

文章编号:1673-9469(2010)01-0065-05

## 夏大豆产量相关根系性状及 QTL 定位

刘莹<sup>1</sup>,张孟臣<sup>2</sup>

(1.河北工程大学 农学院,河北 邯郸 056038;2.河北省农林科学院 河北 石家庄 050031)

**摘要:**以冀中南地区夏播表现相对高产和低产的15个大豆品种为材料,采用盆栽方法,在出苗后41d(开花结荚期)、65d(结荚鼓粒期)分别对根系进行2年及2点取样,测定形态和生理性状;利用“科丰1号×南农1138-2”衍生的RIL群体为材料,对产量相关根系性状进行QTL定位。结果表明,两种产量类型间的根活形态增量均达到极显著差异,且与产量呈极显著正相关,该期的根活形态增量可作为大豆产量相关根系指标。QTL分析检测到4、3、3个QTLs分别控制根活质量增量、根活长增量、根活体积增量,位于N6-C2、N20M、N18-K、N14G、N3B1连锁群上。三性状各有1个贡献率大的QTL,且均位在N6-C2上,其他QTLs效应均较小。

**关键词:**夏大豆;产量类型;根系性状;QTL

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

## Study on root trait related yield in soybean growing in summer and QTL mapping

LIU Ying<sup>1</sup>,ZHANG Meng-chen<sup>2</sup>

(1. College of Agricultural, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Hebei Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** Fifteen summer soybean varieties with relative higher and lower yields in mid-south of Hebei province were used for researching on root traits by pot experiment. At 41, 65 days after seeding, the root morphological and physiological traits were determined during two years and two location respectively. The RIL population derived from Kefeng 1 × Nannong 1138-2 was used to mapping the QTLs of root trait related to yield. Results showed that the increment of root-active-morphological traits (IRRAMT), namely, increment of the products of root reductive activities and root fresh weights, root total lengths, root volumes, respectively, were significant different between two yield types. The IRRAMT could be used for the index of yield. There identified were fore, three, three QTLs located on N6-C2, N20M, N18-K, N14G, N3B1 linkage groups for IRRAW, IRRAL, IRRAV respectively. Each of the traits appeared to have one locus with relatively large effect in comparison with their other loci, and those major ones were located at a same linkage group N6-C2.

**Key words:** summer soybean; yield type; root trait; QTL

根系对作物生长具有极其重要的作用,强大的根系会促进地上部的光合作用和生长量,从而增加干物质积累,获得较高产量。围绕根系对大豆产量的影响,相关的研究开展了很多<sup>[1-9]</sup>。其中傅金民等<sup>[7]</sup>指出,大豆生育的中前期良好的根系生长对提高产量有积极作用;Pantalone<sup>[8]</sup>、金剑<sup>[9]</sup>

等对各自生态地区的高产类型根系形态进行了研究,认为高产品种具有更为发达的根系,其根量、根长等形态指标均超过低产类型品种。然而已有的不同产量类型大豆根系形态研究只是局限在某一个生育时期,对于在大豆生长过程中根系形态

收稿日期:2009-11-20

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(C2008000721)

特约专稿

作者简介:刘莹(1966-),女,天津人,副教授,博士,从事大豆遗传育种方面的研究。

以及生理性状的动态研究还未见有报道。本文以黄淮地区不同产量类型品种为材料,对其形态与生理性状的动态变化进行研究,并对与产量相关的根系指标进行定位,为探讨高产类型根系的形成特征及在育种应用中提供參考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地及供试材料的选择

2008年试验地位于河北邯郸农科院和石家庄正定南王庄,2009年试验地位于石家庄正定南王庄。选取在两地表现相对高产和相对低产的品种为材料。相对高产品种为:石豆411、冀豆12、邯豆4号、中黄4号、冀豆15、邯豆5号、齐黄28、沧豆4号、冀豆17;相对低产品种为:豫豆2号、冀豆7号、中黄18、鲁豆4号、早熟6号、胜利3号。定位群体为科丰1号与南农1138-2衍生的RIL家系,由南京农业大学国家大豆改良中心提供。

