

## 东北地区大豆种质资源脂肪和蛋白质含量分析

张海军,王 英,张 艳,李晓薇,翟 莹,钱丹丹,李景文,王庆钰

(吉林大学 植物科学学院,吉林 长春 130062)

**摘 要:**利用近红外谷物分析仪对东北地区大豆品种(系)脂肪含量和蛋白质含量进行分析。结果表明:脂肪含量、蛋白质含量及蛋脂总量平均值不同年份间大致接近,三者中蛋白质含量具有更丰富的遗传多样性。不同地区间脂肪含量的分布规律:黑龙江省>吉林省>其它地区;蛋白质含量:其它地区>吉林省>黑龙江省;蛋脂总量:其它地区>吉林省>黑龙江省。早熟品种有利于脂肪含量的积累,晚熟和中熟品种在蛋白质含量和蛋脂总量的积累上具有优势。蛋白质与脂肪含量呈极显著负相关,蛋脂总量与蛋白质含量呈极显著正相关且相关系数稳定在0.97以上,蛋脂总量与脂肪含量呈显著负相关,但晚熟品种没有达到显著水平。品质性状和农艺性状的相关显著性和方向在不同熟期品种中不尽相同。经过筛选得到高油材料89份,高蛋白材料3份。

**关键词:**大豆;种质资源;脂肪含量;蛋白质含量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)02-0215-04

## Analysis of Oil and Protein Content of Soybean Germplasm Grown in Northeast China

ZHANG Hai-jun, WANG Ying, ZHANG Yan, LI Xiao-wei, ZHAI Ying, QIAN Dan-dan, LI Jing-wen, WANG Qing-yu

(College of Plant Science, Jilin University, Changchun 130062, Jinlin, China)

**Abstract:** The protein and oil contents in the seeds of soybean germplasm grown in Northeast China were analyzed by near-infrared grain analyzer. The investigation showed that the average protein, oil and total protein-oil contents of soybean germplasm had little difference among years, and the genetic diversity of protein content was highest. Oil content order among provinces was Heilongjiang > Jilin > other regions. Protein content and total protein-oil content order among provinces were both other region > Jilin > Heilongjiang. Early maturing group had an advantage in oil content, but late and middle maturing groups had an advantage in protein and total protein-oil content. The relation of protein and oil content had a significantly negative difference. The relationship between total protein-oil and protein content showed a significantly positive difference with the correlation coefficient stability above 0.97. Total protein-oil and oil content appeared a significantly negative correlation except in late maturing group. Correlation of soybean quality and agronomic traits was not stable among different maturing groups. Eighty-nine varieties with high-oil and 3 varieties with high-protein were screened.

**Key words:** Soybean; Germplasm; Oil content; Protein content

大豆是世界上主要的油料作物,也是植物蛋白质的重要来源<sup>[1]</sup>。选育蛋白质和脂肪含量较高的品种并推广种植,不仅可以为人类生活提供优质的食物来源,而且具有重要的经济效益和社会效益<sup>[2]</sup>。大豆品种的蛋白质和脂肪含量属数量性状,受多基因调控,并较易受环境条件影响<sup>[3-4]</sup>。对于大豆生态品质、品质形成机制和农艺因子对品质的影响国内外学者分别进行了分析探讨,大豆的高蛋白、高脂肪品种选育已经引起育种工作者的广泛关注<sup>[5-10]</sup>。而对于东北地区大豆种质资源按品种来

源、不同成熟期划分,且与环境稳定性结合来筛选优质材料的相关研究较少。该文分析了东北地区不同熟期组大豆品种(系)脂肪含量、蛋白质含量以及蛋脂总量的分布规律,旨在为大豆品质育种提供理论依据,并为大豆加工产业提供优异种质资源。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试材料主要为东北地区大豆品种(系),2008

收稿日期:2010-12-30

基金项目:转基因生物新品种培育重大专项资助项目(2008ZX08004-003);吉林省科技发展计划重点资助项目(20080204);吉林大学“211”三期建设资助项目;教育部新教师基金资助项目(3M2101936604)。

