

## 影响大豆籽粒蛋白质含量因素及其改良途径

王新风, 富健, 孟凡钢, 马巍

(吉林省农业科学院大豆中心, 吉林 长春, 130021)

**摘要:**简要地综述了近些年来大豆籽粒蛋白质的组成成分、蛋白质含量遗传以及蛋白质与脂肪等性状的相关关系,并在环境方面如气候与栽培条件对蛋白质的影响做一总结,最后提出改良大豆蛋白质含量的途径:主要是加强生物技术、诱变与常规育种相结合,培育高蛋白大豆新品种。

**关键词:**大豆; 蛋白质含量; 栽培; 生物技术; 诱变

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2008)03-0515-06

## Factors Influencing Seed Protein Content in Soybean and Its Improving Ways

WANG Xin-feng, FU Jian, MENG Fan-gang, MA Wei

(Soybean Research Center, Jilin Academy of Agriculture Sciences, Changchun 130021, Jilin, China)

**Abstract:** This paper reviewed the research progress of seed protein components, heredity of soybean protein and its correlation with other agronomic traits. The effect of environment factors, such as climate and cultivation practice, on seed protein content was also summarized. Then proposed improving soybean protein content by using biotechnology, and the combination of mutation and conventional breeding.

**Key words:** Soybean; Protein content; Cultivation; Biotechnology; Mutation

大豆起源于中国,自古以来是我国的主要作物之一。大豆籽粒中含有高达40%的蛋白质和20%的脂肪,具有很大的经济价值。它既是主要的粮食作物,又是主要的油料作物,同时还可作牲畜饲料及食品和轻工业原料。因此,大豆育种在人们的日常生活中具有举足轻重的地位。

蛋白资源短缺是21世纪人们面临的全球性严重问题,所以提高大豆品种蛋白质含量、积极改善大豆品质、提高营养价值具有重要意义,因此蛋白质含量成为衡量大豆品质好坏的一个重要指标。

### 1 大豆籽粒蛋白质组分

大豆蛋白质中氨基酸数量很多。天然氨基酸,就目前已知有24种,而大豆籽粒中至少有17种,而且大豆蛋白质中含有人和动物不能合成的3种必需氨基酸,被称之为“完全蛋白质”,具有很高的营养价值。

大豆种子贮存蛋白都能用盐溶液提取,当用密

度梯度离心时,可分离到沉降系数为11S、7S和2S的三个主要组分,分别称为11S球蛋白(大豆球蛋白)、7S球蛋白(主要成分为 $\beta$ -伴大豆球蛋白)和2S球蛋白。大豆球蛋白(glycinin)有8种酸性亚基(A1a、A1b、A2、A3、A4、A5、A6、A7)和5种碱性亚基(B1a、B1b、B2、B3、B4),两类亚基以特定组合通过二硫键结合成亚基复合物<sup>[1]</sup>。由于复合物中的某些亚基含有比其他亚基较多的含硫氨基酸,所以大豆蛋白质品质改良即是提高11S球蛋白的育种。

目前大豆蛋白质最大的缺陷是蛋氨酸含量低,还有含硫的胱氨酸虽不属于必需氨基酸,但可节省蛋氨酸的利用,大豆种子中蛋氨酸和胱氨酸只占全氨基酸的1/2,提高大豆以蛋氨酸为主的含硫氨基酸的含量成为大豆蛋白质品质改良的一个主要课题。

大豆基因组中存在多个大豆球蛋白基因(glycinin genes)及大豆球蛋白相关基因(glycinin-related genes),它们之间具有很高的同源性。Tae-Ju Cho

收稿日期:2007-07-24

基金项目:农业结构调整重大专项资助项目(2002-04-03A)。

作者简介:王新风(1975-),女,硕士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种工作。

通讯作者:富健,研究员。E-mail:tywt0001@yahoo.com。

等<sup>[2]</sup>分析了这些基因的遗传规律及组织形式,认为 Gy1、Gy2 紧密连锁于一个遗传位点,两基因之间相隔 3kb, Gy3、Gy4 和 Gy5 分别位于基因组的 3 个位点,遵循孟德尔分离规律独立遗传。

