

# 窄行密植对高产春大豆根系生长的影响

章建新,李劲松

(新疆农业大学农学院,乌鲁木齐 830052)

**摘要** 大田条件下研究了黑农41在两种密度(45万株/hm<sup>2</sup>、60万株/hm<sup>2</sup>)分别在三种行距(20 cm、30 cm、40 cm)下对大豆根系生长的影响。结果表明,在相同行距条件下,高密度明显降低单位面积根系干重,主要是外环(1/4行距—1/2行距)深层根量减少,地上部生长受抑制,根冠比明显增大,根系伤流量和根系还原力明显降低;在相同密度下,合理株行距配置增加单位面积根干重,主要增加外环根量,进而促进地上部生长,降低根冠比,提高根系伤流量和根系还原力;较窄的行距使高密度大豆根系在水平方向分布趋于均匀,并增加外环深层根量。密度对根系生长的影响明显大于株行距配置。产量为5063.90 kg/hm<sup>2</sup>,R5期根系干重为220.0 g/m<sup>2</sup>,外环根干重占总根干重19%,20~50 cm深层根干重占总干重32.1%,根冠比0.17;R4期单位面积根系伤流量为15.98 g/m<sup>2</sup>·h。

**关键词** 春大豆;密度;行株距配置;根

**中图分类号** S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)04-0500-06

## THE EFFECT OF SOLID SEEDING ON THE GROWTH OF SOYBEAN ROOT IN HIGH YIELD SPRING SOYBEAN

ZHANG Jian-xin, LI Jin-song

(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052)

**Abstract** The effect of two planting densities (45.0×10<sup>4</sup> plants per ha, 60.0×10<sup>4</sup> plants per ha) and three row spacing (20 cm, 30 cm, 40 cm) on the growth of soybean root in Heinong 41 was studied under the field. The results indicated that under the same row spacing, high density could reduce greatly the weight of dried root, mainly of the outer annulus' deep-seated root, restrain the growth of over ground part, increase obviously root-shoot ratio, and reduce greatly bleeding and reduce activity of root. Reasonable row spacing could increase the weight of dried root, mainly of the outer annulus' deep-seated root, hasten the growth of over ground part, reduce root-shoot ratio, and increase bleeding and reduce activity of root under the same of density. Narrower row spacing could make the root disturbing of high density soybean run to equality, and increase the outer annulus' deep-seated root. Planting density had more effect than row spacing on the growth of root. When the soybean yield was 5063.90 kg/hm<sup>2</sup>, the weight of dried root was 220.0 g/m<sup>2</sup> at R5, outer annulus' root accounted for 19% of its total root, deep root at 20~50 cm accounted for

收稿日期:2006-12-11

基金项目:新疆高校科研基金项目(XJEDU2004G07)和新疆科技厅攻关项目(200631104)资助

作者简介:章建新(1962-),男,教授,博士生导师,主要从事作物栽培生理教学和研究工作。

32.1% of its total root, the root—shoot was 0.17, bleeding was 15.98 g/(m<sup>2</sup> · h) at R4.

**Key words** Spring soybean; Planting density; Spacing form; Root

窄行密植是实现大豆高产的关键技术。有关窄行密植技术对大豆株型结构、群体光合作用及物质生产等的影响,已有较多的系统研究<sup>[1~3]</sup>。然而,根系作为最主要的吸收器官,并且具有合成、运输和部分的贮藏功能,发达的根群,旺盛的活力,无疑是群体后期高光效的重要的形态、生理基础。目前,有关窄行密植对大豆根系生长的研究较少。本文系统地研究了不同密度条件下株行距配置对高产春大豆根系生长、分布及活力的变化的影响,旨在为大豆高产栽培提供科学依据。

## 1 材料与方法

试验于 2006 年在新疆农业大学试验场进行。试验地土壤为壤土,有机质含量 68.96 g · kg<sup>-1</sup>,速效氮 96.96 g · kg<sup>-1</sup>,速效磷 70.07 g · kg<sup>-1</sup>,速效钾 170.62 g · kg<sup>-1</sup>。