第一作者简介:张海军(1986-),男,在读硕士,研究方向为大豆分子育种。E-mail:zhanghaijun\_234@163.com。

通讯作者:王庆钰(1963-),女,教授,博士,从事基因工程、植物杂种优势理论与应用相关研究。E-mail:wqy414cn@yahoo.com.cn。

年种植 403 份,其中吉林省 305 份,黑龙江省 77 份,其它地区(主要是辽宁省、内蒙古东部地区)21 份;2010 年 471 份,其中吉林省 355 份,黑龙江省 100 份,其它地区 16 份。

## 1.2 试验方法

试验在吉林大学植物科学学院教学实习基地进行,完全随机试验设计,行长 5 m,行距 0.65 m。分别于 2008 年 4 月 27 日及 2010 年 5 月 3 日种植,常规田间管理,各材料均在完熟期收获。利用近红外谷物分析仪(Infratec 1241 型,FOSS 公司,瑞典),采用小样杯方法对蛋白质含量和脂肪含量进行测定,3 次重复。蛋脂总量是指蛋白质含量和脂肪含量的总和,用百分数表示(%)。株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重性状按国家大豆 DUS 标准进行调查。

## 1.3 数据分析

采用 Excel 2003、DPS v 7.05 和 SPSS 17.0 进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 蛋白质、脂肪含量

#### 2.1.1 不同年度蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量

由表 1 可知,2008 年蛋白质、脂肪含量及蛋脂总量平均值分别为 21.46%,43.44%,64.90%;2010 年三者的平均值为 21.54%,42.83%,64.39%。2010 年与 2008 年的分析结果相比,3 个性状的平均值和变异区间整体上接近,脂肪含量略有升高,蛋白质含量略有降低。年度间蛋脂总量变化不大,可能是由于蛋白质和脂肪含量呈负相关互补引起。在 2008 年蛋白质、脂肪含量及蛋脂总量中,蛋白质含量的变异系数最大,说明供试材料在该性状上具有更丰富的遗传多样性。2010 年 3 个品质性状的变异系数均较小,说明 2010 年各材料间差异性比较小,可能与该年环境较稳定有关。

表 1 东北地区大豆种质资源蛋白质、脂肪和蛋脂含量分析

Table 1 Analysis of oil and protein content of soybean germplasm grown in Northeast China

