

## 侧向施肥距离对大豆氮磷钾吸收及产量的影响

宋秋来<sup>1</sup>, 张晓雪<sup>2</sup>, 周全<sup>3</sup>, 龚振平<sup>1</sup>, 马春梅<sup>1</sup>, 董守坤<sup>1</sup>, 徐瑶<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 上海丰科生物科技股份有限公司, 河北 秦皇岛 066000; 3. 黑龙江省八五二农场, 黑龙江 宝清 155620)

**摘要:**以绥农 14 为材料, 采用框栽与<sup>15</sup>N 示踪相结合的方法, 研究侧向施肥距离变化对大豆氮磷钾吸收及产量的影响, 为合理施肥位置的确定提供依据。结果表明: 大豆植株干物质积累及产量随着侧向施肥距离的增加呈逐渐减少的趋势; 盛荚期(R4)之前大豆植株干物质积累量以种下 6 cm 施肥最高, 成熟期(R8)干物质积累量及产量以种下 6 cm 侧向 6 cm 处理最高, 在侧向 0~12 cm 处理间无明显差异。大豆植株氮磷钾含量及积累量与干物质积累及产量表现出相同的趋势, 即随着侧向施肥距离的增加而逐渐降低; 大豆生长发育前期(V3~R1)植株氮磷钾含量及积累量以种下 6 cm 施肥处理最高, 中后期(R2~R8)以种下 6 cm 侧向 0~12 cm 范围内施肥效果较好。施于种下 6 cm 侧向 0~6 cm 最有利于大豆开花前对氮肥的吸收, 明显优于种下 6 cm 侧向 18~24 cm 施肥处理对氮肥的吸收效果。

**关键词:**大豆; 侧向施肥; 干物质积累; 产量

**中图分类号:** S565.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2014)01-0079-04

## Effect of Lateral Fertilization Distance on N, P and K Absorption and Yield in Soybean

SONG Qiu-lai<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-xue<sup>2</sup>, ZHOU Quan<sup>3</sup>, GONG Zhen-ping<sup>1</sup>, MA Chun-mei<sup>1</sup>, DONG Shou-kun<sup>1</sup>, XU Yao<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Shanghai Finc Tech Inc, Qinhuangdao 066000, China; 3. 852 State Farm, Baoqing 155620, China)

**Abstract:** Under the uniform vertical fertilization distance of 6 cm below seed, the 0, 6, 12, 18 and 24 cm horizontal lateral fertilization distance (HLFD) were adopted, and the dynamics of N, P and K absorption, dry matter accumulation (DMA) as well as soybean seed yield (SY) were determined under frame-planting and <sup>15</sup>N tracer technique with Suinong14 as material. DMA and SY decreased with the increment of lateral fertilization distance. Highest DMA before R4 was obtained at 0 cm of HLFD. Highest DMA and SY at R8 were obtained at 6 cm of HLFD, and there were no significant difference between 0-12 cm of HLFD. Plant N, P, K content and accumulation decreased with the increment of lateral fertilization distance. In the former growth stage (V3-R1), the highest plant N, P, K content and accumulation was obtained at 0 cm of HLFD, and those in the later growth stage (R1-R8) was obtained at 0-12 cm of HLFD. The 0-6 cm of HLFD were benefit for nitrogen absorption before flowering, which was obviously better than 18-24 cm of HLFD.

**Key words:** Soybean; Lateral fertilization; Dry matter accumulation; Yield

大豆是我国重要的粮食和油料作物, 近年来由于大豆单产低、比较效益差, 我国大豆播种面积与总产量持续下降, 严重威胁国家粮食安全。合理施肥是提高大豆产量的重要途径, 适宜的施肥位置对提高大豆产量及肥料利用率具有重要作用。研究表明, 大豆分层深施肥, 有利于植株生长发育和干物质积累, 增产显著<sup>[1]</sup>; 施肥深度以纵向 10~12 cm, 侧距以距种床中心 5 cm 以内为好<sup>[2]</sup>; 张晓雪等<sup>[3]</sup>认为种下 6 cm 施肥效果最理想, 而 Bullen 等<sup>[4]</sup>的研究表明, 磷肥直接施于种子下方 2.5 cm 处更有利于增加大豆产量、提高磷吸收和磷肥利用率。由于研究方法和条件的不同, 国内外学者对大豆的适宜施肥位置并未形成一致的结论。本试验