## 2 蛋白质含量的遗传

对于大豆蛋白质含量方面的相关报道很多,根据所选择的材料、世代及组合数多少以及地理条件等差异,所得结果也不尽相同。

Wilcox<sup>[3]</sup>、孟庆喜等<sup>[4]</sup>、宋启建等<sup>[5]</sup>研究认为蛋白质含量的遗传无母体效应。但 Ishige 等<sup>[6]</sup>、胡明祥等<sup>[7]</sup>研究认为母本对 F<sub>1</sub> 蛋白质含量影响较大,有明显的母体效应即细胞质效应。

孟庆喜等<sup>[4]</sup>研究表明,杂交后代蛋白质含量主要受亲本蛋白质含量影响,遗传以加性效应为主。邱丽娟<sup>[8]</sup>对 6 个组合的研究表明,5 个组合的蛋白质含量遗传以基因的加性效应为主;2 个组合除加性效应外还有显性效应,但加性更重要;1 个组合则是两者共同作用的结果。宋启建<sup>[5-9]</sup>的研究也有类似结果,而且认为蛋白质遗传不存在母本效应。孟祥勋等<sup>[10]</sup>对两个杂交组合的分析表明,大豆籽粒蛋白质含量的遗传,因组合不同基因效应模式有差异。并且在三参数模式中,加性效应是主要的,两组合的加性效应估值分别为显性效应的 3 倍和 1.5 倍,以加性效应为主。在六参数模式中,加性和显性都是主要的,Leffel 等<sup>[11]</sup>、Ishige<sup>[6]</sup>、张国栋等<sup>[12]</sup>认为,蛋白质含量的基因效应是复杂的。因组合亲本不同,有的可能表现为简单的加性效应,有的则可能附合加性-显性模式,还有的组合有一定的上位效应。

不同栽培品种杂交,蛋白质含量的显性和上位效应不明显,野生大豆与栽培大豆杂交与回交时,高蛋白含量具有部分显性。根据 Weber<sup>[13]</sup>用蛋白质含量为 42.34% 栽培大豆与 52.04% 的野生大豆杂交,其 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 代蛋白质含量平均值分别为 49.50% 和 50.77%,明显地倾向于高蛋白质的野生大豆,并分离出蛋白质含量最高达 55.5% 的个体,但没有出现低于低亲含量的个体。大豆蛋白质含量的遗传,高蛋白含量为部分显性,于 F<sub>2</sub> 及 F<sub>3</sub> 世代,常常出现超亲个体。

胡明祥等<sup>[7]</sup>用同一个亲本与不同品种进行杂交,这些杂交组合两亲本的蛋白质含量差异都不大,但含量都较高。F<sub>2</sub> 代观察到蛋白质平均含量呈现出有所差异。父本蛋白质含量较高,超亲的可能性较

大。所以,在一个杂交组合中的两个亲本都有较高的蛋白质含量时,无论差异大小,都有可能出现超亲遗传。这与典型的数量性状的遗传有差别。

由此不难看出蛋白质含量遗传不仅有某些数量性状遗传的特征,也具有某些质量性状的遗传特征。因此,控制蛋白质含量的主要基因很可能是由少数几个主基因和一些微效基因控制,在杂交组合中因组配亲本不同其遗传机制表现出差异。

## 3 大豆籽粒蛋白质与农艺性状的相关

### 3.1 脂肪与蛋白质的相关

对于大豆蛋白质与脂肪含量的相关关系,国内外已有不少研究,但由于二者的遗传变异受遗传效应和环境效应及两者互作的复杂影响,其结论并不统一。

关于大豆脂肪和蛋白性状的 QTL 定位研究已有过相应的报道<sup>[14]</sup>,但由于这些研究中的群体大小和类型等方面的限制,所以 QTL 定位的精度不够高。

Sale 等<sup>[15]</sup>研究认为,种子发育过程中蛋白质含量是持续稳定增加的。刘晓冰等<sup>[16]</sup>研究结果表明,该结论仅适于中蛋白含量的品种;蛋白质含量差异主要表现在鼓粒后期,受外界因素影响较大,鼓粒后期人为调节至关重要,还发现,蛋白质含量低的大豆品系脂肪含量也低,产量不高,且其脂肪、蛋白质积累量在积累初期即明显低于高、中蛋白品种。王大秋等<sup>[17]</sup>认为,大豆的蛋白质和脂肪含量性状均属中间遗传,正反交无显著差异;在双亲性状水平近似的组合较易出现两向超亲变异。