|        |              |        | 平均值/% ± 标准差    |                |                  | 变异区间          |               |                  | 变异系数 |         |                  |
|--------|--------------|--------|----------------|----------------|------------------|---------------|---------------|------------------|------|---------|------------------|
|        |              | 份数     | Mean/% ± SD    |                |                  | Range/%       |               |                  | CV/% |         |                  |
|        | 年份           | No. of | 脂肪             | 蛋白质            | 蛋脂               | 脂肪            | 蛋白质           | 蛋脂               | 脂肪   | 蛋白质     | 蛋脂               |
|        | Year         | Var.   | Oil            | Protein        | Protein<br>+ Oil | Oil           | Protein       | Protein<br>+ Oil | Oil  | Protein | Protein<br>+ Oil |
| 年份     | 2008         | 403    | 21.46 ± 0.2437 | 43.44 ± 0.6684 | 64.90 ± 0.5481   | 20.90 ~ 22.63 | 41.30 ~ 45.33 | 63.20 ~ 66.57    | 1.14 | 1.54    | 0.84             |
| Year   | 2010         | 491    | 21.54 ± 0.2774 | 42.83 ± 1.0030 | 64.39 ± 0.7654   | 20.87 ~ 22.53 | 39.00 ~ 44.97 | 61.07 ~ 66.17    | 0.05 | 0.04    | 0.01             |
| 地区     | 吉林           | 2008   | 21.41 ± 0.1983 | 43.47 ± 0.6191 | 64.88 ± 0.5297   | 21.00 ~ 22.40 | 41.30 ~ 45.30 | 63.20 ~ 65.97    | 0.93 | 1.42    | 0.82             |
| Region | Jinlin       | 2010   | 21.51 ± 0.2728 | 42.88 ± 1.0161 | 64.39 ± 0.7780   | 21.03 ~ 22.53 | 40.30 ~ 44.97 | 61.33 ~ 66.17    | 1.27 | 2.37    | 1.21             |
|        | 黑龙江          | 2008   | 21.67 ± 0.2857 | 43.21 ± 0.6886 | 64.89 ± 0.5229   | 21.17 ~ 22.63 | 41.73 ~ 44.73 | 63.43 ~ 66.20    | 1.32 | 1.59    | 0.81             |
|        | Heilongjiang | 2010   | 21.66 ± 0.2596 | 42.58 ± 0.9129 | 64.24 ± 0.6888   | 21.23 ~ 22.33 | 40.33 ~ 44.70 | 62.43 ~ 66.00    | 1.20 | 2.14    | 1.07             |
|        | 其它地区         | 2008   | 21.40 ± 0.2296 | 43.72 ± 0.7087 | 65.13 ± 0.5835   | 20.90 ~ 21.73 | 42.17 ~ 45.33 | 63.54 ~ 66.53    | 1.07 | 1.62    | 0.90             |
|        | Other region | 2010   | 21.49 ± 0.2362 | 43.14 ± 0.5236 | 64.63 ± 0.3470   | 21.27 ~ 21.93 | 42.07 ~ 43.73 | 63.93 ~ 65.03    | 0.99 | 1.21    | 0.54             |
| 熟期     | 早熟 Early     | 2008   | 21.49 ± 0.2362 | 43.36 ± 0.7376 | 64.85 ± 0.5756   | 21.00 ~ 22.43 | 41.30 ~ 45.33 | 63.33 ~ 66.53    | 1.10 | 1.70    | 0.89             |
|        | maturing     | 2010   | 21.65 ± 0.3148 | 42.37 ± 1.1834 | 64.02 ± 0.9035   | 21.10 ~ 22.53 | 39.00 ~ 44.97 | 61.33 ~ 66.17    | 1.45 | 2.79    | 1.41             |
|        | 中熟 Middle    | 2008   | 21.38 ± 0.1484 | 43.66 ± 0.5092 | 65.04 ± 0.4252   | 21.03 ~ 21.80 | 42.33 ~ 44.73 | 64.03 ~ 65.90    | 0.69 | 1.17    | 0.65             |
|        | maturing     | 2010   | 21.39 ± 0.1591 | 43.39 ± 0.5393 | 64.78 ± 0.4156   | 21.03 ~ 22.20 | 40.77 ~ 44.63 | 62.97 ~ 65.67    | 0.74 | 1.24    | 0.64             |
|        | 晚熟 Lately    | 2008   | 21.26 ± 0.1243 | 43.82 ± 0.6267 | 65.08 ± 0.5648   | 21.07 ~ 21.53 | 42.43 ~ 45.20 | 63.67 ~ 66.30    | 0.58 | 1.43    | 0.87             |
| group  | maturing     | 2010   | 21.35 ± 0.1333 | 43.28 ± 0.4356 | 64.63 ± 0.3791   | 20.87 ~ 21.57 | 42.27 ~ 44.33 | 63.67 ~ 64.63    | 0.62 | 1.01    | 0.59             |

2.1.2 不同地区材料蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量 将 2008 年和 2010 年不同大豆品种(系)的脂肪、蛋白质含量以及蛋脂总量按不同地区分类,列于表 1 中,结合 2 a 数据可以看出,不同地区品种(系)脂肪含量分布规律为:黑龙江省 > 吉林省 > 其它地区;蛋白质含量分布规律为:其它地区 > 吉林省 > 黑龙江省;蛋脂总量分布规律为:其它地区 > 吉林省 > 黑龙江省。不同地区间蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量的变化幅度均以吉林省最大,说明供试材料中吉林省的品种(系)具有较丰富的遗传变异。其它地区的蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量变化较小,可能与样品数目较少有关。吉林省和黑龙江省

