有较高经济效益和社会效益的新品种^[5-7]。本研究旨在考察不同剂量的低能

收稿日期: 2007-04-03

基金项目: 农业科技成果转化基金项目 (05 EFN217100425)

作者简介: 徐磊,博士研究生, E-mail: bhbx @126.com; 杨培岭,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事节水理论与新技术研究, E-mail: yang-pl @163.com

C⁺注入花生种子后,其 M₃ 代植株抗旱性的变化情况。

1 材料与方

1.1 试验材料与地点

供试花生品种为农花 5 号,该品种粗蛋白含量高,种皮较薄,比较适合进行低能离子注入。M₁ 代低能离子注入的种类为 C⁺,能量为 40 keV,注剂量以每 cm² 注入的 C⁺ 个数表示,分别为:处理 1, 10¹¹ cm⁻²;处理 2, 10¹² cm⁻²;处理 3, 10¹⁵ cm⁻²;处理 4, 10¹⁶ cm⁻²。

花生 M₃ 代的种植在北京市郊大兴区庞各庄镇东南部进行。种植区耕作层土壤为砂壤土,平均土壤干容重 1.38 g/cm³,土壤肥力属中等水平,耕作层以内土壤的全 N 含量为 0.058%,速效 N、P、K 的平均含量分别为 0.005%、0.002%、0.013%,有机质含量 0.95%,适宜于花生的生长。

1.2 试验设计

试验采用田间小区试验方法,二因素裂区设计。主区因素为土壤水分,设正常供水和胁迫供水 2 种方式,在田间布置遮雨棚,花生开花下针期和结荚期采用遮雨控制;副区因素为低能 C⁺ 注入剂量。M₃ 代于 2006 年 5 月下旬播种,9 月中旬收获。试验小区规格为 2 m × 2 m,小区周围布置 2 m 深防渗膜,以防水分侧渗。每个处理设置 3 个重复,花生播种方式为穴播,每穴 3 粒,播种穴距为 20 cm,行距 35 cm。未处理的花生种子作为对照。

1.3 测定方法

植株性状的测定于开花下针期,每个处理取 5 株,分别测定其主茎高和侧枝长,求其算术平均值为测量值。

叶片失水率的测定于开花下针期上午 8:00 田间取样,测定叶片为侧枝生长完全展开的第 4 片羽状复叶,每次摘取 10 片。摘取后立即称取鲜样质量 w_1 ,并摊放于室内,让其自然失水。每隔 1 h 称其质量 1 次,至质量基本不再变化时,称取质量 w_2 。最后将样品烘干,此时质量为 w_3 。叶片失水率由式(1)计算^[3,8]

$$\text{叶片失水率} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_3} \times 100\% \quad (1)$$

叶绿素含量、细胞膜透性及脯氨酸含量的测定均按参考文献[9]的方法进行。抗旱指数的计算公式为

$$\text{抗旱指数} = \frac{Y_a}{Y_a^-} \times \frac{Y_m}{Y_m^-} \quad (2)$$

式中: Y_a 为作物胁迫供水产量; Y_m 为作物正常供水产量; Y_a^-/Y_m^- 为抗旱系数; Y_a^- 为所有参试处理平均胁迫供水产量。其余性状值以抗旱系数计,计算方法为胁迫供水性状值与正常供水性状值之比^[10]。

1.4 数据分析与鉴定方法

1) 抗旱性直接评定。一般来讲,在干旱条件下获得较高的产量,是进行抗旱选育的主要目的。因此,以抗旱指数为评定指标,采用隶属函数进行计算,并以隶属函数值为基础对各处理进行抗旱等级的直接评定^[3,11]。

2) 抗旱性间接综合评定。以 1.3 中选取的各参数为基础,通过隶属函数值、抗旱性综合评定值(D 值)的计算,对花生抗旱性进行间接综合评定。

3) 计算方法。隶属函数值

$$\mu(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中: X_j 为各指标的观测值; X_{\max} 和 X_{\min} 为所有测定样本中某一指标的最大值和最小值。抗旱性综合评定值^[12-14]

$$D = \frac{1}{n} \left\{ \mu(x_j) \times \left[\frac{|r_j|}{\sum_{j=1}^n |r_j|} \right] \right\} \quad (3)$$