### 3.2 蛋白质和产量的相关

对大豆蛋白质和产量的关系研究也是大豆品质研究的一个主要课题,但结论并不统一。陈丽华等<sup>[18]</sup>认为蛋白质含量与产量呈正相关。游明安等<sup>[19]</sup>研究产量与蛋白质含量间无相关。

### 3.3 蛋白质含量与百粒重的相关

游明安等<sup>[19]</sup>认为蛋白含量与百粒重呈正相关,其他许多学者也得出了相同的结论。所以,在高蛋白育种中,选择大粒型对提高蛋白质含量是有利的。

## 4 环境因素和栽培条件对蛋白质含量的影响

### 4.1 环境因素的影响

环境条件对大豆具有很大影响。大豆籽粒蛋

白质含量与生长地的气候条件诸如地理经纬度、海拔高度、光照强度、水分、温度、肥料等密切相关。生育期间特别是生殖生长期的温度、光照、降水、肥料供给等对大豆的化学品质影响较大,播期调整引起的化学品质变化,以及品质性状地理分布规律的形成也与这些因子的变化有关<sup>[20-21]</sup>。目前对单一生态因子的作用研究较少,更不明确何种因素是影响大豆化学品质的关键因子。光照长度对大豆化学品质的影响已有报道<sup>[22-23]</sup>,但由于多种因素的限制,对光照强度影响的程度和机制目前还不清楚。

#### 4.2 栽培条件的影响

目前,对于大豆蛋白质含量与栽培因子的关系方面,相关研究较少,由于产量与蛋白质含量的关系还不确定,主要集中在微量元素与肥料以及化学药剂等方面。

**4.2.1 微量元素与肥料** 钼是植物生长不可缺少的微量营养元素之一<sup>[24-27]</sup>。孙羽等<sup>[28]</sup>认为施硫可以提高大豆蛋白质含量,过量会降低蛋白质含量,而且蛋白质脂肪总量会降低。

硒是人和动物必需的微量元素。大豆中的硒主要分布在蛋白质中。周勋波等<sup>[29]</sup>认为适当施用硒肥使处理组合的粗蛋白含量均高于对照,且喷施低浓度硒肥比高浓度更有利于大豆籽粒粗蛋白含量的提高,通过施用硒肥可以改善作物品质。胡秋辉等<sup>[30]</sup>研究表明,大豆结荚期喷施亚硒酸钠对大豆蛋白质含量和氨基酸总量无显著影响,大豆必需氨基酸增加,但并不显著,对含硫氨基酸胱氨酸和甲硫氨酸的影响也不显著。

王芳等<sup>[31]</sup>认为,缺镁胁迫下大豆叶片可溶性糖和可溶性蛋白质的合成受阻,而适量施镁( $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )则能有效提高大豆叶片可溶性糖和可溶性蛋白含量。吴英<sup>[32]</sup>认为,施镁可以提高大豆蛋白质含量。赵久明等<sup>[33]</sup>试验结果表明喷施钛肥可使大豆蛋白质含量显著提高。

郑淑琴等<sup>[34]</sup>认为施钾可降低蛋白含量。王海泉等<sup>[35]</sup>也得到同样的结果。大豆施磷的增产效果已被我国各地的试验结果所证实,但施磷对大豆品质方面的研究却很少,而且研究结果也不一致。有研究表明,施磷使大豆籽粒中蛋白质含量降低,<sup>[36]</sup>。王建国等<sup>[37]</sup>试验表明,施磷可以促进大豆籽粒中蛋白质的积累。

**4.2.2 化学药剂** 种衣剂对大豆品质有一定影响,

使蛋白质含量增加<sup>[38]</sup>。

除草剂所用的正常施药量如施用豆磺隆、乙草胺、普施特、虎威、拿捕净进行田间除草,对大豆品质无明显影响。如果施药不均匀或重复喷药造成过量施药,一些药剂,例如触杀性除草剂虎威等会对大豆生育和产量有一定影响,但一般来说也不会对大豆品质有显著影响。如发生严重药害再遇到不良土壤情况及不良天气状况,可能会使大豆生育期延迟,从而影响到大豆的产量和品质<sup>[39]</sup>。

