

大豆源库流关系的研究进展

王玲玲¹, 杜吉到¹, 郑殿峰¹, 宋微微¹, 陈丽霞¹, 田静斋², 吕美芳³

(¹黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 166000; ²河北省张家口市赤城县气象局, 河北 张家口 075500; ³河北省邯郸市永年县农业局, 河北 邯郸 057150)

摘要:大豆产量形成的实质是源库流互作的过程。综述大豆源、库、流的概念及衡量指标, 探讨大豆源与库、源、库与流的相互关系, 及其三者是否协调的衡量指标, 并对目前大豆源、库、流研究中常用的减源疏库、植物激素、同位素示踪、栽培管理技术、生物化学研究、作物模拟技术等研究手段进行了概述, 为进一步开展大豆源库流方面的研究提供理论借鉴。

关键词:大豆; 源库流; 衡量指标

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2009)01-0167-05

Advances in the Studies of Relation among Source Sink and Flux of Soybean

WANG Ling-ling¹, DU Ji-dao¹, ZHENG Dian-feng¹, SONG Wei-wei¹, CHEN Li-xia¹, TIAN Jing-zhai², LÜ Mei-fang³

(¹Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, Heilongjiang; ²Meteorological Bureau of Chicheng Town, Zhangjiakou City, Zhangjiakou 075500, Hebei; ³Agriculture Bureau of Yongnian Town, Handan City, Handan 057150, Hebei, China)

Abstract: The essence of soybean yield formation is the process of interactions between source, sink and flux. This paper summerized the concept and measurement index of source, sink and flux as well as their interactions in soybean. Introduced many methods which always be used in the researches of source sink and flux of soybean, such as source-sink treatment, plant growth regulator, isotope tracing, cultivation manage technology, biochemistry research, crop simulation technology, which will provide theory basis for advancing researches of source, sink and flux in soybean.

Key words: Soybean; Source-sink-flux; Measurement index

大豆产量形成的实质是源库流互作的过程。源是光合产物的生产和供应者, 库是光合产物积累需求消耗的器官, 库对源是一种反馈调节。源(Source), 库(Sink), 流(Transportation)器官的数量及其关系的协调程度, 对大豆产量形成具有重要意义。在大豆的研究中, 傅金民^[1]通过实验得出限制大豆产量的主要因素不是库, 而是源。王光华^[2]研究得出同样结果。此外, 在其他作物的研究中, Andrade等^[3]认为, 源是限制产量的主要因素; Duvick等^[4]认为库是限制产量的主要因素; 我国学者^[5-7]认为, 源库流平衡对产量形成很重要。针对前人研究的有关源库流概念、衡量指标、相互关系及研究手段等进行了概述。

1 大豆源库流的基本概念及衡量指标

1.1 大豆源(Source)的概念及衡量指标

大豆的源是指向其他生长器官或组织输送光合产物的器官和组织。在大豆的全生育期中, 凡绿色部分含有叶绿素的器官和部位均可进行光合同化, 可谓广义的源^[8]。包括绿色的莢及内部青绿色的籽粒, 均有相当的光合同化能力。

根也属于“源”的一部分, 因为籽粒合成碳水化合物所需的矿质营养都须通过根系来吸收。除此之外, 籽粒中的蛋白质, 其合成所需的氨基酸和氮素也同样来自根系^[9]。在大豆的生殖生长阶段, 功能叶是大豆同化产物的主要供应者, 成为大豆最主要的

收稿日期: 2008-03-18

基金项目: 黑龙江省“十一五”科技攻关项目(GA06B101-1-1); 黑龙江省农垦总局“十一五”科技攻关项目(HNKXIV-02-05-01)。

作者简介: 王玲玲(1980-), 女, 在读硕士研究生, 从事大豆耕作与栽培方向的研究。E-mail: qiao0715@126.com。

通讯作者: 郑殿峰, 教授, 博士。E-mail: zdfnj@263.net。

源,即狭义的源。源随大豆生育阶段的不同而不同,大豆的幼叶和茎尖是同化物的输入者,是库而不是源。

Wilson^[10]将源强度表达为数量上易变的源大小与速率上易变的源活性的乘积。源活性一般以光合速率来衡量,源的大小通常以叶面积指数来衡量,其大小和发展动态反映了光合源的大小和变化,是较直观地反映光合源的指标^[11]。但此方法常受一些因子的干扰,如叶片厚度、寿命、营养状况和生育时期等,同时环境也会对这些因子产生很大影响。杨建昌等^[12]认为用“叶面积×比叶重”或“叶片重”作为“源”的指标较单纯以“叶面积”为指标更为准确。

