

中熟超高产大豆品种的花荚形成及时空分布

章建新, 贾珂珂, 艾红玉

(新疆农业大学 农学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:田间观察比较了7个中熟大豆品种(系)花、荚形成过程及其时空分布和产量的差异。结果表明:在高密度($32.8 \times 10^4 \sim 35.0 \times 10^4$ 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$)条件下,品种(系)间产量的差异主要是由于单位面积成花数、腔/花比值和荚腔数的差异导致;中熟超高产大豆品种(系)黑农61、10-46、11-109获得 $5\,802.0 \sim 5\,954.6 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 产量的成花数为 $1\,893.8 \times 10^4 \sim 3\,027.6 \times 10^4$ 个 $\cdot\text{hm}^{-2}$,腔/花比值为 $0.87 \sim 1.33$,腔数为 $2\,511.2 \times 10^4 \sim 2\,646.6 \times 10^4$ 个 $\cdot\text{hm}^{-2}$,结实率为 $85.5\% \sim 90.5\%$,粒数为 $2\,256.6 \times 10^4 \sim 2\,275.0 \times 10^4$ 个 $\cdot\text{hm}^{-2}$;均表现出中、下部节的花数分布较多,中、上部节的荚腔数分布较多,单株花期在21~27 d,开花高峰期在6月9日;荚期为24 d,结荚高峰期在6月19~27日,在结荚高峰期单株同时有6~10个节成荚,单株花荚期35 d。在密度条件下,控制中部节间长度,增加植株中、上部节的成花数,提高腔/花比值,保证单位面积荚腔数是实现中熟大豆品种超高产的技术关键。

关键词:大豆;超高产;中熟品种;花荚;时空分布

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2013)03-0316-05

Formation and Space-time Distribution of Flowers and Pods for Mid-mature Super-high-yielding Soybeans

ZHANG Jian-xin, JIA Ke-ke, AI Hong-yu

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

Abstract: Flowers and pods play an important role for the yield formation of soybean. Seven mid-mature soybean varieties (lines) were field planted and the space-time distribution of flowers and pods were systematically observed. Under the planting density between 32.8×10^4 and 35.0×10^4 plants per hectare, yield level among varieties were mainly attributed to the difference of flowers, ratio of cavity to flower and pods per unit area. To obtain the yield level of $5\,802.0 \sim 5\,954.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, the flowers, cavities, seeds per hectare for mid-mature super-high-yielding varieties (lines) HeiNong61, 10-46 and 11-109 were $1\,893.8 \times 10^4 \sim 3\,027.6 \times 10^4$, $2\,511.2 \times 10^4 \sim 2\,646.6 \times 10^4$ and $2\,256.6 \times 10^4 \sim 2\,275.0 \times 10^4$, respectively, with the cavity to flower ratio of $0.87 \sim 1.33$ and seed setting rate of $85.5\% \sim 90.5\%$. Flowers were mainly distributed in the middle and lower part, while pod cavities concentrated in the middle and upper section. Flowering for single plant maintained 21 to 27 days and peaked at 9th June. Pod setting peaked at 19th–27th June, with 6–10 nodes forming pods simultaneously. The duration of flowering and podding were 35 days. Under higher planting density conditions, to enhance the yield of mid-mature soybeans, the key cultivation measure is controlling the inter-node length of middle stem, increasing flowers and ratio of cavity to flower in the middle-upper section of plant, improving the ratio of the cavity and flower, so as to improve pod cavities per unit area.

Key words: Soybean; Super-high-yield; Mid-mature varieties; Flowers and pods; Space-time distribution

新大豆1号^[1]和中黄35^[2-3]先后在新疆石河子创造了全国春大豆高产纪录。这2个品种都是生育期在135 d左右的晚熟品种。近年中熟大豆品种(生育期120 d左右)在密度条件下也获得了 $5\,250 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的产量^[4-5]。超高产大豆品种的一个重要特征是在单位面积上形成较多荚数和粒数^[6]。单位面积荚数是决定大豆籽粒产量高低的最重要因素。而增加花数是增加荚数,最终增加大豆产量的最主要途径^[7]。以往对新疆超高产大豆的研究多集中在晚熟品种群体生理参数^[8]、养分吸收^[9]和大豆结实性状^[6]等方面,有关中熟超高产大豆的研究很少。现通过田间试验系统地比较了中熟超高