因此,在以提高大豆蛋白质含量为目的育种工作中,要选择优良的土壤条件,积极加强田间耕作,进行轮作等的同时,适量施肥有利于提高大豆蛋白质含量。

### 5 提高大豆蛋白质含量的途径

鉴于近些年人们对大豆方面的需求日益增加,作为科研工作者有必要采取各种措施提高大豆蛋白质含量。除了注意栽培条件以及加强田间管理外,还应该利用各种手段来提高大豆的蛋白质含量。就目前来看,利用基因工程和诱变技术与常规育种相结合是提高大豆蛋白质含量比较有效的方式,并且取得了一些进展,有些已经培育成品种并推广。

#### 5.1 利用基因工程手段提高大豆蛋白质含量

提高大豆含硫蛋白水平始终是改进大豆蛋白组分的主要方向之一。植物基因工程的出现,加快了改良大豆含硫蛋白组分的研究步伐。Dinkins<sup>[40]</sup>报道了关于提高大豆含硫氨基酸研究的相关进展,他们将15KDa $\delta$ -玉米醇溶蛋白基因用基因枪转化法转入大豆中,在转基因后代的氨基酸组分测试中,蛋氨酸提高了12%~20%、半胱氨酸提高了15%~35%,而其它的氨基酸组分没有发生明显的改变,说明运用基因工程手段改良大豆氨基酸组成是可行的,并具有巨大的发展潜力。

目前,大豆生物技术主要涉及大豆基因组计划,外源DNA导入受体研究,分子标记技术应用,组织培养技术等领域。在大豆品质育种方面,Lark等<sup>[41]</sup>利用RFLP技术改变了过去利用常规育种技术选育高油、高蛋白大豆的方法,将大豆蛋白含量、含油量分别定位于某个特定连锁群,这样可大大缩短育种进程。

在我国大豆转基因育种中最卓有成效的是品质改良。利用花粉管通道法,我国已获得一批高油、高

蛋白、高产的优良大豆品种及株系。雷勃钧等<sup>[42]</sup>报道,通过直接导入高蛋白野生大豆 DNA,获得东北地区蛋白含量最高的“黑生 101”,其蛋白含量达 45.44%,已被审定并获国家发明专利。

众所周知,迄今为止,大豆常规育种是国内外育种工程的主体,在大豆新品种选育中起着并将继续起着主导作用。崔文馥<sup>[43]</sup>提出将大豆生物技术与常规育种相结合可加速大豆品质育种进程。因此必须在充分认识到大豆常规育种是大豆育种工程主体的同时,必须及时探索如何使大豆生物技术与常规育种相结合,不失时机地寻觅出两者的结合点及中间环节。

### 5.1 利用诱变技术提高大豆蛋白质含量

在自然环境中,由于外界条件的变化和遗传结构的不稳定,植物本身会发生偶然自发的突变,但是这类突变发生的频率非常低,而人工诱变可使自然突变频率提高千倍以上,从而能有目的的创造和筛选变异。与常规育种方法相比,诱变技术具有方法简便、育种周期短、效果好等特点,其在保持原有亲本特性、改良单一性状上尤为优越,在选育矮秆、早熟、抗病、高产、优质品种以及改良花色上具有显著效果<sup>[44]</sup>。

禾本科作物诱发突变研究始于本世纪 20 年代后期,大豆方面的研究于 1957 年才开始,美国、日本、德国、前苏联等国先后开展了物理和化学诱变研究。试验表明,热中子和 X 射线不仅引起产量因子的遗传性变异,还可引起籽粒蛋白质和脂肪含量的突变。我国于 1958 年开始大豆诱变研究,40 多年来取得了举世瞩目的成就。于少华等<sup>[45]</sup>取“长农 5 号”大豆种子,经<sup>60</sup>Co $\gamma$ 射线辐照后用苯甲酰胺溶液处理,筛选出农艺性状非常好的 12-24 突变体,其蛋白质含量比对照增加 4.58%。几年来采用<sup>60</sup>Co $\gamma$ 射线<sup>[46-47]</sup>急、慢照射、热中子等物理因素以及甲烷磺酸已酯(EMS)<sup>[48]</sup>等化学诱变处理,研究了不同诱变因素对大豆籽粒蛋白质含量等性状的作用,探索改良大豆籽粒蛋白质含量的可行途径。