材料的蛋脂总量平均水平比较接近,说明 2 个省份之间蛋脂总量整体水平相当。

#### 2.1.3 不同熟期品种间蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量

根据供试材料在长春地区种植的成熟期,将材料划分为早熟(91 ~ 105 d),中熟(106 ~ 120 d),晚熟(121 ~ 132 d)3 种类型。结合 2008 和 2010 年数据,分析不同熟期材料的蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量的差异(表 1)。结果表明,脂肪含量:早熟 > 中熟 > 晚熟;蛋白质含量:晚熟 > 中熟 > 早熟;蛋脂总量:中熟 > 晚熟 > 早熟。变异区间和变异系数的比较分析结果表明,早熟品种的蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量变化幅度较大,说明早熟品种类型在品

质性状方面具有更丰富的遗传多样性。

2.2 大豆品质性状与主要农艺性状的相关分析

分析 2008 年供试材料的蛋白质含量、脂肪含量、蛋脂总量、株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重以及百粒重等性状的相关性(表 2),结果表明,蛋白质与脂肪含量呈极显著负相关,蛋脂总量与蛋白质含量呈极显著正相关且相关系数稳定在 0.97 以上,可见蛋白质含量是决定蛋脂总量的决定因素;蛋脂总量与脂肪含量呈显著负相关(晚熟材料例外,相关性未达到显著水平)。品质性

状与主要农艺性状的相关性分析表明,除了脂肪含量与单株荚数在晚熟条件下没有相关性之外,其余性状之间都存在显著或极显著的相关性,但相关方向不尽相同。有些性状间的相关性在不同的熟期条件下稳定存在,例如蛋白质含量、蛋脂总量和单株荚数、单株粒数间呈极显著负相关;也有一些性状间的相关性在不同熟期条件下规律不明显,例如脂肪和单株粒重在早熟和中熟条件下呈正相关,在晚熟条件下却为负相关。

表 2 2008 年大豆品质性状与农艺性状的相关分析

Table 2 Correlation analysis of soybean quality traits and agronomic traits in 2008

| 性状<br>Trait | 早熟 Early maturing        |                     |                                   | 中熟 Middle maturing       |                     |                                   | 晚熟 Lately maturing       |                     |                                   |
|-------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------|
|             | 蛋白质含量<br>Protein content | 脂肪含量<br>Oil content | 蛋脂总量<br>Total protein-oil content | 蛋白质含量<br>Protein content | 脂肪含量<br>Oil content | 蛋脂总量<br>Total protein-oil content | 蛋白质含量<br>Protein content | 脂肪含量<br>Oil content | 蛋脂总量<br>Total protein-oil content |
| 株高 PH       | 0.04                     | -0.03               | 0.04                              | -0.18 *                  | -0.19 *             | -0.26 **                          | -0.25                    | -0.11               | -0.29 *                           |
| 主茎节数 NN     | 0.06                     | -0.06               | 0.05                              | 0.12                     | -0.09               | 0.11                              | -0.10                    | 0.07                | -0.09                             |
| 单株荚数 PN     | -0.27 **                 | 0.25 **             | -0.25 **                          | -0.33 **                 | 0.25 **             | -0.30 **                          | -0.37 **                 | 0.00                | -0.38 **                          |
| 单株粒数 SN     | -0.27 **                 | 0.29 **             | -0.23 **                          | -0.30 **                 | 0.29 **             | -0.25 **                          | -0.45 **                 | 0.07                | -0.45 **                          |
| 单株粒重 SW     | -0.16 *                  | 0.09                | -0.17 *                           | -0.15                    | 0.11                | -0.14                             | -0.23                    | -0.09               | -0.26 *                           |
| 百粒重 100 SW  | 0.12                     | -0.29 **            | 0.03                              | 0.13                     | -0.16               | 0.09                              | 0.28 *                   | -0.18               | 0.25                              |
| 蛋白质含量 PC    | 1.00                     | -0.77 **            | 0.97 **                           | 1.00                     | -0.55 **            | 0.97 **                           | 1.00                     | -0.24               | 0.98 **                           |
| 脂肪含量 OC     | -0.77 **                 | 1.00                | -0.58 **                          | -0.55 **                 | 1.00                | -0.32 **                          | -0.24                    | 1.00                | -0.02                             |
| 蛋脂总量 POC    | 0.97 **                  | -0.58 **            | 1.00                              | 0.97 **                  | -0.32 **            | 1.00                              | 0.98 **                  | -0.02               | 1.00                              |

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ .

PH: plant height; NN: nodes number of main stem; PN: pods number per plant; SN: seed number per plant; SE: seed weight per plant; 100SW: 100-seed weight; PC: protein content; OC: oil content; POC: total content of protein and oil.

2.3 “高蛋白”、“高油”、“双高”材料的筛选

参照《农作物品种审定规范》(NY/T1298-2007)有关大豆优质品种审定标准(蛋白质含量 $\geq 45.0\%$ ,脂肪含量 $\geq 21.5\%$ ,蛋脂总量 $\geq 63.0\%$ )筛选东北大豆品种中高油、高蛋白及“双高”种质资源,并分析其分布规律,结果见表 3。以不同地区“高蛋白”、“高油”、“双高”材料占总材料的百分比为标准,比较优质材料在不同地区及不同熟期的分布规律。结果表明,高脂肪含量材料在不同地区分布规律为:黑龙江省>其它地区>吉林省;高蛋白质含量的分布规律为:其它地区>吉林省>黑龙江省,基本符合脂肪含量随纬度增加而增加的变化规律,蛋白质含量趋势相反。早熟品种(系)中高油材料所占的比例高于中熟和晚熟品种。晚熟品种中高蛋白质材料所占的比例高于其它熟期。2 a 不同熟期条件下的蛋脂总量 $\geq 63.0\%$ 材料的比例都接近 100%,说明东北地区品种的蛋脂总量较高。

筛选得到 2 a 蛋白质含量 $\geq 45.0\%$ 的大豆材料 3 份(吉林 26,金元 2 号褐豆,85164-92-1),其中金元 2 号褐豆蛋白质含量最高,高达 45.07%,对其 2 a 的脂肪和蛋白质含量进行差异显著性检验,结果表明:吉林 26 和 85164-92-1 脂肪含量和蛋白质含量年度间均差异显著,环境稳定性差。金元 2 号褐豆的脂肪含量在年度间差异不显著,环境稳定性好,但是蛋白质含量差异极显著,受环境影响较大。筛选得到 2 a 脂肪含量 $\geq 21.5\%$ 的大豆材料 89 份,其中 Bert 和 07-7152 的脂肪含量最高,分别达到 22.5%和 22.2%。对 89 份材料 2 a 的脂肪和蛋白质含量分别进行差异显著性检验,得到差异不显著的大豆品种(系)67 份,如吉育 85,公交 97132-1,吉育 87,长农 16,05QY-18,07-7079 等,并且这些材料的蛋脂总量都达到 63.0%以上。筛选出来的这些环境稳定性好的品种(系)可以为大豆品质育种提供优异资源。

表 3 2008 年和 2010 年筛选的优质大豆品种资源

Table 3 Selected soybean germplasm with better oil and protein content in 2008 and 2010