产大豆品种(系)黑农61、10-46、11-109的花荚粒分布与高产品种(系)农薯1号、黑农62、新大豆10号和11-60的差异,以揭示超高产中熟大豆品种的花荚形成和时空分布规律,为大豆高产栽培调控技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试中熟超高产品种(系)有黑农61(引自黑龙江省)、11-109、10-46(自育品系),高产品种(系)有农薯1号、黑农62(引自黑龙江省)、新大豆10号和11-60(自育品系)。

收稿日期:2013-01-16

基金项目:国家自然科学基金(31060179)。

第一作者简介:章建新(1962-),男,教授,博士生导师,主要从事大豆高产栽培生理研究。E-mail: zjxin401@126.com。

1.2 试验设计

试验于 2012 年在新疆伊犁地区伊犁县阿热吾斯塘乡阿勒台温村进行。试验地为壤土,有机质 $64.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮 $94.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $33.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $183.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。翻地前施磷酸二铵 $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。采用随机区组排列,3 次重复,小区面积 12.0 m^2 ,按宽窄行(行距为 $50\text{ cm}+30\text{ cm}$)种植。4 月 9 日人工播种,4 月 25 日出苗。第一复叶全展时定苗,株距 8.3 cm ,理论保苗 $35.0\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。6 月 5 日喷施 15% 多效唑可湿性粉剂 $0.225\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,6 月 15 日再次喷施 $0.42\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。全生育期共灌水 4 次,具体灌水日期为 6 月 10 日、6 月 30 日、7 月 15 日、8 月 1 日,每次灌水 $1\ 050\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。8 月 20 日左右完熟时收获。

1.3 测定项目与方法

自始花期开始,各品种(系)分别选取生长整齐一致,具代表性的连续 5 株挂牌,每隔 1 d 调查主茎各节上的开花数和成荚数的动态变化,直至整株成荚结束;成熟期各品种(系)挂牌株逐节调查成荚数、粒数、空腔数在主茎上的垂直分布;成熟期每品

种(系)另选取具代表性的连续 15 株,逐株测定节间长度、各节荚数、粒数和空腔数,计算单位面积荚腔数、结实率和产量构成因素等;成熟期各小区分别收获 4.8 m^2 人工脱粒称重,每品种(系)随机取样 100 g ,在 80°C 下烘至恒重,计算籽粒含水量,最终计算含水 13.5% 的折合产量和百粒重。

1.4 数据分析

应用 Excel 2003 和 SPSS 13.5 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种(系)的产量及其构成

由表 1 可见,以黑农 61、10-46 和 11-109 的产量较高,分别为 $5\ 954.6$ 、 $5\ 897.2$ 和 $5\ 802.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;收获株数分别为 32.8 万、35.0 万和 34.7 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$;单株粒数分别为 68.8、65.0 和 65.5;百粒重分别为 26.8、26.3 和 25.5 g;其余 4 个品种(系)的产量较低,为 $4\ 876.4\sim5\ 417.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。超高产品种(系)在高密度($32.8\text{ 万}\sim35.0\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$)下,具有单株粒数多、粒重大的特点。

表 1 不同品种的产量及产量构成比较
Table 1 Comparison on yield and yield components of different varieties(lines)

品种(系) Varieties(lines)	收获株数 Harvest plants $/\times 10^4\text{ plant}\cdot\text{hm}^{-2}$	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	单株粒重 Seed weight per plant/g	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$
黑农 61Heinong 61	32.8 ab	28.7 ab	68.8 a	18.1 a	26.8 b	5954.6 a
10-46	35.0 a	27.0 ab	65.0 ab	16.8 ab	26.3 b	5897.2 ab
11-109	34.7 a	27.2 ab	65.5 ab	16.7 ab	25.5 b	5802.3 ab
黑农 62Heinong 62	30.4 b	25.3 b	57.4 c	17.8 a	31.6 a	5417.4 ab
新大豆 10 号 Xindadou 10	33.1 ab	28.4 b	62.6 bc	16.8 ab	27.7 b	5379.3 b
农菁 1 号 Nongjing 1	28.9 b	29.5 b	63.2 b	18.5 a	30.2 ab	5333.5 b
11-60	33.5 ab	24.9 b	59.8 bc	14.6 b	25.0 b	4876.4 b