王连铮等<sup>[49]</sup>自 1993 年以来,对大豆品种杂交后代进行辐射处理,并进行了选择。结果证明,大豆种子经辐射处理可改变其熟期、抗性和丰产性。同时辐射还可以改善大豆品质,经过辐射后按育种目标多年连续进行个体选择,从 M<sub>3</sub>开始连续分析后代的品质,可选出含油量高或蛋白质含量高的突变系;高蛋白的材料处理后易选出高蛋白突变体。

由于大豆籽粒蛋白质含量与脂肪含量呈显著负相关,往往提高了一方,另一性状就会相应降低。采用适当理化因素处理和选择方法适宜,则能维持一方而提高另一方,达到蛋白质和脂肪含量总和和提高的效果。王培英等<sup>[50]</sup>认为,诱变及其与有性杂交相结合能丰富杂交亲本的基因重组,打破不利连锁,增加遗传变异频率。40 多年研究表明,诱变及其与杂交技术相结合是创造早熟、优质、抗病高产大豆新种质,创造高蛋白、高亚油酸、低亚麻酸等优良突变的有效途径。

### 参考文献

- [1] 谈建中,楼程富. 大豆种子贮存蛋白基因及其遗传转化的研究进展[J]. 大豆科学,2000,19(1):57-62. (Tan J Z, Lou C F. Study on seed storage protein gene and its genetic transformation in soybean[J]. Soybean Science,2000,19(1):57-62.)
- [2] Cho T J, Davies C S, Nielsen N C. Inheritance and organization of glycinin genes in soybean[J]. The Plant Cell,1989,(1):329-337.
- [3] Wilcox J R, Simpson Jr A M. Performance of reciprocal soybean hybrids[J]. Crop Science,1977,17(3):351-352.
- [4] 孟庆喜,武天龙,杨庆凯. 大豆高蛋白育种双列杂交分析[J]. 大豆科学,1988,7(3):185-191. (Meng Q X, Wu T L, Yang Q K. Analysis of diallel crosses for breeding of high protein content soybeans[J]. Soybean Science,1988,7(3):185-191.)
- [5] 宋启建,盖钧镒,马育华. 大豆品种蛋白质、油分含量的遗传特点[J]. 中国农业科学,1989,22(6):24-26. (Song Q J, Gai J Y, Ma Y H. A study on genetic property of protein and oil content in soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica,1989,22(6):24-26.)
- [6] Ishige T. Biometrical analysis and estimation of the number of genes for seed protein content of soybean, (L.) Merrill[J]. Japanese Agricultural Research Quarterly (JARQ), 1984, 17(4):230-235.
- [7] 胡明祥,于德祥. 大豆杂种后代籽粒蛋白质含量的遗传研究[J]. 中国农业科学,1984,6(6):40-44. (Hu M X, Yu D X. Genetic studies on seed protein content of hybrid progenies in soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica,1984,6(6):40-44.)
- [8] 邱丽娟,王金陵,杨庆凯. 大豆高蛋白育种的亲本选配和后代选择的研究 I 大豆杂交 F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>代蛋白质含量的遗传变异特点[J]. 大豆科学,1990,9(4):271-276. (Qiu L J, Wang J L, Yang Q K. Studies on selection of parents and early generations of high-protein breeding in soybean I. Characteristics of genetic variability of protein content in F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> of six soybean crosses[J]. Soybean Science,1990,9(4):271-276.)
- [9] 宋启健,盖钧镒,马育华. 大豆品种蛋白质、油分含量在杂种后代的优势表现及分离变异[J]. 作物学报,1994,20(5):542-547. (Song Q J, Gai J Y, Ma Y H. Studies on heterosis and genetic variability of protein content and oil content in soybean [J]. Acta Agronomica sinica,1994,20(5):542-547.)

