

不同节位大豆籽粒中脂肪酸与 11S、7S 球蛋白含量变化

刘 鹏¹, 陈思羽¹, 朱 末², 李 亮¹, 徐克章¹, 张治安¹, 陈展宇^{1*}

(1. 吉林农业大学农学院, 吉林 长春, 130118; 2. 吉林农业大学园艺学院, 吉林 长春, 130118)

摘要: 为了研究不同节位上大豆籽粒中 5 种脂肪酸与 11S、7S 球蛋白的含量变化规律, 以吉林 38 和吉农 19 为试验材料测定不同节位籽粒中棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸含量与 11S、7S 球蛋白含量。结果表明, 吉林 38 和吉农 19 各节位籽粒中所含脂肪酸及 11S、7S 球蛋白含量不同。棕榈酸、亚油酸和亚麻酸含量表现为随节位的上升而逐渐下降, 而硬脂酸和油酸含量则表现为随节位的上升而上升。11S 球蛋白含量随节位上升呈现为先下降后上升的趋势, 11S 球蛋白含量在中下部(4~9 节位)含量偏低, 上部(13~17 节位)含量达到最高; 7S 球蛋白与 11S 球蛋白含量在节位中的变化规律相反。相关分析表明, 吉林 38 和吉农 19 的 11S 球蛋白与 7S 球蛋白呈负相关关系。11S/7S 比值与棕榈酸、亚油酸和亚麻酸呈负相关关系, 与硬脂酸和油酸呈正相关关系。

关键词: 大豆; 节位; 脂肪酸; 11S 球蛋白; 7S 球蛋白

中图分类号: S565.101 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9084(2015)03-0367-05

Change of fatty acid and 11S, 7S globulin content in seeds on different nodes of soybean cultivars

LIU Peng¹, CHEN Si-yu¹, ZHU Mo², LI Liang¹, XU Ke-zhang¹, ZHANG Zhi-an¹, CHEN Zhan-yu^{1*}

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: To understand 5 fatty acids and 2 globulin (11S and 7S) contents in soybean from different nodes, cultivars Jilin 38 and Jinong 19 were used, and palmitic, stearic, oleic, linoleic, and linolenic acids were determined. Results showed that 5 fatty acids and 2 globulin contents varied on different nodes of 2 cultivars. In higher nodes, palmitic, linoleic and linolenic acids increased, stearic and oleic acids decreased. 11S globulin on the middle nodes (4-9) was lower than on other nodes, and were the highest on the upper nodes (13-17). Correlation analysis showed that 11S and 7S globulin of 2 cultivars had negative correlation. The 11S/7S ratio had negative correlation to palmitic, linoleic and linolenic acids, and had positive correlation to stearic and oleic acids.

Key words: Soybean; Node; Fatty acid; 11S globulin; 7S globulin

大豆籽粒中富含脂肪和蛋白质。脂肪酸含量占油脂总量的 90% 以上, 其中不饱和脂肪酸亚油酸和亚麻酸是人和哺乳动物自身不能合成的, 却又是正常生长所必需的, 同时具有软化血管、降低胆固醇和血压的功能, 有益于人类健康, 而大豆油脂中的饱和脂肪酸可引起心血管疾病^[1]。亚麻酸易氧化, 进一步又会分解为具有臭味的醛和酮, 所以亚麻酸含量低是优质油的标志, 低亚麻酸育种是大豆品质育种的主要目标之一。

大豆蛋白质被称作“全价蛋白”, 含人体所必需的 8 种氨基酸, 其组成比例最适合人体的需要, 唯独蛋氨酸含量不足^[2]。大豆籽粒中贮藏蛋白的主要成分是 11S 和 7S 球蛋白, 11S 球蛋白含硫氨基酸比 7S 球蛋白高^[3,4]。两者由于氨基酸组成和结构不同, 11S/7S 比值直接影响大豆蛋白的功能特性, 从而影响大豆蛋白的应用价值^[5,6]。有研究表明增加 11S 球蛋白含量, 降低 7S 球蛋白的含量, 调整 11S/7S 比值, 可以改善大豆蛋白的营养品质^[7,8]。