### 1.1 供试材料

供试品种为黑农 41。

### 1.2 试验设计

采取两因素(密度 M、行距 H)完全随机区组设计。设两个密度(M1=45.0 万株 · hm<sup>-2</sup>、M2=60.0 万株 · hm<sup>-2</sup>),每个密度下设 3 个行距(H1=20 cm、H2=30 cm、H3=40 cm)3 次重复,随机排列。小区长 5 m,宽 2.5 m,小区面积 12.5 m<sup>2</sup>。于 4 月 13 日播种,8 月 26 日收获。开花期(6 月 14 日)施尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>,整个生育期灌水 5 次。

### 1.3 测定方法

1.3.1 根系伤流量测定 每次灌水后第 5 d,各处理分别选长势一致 5 株,于 20:00 将大豆植株从子叶节处剪断,套上内具脱脂棉(已称重)的试管,收集一夜(12 h)伤流液,次日清晨 8:00 收回试管称重。

1.3.2 根系干重空间分布测定 采用双向切片法取根样,从 6 月 5 日开始每隔 15 d 取样一次,在田间挖取长势一致连续 5 株,垂直方向每 10 cm 分层取根,挖至无根为止;水平方向分别在内环(0 cm ~ 1/4 行距)和外环(1/4 行距 ~ 1/2 行距)取根。并将所取土体过筛拣出根段、分置、洗净、烘干,用电子天平称重后,结合取样体积计算每 m<sup>2</sup> 土体根干重。

1.3.3 根系还原力测定 另挖取 5 株长势一致大豆上层 20 cm 处根系,测其侧根还原力。称取新鲜侧根或主根 0.5 g 左右,放入 20 mL 刻度试管,加 0.4% 红四氮(TTC)溶液和磷酸缓冲溶液的等量混合液 10 mL。使根充分浸没在溶液内,37℃ 保温 1 h,然后加 1 mol · L<sup>-1</sup> 硫酸 2 mL,终止反应。取出根,吸干水分后与 3~4 mL 乙酸乙脂和少量石英砂一起研磨。将上部提取液转移到试管中,并用少量乙酸乙酯清洗残渣 2~3 次,洗涤液移入试管,最后加乙酸乙酯定容至 10 mL,用分光光度计在 485 nm 波长下比色,以空白试验(先加硫酸再加入根样品,其他操作同上)作参比溶液读出吸光度,查标准曲线,得出四氮唑还原量<sup>[4]</sup>。

四氮唑还原强度 = 四氮唑还原量(g)/[根重(g) × 时间(h)]

1.3.4 产量及其构成因素测定 完熟期每小区取 4.8 m<sup>2</sup> 实收,以 3 次重复平均值计产,另取 15 株考种。

## 2 结果与分析

### 2.1 对大豆根系干重影响

各处理大豆单位面积根系干重随着生育时期的推进呈现“慢—快—慢”的变化过程(图 1)。6 月 20 日以前根系干重增加比较缓慢,处理间的差异不明显;6 月 20 日以后各处理根系干重呈直线增加,在 7 月 20 日达到最大值(R5 时期出现)以后,根系干重开始下降,处理间表现出明显差异。

单位面积大豆根系的增重过程可用 Logistic 方程  $Y = k/(1 + ae^{-bx})$  来模拟(x 为出苗后天数,Y 为单位面积根系积累量,lna/b 为单位面积根系增长率峰值,k 值为单位面积根量最大值),结果见表 1。单位面积根系干重增长率峰值大约出现在出苗后 59~61d(即 R3 时期出现)。

在相同行距条件下,单位面积根系干重的最大积累量随着密度增加而减小;密度为 45 万/hm<sup>2</sup> 时,随行距变窄呈先增加后减少的趋势,密度为 60 万/hm<sup>2</sup> 时,随行距的变窄呈增加趋势(见图 1)。密度和株行距配置对单位面积根系干重均有明显影响,密度对单位面积根系干重的影响明显大于行距。