1.2 大豆库(Sink)的概念及衡量指标

库是指利用或储存同化物或其他物质的器官或组织^[13]。大豆的库系统由新生的组织和籽粒组成,籽粒是最主要的库^[1]。库具有相对性。在营养生长阶段,幼叶、茎尖、花蕾等都是接受同化物的库;在生殖生长阶段,籽粒成为最主要的库。一般所说的库指大豆的籽粒。

大豆籽粒库的大小决定着大豆的产量。库器官之间对同化物的竞争能力由库器官接受同化物的内在能力所决定即库强度,等于库容量和库活力的乘积。较大的库容量可促进源的光合物质生产与运输,但运输速率并不完全取决于潜在的库容量,而受生长中库器官的代谢活性调节。大豆的籽粒库强度主要是指籽粒大小、多少和代谢活性。库的质量水平主要表现在形态质量和生理质量两个方面,形态质量指标如籽粒重、籽粒充实度、籽粒体积;生理质量指标如籽粒灌浆速率及ATP、淀粉合成酶含量及活性等^[14]。

1.3 大豆流的概念及衡量指标

流(Transportation)是指把光合作用产生的碳水化合物运送到消耗和储藏部位的过程,是源与库之间同化物的运输渠道,它包括韧皮部的装载、筛管中的运输和库细胞中的卸出,其主要的载体是源与库之间的维管系统^[13]。叶柄及茎中的维管束的数目、直径和联结方式等都影响流。

流反映了植株体内疏导系统的发育状况及其运输能力。对流的研究目前主要集中在连接源端和库端的输导组织(主要是茎秆和叶柄)结构及其性能,如维管束的数目、大小、联系方式等发育状况和流转能力等。

2 大豆源库流的相互关系

2.1 大豆源与库的关系

大豆的源与库之间是相互联系、相互协调、相互统一的。大豆的源是产量形成的重要物质基础,决定着大豆的库。源大,库自然就强。库对源的大小,特别是源的光合活性具有明显的反馈作用。库小,不利于同化产物的储存,多余的同化产物又反馈抑制源的功能^[9]。大豆的源库只有在达到平衡时,二者才能够协调发展,有利于产量的形成。

2.2 大豆源、库与流的关系

源是流的起点,对流起着“推力”的作用;库是流的终点,对流起着“拉力”的作用;流决定着同化产物在大豆植株内的分配。一般说来,叶片光合强度的增加,或者库对同化产物需求的增加,都能导致同化物从源到库转运速率的提高,即源、库的增加都会在一定程度上改善流的状况。但源或库单方面的过度增加不一定有利于流的畅通,即流的状况在很大程度上还受源库协调程度的影响。协调的源/库可以减小同化物运输过程中的阻力,提高同化物运输速度;反之,若源/库比过大,则会降低维管束通畅程度,增加同化物运输的阻力,减小同化物的运输速度。另一方面,流的畅通状况也会影响源和库的活性。若大豆同化物运输受阻,同化物大量积聚在叶片中,则会大大降低叶片的同化能力^[15-16]。

2.3 大豆源库流是否协调的衡量指标

“源库比”是衡量大豆源库关系是否协调的一种量化表示方法。其中,“粒叶比”是最常用的指标。粒叶比是衡量群体源、库是否协调发展的综合指标,可以反映出在源的发展过程中库的建立能力和一定的库容量下,光合产物生产受库的调节后的有效化程度,反映了单位叶面积所建立和负载的库容大小。它有两种表示方法:一是以单位叶面积负载的库容大小表示;二是以单位叶面积对产量的贡献表示^[17]。此外,王夫玉等^[18]还提出了“势容比”的概念,将源库比从静态上升为动态;冯惟珠^[19]提出的势粒比的概念,是经济产量形成期源质量的较好表述。

作物产量形成实质上是源库互作的过程。源是库的供应者,而库对源具有调节作用,两者相互依赖,又相互制约。源强能为库提供更多的光合产物,而库强则能调节源中蔗糖的输出速率和输出方向。