以大豆品种绥农 14 为材料, 采用框栽与<sup>15</sup>N 示踪相结合的方法, 研究侧向施肥距离变化对大豆氮磷钾吸收及产量的影响, 旨在为大豆合理施肥位置的确定提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验设计

试验于 2010 年在东北农业大学香坊实验实习基地进行, 供试大豆品种为绥农 14。采用硬化塑料制成的无底方框进行栽培, 方框长 50 cm、宽 20 cm、深度 33 cm, 埋土深度 30 cm, 露出地表 3 cm, 每框装土量 39 kg。供试土壤为黑土, 其基础肥力为有机质 14.60 g·kg<sup>-1</sup>, 铵态氮 12.50 mg·kg<sup>-1</sup>, 硝态氮 34.15 mg·kg<sup>-1</sup>,

收稿日期: 2013-07-04

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2006BAD21B01; 2014BAD11B01)。

第一作者简介: 宋秋来 (1985-), 男, 在读博士, 主要从事大豆栽培生理及保护性耕作研究。E-mail: sql142913@163.com。

通讯作者: 龚振平 (1966-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事大豆栽培生理及保护性耕作研究。E-mail: gzpyx2004@163.com。

速效磷  $15.91 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $197.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

根据前期的研究结果,大豆施肥深度在种下 6 cm 时增产效果最好<sup>[3]</sup>。为此,试验设置 5 个侧向施肥距离,均施于种下 6 cm 水平线上,距种子下方的水平距离分别为 0, 6, 12, 18, 24 cm, 分别用  $T_0$ 、 $T_6$ 、 $T_{12}$ 、 $T_{18}$ 、 $T_{24}$  表示。

每框施用  $^{15}\text{N}$  标记的  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (购于上海化工研究院,  $^{15}\text{N}$  丰度 10.2%;  $\text{N}:21.2\%$ )  $1.50 \text{ g}$  ( $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )、重过磷酸钙 ( $\text{P}_2\text{O}_5:46.0\%$ )  $1.50 \text{ g}$  ( $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )、硫酸钾 ( $\text{K}_2\text{O}:30.0\%$ )  $1.50 \text{ g}$  ( $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ), 3 种肥料混合后在播种时一次施入。

具体施肥方法为:首先在方框内装好底土,浇透水,使土层距离框上沿 9 cm,  $T_0$  处理在框的短中线处施入肥料,  $T_6$  处理在距离中线 6 cm 处的两侧施肥,  $T_{12}$  处理在距离中线的 12 cm 处两侧施肥,以此类推。然后覆土 6 cm, 5 月 8 日沿中线播种,覆土 3 cm, 齐苗后定苗,每框保苗 3 株。

分别于 V3、R1、R2、R4 和 R8 期,选择晴天上午 9:00~10:00 进行取样。地上部分自子叶痕处取下,根系及根瘤挖出后用水冲净;样品  $105^\circ\text{C}$  杀青后  $65^\circ\text{C}$  烘干累计 48 h, 测量干重,粉碎后待分析用。在

大豆叶片出现枯萎时,用 1.5 m 高的透明纱网将框围起来,收集全部叶片与叶柄。

## 1.2 测定项目与方法

以  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{K}_2\text{SO}_4$  为催化剂,浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  消化后,采用 B-324 全自动凯氏定氮仪测定氮素含量;采用 MAT-251 型质谱仪,将测定氮素含量的滴定液酸化浓缩后上机测定  $^{15}\text{N}$  丰度;以  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{K}_2\text{SO}_4$  为催化剂,浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  消化后,采用钼锑抗比色法测定磷素含量;以  $\text{H}_2\text{O}_2$  为催化剂,浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  消化后,采用 M410 火焰光度计测定钾素含量。