### 1.2 试验方 法

盆播,盆钵规格为 $\phi 28 \times h 30$ 。土壤经晒干过

筛后装盆,每盆装土7kg并施入复混肥34g。产量相关根系性状的鉴定试验每盆留苗2株;定位群体的种植,每盆留苗1株。试验完全随机排列,3次重复,分2次取样,取样时期分别为出苗后41d、65d。取样时盆土用水充分浸透,倒出后以细水流小心冲洗根系,以子叶节为界把植株分为茎、根两部分,取根部分进行性状测定。

### 1.3 测定项目

#### 1) 根系形态性状的测定

根系冲洗干净后用扫描仪在200dpi像素扫描成像,用DT-SCAN图像分析软件获得根系长度,排水法测定根系体积。

2) 根系活力的测定:根系活力采用TTC法,用 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示。

根活形态以RRAMT表示,其中:

根活质量(RRAW) = 根系活力  $\times$  根鲜重

根活总长(RRAL) = 根系活力  $\times$  根总长

根活体积(RRAV) = 根系活力  $\times$  根体积

表1 不同产量类型大豆品种结荚鼓粒期根活形态增量

Tab.1 Development of soybean IRRAMT with different yield at pod - fill stage

品种名称	2008年						2009年		
	邯郸市农科院			石家庄正定南王庄			石家庄正定南王庄		
	根活质量 增量	根活长 增量	根活体积 增量	根活质量 增量	根活长 增量	根活体积 增量	根活质量 增量	根活长 增量	根活体积 增量
石豆411	251.89	219.19	558.16	94.73	75.06	334.43	105.73	96.77	346.08
冀豆12	228.16	201.09	544.05	82.46	80.86	346.29	86.86	92.43	336.36
邯豆4号	268.03	210.08	538.06	84.19	73.52	321.74	90.02	84.14	334.15
中黄4号	224.89	196.75	510.12	89.64	83.14	356.23	80.36	73.17	335.28
冀豆15	249.24	212.76	524.01	68.43	84.18	331.96	74.97	89.57	340.96
邯豆5号	220.87	198.43	565.83	73.69	64.50	317.63	80.11	75.94	326.57
齐黄2	251.13	211.11	510.71	75.76	85.71	313.52	92.38	68.92	324.83
沧豆4号	227.81	196.10	531.57	81.59	92.05	324.26	86.14	78.34	338.43
冀豆17	207.90	205.00	490.19	71.01	90.43	331.27	59.11	102.43	323.92
平均	236.66A	208.73A	532.13A	80.17A	82.16A	330.82A	83.96A	84.64A	334.07A
豫豆2号	187.54	179.69	456.23	42.43	36.00	239.06	48.39	50.69	282.51
冀豆7号	152.76	183.27	448.51	39.26	47.20	303.17	35.64	37.47	285.17
中黄18	157.88	174.55	441.07	58.39	43.68	288.87	43.17	40.92	280.88
鲁豆4号	140.33	159.61	466.26	46.32	42.38	281.58	38.98	38.02	283.90
早熟6号	129.34	159.65	435.43	39.72	33.42	255.76	34.36	30.11	264.11
胜利3号	128.41	160.25	449.61	37.16	30.57	263.01	30.04	32.55	244.49
平均	149.38B	169.50B	449.52B	43.88B	38.87B	290.87B	38.43B	38.29B	293.05B

注:表中不同字母代表不同产量之间差异显著( $P < 0.01$ )。

### 1.4 产量相关根系性状的 QTL 分析

利用上述群体构建的分子标记连锁图谱<sup>[10]</sup>, 用 QTL cartographer V2.0 分析软件进行复合区间作图和 QTL 分析<sup>[11]</sup>, LOD 值大于 3.0 作为 QTL 存在的阈值。

统计过程均在 SAS8.2 下完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同产量类型大豆根活形态

前文<sup>[12]</sup>已阐明根活形态各指标在生长中后期(结荚鼓粒期)的增量相对高产类型均大于相对低产类型, 差异达到极显著且与产量极显著相关。表 1 为 2 年及 2 点不同产量类型大豆品种结荚鼓粒期根活形态增量, 在不同产量类型间, 根活形态增量均达到极显著差异。