一般来说,源强有利于库强潜势的发挥,库强则有利于源强的维持。在不同条件下源、流、库三者之一都有可能成为作物产量的限制因素,单方面强调产量的限制因素是源亦或库是不全面的。要获得高产,不仅源库要协调还要考虑到流(运转)的协调,即源要足、库要大和流运转通畅^[20-21]。由此可见,源、库、流三者之间的关系是相互促进、相互影响、相互制约的。

3 大豆源库流关系研究的主要途径

3.1 减源疏库

大豆源库关系研究中最常用的一种手段是人为改变库源比例。即通过减少源(剪叶或遮光),或减少库(疏花、疏果),或同时改变源、库大小,以研究源库之间的相互关系,主要研究对象为光合速率、干物质生产、光合同化物在源器官和库器官中的分配、源库强弱、酶的活性和产量性状等。董钻等^[22]、Thorne等^[23]认为改变大豆源库比之后,发现不可避免地打破了源库平衡,光合产物的分配方向有所改变。张跃进等^[24]通过对大豆不同生育期摘除不同量叶片的研究表明,整个生育期随着叶面积的损失量增大,大豆的单株有效荚数、有效粒数、籽粒增长强度及百粒重降低就越明显。傅金民等^[1]进行去叶去荚研究发现,不同的去叶去荚处理和对照相比均造成明显的减产。

3.2 植物激素

大豆源库关系研究中的另外一种手段是植物激素对大豆的调控。Blomquist等^[25]证明,在叶片中乙烯能加快同化物质向生殖器官转移。内源激素含量及其平衡是调控植物生长发育的重要因素,植物的信息传递主要是由内源激素完成的,而且信息传递决定着物质联系^[26]。植物体内的内源激素参与作物生产的控制过程,内源激素的含量和比例制约着籽粒发育和物质流的流向^[27]。因此,内源激素控制“源”、“库”、“流”,最终对籽粒产量起作用。Ackerson^[28]等用较低的蔗糖浓度含量(10 μmol)处理,表现为外源ABA可提高分离大豆子叶的蔗糖吸收,这说明大豆子叶中内源ABA含量与蔗糖吸收呈正相关。可见,ABA提高了蔗糖转化酶活性,促进了大豆豆荚中光合产物的积累。

3.3 同位素示踪

同位素示踪法又称核素示踪法。指的是用同位

素示踪剂研究被追踪物质的运动转化规律的方法。傅金民^[1]等利用¹⁴C同位素技术研究大豆产量形成与光合速率变化源库间调节效应后指出,限制大豆产量的主要因素是源,不是库。

3.4 栽培管理技术

大豆群体的源库特征受品种遗传力控制较小,受栽培条件影响较大,通过改变栽培条件可影响大豆源库关系。所以,栽培技术途径也是研究大豆源库关系的一种主要手段。这一手段主要包括光照、密度、肥料运筹,水分管理等。刘晓冰等^[29]通过在不同时期,对不同密度的大豆群体进行增加光照和改变源库处理,发现开花初期和结荚初期增加光照增产效果最为明显,花期增加光照,增加单株荚粒数;而结荚初期增加光照,增加百粒重;杜永林等^[30]研究不同氮肥运筹对群体源库质量的影响,结果表明:在适宜施氮总量下,增加后期用氮比例,能提高结荚期群体源库质量。

3.5 生物化学研究

主要是在不同源库比例下,测定与大豆源、库活性有关的酶的活性和某些代谢产物的含量。植物体内经输导组织运输的蔗糖到达生长器官,通过转化酶[主要是可溶性的酸性转化酶(acid invertase)]水解生成葡萄糖和果糖,参加器官建成的代谢循环。王余龙^[31]对大豆的研究表明,库器官蔗糖降解酶活性与库器官生长、物质积累有密切关系,可以作为库强度的生化指标。