## 1.3 数据处理

采用 SPSS 17.0 和 Excel 2003 进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 侧向施肥距离对大豆植株干物质积累及产量的影响

由表 1 可知, V3、R1、R2 和 R4 期  $T_0$  处理干物质积累量最高, R8 期  $T_6$  处理干物质积累最高;产量也以  $T_6$  最高,但整个生育期内  $T_0$ 、 $T_6$  和  $T_{12}$  之间干物质积累及产量差异不显著。由此可知,种下 6 cm 侧向 0~12 cm 施肥最有利于大豆干物质积累及产量形成。

表 1 侧向施肥对大豆植株干物质积累量及产量的影响

Table 1 The effect of lateral fertilizer distance on soybean dry matter accumulation and yield ( $\text{g} \cdot \text{frame}^{-1}$ )

处理 Treatment	干物质积累 Dry matter accumulation					产量 Yield
	V3	R1	R2	R4	R8	
$T_0$	$5.37 \pm 0.17 \text{ a}$	$11.65 \pm 1.00 \text{ a}$	$29.98 \pm 1.58 \text{ a}$	$111.64 \pm 3.22 \text{ a}$	$213.39 \pm 5.89 \text{ a}$	$88.05 \pm 1.19 \text{ ab}$
$T_6$	$4.90 \pm 0.21 \text{ a}$	$9.71 \pm 0.82 \text{ a}$	$28.17 \pm 0.11 \text{ a}$	$106.26 \pm 4.62 \text{ ab}$	$217.74 \pm 7.67 \text{ a}$	$90.02 \pm 2.91 \text{ a}$
$T_{12}$	$4.41 \pm 0.15 \text{ ab}$	$9.59 \pm 0.20 \text{ a}$	$27.70 \pm 0.15 \text{ ab}$	$105.20 \pm 3.01 \text{ ab}$	$203.65 \pm 7.27 \text{ ab}$	$87.31 \pm 0.94 \text{ ab}$
$T_{18}$	$3.55 \pm 0.64 \text{ bc}$	$7.33 \pm 0.93 \text{ b}$	$26.24 \pm 1.40 \text{ ab}$	$103.34 \pm 2.19 \text{ b}$	$185.15 \pm 5.89 \text{ b}$	$76.00 \pm 3.49 \text{ b}$
$T_{24}$	$3.17 \pm 0.38 \text{ c}$	$6.61 \pm 0.35 \text{ b}$	$21.57 \pm 0.67 \text{ b}$	$95.51 \pm 5.00 \text{ b}$	$192.57 \pm 3.89 \text{ b}$	$77.23 \pm 1.90 \text{ b}$

同列不同字母表示在 5% 水平上差异显著,下同。

Different letters in the same column mean significant difference among treatments at 5% level. The same below.

### 2.2 侧向施肥距离对大豆氮、磷、钾吸收的影响

2.2.1 植株  $^{15}\text{N}$  丰度 从表 2 看出, V3 和 R1 期大豆植株中  $^{15}\text{N}$  丰度随施肥距离增加呈逐渐递减的趋势,  $T_0$  与  $T_6$  差异不显著,但显著高于其他处理; R2

期以后植株中  $^{15}\text{N}$  丰度无明显差异。由此可见,氮肥施入侧向距离种子过远不利于前期植株对肥料氮的吸收;但随着生长发育的进行,根系逐渐伸长,大豆可以吸收利用远处的氮肥。

表 2 侧向施肥对大豆植株  $^{15}\text{N}$  丰度的影响

Table 2 The effect of lateral fertilizer distance on the  $^{15}\text{N}$  content of soybean plant (%)