|                      |              | 年份<br>Year | 份数<br>No. of<br>Var. | 脂肪含量 ≥21.5%        |             | 蛋白质含量 ≥45.0%           |             | 蛋脂含量 ≥63.0%       |        |
|----------------------|--------------|------------|----------------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------------|--------|
|                      |              |            |                      | Oil content ≥21.5% |             | Protein content ≥45.0% |             | Total protein-oil |        |
|                      |              |            |                      |                    |             |                        |             | content ≥63.0%    |        |
|                      |              |            |                      | 份数                 | 百分比         | 份数                     | 百分比         | 份数                | 百分比    |
|                      |              |            | No. of Var.          | Percent/%          | No. of Var. | Percent/%              | No. of Var. | Percent/%         |        |
| 地区 Region            | 吉林           | 2008       | 305                  | 98                 | 32.13       | 1                      | 0.33        | 305               | 100.00 |
|                      | Jinlin       | 2010       | 355                  | 133                | 37.46       | 0                      | 0.00        | 299               | 84.23  |
|                      | 黑龙江          | 2008       | 77                   | 58                 | 75.32       | 0                      | 0.00        | 77                | 100.00 |
|                      | Heilongjiang | 2010       | 100                  | 75                 | 75.00       | 0                      | 0.00        | 95                | 95.00  |
|                      | 其它地区         | 2008       | 21                   | 9                  | 42.86       | 2                      | 9.52        | 9                 | 42.86  |
|                      | Other region | 2010       | 16                   | 6                  | 37.50       | 0                      | 0.00        | 16                | 100.00 |
| 熟期<br>Maturing group | 早熟 Early     | 2008       | 151                  | 73                 | 48.34       | 0                      | 0.00        | 151               | 100.00 |
|                      | maturing     | 2010       | 228                  | 140                | 61.40       | 0                      | 0.00        | 196               | 85.96  |
|                      | 中熟 Middle    | 2008       | 130                  | 21                 | 16.15       | 0                      | 0.00        | 130               | 100.00 |
|                      | maturing     | 2010       | 114                  | 18                 | 15.79       | 0                      | 0.00        | 113               | 99.12  |
|                      | 晚熟 Lately    | 2008       | 58                   | 4                  | 6.90        | 3                      | 5.17        | 58                | 100.00 |
|                      | maturing     | 2010       | 39                   | 5                  | 12.82       | 0                      | 0.00        | 39                | 100.00 |

### 3 讨论

大豆的脂肪和蛋白质含量主要是由多基因控制,且受环境条件影响较大<sup>[4,11]</sup>。该文中不同年份大豆材料蛋白质含量、脂肪含量、蛋脂总量略高于 2002 年全国 14 个主要大豆种植省(区)种植的 303 份大豆品种及种质资源的调查结果(脂肪含量为 20.01%,蛋白质含量为 42.22%,蛋脂总量为 62.22%)<sup>[11]</sup>。不同熟期条件下,早熟品种有利于脂肪含量的积累。不同地区材料总体上基本符合脂肪含量随着纬度增加而增加,蛋白质和蛋脂含量变化趋势相反的规律。吉林省和黑龙江省大豆品种(系)的脂肪含量较高,这与前人研究结果一致<sup>[5-6,8,11,13]</sup>,可发挥东北地区高脂肪的品种优势,与不同成熟期组脂肪积累规律相结合,为品质育种提供理论依据,开展优质育种工作。蛋白质与脂肪含量呈极显著负相关,蛋脂总量与蛋白质含量呈极显著正相关,蛋白质含量对蛋脂总量的贡献率较大,蛋脂总量与脂肪含量呈显著负相关,与王秀荣等<sup>[14]</sup>的研究结果一致,但晚熟材料例外,相关未达到显著水平,可能跟供试品种数量少有关。

通过分子手段已证实控制蛋白质和脂肪含量的基因相连锁,重合在 B2 和 C2 连锁群上,有显著相关性<sup>[15]</sup>,在育种中如何打破二者之间的基因连锁,可能成为优质育种亟待解决的课题之一。筛选蛋白质、脂肪含量和蛋脂总量优质大豆种质资源得到 2 a 脂肪含量  $\geq 21.5\%$  的高油材料 89 份,2 a 蛋白质含量  $\geq 45.0\%$  的高蛋白材料 3 份,说明东北地区有着丰富的高油大豆资源。筛选出的优质大豆品种(系)可以为大豆的“双高”新品种选育提供重要的亲本来源。