- [10] 孟祥勋,王曙明,杨庆凯. 大豆蛋白质含量遗传的基因效应分析[J]. 大豆科学,1999,18(4):287-293. (Meng X X, Wang S M, Yang Q K. Analysis of genetic effect of seed protein content in soybean crosses[J]. Soybean Science,1999,18(4):287-293. )
- [11] Leffell R C, Weiss M G. Analysis of diallel crosses among ten varieties of soybean[J]. Agronomy Journal,1985,50:528-534.
- [12] 张国栋,王金陵,孟庆喜,等. 大豆种间杂交主要农艺性状和蛋白质含量的遗传变异研究[J]. 大豆科学,1989,8(1):1-9. (Zhang G D, Wang J L, Meng Q X, et al. Inheritance of agronomic characters of interspecific crosses and contain protein in soybeans[J]. Soybean Science,1989,8(1):1-9. )
- [13] Weber C R. Inheritance and interrelation of some agronomic and chemical characters in the interspecific cross of soybeans, *G. max*  $\times$  *G. ussuriensis*[J]. Iowa Agricultural Experiment Research Station Bulletin,1950,374:7697-816.
- [14] 吴晓雷,王永军,贺超英,等. 大豆重要农艺性状的 QTL 分析[J]. 遗传学报,2001,28(10):947-955. (Wu X L, Wang Y J, He C Y, et al. QTLs mapping of some agronomic traits of soybean[J]. Acta Genetica Sinica,2001,28(10):947-955. )
- [15] Sale S A, Campbell C T. Changes in physical characteristics and composition soybean seed during crop development [J]. Field Crop Research,1980,(3):147-151.
- [16] 刘晓冰,王光华,金剑,等. 大豆籽粒蛋白质与脂肪积累方式研究[J]. 生态农业研究,1999,7(4):5-8. (Liu X B, Wang G H, Jin J, et al. Accumulation patterns of grain protein and fat during reproductive development of soybean[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,1999,7(4):5-8. )
- [17] 王大秋,陈恒鹤. 大豆蛋白质和脂肪含量选择效果研究[J]. 大豆科学1998,17(1):72-78. (Wang D Q, Chen H H. Studies on selection effect of protein and oil content in soybeans[J]. Soybean Science,1998,17(1):72-78. )
- [18] 陈丽华,李杰,刘丽君,等. 大豆蛋白质的积累动态及其与产量形成的关系[J]. 东北农业大学学报,2002,33(2):116-124. (Chen L H, Li J, Liu L J, et al. The relationship between protein accumulation regulation and yield formation in soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2002, 33 (2): 116-124. )
- [19] 游明安,盖钧镒,吴晓春,等. 大豆产量空间分布特性的初步研究[J]. 大豆科学,1993,12(1):66-71. (You M A, Gai J Y, Wu X C, et al. Preliminary study on soybean yield distribution in space[J]. Soybean Science,1993,12(1):66-71. )
- [20] Torrie J K, Briggs G M. Effect of planting date on yield and other characteristics of soybeans[J]. Agronomy Journal,1955,47(2):210-212.
- [21] Wilcox J R, Cavins J F. Normal and low linolenic acid soybean strains; Response to planting date [J]. Crop Science,1992,32(10):1248-1251.
- [22] 韩天富,王金陵,杨庆凯,等. 开花后光照长度对大豆化学品质的影响[J]. 中国农业科学,1997,30(2):47-53. (Han T F, Wang J L, Yang Q K, et al. Effects of Post flowering Photoperiod on Chemical Composition of Soybean [J]. Scientia Agricultura Sinica,1997,30(2):47-53. )