3.6 作物模拟技术

作为一门迅速崛起的新技术,它以系统科学的观点,引入了大量植物生理学和生态学机制,并运用数学方法在计算机上实现快速动态分析。当前作物模拟技术在大豆源库流关系研究上,还未见报道。在水稻源库流关系的研究上,金之庆等^[32]采用作物模拟技术就水稻源库关系作了新探索,用“水稻群体光合生产模型”来模拟源能力,用“经济产量模型”来模拟水稻库能力。由群体光合模拟系统计算的干物质产量反映了绿叶生产和提供光合产物的能力,由此折算成的经济产量又可称为源产;由经济产量模型计算的籽粒产量反映了容纳光合产物的能力,故可称为库产量;两者之比即源库比。利用这种方法,不仅能描述不同水稻品种或品种类型的源、库特征,还能够描述同一品种在不同地区种植时的源、库特征。

需要指出的是,大豆的源、库、流是动态的,可因其部位和所起作用的不同而发生变化。弄清是库是源还是流是制约大豆产量的主要因子以及源库流的调节手段,对确定育种目标和高产栽培的主攻方向,无疑有重要的意义。由于源库关系因种、因地而异,我国生态条件复杂,大豆栽培品种繁多,要想概括出一个统一的栽培模式是不可能的。但在一个具体的生态环境、栽培条件下研究某一个品种的源库流特征,确定栽培管理的重点则是可能的。

参考文献

- [1] 傅金民,张康灵,苏芳. 大豆产量形成期光合速率和库源调节效应[J]. 中国油料作物学报,1998,20(1):51-56. (Fu J M, Zhang K L, Su F. Photosynthetic rate and source-sink manipulation effects on podding characteristic in soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,1998,20(1):51-56.)
- [2] 王光华,刘晓冰. 生殖生长期源库改变对大豆籽粒产量和品质的影响[J]. 大豆科学,1999,18(3):236-241. (Wang G H, Liu X B. Source-sink alteration influence on soybean quality and yield formation during reproductive development[J]. Soybean Science, 1999,18(3):236-241.)
- [3] Andrade F H, Uhart S A, Frugone M I. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade versus plant density effects[J]. Crop Science,1993,33(3):482-485.
- [4] Duvick D N. Genetic rates of gain in hybrid maize yields during the past 40 years[J]. Maydica,1977,22(4):187-196.
- [5] 王文静. 不同穗型冬小麦籽粒灌浆期源库强度及其与淀粉积累的关系[J]. 作物学报,2004,30(9):916-921. (Wang W J. The relationship between source-sink intensity and starch accumulation during grain filling period in two winter wheat cultivars with different spike types[J]. Acta Agronomica Science,2004,30(9):916-921.)
- [6] 徐立华,李国峰,何循宏. 转 *Bt* 基因抗虫棉“33B”的源库特征[J]. 江苏农业学报,2002,18(4):208-212. (Xu L H, Li G F, He X H. Characteristics of source and sink of insect resistant *Bt* transgenic cotton“Nucotn 33B”[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences,2002,18(4):208-212.)
- [7] 田晓莉,杨培珠,段留生. 转 *Bt* 基因抗虫棉源库关系的初步研究[J]. 棉花学报,1999,11(3):151-156. (Tian X L, Yang P Z, Duan L S. The study on source-sink relationship of *Bt* transgenic cotton[J]. Cotton Science,1999,11(3):151-156.)
- [8] 李绍长. 作物源库理论在产量形成中的应用[J]. 新疆农业科学,1998,(3):106-110. (Li S C. The application of crops source-sink theory for yield form[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 1998,(3):106-110.)
- [9] 王丰,张国平,白朴. 水稻源库关系评价体系研究进展与展望[J]. 中国水稻科学,2005,19(6):556-560. (Wang F, Zhang G P, Bai P. Achievement and prospects of research on evaluation of the relationship between source and sink in rice[J]. Chinese Journal of Rice Science,2005,19(6):556-560.)
- [10] Venka teswarlu B, Visperas R M. Source sink relationships in crop plants[C]. IRRI Research Paper Series,1987:125.
- [11] 刘建国,帕尼古丽,董志新. 单位叶面积负荷量对大豆源库调节效应的研究[J]. 石河子大学学报,2003,7(4):259-262. (Liu J G, Pa N G L, Dong Z X. Regulation effect study of unit-leaf-area load on source and sink activity in soybean[J]. Journal of Shihezi University Natural Science,2003,7(4):259-262.)
- [12] 施振云,扬峰,施俭. 油菜壳还田对水稻产量及土壤肥力的影响[J]. 土壤肥料,2003,1(1):22-25. (Shi Z Y, Yang F, Shi J. Influence of oil rape shell return to field on rice yield and soil fertility[J]. Soils and Fertilizers,2003,1(1):22-25.)
- [13] 陈焱丽,王清连,石明旺,等. 大豆源库流的研究进展[J]. 安徽农业科学,2007,35(8):2251-2252. (Chen Y L, Wang Q L, Shi M W, et al. Research progress of source-sink-flow relationship of soybean[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2007,35(8):2251-2252.)
- [14] 赵全志. 源库质量与作物超高产栽培及育种[J]. 河南农业大学学报,1999,3(9):226-230. (Zhao Q Z. The relationship between source sink quality and crop cultivation and breeding for maximum yield[J]. Journal of Henan Agricultural University, 1999,3(9):226-230.)
- [15] 徐正进,陈温福,曹洪任. 水稻穗颈维管束数与穗部性状关系的研究[J]. 作物学报,1998,24(1):47-54. (Xu Z J, Cheng W F, Cao H R. Relation between the characters of panicle and vascular bundle in neck-panicle of rice[J]. Acta Agronomica Sinica, 1998,1(1):47-54.)
- [16] 黄璜. 水稻穗颈节间组织与颖花数的关系[J]. 作物学报,1998,24(2):113-120. (Huang H. Relation between the tissue of the highest internode and the number of spikelets[J]. Acta Agronomica Sinica,1998,24(2):113-120.)
- [17] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:230-257. (Ling Q H. Crop population quality[M]. Shanghai:Shanghai Science and Technology Press,2000:230-257.)
- [18] 王玉夫,黄丕生. 水稻群体源库特征及高产栽培策略研究[J]. 中国农业科学,1997,30(5):25-33. (Wang Y F, Huang P S. Study on source-sink characteristics and high-yield cultivation strategies of rice population[J]. Scientia Agricultura Sinica,1997,30(5):25-33.)
- [19] 冯惟珠,苏祖芳,杜永林. 水稻灌浆期源质量与产量关系及氮素调控的研究[J]. 中国水稻科学,2000,14(1):24-30. (Feng W Z, Su Z F, Du Y L. Relationship between source quality and grain yield during filling period in rice and its nitrogen-regulation approach[J]. Chinese Journal of Rice Science,2000,14(1):24-30.)
- [20] 张俊国. 不同粳稻品种源库关系研究Ⅱ不同栽培条件下品种源库关系的变化[J]. 吉林农业科学,1991(2):8-14. (Zhang J G. Study on the relationship between source and sink in different