2.2 不同品种(系)花数、腔数和粒数

由表 2 可见,单位面积成花数变幅为 $1\ 258.0\sim3\ 027.6\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$,其中,超高产品种(系)黑农 61、10-46、11-109 成花数为 $1\ 893.8\sim3\ 027.6\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$;各品种(系)单位面积荚腔数为 $1\ 937.8.0\sim2\ 646.6\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$,明显小于单位面积花数的变幅,其中,黑农 61、10-46、11-109 的荚腔数为 $2\ 511.2\sim2\ 646.6\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$;单位面积粒数为 $1\ 745.0\sim2\ 275.0\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$,与荚腔数的变幅相近,其中,黑农 61、10-46、11-109 的粒数为 $2\ 256.6\sim2\ 275.0\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$;结实率(粒数/荚腔数 $\times 100\%$)为 $81.4\%\sim90.5\%$,其中,黑农 61、10-46、11-109 的结实率为 $85.3\%\sim90.5\%$ 。

黑农 61、10-46 和 11-109 单位面积的荚腔数和粒数均位于前列,成花数除 11-109 较少外,黑农 61 和 10-46 也位于前列。在百粒重为 26 g 左右、结实率为 $85\%\sim90\%$ 的条件下,单位面积荚腔数和粒数分别超过 $2\ 511.2$ 和 $2\ 256.6\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$ 是大豆获得近 $6\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 产量的必备条件,单位面积成花数较少的 11-109($1\ 893.8\text{ 个}\cdot\text{hm}^{-2}$)由于腔/花比值较高(1.33),而形成较多的荚腔数和粒数获得超高产。高产品种(系)除新大豆 10 号外,黑农 62、农菁 1 号和 11-60 均因成花数少而降低单位面积荚腔数。因此,增加单位面积成花数和提高腔/花比值或二者同时提高均可增加单位面积的荚腔数。

表2 不同品种(系)的花数、腔数和粒数比较

Table 2 Comparison on the flowers, cavities and seeds of different varieties(lines)

品种(系) Varieties(lines)	单株花数 Flowers per plant	总花数 Flowers No. / × 10 ⁴ flower · hm ⁻²	单株腔数 Cavities per plant	总腔数 Cavities No. / × 10 ⁴ cavity · hm ⁻²	腔花比 Ratio of cavity to flower	总粒数 Seeds No. / × 10 ⁴ seed · hm ⁻²	结实率 Seed setting rate/%
黑农 61Heinong 61	92.3 a	3027.6 a	80.7 a	2646.6 a	0.87 c	2256.6 a	85.3 b
10-46	71.2 b	2492.7 b	72.8 b	2549.7 a	1.02 c	2275.0 a	89.2 ab
11-109	54.6 d	1893.8 c	72.4 b	2511.2 a	1.33 b	2272.9 a	90.5 a
黑农 62Heinong 62	41.4 e	1258.0 d	63.7 c	1937.8 c	1.54 a	1745.0 c	90.0 a
新大豆 10 号 Xindadou 10	74.4 b	2463.9 b	76.9 ab	2545.0 a	1.03 c	2072.1 ab	81.4 c
农菁 1 号 Nongjing 1	64.7 c	1868.9 c	76.1 ab	2200.2 b	1.18 bc	1826.5 bc	83.0 bc
11-60	57.0 d	1909.1 c	67.9 c	2274.0 b	1.19 bc	2003.3 b	88.1 ab