式中: $j = 1, 2, \dots, n$; r_j 为各处理第 j 个指标与抗旱指数间的相关系数; $\mu(x_j)$ 为第 j 个指标的隶属函数值,如 $r_j < 0$,则用 $1 - \mu(x_j)$ 代替式中的 $\mu(x_j)$; $|r_j| / \sum_{j=1}^n |r_j|$ 为指标权数,表示第 j 个指标在所有指标中的重要程度。

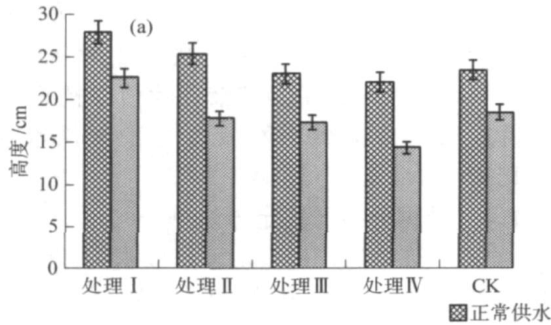
运用 SPSS12.0 软件对观测数据进行计算分析。

2 结果与分析

2.1 C⁺离子注入后各指标测定结果及分析

2.1.1 主茎高和侧枝长 图 1 示出不同供水条件下主茎和侧枝的生长情况。可以看出,正常供水条件下处理 1 和处理 2 花生 M₃ 代主茎伸长高于对照;处理 3 和处理 4 则比对照有所降低;4 种处理主茎高随 C⁺ 剂量的增加而逐渐减少。胁迫后,主茎高均有大幅下降,但不同处理间下降幅度差异较大,以处理 1 下降最多,仅达到正常供水条件的 65.05%,其余依次为,处理 2 (81.77%)、处理 3 (70.31%)、处理 4 (75.15%) 和 CK(78.72%)。这

表明,低能离子注入后,在较低剂量条件下,可以刺激主茎细胞的分裂,加快其生长速度。而随着剂量的



的增加,对其细胞损伤的程度增加,逐渐表现为抑制作用。这种损伤在不利条件下表现更为显著。

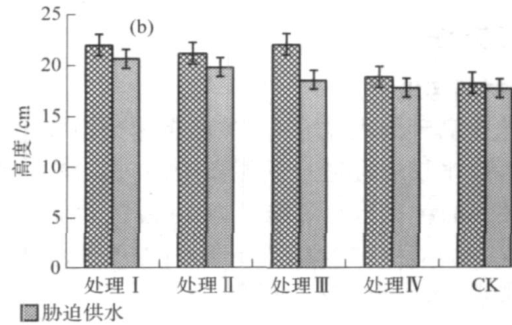


图1 不同处理对花生 M₃ 代植株主茎(a)和侧枝(b)生长的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on the length of main stem (a) and cotyledonary branch (b) of M₃ generation of peanut

正常供水条件下,处理 I、处理 II 和处理 III 代侧枝长均比对照有较大幅度的提高,涨幅均在 16% 以上;而处理 IV 与对照相比差异不明显。与正常供水条件相比,胁迫后侧枝伸长涨幅均有下降;除处理 I 和处理 II 外,侧枝伸长差异均不再显著。这表明处理后,花生侧枝生长对水分变化,较为敏感,在较低水分条件下,花生侧枝将不能正常生长。

2.1.2 叶片失水率 保水是作物对干旱作出的最早和最直接的反应,叶片失水率能够较准确的体现作物的保水能力,是评价作物抗旱性能的较好指标^[15]。由图 2 可以看出,胁迫后,各处理叶片的失水率与正常供水水条件相比均有不同程度的下降。其中 CK 和处理 I 减小幅度最大,胁迫后不足正常供水的 70%;处理 II 和处理 III 次之,分别为正常条件的 72.64% 和 71.29%;处理 IV 减小最少,为正常条件的 88.03%。保水能力依次为:处理 I > CK > 处理 II > 处理 III > 处理 IV。这表明,在未注入或低剂量注入 C⁺ 的条件下,植株叶片的保水能力较强,整体水分状况较好;低能离子注入后,在较高剂量条件下,