- japonica rice varieties II. A change of the relationship in different condition[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1991(2): 8-14.)
- [21] 杨守仁. 水稻源与库的辩证关系[M]. 北京: 农业出版社, 1980:176-185. (Yang S R. Dialectic relations of rice source and sink[M]. Beijing: Agriculture Press, 1980:176-185.)
- [22] 董钻, 那桂秋. 大豆叶一粒关系的研究[J]. 大豆科学, 1993, 12(1):1-7. (Dong Z, Na G Q. Correlative performance between leaf and seed in soybeans[J]. Soybean Science, 1993, 12(1):1-7.)
- [23] Thorne John H, Ronald Koller H. Influence of assimilate demand on photosynthesis, diffusive resistance, translation and carbohydrate levels of soybean leaves[J]. Plant Physiology, 1974, 52: 201-207.
- [24] 张跃进, 王永锋. 不同生育期大豆去叶对生长发育的影响[J]. 大豆科学, 1993, 12(1):1-7. (Zhang Y J, Wang Y F. The effect of soybean losing leaves to growth and development in different growth duration[J]. Soybean Science, 1993, 12(1):1-7.)
- [25] Borkovec V, Prochazka S. Pre anthesis interaction of cytokinins and ABA in the transports of ^{14}C - sucrose to the ear of winter wheat [J]. Journal of Agronomy and Crops Science, 1992, 169(4): 229-235.
- [26] 王永锐. 作物高产群体生理[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1991:131-135. (Wang Y R. Crop high yield population physiology [M]. Beijing: Science and Technology Literature Press, 1991:131-135.)
- [27] 王振林. 麦类作物产量形成与激素的关系[J]. 国外农学—麦类作物, 1989(6):36-38. (Wang Z L. The relation of triticeae crops yield formation and phytohormones[J]. Abroad Agriculture Triticeae Crops, 1989(6):36-38.)
- [28] Ackerson R C. Invertase activity and abscisic acid in relation to carbohydrate states in developing soybean reproductive structures[J]. Crop Science, 1985, 25:615-618.
- [29] 刘晓冰, Stephen J. Herbert. 增加光照及其与改变源库互作对大豆产量构成因素的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(1):6-10. (Liu X B, Stephen J Herbert. Light enrichment and its interactions with source- sink alteration on yield components in soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(1):6-10.)
- [30] 李绍清, 李阳生, 李达模. 乳熟期淹水对两系杂交水稻源库特性的影响[J]. 杂交水稻, 2000, 15(2):38-40. (Li S Q, Li Y S, Li D M. Effect of complete submergence at milk stage on source and sink of two-line hybrid rice[J]. Hybrid Rice, 2000, 15(2):38-40.)
- [31] 王余龙, 蔡建中. 水稻籽粒受容活性及其控制—籽粒含水率与 ^{14}C 光合产物分配及其转化的关系[J]. 江苏农学院学报, 1990, 11(4):27-31. (Wang Y L, Cai J Z. Activity of grain acceptance capacity and its regulation of grain water content with the distribution and Utilization of ^{14}C - photosynthate [J]. Journal of Jiangsu Agricultural College, 1990, 11(4):27-31.)
- [32] 金之庆. 水稻源库关系的模拟. 作物产量形成的生理学基础[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001:253-259. (Wang Z Q. Simulation of rice source- sink relationship. The physiological base of crops yield Form [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2001:253-259.)