表1 单位面积根系干重动态生长方程  
Table 1 The changing equations of dried root per square meter

处理 Treatment	方程 Equation	R <sup>2</sup>	Lna/b
M1H1	$Y=200.9720/(1+2367.997641e^{-0.131059X})$	0.9723	59.2848
M1H2	$Y=209.8556/(1+2089.959569e^{-0.128121X})$	0.9747	59.6694
M1H3	$Y=193.4119/(1+3099.822095e^{-0.134305X})$	0.9642	59.8570
M2H1	$Y=183.0512/(1+1554.019377e^{-0.123595X})$	0.9764	59.4571
M2H2	$Y=177.8296/(1+1659.879021e^{-0.122574X})$	0.9747	60.4900
M2H3	$Y=169.5413/(1+2268.558757e^{-0.126828X})$	0.9767	60.9242

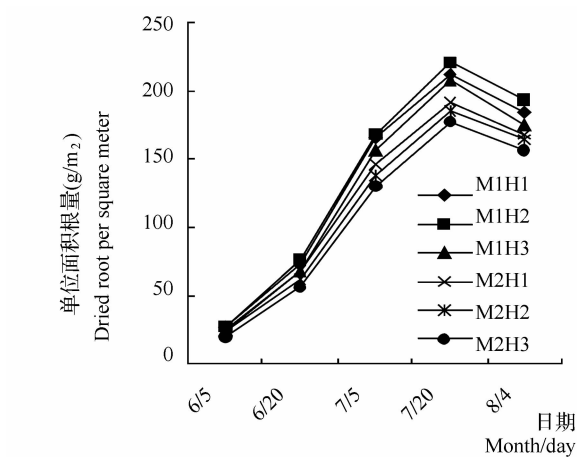


图1 单位面积根系干重的变化

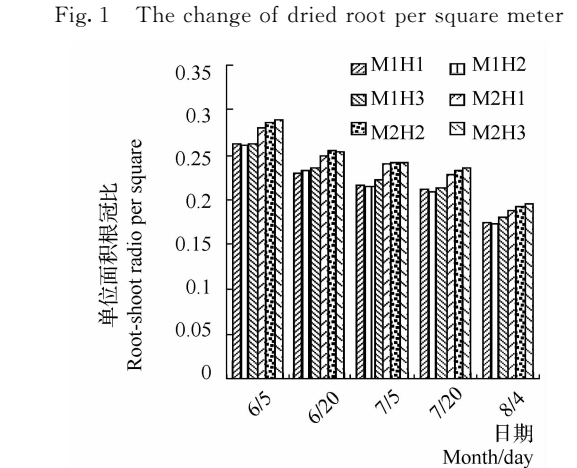


图2 根冠比的变化

Fig. 2 The change of root-shoot ratio

2.2 对根冠比的影响

植株是否能良好地生长取决于根、冠功能平衡；根冠比变化可反映出环境因素对于干物质积累及在根、冠间分配的影响。各处理根冠比均随生育进程而减小。行距相同的条件下，根冠比随密度的增加而增加，密度为45万/hm<sup>2</sup>的各处理的根冠比均低于60万/hm<sup>2</sup>；在45万/hm<sup>2</sup>密度下，30cm行距处

理各生育期的根冠比略小于40cm和20cm处理的根冠比；在60万/hm<sup>2</sup>密度下，随行距变窄大豆各生育时期的根冠比呈现降低趋势(图2)，这可能是窄行部分缓解了因高密度对地上部生长抑制作用的缘故。密度和株行距配置均影响大豆根冠比，并且密度对根冠比的影响明显大于株行距配置，合理的株行距配置可以促进地上部生长，降低大豆的根冠比。