陈霞等^[9]研究表明,大豆品种间亚麻酸含量存在着较大的差异;大豆籽粒的脂肪酸含量在品种间存在差异,同一品种的不同节位间也存在着差异^[10]。庄炳昌等^[11]研究表明,油酸含量随结荚部位的升高而增加($r = 0.863\ 2^{**}$),而亚油酸含量则随着结荚部位的升高而降低($r = -0.863\ 9^{**}$)。刘珊珊等^[12]指出大豆 7S 球蛋白亚基组成对 5 种脂肪酸含量均有一定的影响,亚基缺失型大豆材料的油酸、亚油酸和硬脂酸含量与对照相比差异显著。研究表明,大豆种子贮藏蛋白的 11S 与 7S 球蛋白含量存在显著负相关,但与蛋白质、脂肪含量并无显著的相关性^[13]。目前关于大豆品种不同节位 5 种脂肪酸含量与 11S、7S 球蛋白含量变化及其关系报道尚不多见。吉林 38 和吉农 19 是吉林省主推的大豆栽培品种,均为中晚熟品种,亚有限结荚习性,具有蛋白质、脂肪含量较高的特性。本研究通过研究脂肪酸和球蛋白含量在不同节位籽粒中的变化规律及其相互关系,为大豆品质改良和不同节位籽粒达到最大化合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆品种为吉林 38 和吉农 19,分别由吉林省农业科学院大豆品种资源室和吉林农业大学大豆区域技术创新中心提供。

1.2 试验设计

试验于 2013 年在长春市(43.53°N , 125.1°E)吉林农业大学大豆试验田进行。试验地区年生长季节为 5~9 月,年均降雨量为 645mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的有效积温为 2 880 $^{\circ}\text{C}$,无霜期为 140d 左右。试验地土壤是黑壤土,前茬作物为玉米,供试土壤养分状况为全氮含量 1.645g/kg,全磷含量 0.86g/kg,碱解氮含量 120mg/kg,速效磷含量 26.9mg/kg,速效钾含量 122mg/kg,pH 值为 6.8。

试验采用随机区组设计,每个大豆品种种植 5 行,行长 5m,行距 0.65m,密度 20 万株/hm²,3 次重复,常规田间管理。随机选取 10 株大豆,分别按节位收获种子,从各节位籽粒中随机取 30 粒粉碎成粉末,80 目过筛,装于塑封袋中,保存于 -20 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱备用。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 气相色谱法测定大豆籽粒中的脂肪酸含量

称取 0.1g 样品,准确加入 0.5mol·L⁻¹ 甲醇钠 2mL,在 30 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中酯化 30min,用 10mL 正己烷分两次萃取,合并正己烷,上机进行 GC 分析。

1.3.2 SDS-PAGE 法测定大豆籽粒中 11S、7S 球蛋白含量 称取上述豆粉 0.2g,加乙醚浸泡过夜,隔日过滤,风干。得到脱脂豆粉,放于 -20 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱内储存。球蛋白制备参照文献[14]的方法,略有改进。将 500 μL 样品缓冲液加到 2mL 盛有 1.5mg 球蛋白的离心管中,振荡至全部溶解。置于沸水浴中加热 5min,取出冷却至室温,样品溶液置于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱内备用。点样前再煮沸 2min。

采用 SDS-PAGE 垂直板凝胶电泳,浓缩胶 5%,分离胶 13%;考马斯亮蓝 R-250 染色;采用乙醇、冰醋酸溶液脱色。电泳后的凝胶用 DNR 公司的 MiniBis Pro 凝胶成像扫描系统拍照,用 GelQuant 软件确定 11S 和 7S 组分含量,计算 11S/7S 比值。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 数据处理系统进行数据处理,应用 SPSS.16.0 软件进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 大豆不同节位籽粒中脂肪酸含量的变化