### 2.2 根活形态增量的方差分析

对 2 年及 2 点根活形态增量值进行联合方差

表 2 2 年及 2 点根活形态增量联合方差分析结果

Tab. 2 Analyses of two years and two locations of IRRAM

变异来源	DF	根活质量增量	根活长增量	根活体积增量	变异来源	DF	根活质量增量	根活长增量	根活体积增量
区组(年份)间	4	0.67	2.27	1.82	区组(地点)间	4	0.82	1.03	0.68
品种间	14	82.47 **	91.51 **	64.42 **	品种间	14	107.38 **	160.66 **	125.74 **
年份间	1	0.87	0.64	0.74	地点间	1	36.82 **	27.03 **	48.27 **
品种 × 年份间	14	9.22 **	7.51 **	6.76 **	品种 × 地点间	14	47.37 **	36.84 **	33.92 **
误差	56				误差	56			
总变异	89				总变异	89			

注: \*, \*\* 分别代表在 0.05 和 0.01 水平下显著, 下同。

表 3 根活形态增量与产量的相关

Tab. 3 Relationship of IRRAMT with yield

年份	邯郸市农科院			石家庄正定南王庄		
	根活质量增量	根活长增量	根活体积增量	根活质量增量	根活长增量	根活体积增量
2008	0.933 **	0.927 **	0.919 **	0.915 **	0.913 **	0.921 **
2009	-	-	-	0.907 **	0.921 **	0.937 **

表 4 RIL 群体产量相关根系性状的遗传参数估计

Tab. 4 Estimates of genetic parameters of root traits related to yield of the RIL population

根活增量	亲本				RIL				
	科丰 1 号	1138-2	F	平均数	变幅	遗传方差	遗传变异系数/%	遗传率/%	F
根活质量增量	23.28	92.37	15.37 **	63.61	17.51 ~ 143.75	302.33	42.62	72.43	82.31 ** *
根活长增量	26.79	88.37	20.44 **	60.33	16.64 ~ 124.62	138.718	37.27	83.26	87.87 ** *
根活体积增量	249.55	357.26	16.48 **	311.48	188.41 ~ 467.32	83.26	36.84	79.49	92.39 ** ** *

分析(表 2)结果显示, 根活质量增量、根活长增量、根活体积增量在年份间差异不显著, 而在品种间、地点间和品种与年份互作间及品种与地点互作间均呈极显著性差异, 但品种与年份互作值较小, 说明年份间的试验结果较为一致<sup>[17]</sup>。

### 2.3 不同时期根系性状与产量的相关

大豆在产量形成的重要时期—结荚鼓粒期, 冠层的密集导致中下部叶片受光不良, 若根系性状恶化, 则加重叶片的早衰, 从而导致营养运输障碍, 直接影响粒重, 因此中后期良好的根系性状对产量意义重大。田佩占研究表明<sup>[16]</sup>, 大豆育种应注重培育后期根系发达、不早衰的新品种。对根活形态增量与产量进行相关分析结果(表 3)表明, 生长中后期根活质量增量、根活长增量、根活体积增量与产量的相关均达到极显著水平, 可作为大豆产量相关根系指标。

表5 (科丰1号×1138-2)RIL群体产量相关根系性状的QTL定位  
Tab.5 QTL mapping of root traits related to yield of the (Kefeng No.1×1138-2) RIL population

根系性状	连锁群	标记	距离*/cm	LOD	贡献率/%	加性效应
根活质量增量	N6-C2	STAS8-18T-STAS8-19T	2.4-5.0	11.5	27.4	-8.874
		A676I-Satt316	11.5-8.2	4.2	10.2	-6.169
	N20M	Satt590-L22V	0.3-4.6	3.7	7.9	-5.982
	N18-K	Satt247-Satt381	3.4-11.3	4.6	11.8	-6.336
根活长增量	N6-C2	STAS8-14T-STAS8-16T	0.7-2.1	3.6	7.2	-5.396
		K455D-Satt371	18.9-4.5	13.3	37.3	-9.317
	N14G	A73H-A112V	1.7-21.2	5.2	12.6	-7.545
根活体积增量	N6-C2	K455D-Satt371	18.9-4.5	14.7	39.1	-13.225
		A397I-B131V	5.5-6.6	3.0	7.8	-8.351
	N3B1	A118T-A520T	1.3-5.4	3.8	12.7	-10.778