由表3可见,不同品种(系)与高产品种(系)相比,超高产品种(系)黑农 61、10-46 和 11-109 在具有多的开花、结荚和成粒节数的同时,也具有高的

单节平均花数、腔数和粒数。可见,在保持较多的开花、结荚和成粒节数的同时,增加单节花数、腔数和粒数是实现大豆超高产的关键。

表3 不同品种(系)的花、荚、粒特征参数

Table 3 The parameters of flowers, pods and seeds of different varieties(lines)

品种(系) Varieties(lines)	单株开花节数 Nodes with flower per plant	单节花数 Flowers per node	单株结荚节数 Nodes with pod per plant	单节腔数 Cavities per node	单株结粒节数 Nodes with seed per plant	单节粒数 Seeds per node
黑农 61Heinong 61	14 a	6.6 a	13 b	6.2 ab	13 b	5.3 b
10-46	14 a	5.1 b	13 b	5.6 b	13 b	5.0 b
11-109	13 b	4.2 bc	13 b	5.6 b	13 b	5.0 b
黑农 62Heinong 62	14 a	3.0 c	14 a	4.5 c	14 a	4.1 c
新大豆 10 号 Xindadou 10	12 c	6.2 ab	12 c	6.4 a	12 c	5.2 b
农菁 1 号 Nongjing 1	14 a	4.6 b	12 c	6.3 a	10 d	6.3 a
11-60	14 a	4.1 bc	12 c	5.6 b	12 c	5.0 b

2.3 超高产品种(系)节间长、花数、腔数和粒数的垂直分布

除 10-46 外,黑农 61 和 11-109 基部 1~5 个节间较短,自第 6 节间逐渐延长,至第 10 节间达峰值后又变短,其中 11-109 的节间长度变化平稳(图 1); 3 个品种(系)均在 6 月 1 日开始开花,并在 6 月 9 日达到日开花数的峰值,此后日开花数迅速降低,黑农 61 的单株花期最短(21 d),10-46 最长(27 d), 11-109 介于二者之间(图 2); 黑农 61 和 10-46 的

中、下部节有较多的花数,上部节花数较少,11-109 基部节的花数多于中、上部节,仅黑农 61 花数顶端优势明显(图 3A);3 个品种(系)均表现为中上部节的荚腔数(图 3B)和粒数(图 3C)较多,11-109 基部第 1 节的结实率明显高于 10-46 和黑农 61(图 3D)。仅黑农 61 的花数、荚腔数和粒数表现出明显的顶端优势。黑农 61 的荚腔数顶端优势明显,但结实率未表现出顶端优势(图 3D)。

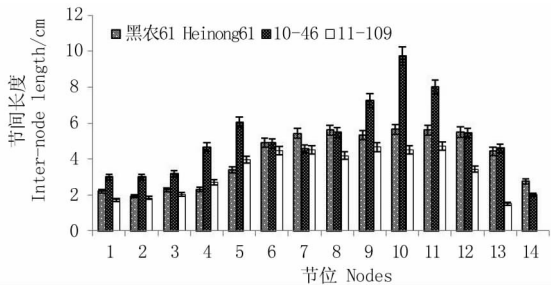


图1 超高产品种(系)主茎的节间长度变化
Fig.1 Changes of internode length of main stem of super-high-yielding varieties(lines)

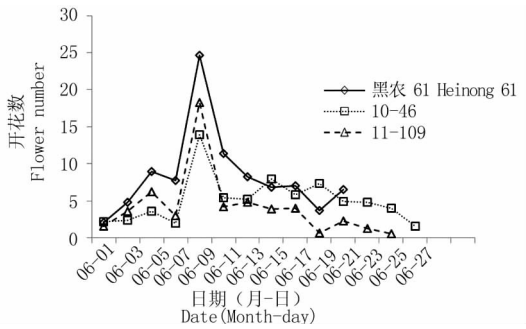


图2 超高产品种(系)主茎的开花动态
Fig.2 Flowering dynamics of main stem of super-high-yielding varieties(lines)