- [23] 胡国华,宁海龙,王寒冬,等. 光照强度对大豆产量及品质的影响. I. 生育期光照强度变化对大豆脂肪和蛋白质含量的影响[J]. 中国油料作物学报,2004,26(2):86-88. (Hu G H, Ning H L, Wang H D, et al. Effect of photo-intensity on quality and yield of soybeans I. Effect of light-intensity on oil content and protein content of soybeans in the whole growth period[J]. Chinese Journal of Oil Crop Science,2004,26(2):86-88. )
- [24] 朱洪,梁之婉,陈恩凤. 不同土壤类型施用微量元素与大豆生长、发育、产量及品质的关系[J]. 土壤学报,1963,11(4):417-425. (Zhu Q, Liang Z W, Chen E F. Effect of minor elements on the growth and yield of soybean in some important soil types of Northeastern China[J]. Acta Pedologica Sinica,1963,11(4):417-425. )
- [25] 吴明才. 大豆硼素缺乏病研究[J]. 大豆科学,1986,5(2):167-174. (Wu M C. Study on the boron deficiency of soybean [J]. Soybean Science,1986,5(2):167-174. )
- [26] 吴明才,肖昌珍. 大豆钼素研究[J]. 大豆科学,1994,13(3):245-251. (Wu M C, Xiao C Z. Study on molybdenum in soybean [J]. Soybean Science,1994,13(3):245-251. )
- [27] 刘鹏,杨玉爱. 钼、硼对大豆品质的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(2):184-189. (Liu P, Yang Y A. Effect of molybdenum and boron on quality of soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003,36(2):184-189. )
- [28] 孙羽,刘丽君. 硫素营养对大豆氮素积累及品质的影响[J]. 东北农业大学学报,2004,35(4):389-394. (Sun Y, Liu L J. Effects of sulfur on nitrogen accumulation and quality of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University,2004,35(4):389-394. )
- [29] 周勋波,吴海燕,王海英,等. 喷施硒肥对大豆理化指标和品质的影响[J]. 中国粮油学报,2004,19(5):38-42. (Zhou X B, Wu H Y, Wang H Y, et al. Effect of spraying Se-fertilizer on plant physiochemical characters and seed quality of soybean[J]. Chinese Cereals and Oils Association,2004,19(5):38-42. )
- [30] 胡秋辉,杨方美,潘根兴,等. 喷施硒对大豆品质和大豆食品硒水平的影响[J]. 中国油料作物学报,2001,23(3):42-45. (Hu Q H, Yang F M, Pan G X, et al. Influence of foliar application of selenium on seed quality and selenium levels of soybean food[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2001,23(3):42-45. )
- [31] 王芳,刘鹏,朱靖文. 镁对大豆游离脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响[J]. 河南农业科学,2004(6):35-38. (Wang F, Liu P, Zhu J W. Effect of magnesium(Mg) on contents of free proline, soluble sugar and protein in soybean leaves[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,2004(6):35-38. )
- [32] 吴英. 镁在大豆营养中的作用[J]. 大豆科学,1998,17(2):162-165. (Wu Y. Function of magnesium in soybean nutrition [J]. Soybean Science,1998,17(2):162-165. )
- [33] 赵久明,戴建军. 钛肥对大豆产量及品质的影响[J]. 东北农业大学学报,1998,29(1):27-32. (Zhao J M, Dai J J. The Effect of citrate titanium spraying on soybean [J]. Journal of