注: \*为根系性状位点与标记的距离。

## 2.4 大豆产量相关根系性状的QTL定位

表4对两个亲本和RIL群体根系性状的平均值作方差分析,结果表明产量相关根系性状在双亲间及RIL群体内各家系间均达0.01水平显著差异。

通过复合区间做图法对耐旱相关根系性状进行QTL定位的结果(表5),控制3个产量相关根系性状的QTL定位在20个连锁群中的5个连锁群上。根活质量增量检测到4个QTL位点,分别位于王永军等<sup>[11]</sup>连锁图的N6-C2、N20M、N18-K连锁群上。其中贡献率最大的为27.4%,在N6-C2上,其他3个分别在N20M、N18-K上;根活长增量检测到3个QTL位点,分别位于N6-C2、N14G连锁群上。其中贡献率最大的为37.3%,在N6-C2上,另2个分别在N6-C2和N14G上;根活体积增量检测到3个QTL位点,位于N6-C2、N3B1连锁群上。其中贡献率最大的为39.1%,在N6-C2上,其他2个分别在N6-C2、N3B1上。

3个性状共涉及5个连锁群,各性状最主要的位点在N6-C2上,说明这三个根系性状都有1个最主要的位点在N6-C2上。该连锁群既与根系有关且与产量有关。根活长增量和根活体积增量各有一个位点位于同一K455D-Satt371区域,且遗传距离相同,表明该两个位点可能是一因多效。

## 3 结论

1)根系功能的提高一方面在于扩展其对土壤资源占有的领域,但是在群体条件下,扩张到一定程度后会导致个体之间竞争激烈,从而形成根系的冗余生长<sup>[13,14]</sup>;根系功能提高的另一方面,还应

与其获取资源的效率,即根系生理性状有关<sup>[15]</sup>。

2)生长中后期,代表根系综合性状的根活形态增量在两种产量类型间差异达到极显著,且与产量极显著相关,这说明生长中后期的根活形态增量可作为选育大豆品种考虑的根系方面的因素。

3)控制产量相关根系性状的主要基因定位在N6-C2连锁群上,与大豆3个耐旱相关根系基因位于同一条连锁群<sup>[17,18]</sup>,可见该连锁群在根系、耐逆性和产量上的重要性。本研究中的产量相关根系性状的定位结果只源于一年一个地点,QTL与环境的互做效应有待于进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 赵团结, 盖钧镒, 李海旺, 等. 超高产大豆育种研究的进展与讨论[J]. 中国农业科学, 2006, 39(1): 29-37.
- [2] 张含彬, 任万军, 杨文钰, 等. 不同施氮量对套作大豆根系形态与生理特性的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(1): 107-112.
- [3] GAHOONIA T S, NIELSEN N E. Variation in root hairs of soybean cultivars doubled soil phosphorus uptake [J]. Euphytica, 1997(98): 177-182.
- [4] 杜天庆, 闫心柏, 苗果园. 不同微肥处理对大豆根系及地上部相关性的影响[J]. 山西农业大学学报, 2006, (2): 159-163.
- [5] BHATTARAI S P, MIDMORE D J, Pendergast I. Yield, water-use efficiencies and root distribution of soybean, chickpea and pumpkin under different subsurface drip irrigation depths and oxygenation treatments in vertisols [J]. Irrigation Science, 2008, 26(5): 439-450.
- [6] 杨秀红, 吴宗璞, 张国栋. 不同年代大豆品种根系性状演化的研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(3): 60-63.