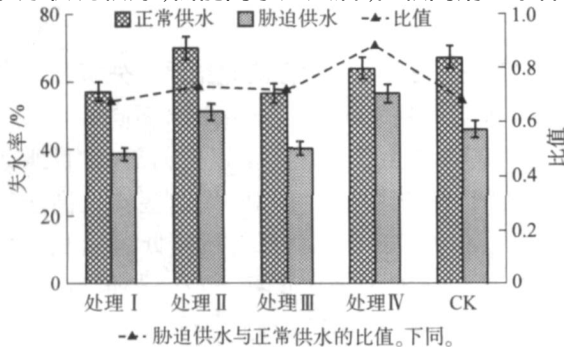


图2 不同处理对花生 M₃ 代植株叶片失水率的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on dehydration rate of M₃ generation of peanut

其原有的细胞结构破坏,使得叶片保水性能降低。

2.1.3 叶片叶绿素含量 正常供水条件下,除处理 I 外其余处理叶片叶绿素含量均比对照有所增加,以处理 II 增加最多,为 0.11 mg/g。胁迫后,各处理和对照叶绿素含量均低于正常条件,但与正常供水条件相似,除处理 I 外各处理叶绿素含量均不低于对照,仍以处理 II 叶绿素含量最高为 1.40 mg/g。胁迫条件下,4 种处理叶绿素含量的下降趋势随剂量变化呈一单峰型变化趋势,处理 I 和处理 II 下降幅度最小,处理 III 次之,处理 IV 下降幅度最大。其中,处理 I 和处理 II 的降幅均高于 CK(图 3)。这表明,低能离子的注入可以提高 M₃ 代花生叶片的叶绿素含量,在干旱环境条件下减缓其分解速度,增加稳定性。研究者一般认为叶绿素的逐渐降解是叶片衰老最明显的标志之一,因此胁迫条件下叶绿素含量的稳定,在某种意义上延缓了叶片的衰老,有利于提高植株的抗旱能力。

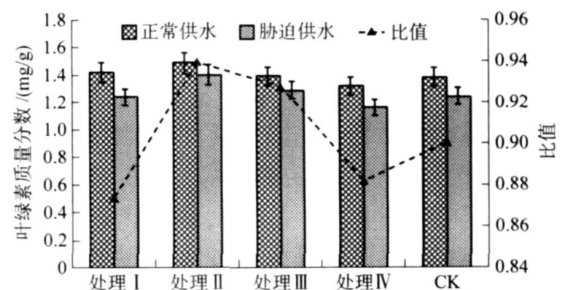


图3 不同处理对花生 M₃ 代植株叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on Chlorophyll content of M₃ generation of peanut

2.1.4 细胞膜透性 正常供水条件下,4 种处理的 M₃ 代细胞膜透性均高于对照(图 4),以处理 I 最高。这是因为,低能离子的注入对花生 M₁ 代细胞

产生了刻蚀,这种损伤在 M₃ 代得以遗传,表现为细胞膜透性的增大。数据表明,高注量对植株所产生的损伤程度大于低注量。胁迫灌水后,4 种处理和对照的细胞膜透性均有增加,但其增幅差异较大:以 CK 的膜透性增加最大,可达正常灌水条件的 1.83 倍,其余 4 种处理膜透性依次为正常灌水条件的 1.46、1.19、1.07 和 1.24 倍。这表明,低能离子注入在对细胞膜造成损害的同时,改变了细胞的内部结构,增加了自我修复能力。M₃ 代植株在胁迫条件下,通过自我修复,弱化了水分胁迫对植株细胞的不利影响,降低了胁迫造成的损伤,增强了抗逆性能。本试验中处理 (10¹⁵ cm⁻²) 的自我修复能力最强。

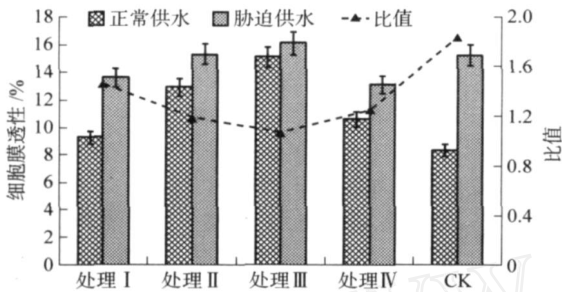


图 4 不同处理对花生 M₃ 代植株细胞膜透性的影响
Fig. 4 Effects of different treatments on RPP of M₃ generation of peanut