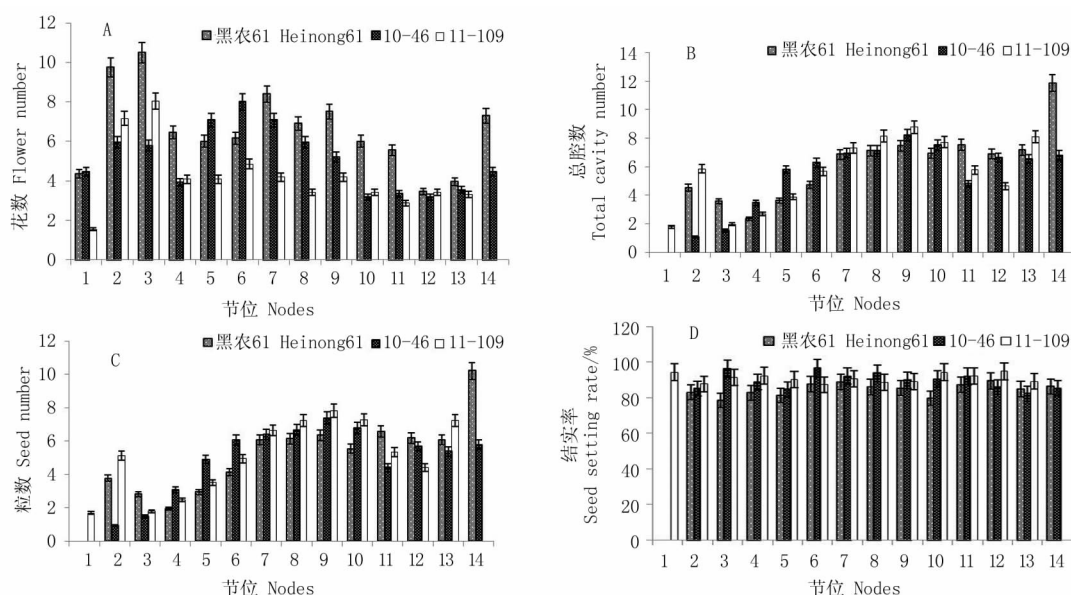


图3 超高产品种(系)主茎上的花数(A)、总腔数(B)、粒数(C)和结实率(D)分布

Fig.3 Distribution of flower, pod number of cavity, seed and seed setting rate of main stem of super-high-yielding varieties (lines)

2.4 超高产品种(系)的结荚过程

由图4可见,3个品种(系)总体上按自下而上的节序结荚,其结荚持续期均为24 d。黑农61和11-109的结荚期高峰期均为6月19~23日,期间单株分

别有10个和9个节同时结荚,10-46的成荚高峰期推迟到6月23~27日,期间单株同时有6个节结荚。可见,中熟大豆品种(系)具有结荚持续期短,成荚期提前,在结荚高峰期期间单株同时结荚节数多的特点。

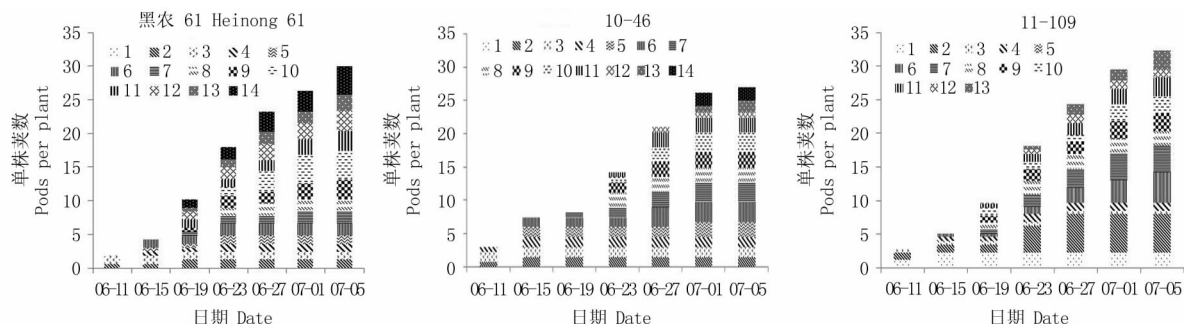


图4 超高产品种(系)的成荚过程

Fig.4 The pod formation process of super-high-yielding varieties (lines)