2.3 对根系在土层空间分布的影响

不同处理各生育期的根系干重在土层空间分布见图3~6。由于6月5日和6月24日处理间根干重差异不明显(图略去)。随着大豆的生育，各处理根量增加，根系分布变深达50cm，表层0~20cm大豆根系占总根量的68.3%~82.5%，内环占根系总量的78.0%~87.5%，大豆根系主要分布在内环的0~20cm土层内。不同行距处理上层(0~30cm)内环的根干重在7月20日左右达到最大值，此后略呈下降的趋势，根系分布接近最大深度；下层(30~50cm)根重呈略增的趋势，不同密度处理在内环上同一深层上的根量大多是45万/hm<sup>2</sup>的各处理多于60万/hm<sup>2</sup>的各处理。外环也在7月20日前后各深层根干重达到高峰，此后根干重均呈现减少趋势，外环根系干重的不同密度处理间差异更大。表明同一行距不同密度下，低密度处理根干重在�同生育期的各深层均明显高于高密度处理，特别是20~50cm的深层根系表现更明显，可见高密度处理明显抑制根系在水平方向和垂直方向的扩展。

同一密度下不同行距处理之间，45万/hm<sup>2</sup>密度各处理随行距变窄，内环各深层根量差异不大，外环各生育期大多是30cm处理根量高于20cm和40cm处理根量；60万/hm<sup>2</sup>密度各处理随行距变窄，内环各生育期10cm以下各层根量呈略增的趋势，外环各生育期各层根量随行距变窄而增加，增幅大于内环，可见高密度下缩短行距可明显增加外环各层的根量。

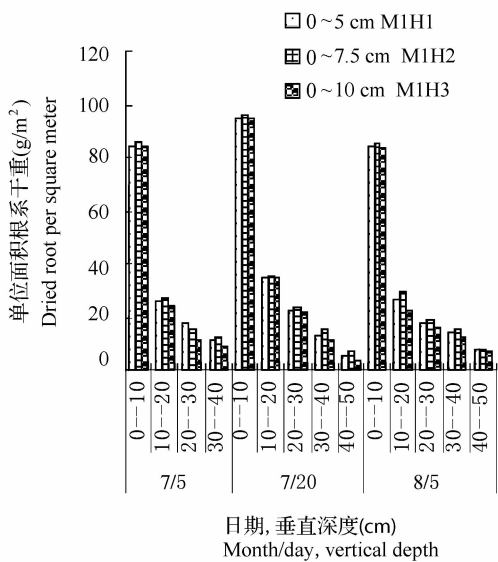


图 3 45 万/hm<sup>2</sup>密度下各行距处理内环根系干重分布  
Fig. 3 The disturbing of inner annulus dried root per row spacing under the density of 45.0×10<sup>4</sup> plants per ha

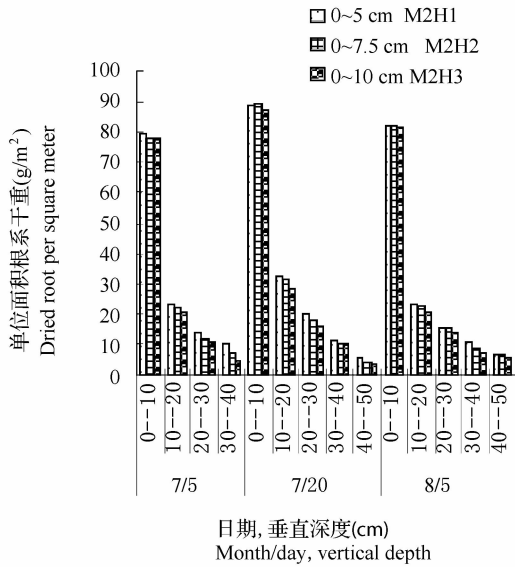


图 5 60 万/hm<sup>2</sup>密度下各行距处理内环根系干重分布  
Fig. 5 The disturbing of inner annulus dried root per row spacing under the density of 60.0×10<sup>4</sup> plants per ha