### 参考文献

- [1] 齐宁. 东北春大豆推广品种蛋白质脂肪含量变化分析[J]. 大豆科学, 2001, 20(1): 45-48. (Qi N. Analyzed on the changes about the contents of protein and oil of the spring soybean cultivars in the northesat China[J]. Soybean Science, 2001, 20(1): 45-48.)
- [2] 宁海龙, 李文霞, 王继安, 等. 黑龙江省大豆蛋白质油分及蛋白质组分类型[J]. 作物学报, 2003, 29(4): 551-556. (Ning H L, Li W X, Wang J A, et al. Composition analysis of protein and oil and amino acids of the soybean varieties in Heilongjiang province of China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2003, 29(4): 551-556.)
- [3] Kwanyuen P, Pantalone V R, Burton J W, et al. A new approach to genetic alteration of soybean protein composition and quality[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1997, 74(8): 983-987.
- [4] 陈霞. 不同生态区域环境对大豆蛋白质、脂肪含量的影响[J]. 大豆科学, 2001, 20(4): 280-285. (Chen X. The effect of different ecogeographic environment on protein and fat content of soybean[J]. Soybean Science, 2001, 20(4): 280-285.)
- [5] 郭泰, 刘忠堂, 齐宁, 等. 黑龙江省大豆主要推广品种脂肪和蛋白质含量的分析[J]. 黑龙江农业科学, 1998(3): 1-3. (Guo T, Liu Z T, Qing N, et al. Analysis of protein and fat of the releasing soybean cultivars in Heilongjiang province[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1998(3): 1-3.)
- [6] 田志刚, 范杰英, 康立宁, 等. 我国东北地区大豆品种油脂与蛋白质含量现状分析[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(5): 7-9. (Tian Z G, Fan J Y, Kang L N, et al. Analysis of oil and protein content of soybean varieties in northeast China[J]. Journal of Jinlin Agricultural Science, 2009, 34(5): 7-9.)
- [7] 李为喜, 刘三才, 邱丽娟, 等. 新收集大豆种质资源主要品质鉴定与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(1): 75-79. (Li W X, Liu S C, Qiu L J, et al. Identification and evaluation of quality traits in newly collected soybean germplasm[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2005, 6(1): 75-79.)