- [7] 傅金民, 董 钻. 大豆根系生长与产量的关系[J]. 大豆科学, 1987, 6(4): 261 - 279.
- [8] PANTALONE, V R, REBETZKE G J, BURTON W. Phenotypic evaluation of root traits in soybean and applicability to plant breeding[J]. *Crop Science*, 1996(36): 456 - 459.
- [9] 金 剑, 王光华, 刘晓冰. 东北黑土区高产大豆 R5 期根系分布特征[J]. 中国油料作物学, 2007, 29 (3): 266 - 271.
- [10] 王永军, 吴晓雷, 喻德跃, 等. 重组自交系群体的检测调正方法及其在大豆 NJRIKY 群体的应用[J]. 作物学报, 2004, 30(5): 413 - 418.
- [11] WANG S, BASTEN C J, ZENG Z B. Windows QTL cartographer 2.0[R]. North Carolina: U.S. Department of Statistics, 2004.
- [12] 刘 莹, 肖复明, 张孟臣. 冀南地区不同产量类型夏大豆根系性状的研究[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 665 - 669.
- [13] 李 话, 张大勇. 半干旱地区春小麦根系形态特征与生长冗余的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 26 - 30.
- [14] 蔡昆争, 骆世明, 段舜山. 水稻群体根系特征与地上部生长发育和产量的关系[J]. 华南农业大学学报, 2005, 26(2): 1 - 4.
- [15] MIGUE R. The vertical distribution of below ground biomass in grassland communities in relation to grazing regime and habitat characteristics[J]. *Journal of Vegetal Science*, 1995 (6): 63 - 72.
- [16] 田佩占. 大豆品种根系的生态类型研究[J]. 作物学报, 1984, 10(3): 173 - 177.
- [17] 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.
- [18] 刘 莹, 盖钧镒, 吕慧能. 大豆耐旱种质鉴定和相关根系性状的遗传与 QTL 定位[J]. 遗传学报, 2005, 32 (8): 855 - 863.

(责任编辑 马立)

(上接第 60 页)现场电流、电压的波动,实际电流和电压值通过电流表、电压表实时读取与记录,其平均值作为实际电加热功率。

从图 6 可以看出,土壤冬季热物性测试单位管长换热率在 39W/m ~ 44W/m 的范围内变化时,测得土壤导热系数在 3.109 ~ 5.232 范围变化。从图 7 可以看出,在前 50h 以内地层换热量和输入功率相差比较大,这是由于最初一段时间内,热量传递主要在井孔内进行,循环水温上升比较快,随着测试时间的增加,循环水温上升越来越慢,近似于稳态传热过程,吸热量与放热量逐渐趋于平衡。

### 3 结论

1)测量时间达到 50h 后,计算结果波动逐渐减小并趋于收敛。

2)未扰动土壤温度以及给定 PE 管材的条件下,平均导热系数为 3.489 W/(m·℃)。

3)土壤初始温度对计算结果影响非常大,所以在测试时要尽可能提高土壤初始温度的测量精度。

#### 参考文献:

- [1] 江 亿. 我国建筑耗能状况及有效的节能途径[J]. 暖通空调, 2005, 35(5): 30 - 40.
- [2] 杨卫波. 基于解析法的地下岩土热物性现场测试方法的探讨[J]. 建筑科学, 2009, 25(8): 84 - 84.
- [3] HELLSTROM G. Ground heat storage - thermal analyses of duct storage system[D]. Sweden: University of Lund, 1991.
- [4] 王补宣. 多孔介质的传热传质[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1992, 32(增 1 期): 125 - 129.
- [5] 美国制冷空调工程师协会. 地源热泵工程技术指南[M]. 徐伟译. 北京:中国建筑工业出版社, 2001.
- [6] 王书中, 由世俊, 张光平. 热响应测试在土壤热交换器设计中的应用[J]. 太阳能学报, 2007, 28(4): 405 - 410.

(责任编辑 马立)

# 夏大豆产量相关根系性状及QTL定位

作者: [刘莹](#), [张孟臣](#), [LIU Ying](#), [ZHANG Meng-chen](#)  
作者单位: [刘莹, LIU Ying \(河北工程大学农学院, 河北, 邯郸, 056038\)](#), [张孟臣, ZHANG Meng-chen \(河北省农林科学院, 河北, 石家庄, 050031\)](#)  
刊名: [河北工程大学学报 \(自然科学版\)](#) ISTIC  
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)  
年, 卷(期): 2010, 27 (1)  
被引用次数: 4次