处理 Treatment	V3	R1	R2	R4	R8
$T_0$	$4.94 \pm 0.51 \text{ a}$	$2.61 \pm 0.16 \text{ a}$	$1.24 \pm 0.03 \text{ a}$	$0.62 \pm 0.01 \text{ a}$	$0.56 \pm 0.02 \text{ a}$
$T_6$	$4.25 \pm 0.35 \text{ a}$	$2.31 \pm 0.11 \text{ ab}$	$1.09 \pm 0.03 \text{ ab}$	$0.60 \pm 0.02 \text{ a}$	$0.55 \pm 0.00 \text{ a}$
$T_{12}$	$2.93 \pm 0.43 \text{ b}$	$1.72 \pm 0.11 \text{ bc}$	$1.15 \pm 0.03 \text{ ab}$	$0.60 \pm 0.01 \text{ a}$	$0.56 \pm 0.03 \text{ a}$
$T_{18}$	$1.66 \pm 0.37 \text{ b}$	$1.81 \pm 0.10 \text{ bc}$	$1.09 \pm 0.11 \text{ ab}$	$0.60 \pm 0.01 \text{ a}$	$0.55 \pm 0.02 \text{ a}$
$T_{24}$	$2.03 \pm 0.21 \text{ b}$	$1.44 \pm 0.44 \text{ c}$	$1.00 \pm 0.01 \text{ b}$	$0.61 \pm 0.01 \text{ a}$	$0.56 \pm 0.01 \text{ a}$

2.2.2 植株 NPK 含量 从表 3 可以看出,大豆 V3 和 R1 期氮磷钾含量均表现为随着侧向施肥距离的增加呈递减的趋势, R1 期氮磷钾含量  $T_0$  最高,显著

高于其他处理。说明大豆在生长发育前期根系横向伸展范围较小,还不能吸收远处的肥料。至 R2 期氮磷含量  $T_{24}$  与  $T_0$  之间差异已不显著,说明随着

大豆的生长,根系已经可以吸收距离较远的肥料。豆整个生育期以种下 6 cm 侧向 0 ~12 cm 施肥植株 R4 期之后随着根系的衰老,不同处理的氮钾含量差异变小,而磷含量一直表现为近处优于远处。在大

表 3 侧向施肥对大豆植株氮磷钾含量的影响  
Table 3 The effect of lateral fertilizer distance on N,P,K content of soybean plants( % )

处理 Treatment		V3	R1	R2	R4	R8
N	T <sub>0</sub>	2.810 ±0.196 a	3.182 ±0.133 a	3.331 ±0.102 a	3.017 ±0.055 a	2.873 ±0.041 ab
	T <sub>6</sub>	2.660 ±0.055 ab	2.790 ±0.073 b	2.817 ±0.110 ab	3.109 ±0.142 a	2.976 ±0.059 a
	T <sub>12</sub>	2.716 ±0.757 ab	2.617 ±0.099 bc	2.768 ±0.139 b	3.142 ±0.068 a	2.900 ±0.024 ab
	T <sub>18</sub>	2.666 ±0.116 ab	2.425 ±0.856 bc	2.986 ±0.078 ab	2.985 ±0.026 a	2.811 ±0.042 b
	T <sub>24</sub>	2.315 ±0.058 b	2.394 ±0.151 c	2.936 ±0.060 ab	2.953 ±0.044 a	2.818 ±0.039 b
P	T <sub>0</sub>	0.363 ±0.002 a	0.329 ±0.005 a	0.304 ±0.005 ab	0.297 ±0.002 ab	0.245 ±0.006 a
	T <sub>6</sub>	0.372 ±0.011 a	0.306 ±0.004 b	0.317 ±0.008 a	0.307 ±0.003 a	0.244 ±0.008 a
	T <sub>12</sub>	0.355 ±0.006 a	0.291 ±0.005 b	0.311 ±0.015 a	0.311 ±0.005 a	0.217 ±0.004 b
	T <sub>18</sub>	0.353 ±0.007 a	0.295 ±0.008 b	0.280 ±0.006 b	0.277 ±0.015 b	0.220 ±0.003 b
	T <sub>24</sub>	0.354 ±0.004 a	0.291 ±0.008 b	0.297 ±0.006 ab	0.219 ±0.004 c	0.214 ±0.006 b
K	T <sub>0</sub>	1.414 ±0.080 a	1.176 ±0.051 a	0.872 ±0.013 a	0.616 ±0.011 a	0.481 ±0.000 a
	T <sub>6</sub>	1.373 ±0.133 a	0.995 ±0.069 b	0.855 ±0.058 ab	0.515 ±0.016 b	0.489 ±0.011 a
	T <sub>12</sub>	0.919 ±0.048 b	0.865 ±0.050 bc	0.753 ±0.082 abc	0.540 ±0.023 b	0.491 ±0.018 a
	T <sub>18</sub>	0.803 ±0.041 b	0.747 ±0.025 cd	0.682 ±0.023 bc	0.530 ±0.029 b	0.482 ±0.011 a
	T <sub>24</sub>	0.783 ±0.009 b	0.629 ±0.022 d	0.631 ±0.068 c	0.496 ±0.014 b	0.493 ±0.022 a