2.1.1 饱和脂肪酸含量变化 由图 1 可以看出,吉林 38 和吉农 19 大豆籽粒中饱和脂肪酸(棕榈酸和硬脂酸)含量在节位间存在差异。吉林 38 大豆节位籽粒中棕榈酸含量均高于吉农 19,而硬脂酸含量在第 9 节位以下低于吉农 19,第 9 节位以上则高于吉农 19。吉林 38 和吉农 19 棕榈酸含量均表现为随着节位的上升而降低,硬脂酸含量在节位中变化规律表现为逐渐上升的趋势。2 个大豆品种棕榈酸含量表现为上部含量最低,硬脂酸含量均表现为下部含量最低。

2.1.2 不饱和脂肪酸含量变化 由图 2 可以看出,吉林 38 油酸含量总体低于吉农 19;亚油酸含量总体高于吉农 19,但 9~13 节位含量低于吉农 19;吉林 38 和吉农 19 亚麻酸含量在第 7 节位以下差异不大,第 7 节位以上吉林 38 亚麻酸含量高于吉农 19。吉林 38 和吉农 19 所含油酸含量随着节位的上升而升高,而亚油酸含量则是随着节位的上升而降低,亚麻酸含量在节位中的变化规律总体上表现为下降的趋势。2 个大豆品种的油酸含量在植株的下部较低;吉林 38 亚油酸含量在 1~2 节位较高,10~13 节位含量最低;吉农 19 亚油酸含量在 1~3 节位较高,在上部节位含量最低。吉林 38 和吉农 19 亚麻酸含量在 1~4 节位相差很小,均在上部(14~17)节位含量最低。