- Northeast Agricultural University, 1998, 29(1): 27-32. )
- [34] 郑淑琴. 钾对大豆生理效应及产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2001(4): 1-4. (Zheng S Q. Effect of potassium on the physiology, yield and quality of soybean[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2001(4): 1-4. )
- [35] 王海泉, 朱继强, 汪建学. 钾对高油大豆产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2005(6): 19-21. (Wang H Q, Zhu J Q, Wang J X. Effect of potassium on the yield and quality of high-oil content soybean [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2005(6): 19-21. )
- [36] 丁洪, 郭庆元, 李志玉, 等. 磷对大豆不同品种及产量的影响[J]. 中国油料学报, 1998, 20(2): 66-70. (Ding H, Guo Q Y, Li Z Y, et al. Effect of phosphorus on grain yield and quality in soybean cultivars [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1998, 20(2): 66-70. )
- [37] 王建国, 李兆林, 李文斌, 等. 磷肥与大豆产量及品质的关系[J]. 农业系统科学与综合研究, 2006, 22(1): 55-57. (Wang J G, Li Z L, Li W B, et al. Application of phosphorus in relation to soybean yield and quality[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2006, 22(1): 55-57. )
- [38] 李宝华. 种衣剂对大豆产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2003, 22(3): 234-235. (Li B H. Effect on seed coating to soybean yield and quality [J]. Soybean Science, 2003, 22(3): 234-235. )
- [39] 王宇, 黄春艳, 丛林, 等. 除草剂对优质大豆品质的影响研究[J]. 大豆科学, 2003, 22(4): 310-312. (Wang Y, Huang C Y, Cong L, et al. Study on effect of herbicides to soybean quality [J]. Soybean Science, 2003, 22(4): 310-312. )
- [40] Dinkins R D. Increased sulfur aminoacids in soybean plants over expressing the maize 15k Daze in protein[J]. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant, 2001, 37: 742-747.
- [41] Lark K G, Evans J, Basha F, et al. Molecular phylogeny as a tool for soybean breeding[J]. Soybean Genetics Newsletter, 1992, 19: 174-181.
- [42] 雷勃钧. 外源 DNA 直接导入 (DIED) 法的大豆分子育种成效[J]. 大豆科学, 2001, 20(1): 26-29. (Lei B J. Soybean breeding effective method- DIED [J]. Soybean Science, 2001, 20(1): 26-29. )
- [43] 崔文馥. 浅谈大豆生物技术与常规育种的结合[J]. 大豆科学, 1997, 16(4): 339-342. (Cui W F. A preliminary discussion of combination between biotechnology and traditional breeding of soybean[J]. Soybean Science, 1997, 16(4): 339-342. )
- [44] 王培英, 许德春, 郭玉虹, 等. 人工诱变改良大豆品质的研究[J]. 核农学报, 2000, 14(1): 21-23. (Wang P Y, Xu D C, Guo Y H, et al. Induced mutation for soybean quality[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2000, 14(1): 21-23. )
- [45] 于少华, 李梦, 李国全, 等. 辐照大豆诱发突变及其突变体的检测[J]. 核农学报, 1997, 11(3): 129-134. (Yu S H, Li M, Li G Q, et al. Mutation induced by  $\gamma$ -irradiation, electron beam and benzamide in soybean [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 1997, 11(3): 129-134. )
- [46] 薛柏, 孟丽芬, 赵晓南, 等.  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线照射大豆植株的诱变效果[J]. 大豆科学, 2000, 19(2): 150-153. (Xue B, Meng L F, Zhao X N, et al. Mutagenic Effect of  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  ray Irradiation on soybean plants [J]. Soybean Science, 2000, 19(2): 150-153. )
- [47] 王培英, 许德春, 孟丽芬, 等.  $\gamma$  射线慢照射大豆苗期植株的效果[J]. 核农学报, 1995, 9(1): 25-29. (Wang P Y, Xu D C, Meng L F, et al. Effect of  $\gamma$ -ray cronic irradiation on plants at VE-V1 stage [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 1995, 9(1): 25-29. )
- [48] 郭玉虹, 王培英, 张军政, 等. EMS 对大豆的诱变效应[J]. 核农学报, 1994, 15(4): 162-164. (Guo Y H, Wang P Y. Mutation effect of EMS on soybean [J]. Journal of Nucleic Agricultural Science, 1994, 15(4): 162-164. )
- [49] 王连铮, 裴颜龙, 赵荣娟, 等. 大豆辐射育种的某些研究[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(2): 1-6. (Wang L Z, Pei Y L, Zhao R J, et al. Some research on soybean mutation breeding [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2001, 23(2): 1-6. )
- [50] 王培英, 翁秀英, 王彬如, 等. 大豆诱变育种研究四十年[J]. 激光生物学报, 1998, 7(3): 212-215. (Wang P Y, Weng X Y, Wang B R, et al. Study on soybean mutation breeding for 40 years [J]. Acta Laser Biology Sinica, 1998, 7(3): 212-215. )

## 更正

本刊第 2 期(第 275 页)“Genotype Response of Soybean(*Glycine max*) Whole Plants and Hairy Roots to *Fusarium solani* f. sp. *Glycines* Infection”一文中,中文摘要中的“土生细菌”应为“土传性真菌”,关键词中的“细菌”应为“真菌”。同时该文补充以下声明:“Trade and manufacturers names are necessary to report factually on available data; however, the USDA neither guarantees nor warrants the standard of the product, and the use of the name by the USDA implies no approval of the product to the exclusion of others that may also be suitable。”。

《大豆科学》编辑部