2.2.3 植株 NPK 积累 由表 4 可知,由于氮磷钾积累量受大豆植株干物质重的影响较大,与干物质的规律类似,氮磷钾积累量均表现为随着施肥距离的增加而逐渐减少的趋势。大豆整个生育前期以种下 6 cm(T<sub>0</sub>)施肥氮磷钾积累量高,而生育后期种下 6 cm 侧向 0 ~12 cm 氮磷钾积累量较高。

表 4 侧向施肥对大豆植株氮磷钾积累量的影响  
Table 4 The effect of lateral fertilizer distance on the accumulation of N,P,K in soybean plants

处理 Treatment		V3	R1	R2	R4	R8
N/g·frame <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub>	0.14 ±0.00 a	0.31 ±0.00 a	0.83 ±0.02 ab	3.31 ±0.07 ab	6.01 ±0.09 b
	T <sub>6</sub>	0.13 ±0.00 a	0.26 ±0.00 b	0.90 ±0.02 a	3.37 ±0.06 a	6.46 ±0.09 a
	T <sub>12</sub>	0.12 ±0.01 a	0.25 ±0.01 b	0.77 ±0.09 bc	3.30 ±0.15 ab	5.90 ±0.05 b
	T <sub>18</sub>	0.11 ±0.01 ab	0.28 ±0.01 a	0.74 ±0.03 bc	3.09 ±0.03 b	5.74 ±0.12 b
	T <sub>24</sub>	0.09 ±0.01 b	0.21 ±0.01 c	0.67 ±0.05 c	2.82 ±0.04 c	5.31 ±0.07 c
P/mg·frame <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub>	18.78 ±0.20 a	33.86 ±0.97 a	85.71 ±1.44 b	331.22 ±2.78 a	497.95 ±9.20 b
	T <sub>6</sub>	16.89 ±0.33 b	28.60 ±0.77 b	94.94 ±2.26 a	328.38 ±4.44 a	532.63 ±16.13 a
	T <sub>12</sub>	15.66 ±0.25 c	27.87 ±0.48 b	86.15 ±4.12 b	326.99 ±4.82 a	442.84 ±8.08 c
	T <sub>18</sub>	12.53 ±0.38 d	22.42 ±0.28 c	73.42 ±1.66 c	286.59 ±15.63 b	427.57 ±2.84 cd
	T <sub>24</sub>	11.51 ±0.08 e	21.76 ±0.32 c	64.08 ±1.34 d	209.18 ±3.73 c	404.79 ±4.05 d
K/mg·frame <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub>	74.93 ±4.23 a	137.06 ±5.93 a	240.93 ±17.29 a	687.58 ±11.93 a	1016.98 ±5.74 a
	T <sub>6</sub>	67.30 ±6.54 a	96.56 ±6.74 b	204.40 ±7.00 ab	547.58 ±17.30 b	1059.09 ±27.73 a
	T <sub>12</sub>	40.54 ±2.11 b	82.97 ±4.76 bc	228.96 ±10.54 a	567.97 ±24.48 b	1001.54 ±35.41 ab
	T <sub>18</sub>	28.51 ±1.47 b	74.09 ±4.84 c	224.39 ±15.27 ab	547.21 ±30.16 b	918.92 ±17.97 b
	T <sub>24</sub>	32.33 ±1.79 b	41.60 ±1.48 d	188.08 ±2.82 b	473.42 ±13.16 c	914.92 ±39.97 b