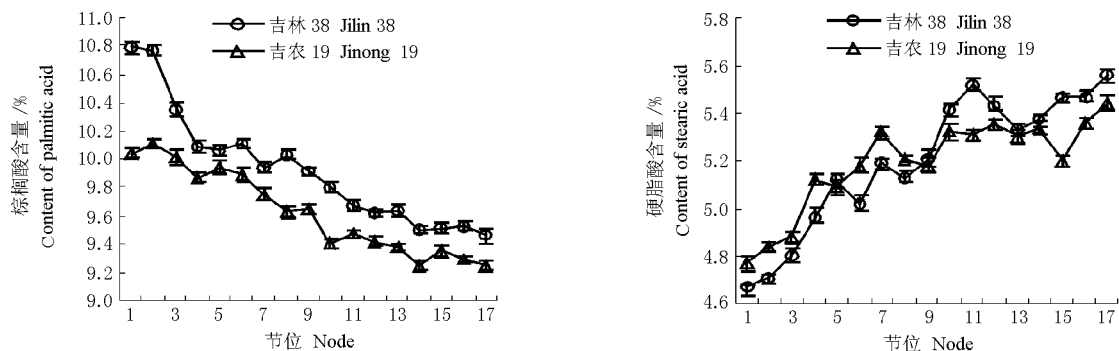


图1 2 个大豆品种饱和脂肪酸含量在节位中的变化

Fig.1 Changes of saturated fatty acid in 2 soybean cultivars at different nodes

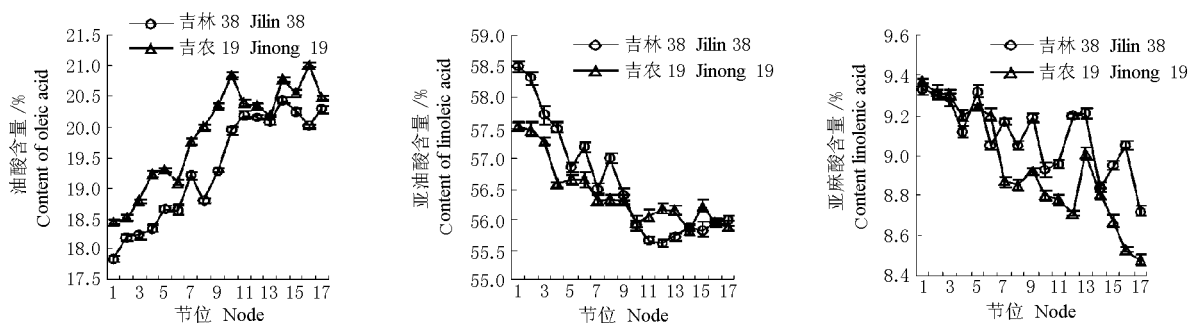


图2 2 个大豆品种不饱和脂肪酸含量在节位中的变化

Fig.2 Changes of unsaturated fatty acid in 2 soybean cultivars at different nodes

2.2 大豆不同节位籽粒中 11S、7S 球蛋白含量的变化

由图3可以看出,吉林38和吉农19所含11S、7S球蛋白随着节位的不同而不同,2种球蛋白在节位上的变化趋势是呈现为负相关关系的($r = -1.000\ 0^{**}$)。在第9节位以下,吉林38所含11S

球蛋白低于吉农19,9节位向上11S球蛋白含量则高于吉农19。2个大豆品种所含11S球蛋白在节位中的变化规律表现为中下部(4~9节位)含量偏低,向上向下均升高,13~17节位含量达到最高。7S球蛋白含量则在中下部的含量较高,在植株上部7S球蛋白含量最低。

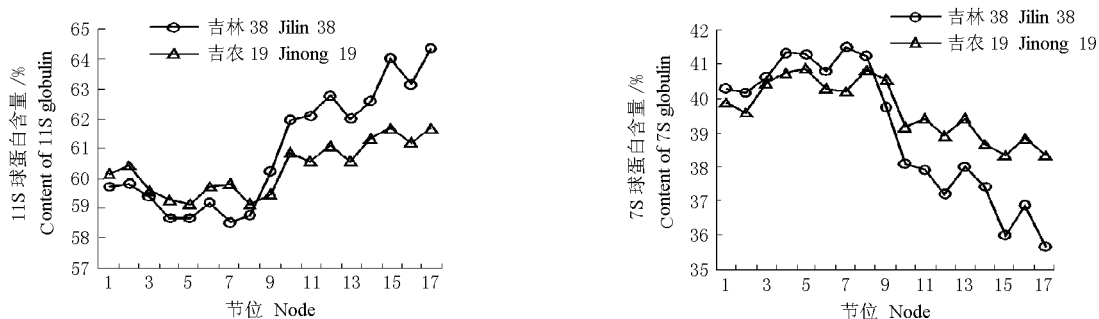


图3 2 个大豆品种 11S、7S 球蛋白含量在节位中的变化

Fig.3 Changes of 11S and 7S globulin contents in 2 soybean cultivars at different nodes

2.3 大豆籽粒中不同脂肪酸含量及其与 11S/7S 比值的相关性

由表1可以看出,吉林38和吉农19所含的棕榈酸与硬脂酸呈极显著性负相关,与亚油酸和亚麻酸呈极显著性正相关。2个大豆品种所含硬脂酸与油酸、亚油酸呈极显著性负相关,吉林38所含硬脂酸和亚麻酸呈显著性负相关,吉农19所含硬脂酸与亚麻酸呈极显著性负相关。吉林38和吉农19所含

油酸与亚油酸、亚麻酸和棕榈酸呈极显著性负相关;吉林38所含亚油酸与亚麻酸呈显著性正相关,而吉农19则呈极显著性正相关。

吉林38和吉农19的11S/7S比值分别与棕榈酸、亚油酸和亚麻酸含量呈显著性负相关;吉林38的11S/7S比值与油酸呈极显著性正相关,与硬脂酸呈显著性正相关;吉农19的11S/7S比值和油酸呈显著性正相关,而与硬脂酸的相关性不显著。说明