2.1.5 脯氨酸含量 不同供水条件下脯氨酸含量及其变化见图 5。水分胁迫条件下,4 种处理及对照的游离脯氨酸含量均显著增加,其中处理 胁迫后脯氨酸含量值最高,为 102.34 μg/g;处理 的最小,但也达到 72.41 μg/g。同时,处理 脯氨酸含量的增加的速度最快,为正常供水情况的 3.25 倍,其余依次为处理 ,2.73 倍 > 处理 ,2.61 倍 > 处理 ,2.40 倍 > CK,2.29 倍,其提高程度随剂量增加呈现一单峰变化的规律。由于脯氨酸是植物渗透调节的主要物质,在胁迫条件下,脯氨酸含量的提高有助于

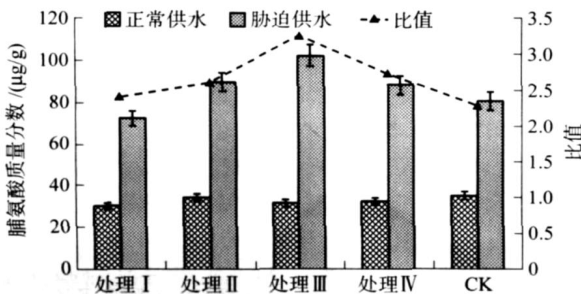


图 5 不同处理对花生 M₃ 代植株脯氨酸含量的影响
Fig. 5 Effects of different treatments on Pro content of M₃ generation of peanut

植物提高其渗透调节能力,增强抗旱性。

2.2 低能离子注入对花生抗旱性影响评定分析

2.2.1 直接评价 作物抗旱性的影响因素很多,目前对实际抗旱性能的评定尚无统一指标;但一般情况下,由于提高产量是进行作物品种改良和选育的最终目的,故首先以单位面积产量 (kg/hm²) 的抗旱指数为指标,对低能 C⁺ 注入后花生 M₃ 代的实际抗旱能力进行评定。采用本文 1.4 中的方法和步骤进行计算和分析,结果见表 1。经低能 C⁺ 注入处理后,4 种处理 M₃ 代在胁迫条件下的产量差异较大,表现出不同的抗旱性。由隶属函数值可得到 4 种处理和对照的抗旱能力大小依次为处理 > 处理 > CK > 处理 > 处理。运用 SPSS12.0 对隶属函数值进行聚类分析,结果显示,处理 的抗旱能力最强,处理和 CK 居中,处理和处理的抗旱能力最弱。

表 1 不同处理花生 M₃ 代抗旱指数及抗旱性评定结果

Table 1 Drought indexes of different doses and assessments of drought resistance of M₃ generation

处理(C ⁺ 剂量/cm ⁻²)	平均产量/(kg/hm ²)	正常供水	胁迫供水	抗旱性评定	
(10 ¹¹)	3 398.40	2 045.18	0.54	0.10	弱抗
(10 ¹²)	3 359.25	2 229.95	0.65	0.40	中抗
(10 ¹⁵)	4 414.41	2 963.63	0.87	1.00	强抗
(10 ¹⁶)	2 889.60	1 819.27	0.50	0.00	弱抗
CK(0)	3 821.54	2 342.26	0.63	0.34	中抗

2.2.2 间接综合评价 抗旱能力的评价不仅与选择的指标有关,而且与该指标对抗旱能力的影响程度有关。鉴于此,本试验选择以目前研究较多,能综合体现植株抗旱能力的主茎高、侧枝长、叶片失水率、叶绿素含量、细胞膜透性和脯氨酸含量为指标,采用 1.4 中所述方法,对低能离子注入后 M₃ 代花生的抗旱性进行分析,结果见表 2。

由表 2 看出,侧枝长、叶绿素含量和脯氨酸含量 3 种指标对 M₃ 代抗旱性影响显著;主茎高、叶绿素含量和脯氨酸含量 3 种指标与花生的抗旱性成正相关关系,侧枝长、失水率和细胞膜透性与花生抗旱性则成负相关关系。由于随品种抗旱性的增强,D 值会有相应增加的趋势,按式(3)计算后的 D 值表明抗旱性依次为,处理 > 处理 > 处理 > 处理 > CK。除 CK 外,4 种处理的 M₃ 代抗旱性顺序与