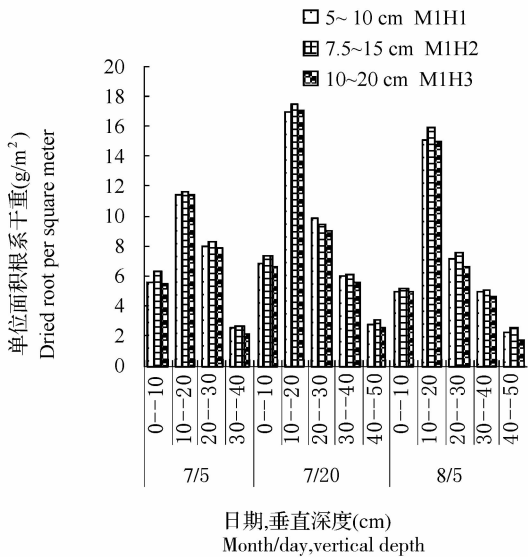


图 4 45 万/hm<sup>2</sup>密度下各行距处理外环根系干重分布  
Fig. 4 The disturbing of outer annulus dried root per row spacing under the density of 45.0×10<sup>4</sup> plants per ha

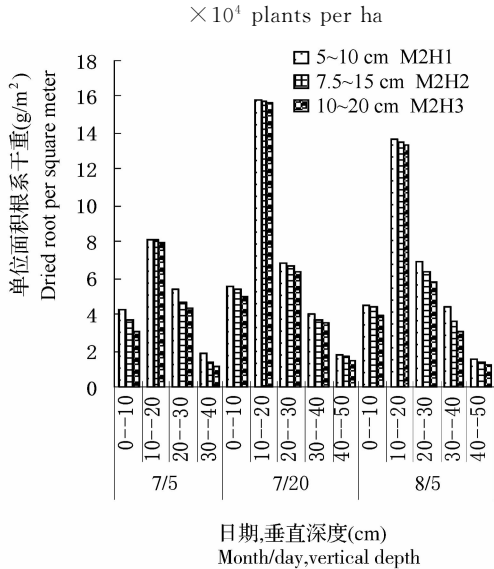


图 6 60 万/hm<sup>2</sup>密度各行距处理外环根系干重分布  
Fig. 6 The disturbing of outer annulus dried root per row spacing under the density of 60.0×10<sup>4</sup> plants per ha

2. 4 对根系的活性的影响

2. 4. 1 对根系伤流量影响 伤流量的多少是反映根系活性大小的重要指标之一<sup>[5]</sup>。各个处理的伤流量(g/m<sup>2</sup>·h)随着生育进程的推进呈现少、多、少的变化过程,6月下旬开始迅速增加,在7月初(R4期)达到峰值,此后迅速下降,与文献相一致<sup>[6]</sup>。表明结荚期后根系开始迅速衰老(图7)。45万/hm<sup>2</sup>密度的各处理单位面积根系伤流量均高于60万/hm<sup>2</sup>密度的各处理,伤流量的持续时间长;在相同密

度下,不同行株距配置处理之间单位面积根系伤流量也有明显的差异,在45万/hm<sup>2</sup>密度下,30cm处理根系伤流量明显大于20cm、40cm处理,在60万/hm<sup>2</sup>密度随行距变窄,单位面积根系伤流量增加。表明密度和株行距配置均对单位面积根系伤流量产生明显的影响,密度对单位面积根系伤流量的影响大于株行距配置,在高密度下行距变窄可明显提高单位面积根系伤流量。

2. 4. 2 对根系还原力的影响 不同处理的0~

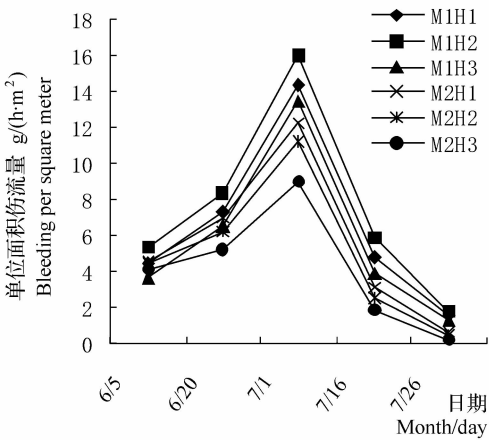


图7 单位面积伤流量的变化

Fig. 7 The change of bleeding per square meter

20 cm 耕作层的侧根还原强度随着生育时期的推进,均在6月20日(R3期)达到高峰值,此后呈迅速下降的趋势(图8)。在45万/hm<sup>2</sup>密度下各处理的根系还原力在各个时期均高于60万/hm<sup>2</sup>密度的各处理;在相同密度下,不同行株距处理之间根系还原力也有明显的差异,随着行距的变窄其变化趋势与伤流量相似。