3 讨论

一般认为超高产大豆产量在 $5\ 250\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上。以往对晚熟品种新大豆1号和中黄35等的超高产研究较多^[1,6]。而对中熟品种在更高密度下的超高产生育规律研究很少。与晚熟品种相比,中熟品种生育期仅120 d左右,在积温条件稍差的条件下更易获得超高产。开花结荚期间的花荚形成数量是决定产量形成的关键因素。超高产品种中黄35在密度为 $30\ \text{万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的条件下,单株花期34 d、荚期33 d,花荚期总长63 d;单株开花节数为18节,结荚节数为14节,中部和上部节的花数和总腔数多^[6]。本研究表明,中熟超高产大豆品种(系)黑农61、10-4、11-109在高密度($32.8\ \text{万}\sim 35.0\ \text{万}$

$\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$)条件下,获得 $5\ 802.0\sim 5\ 954.6\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的产量,其单株花期为21~27 d,荚期为24 d,花荚期总长为35 d;单株开花节数为13~14 d,结荚节数均为13节;下部和中部节的花数多,中部和上部节的总荚腔数多。由于中熟大豆品种(系)的花期、荚期和花荚期总长均分别缩短7~13、9和28 d,开花节数减少4~5节,结荚节数减少1节,而导致单株花数和单株腔数的明显减少。可见,中熟品种实现超高产,必须以更高密度补偿因单株开花节数和结荚节数减少而导致单株花数和荚腔数的减少,并在此基础上增加植株中上部节的花数和腔/花比值,才能形成足够的单位面积荚腔数。中熟品种获得超高产,单位面积荚腔数与晚熟品种相同,但花荚形成持续时间却明显缩短并提前结束,这就必须提高单位面积的花荚形成速度以补偿花荚形成持续

时间缩短所导致荚腔数的损失,高密度条件下,单株同步结荚节数的增加必然会加剧荚与植株其它器官的营养物质竞争程度。这在一定程度上增加了中熟品种实现超高产的栽培技术调控难度。如何在开花结荚期间对中熟超高产大豆品种进行合理的生长调控,以增加单位面积荚腔数,充分发挥其增产潜力是需要进一步研究的问题。