- vation[M]. Beijing:China Forestry Press,2003;3.)
- [2] 马中雨,李俊,张永芳,等. 大豆根瘤菌与大豆品种共生匹配性研究[J]. 大豆科学, 2008, 27(2):221-227. (Ma Z Y, Li J, Zhang Y F, et al. Symbiotic matching between soybean rhizobium and soybean cultivars[J]. Soybean Science, 2008, 27(2):221-227.)
- [3] 李伟. 中国部分地区大豆根瘤菌的遗传多样性和系统发育研究[D]. 雅安:四川农业大学,2009;1-23. (Li W. Genetic diversity and phylogeny of rhizobia isolated from root nodules of soybean in parts of China[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2009;1-23.)
- [4] 刘保平,周俊初. 根瘤菌菌剂研究[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(1):57-65. (Liu B P, Zhou J C. Study on rhizobium inoculant [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2006, 45(1):57-65.)
- [5] Feng Q W, En T W, Yong F Z, et al. Characterization of rhizobia isolated from *Albizia* spp. in comparison with microsymbionts of *Acacia* spp. and *Leucaena leucocephala* grown in China[J]. Systematic and Applied Microbiology, 2006, 29(1):502-517.
- [6] 朱剑光,尉亚辉,吴艺舟. 花生慢生根瘤菌的分离与鉴定[J]. 生物技术, 2006, 16(2):40-48. (Zhu J G, Wei Y H, Wu Y Z. Isolation and identify of brady rhizobium bacterium from peanut[J]. Biotechnology, 2006, 16(2):40-48.)
- [7] 徐传瑞,章建国,周俊初. 大豆根瘤菌的分离与筛选[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(6):635-638. (Xu C R, Zhang J G, Zhou J C. Screening of two high efficient rhizobia strains[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2004, 23(6):635-638.)
- [8] 赵宇枢,段玉玺,王媛媛,等. 辽宁省大豆根瘤菌资源抗逆性及生防潜力研究[J]. 大豆科学, 2009, 28(1):113-117. (Zhao Y S, Duan Y X, Wang Y Y, et al. Stress resistance and bio-control potential of soybean rhizobia resources isolated from Liaoning province[J]. Soybean Science, 2009, 28(1):113-117.)
- [9] 何庆元,王永雄,吴萍,等. 安徽地区大豆根瘤菌遗传多样性研究[J]. 激光生物学报, 2008, 17(4):514-519. (He Q Y, Yu Y X, Wu P, et al. A study on genetic diversity of soybean rhizobia isolated from Anhui Areas[J]. Acta Laser Biology Sinica, 2008, 17(4):514-519.)
- [10] Vincent J M. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. IBP Handbook[M]. London: Blackwell Scientific, 1970.
- [11] 路敏琦,李俊,姜昕,等. 我国蚕豆根瘤菌的多样性和系统发育研究[J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13(1):73-77. (Lu M Q, Li J, Jiang X, et al. Diversity and phylogeny of rhizobia isolated from the nodules of broad bean in China[J]. China Journal of Applied Environmental Biology, 2007, 13(1):73-77.)
- [12] 陈文新,汪恩涛,陈文峰. 根瘤菌-豆科植物共生多样性与地理环境的关系[J]. 中国农业科学, 2004, 37(1):81-86. (Chen W X, Wang E T, Chen W F. The relationship between the symbiotic promiscuity of rhizobia and legumes and their geographical environments[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(1):81-86.)
- (上接第 218 页)
- [8] 高春霞,马永华,单宏,等. 1999~2005 年黑龙江通过审定的大豆品种的品质及特征特性分析[J]. 黑龙江农业科学, 2006(5):78-79. (Tian Z G, Fan J Y, Kang L N, et al. Quality and character analysis of soybean varieties approved from 1999 to 2005 in Heilongjiang [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2006(5):78-79.)
- [9] 于凤瑶,辛秀君,张代军,等. 大豆籽粒干物质、脂肪和蛋白质的动态积累规律研究[J]. 农业现代化研究, 2009, 30(5):637-640. (Yu F Y, Xin X J, Zhang D J, et al. Dynamic accumulation of dry matter, oil and protein in soybean seed[J]. Research of Agricultural Modernization, 2009, 30(5):637-640.)
- [10] 张恒善,梁振实,杨玉环,等. 大豆种子脂肪和蛋白质形成及积累规律的初步研究[J]. 大豆科学, 1990, 9(3):191-197. (Zhang H S, Liang Z F, Yang Y H, et al. A preliminary study on the law of formation and accumulation of oil and protein of soybean seed[J]. Soybean Science, 1990, 9(3):191-197.)
- [11] 朱志华,李为喜,刘三才,等. 2002 年我国大豆 (*Glycine max*) 品种及种质资源的蛋白质和脂肪含量分析[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(2):157-161. (Zhu Z H, Li W X, Liu S C, et al. Investigation on quality characters of soybean (*Glycine max*) varieties and germplasm grown in 2002 [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2003, 4(2):157-161.)
- [12] Qiu L J, Xie H, Chang R Z, et al. Utilization of genetic diversity on establishing Chinese soybean (*G. max*) core collection [C]. Proceedings, China & International Soybean Conference & Exhibition, 2002:21-22.
- [13] 彭宝,赵丽梅,王曙明,等. 吉林省育成大豆品种脂肪和蛋白质含量的分析[J]. 吉林农业科学, 2006, 31(5):8-10. (Peng B, Zhao L M, Wang S M, et al. Analysis on the contents of oil and protein of soybean varieties developed by crossbreeding in Jinlin province[J]. Journal of Jinlin Agricultural Sciences, 2006, 31(5):8-10.)
- [14] 王秀荣,廖红,严小龙. 应用近红外光谱分析法测定大豆种子蛋白质和脂肪含量的研究[J]. 大豆科学, 2005, 24(3):199-201. (Wang X R, Liao H, Yan X L. Study on analyzing soybean protein and oil contents by near-infrared spectroscopy[J]. Soybean Science, 2005, 24(3):199-201.)
- [15] 梁慧珍,王树峰,余永亮,等. 大豆异黄酮与脂肪、蛋白质含量基因定位分析[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8):2652-2660. (Liang H Z, Wang S F, Yu Y L, et al. QTL mapping of isoflavone, oil and protein content in soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(8):2652-2660.)