(上接第 166 页)

- [7] Sun X Z, Bian K. Shear strength and water resistance of modified soy protein adhesives [J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 1999, 76(8):977 - 980.
- [8] Huang W N, Sun X Z. Adhesive properties of soy proteins modified by urea and guanidine hydrochloride [J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 2000, 77:101-104.
- [9] 黄浩, 黄宏伟, 赖勤. 用蛋白酶组合对大豆分离蛋白改性的研究[J]. 大豆科学, 2007, 26(2):245 - 249. (Huang H, Huang H W, Lai L. The research of the soy protein isolate modification with protease combination [J]. Soybean Science, 2007, 26(2):245-249.)
- [10] 陈伟斌. 大豆分离蛋白改性研究进展[J]. 粮食与油脂, 2006(4):7-9. (Chen W B. Modification of soy protein isolate progress [J]. Food and Grease, 2006(4):7-9.)
- [11] 卢行方, 陈彩选. 大豆磷脂的酰化改性[J]. 西部皮革, 2007, 29(4):19-21. (Lu X F, Chen C X. The modified soybean lecithin N [J]. Western Leather, 2007, 29(4):19-21.)
- [12] 朱秀清, 姚磊, 许慧, 等. 大豆乳清蛋白的胰蛋白酶改性研究[J]. 中国油脂, 2007, 32(5):26-29. (Zhu X Q, Yao L, Xu H, et al. Soybean whey protein trypsin modified[J]. China Oil, 2007, 32(5):26-29.)
- [13] 黄萍萍, 汪勇, 唐书泽, 等. 大豆水化油脚酶法改性研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(4):101-104. (Huang P P, Wang Y, Tang S Z, et al. Soybean oil feet hydration modification of enzymatic[J]. Food Research and Development, 2007, 28(4):101-104.)
- [14] 任一萍, 王正, 王志玲. 生物质材料木材胶黏剂的研究发展[J]. 粘接, 2007, 28(5):28-30. (Ren Y P, Wang Z, Wang Z L. Biomass wood adhesive materials research and development [J]. Bonding, 2007, 28(5):28-30.)
- [15] 孙焕, 张春红, 陈海英, 等. 大豆分离蛋白的双酶改性改善功能性的试验[J]. 食品科技, 2005, 12:11-14. (Sun H, Zhang C H, Chen H Y, et al. Soy protein isolate the double-modified to improve the functional test [J]. Food Science and Technology, 2005, 12:11-14.)
- [16] 杨铃. 蛋白质磷酸化改性研究进展[J]. 粮食加工, 2007, 32(3):66-68. (Yang L. The progress on modification of protein phosphorylation [J]. Food Processing, 2007, 32(3):66-68.)