高密度降低根系伤流量和根系还原力,降低根系活力;在相同密度下,合理的行株距配置可以提高根系伤流量和根系还原力,增强根系活力;高密度下,较窄行距有利于维持较高的根系活力。

表2 产量及其构成因素

Table 2 Yield and its components

处理 Treatment	单株荚数(个) Pods number per plant	单株粒数(个) Grains number per plant	单株籽粒重(g) Seeds weight per plant	百粒重(g) 100—seed weight	产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield
M1H2	26.20	72.50	13.22	19.12	5063.90aA
M1H1	24.80	68.40	12.71	19.10	4899.10bB
M1H3	23.90	63.60	12.37	19.57	4783.15cBC
M2H1	19.90	52.90	9.19	18.13	4669.40dC
M2H2	19.80	50.40	8.69	18.16	4526.05eD
M2H3	16.90	43.60	8.46	19.41	4388.90fE

注:LSD法,a=0.05,A=0.01。 Note:LSD method a=0.05,A=0.01.

3 讨论

以往有关大豆根系研究几乎都是盆栽试验或东北非灌溉条件下田间试验的结果<sup>[7~9]</sup>。有关新疆灌溉条件下高产春大豆根系田间的试验结果少见。研究结果表明:密度和株行距配置对大豆根系干重、根

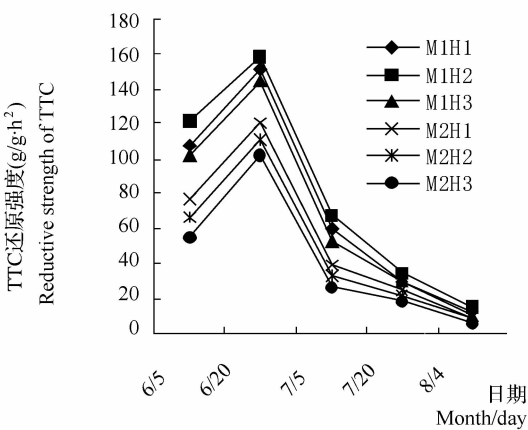


图8 侧根还原强度的变化

Fig. 8 The change of reductive strength of TTC in side root

2.5 对大豆产量及构成因素的影响

单株有效结荚数、单株粒数、单株籽粒重及籽粒产量均随密度增加而降低;密度为45.0万株/hm<sup>2</sup>时,单株有效结荚数、单株粒数、单株籽粒重及产量随行距变窄呈现先增后减的趋势;密度为60.0万株/hm<sup>2</sup>时,单株有效结荚数、单株粒数、单株籽粒重及产量均随行距变窄而呈现增加的趋势;密度和行株距配置方式对百粒重影响不大(表2)。可见,在高密度(60.0万株/hm<sup>2</sup>)下,窄行有利于大豆个体得到良好发展,增加单株粒数和粒重,提高大豆产量。

冠比、根系干重水平和垂直分布、根系伤流量及根系还原力均有明显的影响,并且密度的影响明显大于株行距配置的影响。在相同行距条件下,高密度下单位面积根系干重峰值明显减小,主要是外环(1/4行距~1/2行距)深层根量减少,根系伤流量和根系还原力明显降低,抑制地上部生长,明显增大根冠比;在相同的密度下,合理株行距配置可以提高单位

面积根系干重,主要是增加外环的根量,提高根系伤流量和根系还原力,促进地上部生长,降低根冠比;较窄的行距使高密度大豆根系在水平方向的分布趋于较均匀,增加外环的深层根量,部分地缓解了高密度对根系生长的抑制作用,对大豆的产量形成有利。这可能是大豆根系 85%集中在 0~12.7 cm(或 90%以上集中在 0~15 cm)的水平范围内<sup>[10,11]</sup>的缘故。