表2 各处理的隶属值、抗旱性综合评定 D 值及综合评价结果

Table 2 Values of $\mu(x)$ and D and comprehensive assessment of drought resistance in different doses

处理(C^+ 剂量/ cm^{-2})	隶属值						D 值	综合评价
	主茎高	侧枝长	失水率	细胞膜透性	叶绿素含量	脯氨酸含量		
(10^{11})	1.00	0.76	0.00	0.51	0.00	0.12	0.33	弱抗
(10^{12})	0.34	0.72	0.25	0.16	1.00	0.33	0.58	中抗
(10^{15})	0.64	0.00	0.19	0.00	0.83	1.00	0.92	强抗
(10^{16})	0.00	0.79	1.00	0.22	0.12	0.46	0.28	弱抗
CK(0)	0.87	1.00	0.03	1.00	0.40	0.00	0.26	弱抗
相关系数	0.20	-0.84	-0.38	-0.39	0.73	0.73	0.92	
指标权重	0.06	0.26	0.12	0.12	0.22	0.22		

抗旱指数法分析结果相同。相关性分析表明 D 值与抗旱指数呈极显著正相关 $r = 0.92$ ($P < 0.01$)。聚类分析结果与直接评定结果基本一致。

3 结束语

1) 低能 C^+ 注入对种子所造成的损伤可以进行世代遗传, 在遗传的过程中, 作物能够通过自身调节削弱损伤或不利环境对其生长产生的不利影响;

2) 直接评价和间接综合评价结果均表明, 适宜注量的低能 C^+ 能明显改变花生 M_3 代的抗旱性能, 而过高或过低的注量均达不到这种效果。本试验中, 处理 (C^+ 剂量为 $10^{15} cm^{-2}$) 花生 M_3 代的抗旱性最强, 其后依次为处理 ($10^{12} cm^{-2}$)、处理 ($10^{11} cm^{-2}$) 和处理 ($10^{16} cm^{-2}$);

3) 花生抗旱性是各性状综合反映的结果, 任何单独生理指标均很难全面体现作物整体的抗旱能力, 只有对各生理指标进行综合分析, 才能更好的对抗旱性能作出准确评价, 这与前人研究结果^[3-4, 12-15]一致。

综上所述, 适宜注量的低能离子, 在对花生 M_1 代产生生理损伤的同时, 使植物内部细胞得以重新组合和排列, 通过遗传效应, 能够使其 M_3 代某些抗逆特性得以改良, 是获得优质种子资源的有效方法。

参 考 文 献

[1] 李锦辉, 汤丰收. 花生抗旱育种研究进展[J]. 花生学报, 2002, 31(2): 23-26
 [2] 万书波. 中国花生栽培学[M]. 上海: 上海科学技术

出版社, 2003

- [3] 王育红, 姚宇卿, 吕军杰, 等. 花生抗旱指标研究初报[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(3): 89-92
 [4] 严美玲, 李向东, 矫岩林, 等. 不同花生品种的抗旱性比较鉴定[J]. 花生学报, 2004, 33(1): 8-12
 [5] 谢嘉华, 夏英武, 舒庆尧. 应用离子注入技术改良作物的研究进展与展望[J]. 核农学通报, 1994, 15(2): 96-99
 [6] Kraft G, Kraemer M. Linear energy transfer and track structure[J]. Advance in Radiation Biology, 1993, 17(1): 51-52
 [7] Yu Zengliang. Ion beam application in genetic modification[J]. IEEE Transaction on Plasma Science, 2000, 28(1): 128-132
 [8] 任丽花, 王义祥, 翁伯琦, 等. 土壤水分胁迫对圆叶决明叶片含水量和光合特性的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2005, 44(6): 28-31
 [9] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
 [10] 兰巨生, 胡福顺, 张景瑞. 作物抗旱指数的概念和统计方法[J]. 华北农学报, 1990, 5(2): 20-25
 [11] 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
 [12] 程建峰, 潘晓云, 刘宜柏, 等. 水稻抗旱性鉴定的形态指标[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3117-3125
 [13] 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
 [14] 倪郁, 李唯. 作物抗旱机制及其指标的研究进展与现状[J]. 甘肃农业大学学报, 2001, 3(1): 14-22
 [15] 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