3 讨 论

近年来大豆窄行密植栽培技术和“三垄”栽培模式成为黑龙江省主要推广的大豆高产栽培技术<sup>[5-8]</sup>。杨方人等<sup>[9]</sup>认为大豆“三垄”栽培具有显著的增产效应,其种肥施于垄上 12 cm 双行中间;本试

验中施肥于种下 6 cm 侧向 6 cm 处产量最高,佐证了“三垄”栽培的施肥增产效应。  
王成<sup>[10]</sup>和闫洪睿等<sup>[11]</sup>认为,15 ~16 cm 的行距产量效果最好;而刘忠堂等<sup>[12]</sup>和 Taylor 等<sup>[13]</sup>的研究表明,大豆产量分别以 22.5 和 25 cm 行距的最高。本试验的研究结果表明,大豆植株干物质积累

及产量随着侧向施肥距离的增加呈逐渐减少的趋势;R4 期之前大豆植株干物质积累量以种下 6 cm 施肥最高,R8 期干物质积累量及产量以种下 6 cm 侧向 6 cm 处理最高,在侧向 0,6,12 cm 处理间无明显差异。因此,大豆种植行距在 0~24 cm 范围,肥料施于两行大豆中间是合理的施肥位置。

张晓雪等<sup>[3]</sup>认为施肥于种子同层至种下 6 cm 最有利于大豆苗期氮肥吸收,表层施肥、种下 24 cm 施肥处理氮肥吸收效果不好。本试验施用<sup>15</sup>N 标记的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,研究结果表明施于种下 6 cm 侧向 0~6 cm 最有利于大豆开花前对氮肥的吸收,说明大豆在生长发育前期根系横向伸展范围较小,还不能吸收远处的肥料。龚振平等<sup>[14]</sup>研究表明,大豆分枝期至开花期根系生长迅速,占苗期至鼓粒期总根量的 60%~70%;林蔚刚等<sup>[15]</sup>认为,大豆根系的根长、根表面积、根体积及根干重均主要分布于土壤剖面 0~10 cm 深度;何庸等<sup>[16]</sup>认为大豆根系水平分布随生育时期的推移逐渐外移;本研究的结果与上述学者的结论相吻合,大豆生长发育前期(V3~R1)植株氮磷钾含量及积累量以种下 6 cm 施肥处理最高,中后期(R2~R8)以种下 6 cm 侧向 0~12 cm 范围内施肥效果较好。

孙广玉等<sup>[17]</sup>认为大豆根系干重 85% 分布在水平方向的 0~12.7 cm,本研究表明施肥于种下 6 cm 侧向 0~12 cm 处大豆植株氮磷钾吸收和产量均较高,二者结果吻合。