参考文献

- [1] 罗庚彤,战勇,刘胜利,等. 新大豆 1 号和石大豆 1 号高产记录的创造[J]. 大豆科学,2001,20(4):270-273. (Luo G T, Zhan Y, Liu S L, et al. The creation of the highest yield records on Xindadou 1 and Shidadou 1 of soybean cultivars[J]. Soybean Science, 2001, 20(4):270-273.)
- [2] 王晓光,赵念力,魏建军,等. 中黄 35 大豆超高产实例分析[J]. 大豆科学,2010,30(6):1051-1053. (Wang X G, Zhao N L, Wei J J, et al. Case analysis of super-high-yielding soybean variety, Zhonghuang 35 [J]. Soybean Science, 2010, 30(6):1051-1053.)
- [3] 王连铮,罗庚彤,王岚,等. 北疆春大豆中黄 35 公顷产量 6 吨的栽培技术创建[J]. 大豆科学,2012,31(2):217-223. (Wang L Z, Luo G T, Wang L, et al. Development of soybean cultivation technology with the yield over 6 tonnes per hectare for soybean [J]. Soybean Science, 2012, 31(2):217-223.)
- [4] 章建新,翟云龙,薛丽华. 密度对高产春大豆生长动态及干物质积累分配的影响[J],大豆科学,2006,25(1):1-5. (Zhang J X, Zhai Y L, Xue L H. Effect of plant density on growth tendency, dry matter accumulation and distribution in high yield spring soybean [J]. Soybean Science, 2006, 25(1):1-5.)
- [5] 章建新,李劲松. 窄行密植对高产春大豆根系生长的影响[J]. 大豆科学,2007,26(4):500-505 (The effect of solid seeding on the growth of soybean root in high yield spring soybean [J]. Soybean Science, 2007, 26(4):500-505.)
- [6] 章建新,周婷,贾珂珂. 超高产大豆品种花荚形成及其时空分布[J]. 大豆科学,2012,31(5):739-743. (Zhang J X, Zhou T, Ja K K. Formation and space-time distribution of flowers and pods for super-high yielding soybeans [J]. Soybean Science, 2012, 31(5):739-743.)
- [7] 章建新,李金霞,崔可夫,等. 不同熟期大豆品种的花荚形成和时空分布[J]. 新疆农业大学学报,2012,35(2):1-2. (Zhang J X, Li J X, Cui K F, et al. Formation of flower and pod and space-time distribution of soybean varieties in different maturation periods [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2012, 35(2):1-2.)
- [8] 魏建军,罗庚彤,张力,等. 中黄 35 超高产大豆群体的生理参数[J]. 作物学报,2009,35(3):506-511. (Wei J J, Luo G T, Zhang L, et al. Physiological parameters of super-high yielding soybean cultivar Zhonghuang 35 [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(3):506-511.)
- [9] 魏建军,杨相昆,张占琴. 土壤主要养分变化和超高产大豆养分吸收之间关系的研究[J]. 大豆科学,2010,29(5):791-795. (Wei J J, Yang X K, Zhang Z Q. Relationship between nutrient contents in soil and the nutrient absorption of super-high yielding soybean [J]. Soybean Science, 2010, 29(5):791-795.)
- [10] D A, Jiang J, et al. Optimization for ISSR-PCR system of *Fraxinus mandshurica* Rupr. using orthogonal design [J]. Molecular Plant Breeding, 2005, 3(3):445-450.)
- [11] 苏辉,李志刚,宋书宏. 正交设计优化大豆 SSR-PCR 反应体系及引物筛选[J]. 华北农学报,2009,24(2):99-102. (Su H, Li Z G, Song S H. Optimization of SSR-PCR system on soybean by orthogonal design and SSR primer selection [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2009, 24(2):99-102.)
- [12] 何海燕,沙伟,张艳馥. 大豆 ISSR-PCR 反应体系的优化[J]. 大豆科学,2010,29(3):510-513. (He H Y, Sha W, Zhang Y F. Optimization for ISSR-PCR reaction system of soybean [J]. Soybean Science, 2010, 29(3):510-513.)
- [13] 刘海云,王敏,王继亮,等. 大豆 SSR 技术反应体系的优化[J]. 华北农学报,2007,22(5):36-39. (Liu H Y, Wang M, Wang J L, et al. Optimization of soybean SSR reaction system [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2007, 22(5):36-39.)
- [14] 熊发前,庄伟建,唐荣华,等. 两种新型目标分子标记技术——CDDP 与 PAAP[J]. 植物生理学通讯,2010,46(9):871-875. (Xiong F Q, Zhuang W J, Tang R H, et al. Two Novel targeted molecular marker techniques—CDDP and PAAP [J]. Plant Physiology Communications, 2010, 46(9):871-875.)
- [15] 杨云水,李续娥,吴红伟. 正交实验法在 PCR 反应优化中的应用[J]. 生物数学学报,2005,20(2):202-206. (Yang Y S, Li X E, Wu H W. Application of orthogonal design to optimize PCR conditions [J]. Journal of Biomathematics, 2005, 20(2):202-206.)
- [16] 郭大龙,张君玉,李猛,等. 葡萄 SRAP 反应体系优化及引物筛选[J]. 基因组学与应用生物学,2010,29(2):379-384. (Guo D L, Zhang J Y, Li M, et al. Optimization of SRAP-PCR system in grape and primers screening [J]. Genomics and Applied Biology, 2010, 29(2):379-384.)
- [17] 秦国新,何桥,梁国鲁,等. 草莓属植物 SCoT 分析体系的建立及优化[J]. 果树学报,2012,29(3):393-397. (Qin G X, He Q, Liang G L, et al. Establishment and optimization of SCoT-PCR system in *Fragaria* [J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(3):393-397.)
- [18] 谢云海,夏德安,姜静,等. 利用正交优化水曲柳 ISSR-PCR 反应体系[J]. 分子植物育种,2005,3(3):445-450. (Xie Y H, Xia

(上接第 315 页)