可见,合理的密度和株行距配置之所以能使大豆高产,不但在于地上部能够建立高光效群体结构,实现光合产物高速积累;而且也在于地下部能形成发达、具有旺盛活力的根群,并与地上部生长相协调,高效率地进行水分和养分的吸收及物质合成等生理活动,这一点往往容易被人们所忽视。

45 万/hm<sup>2</sup>密度 30 cm 行距的处理,根系干重积累量最大、根冠比最低(R5 期别为 220.0 g/m<sup>2</sup>、0.17),根系水平分布广,入土深,R5 期外环根干重占总根干重 19%,20~50 cm 深层根系占总根干重 32.1%;R4 期单位面积根系伤流量为 15.98 g/m<sup>2</sup>·h,产量高达 5063.90 kg/hm<sup>2</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] Cooper R L. Response of soybean cultivars to narrow rows and planting rates under weed-free conditions. *Agron. J.* 1977, (69): 89-92.
- [2] 刘丽君,祖伟,张瑞忠. 大豆窄行密植条件下的干物质积累规律[J]. 东北农业大学学报,2000,31(1):26-31.
- [3] 刘忠堂. 大豆窄行密植高产技术的研究[J]. 大豆科学,1997, 29-40.
- [4] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1990.
- [5] 孙曦. 植物营养原理[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [6] 倪丽,章建新,金加伟,等. 氮肥对大豆根系、干物质积累及产量的影响[J]. 新疆农业大学学报,2004,27(2):36-39.
- [7] 董钻. 盆栽条件下大豆根冠比[J]. 吉林农业科学,1996,(4): 22-25.
- [8] 杨秀红,吴宗璞,张国栋. 大豆品种根系性状与地上部性状的相关性[J]. 作物学报,2002,28(1):72-75.
- [9] 孙广玉,何庸,张荣华,等. 大豆根系生长和活性特点的研究[J]. 大豆科学,1996,15(4):317-320.
- [10] 孙广玉,张荣华,黄忠文. 大豆根系在土层中分布特点的研究[J]. 中国油料作物学报,2002,24,(1):45-47.
- [11] 王金陵. 大豆根系的初步研究[A]. 王金陵大豆论文集[C]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1992,238-241.

## 学术交流的平台 科技致富的帮手

### 欢迎订阅《北方园艺》(月刊)

邮发代号 14-150 月刊 每册定价 6.00 元 全年 72.00 元

《北方园艺》是由黑龙江省农业科学院主管、黑龙江省园艺学会和黑龙江省农业科学院主办的以科学研究和技术普及相结合的园艺类综合性科技期刊。于 1977 年创刊,30 多年来形成了自己的办刊特色,受到了全国农业科研、教学、生产第一线人员和广大读者的热情支持和欢迎,既是科技人员技术交流和发布佳篇新作的信息平台,也是园艺种植户的致富帮手和秘籍锦囊。

《北方园艺》是全国中文核心期刊、中国农业核心期刊、全国优秀农业期刊和黑龙江省优秀科技期刊。本刊内容丰富、栏目新颖、技术实用、信息全面。主要栏目:试验研究、专题综述、设施园艺、栽培技术(菜园、果园、瓜园)、园林花卉、生物技术、植物保护、食用菌、贮藏与加工等。信息涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究的新技术、新品种、新经验。

国内外公开发行人,每月 15 日出版,大 16 开本,200 页内文,平订,彩四封及内插彩页印刷精美,每册定价 6.00 元,全年 72.00 元(页码增加,质量提高,定价没变)。全国各地邮局均可订阅,邮发代号 14-150,或直接向编辑部汇款订阅,竭诚欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生,各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅,订阅者请在汇款单附言栏内写清订购份数,收件人姓名及详细地址、邮编。

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号

邮编:150086

电话:0451-86674276

黑龙江省农业科学院《北方园艺》编辑部

E-mail:bfyybjb@163.com