## 参考文献

- [1] 郭玉. 全方位分层深施肥对大豆生长发育的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2006, 18(4): 5-8. (Guo Y. The effect of applying deep fertilizer in the omnibearing lamination on growth and development of soybean[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2006, 18(4): 5-8.)
- [2] 刘复昌. 大豆化肥施肥部位研究报告[J]. 黑龙江农业科学, 1989(3): 30-33. (Liu F C. Research report of fertilization site in soybean[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1989(3): 30-33.)
- [3] 张晓雪, 吴冬婷, 龚振平, 等. 施肥深度对大豆氮磷钾吸收及产量的影响[J]. 核农学报, 2012, 26(2): 178-182. (Zhang X X, Wu T, Gong Z P, et al. Effect of fertilization depth on N, P, K absorption and yield in soybean[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2012, 26(2): 178-182.)
- [4] Bulle C W, Soper R J, Bailey L D. Phosphorus-nutrition of soybeans as affected by placement of fertilizer phosphorus[J]. Canadian Journal of Soil Science, 1983, 63(2): 199-210.
- [5] 龚振平. 大豆优质高效生产技术[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2003: 212-217. (Gong Z P. Production technology of soybean[M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 2003: 212-217.)
- [6] 王连铮, 郭庆元. 现代中国大豆[M]. 北京: 金盾出版社, 2007: 770-777. (Wang L Z, Guo Q Y. Modern Chinese soybean[M]. Beijing: Jindun Publishing House, 2007: 770-777.)
- [7] 刘丽君. 中国东北优质大豆[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2007: 305-314. (Liu L J. High quality soybeans in Northeast of China[M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 2007: 305-314.)
- [8] 王金陵, 杨庆凯, 吴宗璞. 中国东北大豆[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1999: 48-49. (Wang J L, Yang Q K, Wu Z P. Soybean in Northeast China[M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 1999: 48-49.)
- [9] 杨方人, 赵九洲. 大豆“三垄”法高产技术分析—垄作深松及分层施肥的增产效应[J]. 中国农业科学, 1995, 28(6): 46-51. (Yang F R, Zhao J Z. Analysis of “SAN—LONG” high yield technique of soybean—Effect of ridge culture, deep tillage and layer fertilization on increasing soybean yield[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1995, 28(6): 46-51.)
- [10] 王成. 大豆大垅窄行密植栽培增产效果分析[J]. 大豆通报, 1999(4): 11-12. (Wang C. Analysis of effect of big ridge narrow-row solid-seeded high-yield cultivation in soybean[J]. Soybean Bulletin, 1999(4): 11-12.)
- [11] 闫洪睿, 张雷, 刘英华, 等. 半矮秆大豆黑河 19 号窄行密植研究[J]. 大豆科学, 2003, 22(3): 223-226. (Yan H R, Zhang L, Liu Y H, et al. Study on solid seeding of semidwarf soybean variety Heihe 19[J]. Soybean Science, 2003, 22(3): 223-226.)
- [12] 刘忠堂, 何志鸿, 魏冀西, 等. 大豆窄行密植高产栽培技术引进试验与嫁接—II 平作窄行密植高产栽培技术的增产效果[J]. 黑龙江农业科学, 1998(1): 27-29. (Liu Z T, He Z H, Wei J X, et al. Soybean narrow row and compact planting cultivation technique—II Yield increasing effect of flat planting, narrow row and compact planting cultivation technique[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1998(1): 27-29.)
- [13] Taylor H M, Mason W K, Bennie A T P, et al. Response of soybeans to two row spacing and two soil water levels: I. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield[J]. Field Crops Research, 1982, 5: 1-14.
- [14] 龚振平, 沈昌蒲, 赵福华. 大豆肥田机制的研究 II 常规技术条件下大豆根系动态[J]. 大豆科学, 2000, 19(4): 351-355. (Gong Z P, Shen C P, Zhao F H. Study on mechanism of fertility increase soil by growing soybean II The dynamic changes of soybean roots in soil wider conventional cultural practice[J]. Soybean Science, 2000, 19(4): 351-355.)
- [15] 林蔚刚, 吴俊江, 董德健, 等. 不同秸秆还田模式对大豆根系分布的影响[J]. 大豆科学, 2012, 31(4): 584-588. (Lin W G, Wu J J, Dong D J, et al. Impact of different residue retention system on soybean root distribution in soil profile[J]. Soybean Science, 2012, 31(4): 584-588.)
- [16] 何庸, 孙广玉, 程学刚. 草甸黑土中大豆根系及其活性的动态分布[J]. 中国油料, 1997, 19(2): 28-31. (He Y, Sun G Y, Cheng X G. The dynamic distribution of soybean roots and roots activation in meadow black soil[J]. China Oil Crops, 1997, 19(2): 28-31.)
- [17] 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. (Sun G Y, Zhang R H, Huang Z W. Soybean root distributions in meadow-blackland and albic-soil[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2002, 24(1): 45-47.)