## 参考文献(18条)

1. [赵团结](#); [盖钧镒](#); [李海旺](#) [超高产大豆育种研究的进展与讨论](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2006 (01)
2. [张含彬](#); [任万军](#); [杨文钰](#) [不同施氮量对套作大豆根系形态与生理特性的影响](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 2007 (01)
3. [GAHOONIA T S](#); [NIELSEN N E](#) [Variation in root hairs of soybean cultivars doubled soil phosphorus uptake](#) 1997 (98)
4. [杜天庆](#); [闫心柏](#); [苗果园](#) [不同微肥处理对大豆根系及地上部相关性的影响](#)[期刊论文]-[山西农业大学学报](#) 2006 (02)
5. [BHATTARAI S P](#); [MIDMORE D J](#); [Pendergast I](#) [Yield, water-use efficiencies and root distribution of soybean, chickpea and pumpkin under different subsurface drip irrigation depths and oxygenation treatments in vertisols](#)[外文期刊] 2008 (05)
6. [杨秀红](#); [吴宗璞](#); [张国栋](#) [不同年代大豆品种根系性状演化的研究](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2001 (03)
7. [傅金民](#); [董钻](#) [大豆根系生长与产量的关系](#) 1987 (04)
8. [PANTALONE V R](#); [REBETZKE G J](#); [BURTON W](#) [Phenotypic evaluation of root traits in soybean and applicability to plant breeding](#)[外文期刊] 1996 (36)
9. [金剑](#); [王光华](#); [刘晓冰](#) [东北黑土区高产大豆R5期根系分布特征](#)[期刊论文]-[中国油料作物学报](#) 2007 (03)
10. [王永军](#); [吴晓雷](#); [喻德跃](#) [重组自交系群体的检测调正方法及其在大豆NJRIKY群体的应用](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 2004 (05)
11. [WANGS](#); [BASTEN C J](#); [ZENGB B](#) [Windows QTL cartographer-2.0](#) 2004
12. [刘莹](#); [肖复明](#); [张孟臣](#) [冀南地区不同产量类型夏大豆根系性状的研究](#)[期刊论文]-[大豆科学](#) 2009 (04)
13. [李话](#); [张大勇](#) [半干旱地区春小麦根系形态特征与生长冗余的研究](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 1999 (01)
14. [蔡昆争](#); [骆世明](#); [段舜山](#) [水稻群体根系特征与地上部生长发育和产量的关系](#)[期刊论文]-[华南农业大学学报](#) 2005 (02)
15. [MIGUE R](#) [The vertical distribution of below ground biomass in grassland communities in relation to grazing regime and habitat characterizes](#) 1995 (06)
16. [田佩占](#) [大豆品种根系的生态类型研究](#) 1984 (03)
17. [刘莹](#); [蔡祈明](#) [大豆根系形态及苗期耐旱根系性状的研究](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报 \(自然科学版\)](#) 2009 (03)
18. [刘莹](#); [盖钧镒](#); [吕慧能](#) [大豆耐旱种质鉴定和相关根系性状的遗传与QTL定位](#)[期刊论文]-[遗传学报](#) 2005 (08)

## 引证文献(4条)

1. [李灿东](#), [蒋洪蔚](#), [刘春燕](#), [郭泰](#), [王志新](#), [吴秀红](#), [郑伟](#), [邱鹏程](#), [张闻博](#), [宋英博](#), [栾奕娜](#), [陈庆山](#), [胡国华](#) [大豆耐旱选择群体QTL定位](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 2011 (4)
2. [李灿东](#), [苗兴奋](#), [蒋洪蔚](#), [郭泰](#), [王志新](#), [吴秀红](#), [郑伟](#), [刘春燕](#), [邱鹏程](#), [张闻博](#), [栾奕娜](#), [陈庆山](#), [胡国华](#) [大豆耐旱选](#)

择群体叶片持水能力QTL定位[期刊论文]-中国农学通报 2011(9)

3. 李灿东, 蒋洪蔚, 郭泰, 王志新, 吴秀红, 郑伟, 陈庆山, 胡国华 大豆耐旱选择群体基因型分析与株高QTL定位[期刊论文]-大豆科学 2011(1)

4. 周蓉, 陈海峰, 王贤智, 伍宝朵, 陈水莲, 张晓娟, 吴学军, 杨中路, 邱德珍, 江木兰, 周新安 大豆幼苗根系性状的QTL分析[期刊论文]-作物学报 2011(7)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hbjzkjxyxb201001017.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201001017.aspx)