2 个大豆品种的 11S/7S 比值受脂肪酸含量变化的影响,随着棕榈酸、亚油酸和亚麻酸含量的降低而升高,随着油酸含量的升高而升高。

吉林 38 和吉农 19 的 5 种脂肪酸含量平均值与

11S 球蛋白含量呈负相关关系(相关系数分别为 -0.263 6、-0.430 9),与 7S 球蛋白含量呈正相关关系(相关系数分别为 0.263 6、0.430 9),但相关性均不显著。

表 1 2 个大豆品种 11S/7S 比值与脂肪酸含量之间的相关系数
Table 1 Correlation coefficients between 11S/7S and fatty acid contents in 2 cultivars

品种 Cultivar	指标 Index	硬脂酸 Stearic	油酸 Oleic	亚油酸 Linoleic	亚麻酸 Linolenic	11S/7S
吉林 38 Jilin38	棕榈酸 Palmitic	-0.960 1 **	-0.932 0 **	0.957 9 **	0.710 2 **	-0.731 8 *
	硬脂酸 Stearic		-0.955 3 **	-0.969 9 **	-0.719 5 *	0.775 3 *
	油酸 Oleic			-0.958 9 **	-0.700 4 **	0.854 1 **
	亚油酸 Linoleic				0.604 4 *	-0.713 8 *
	亚麻酸 Linolenic					-0.657 0 *
吉农 19 Jinong19	棕榈酸 Palmitic	-0.868 1 **	-0.952 6 **	0.915 8 **	0.913 1 **	-0.744 6 *
	硬脂酸 Stearic		-0.877 3 **	-0.968 9 **	-0.863 3 **	0.474 6
	油酸 Oleic			-0.945 0 **	-0.912 1 **	0.602 7 *
	亚油酸 Linoleic				0.865 1 **	-0.488 3 *
	亚麻酸 Linolenic					-0.684 9 *

注/Note: * P<0.01 ; ** P<0.05

3 讨论与结论

本试验研究表明,大豆不同节位籽粒中脂肪酸含量不同,棕榈酸、亚油酸和亚麻酸含量从下部节位到上部节位表现为下降趋势,硬脂酸和油酸则呈现为上升趋势。其中籽粒中油酸与亚油酸含量在节位上的变化规律与庄炳昌等^[11]的研究结果相同,而棕榈酸、硬脂酸和亚麻酸在节位中的变化规律与之不同。大豆籽粒中油酸与亚油酸含量、亚麻酸与棕榈酸含量呈极显著负相关,这与李文滨等^[15]的研究结果一致。李侠等^[16]指出,棕榈酸与除油酸外的 4 种脂肪酸均呈极显著正相关,其中棕榈酸与亚油酸和亚麻酸呈极显著性正相关,这与本试验的研究结果一致,但本试验结果棕榈酸与硬脂酸和油酸呈极显著负相关,这与李侠等的研究结论有所不同。许多研究表明 11S 球蛋白与 7S 球蛋白含量呈极显著负相关关系^[17,18],这与本试验的结论一致。

大豆籽粒品质存在差异是由于不同结荚位置的干物质调配不同^[19]。庄炳昌等^[11]认为某些品质性状如油酸、亚油酸含量等随着籽粒着生部位而发生规律性的变化,可能是空间环境差异,例如同一株各部位所处的环境不同,上部光照充足,下部光照较弱引起的。有报道称,通过适当增加油酸和亚油酸含量,降低饱和脂肪酸含量,可以改良大豆的品质^[20]。年海等^[21]研究表明,棕榈酸与亚麻酸呈极显著性正相关,这与本试验研究结果相同,并且指出可通过选择低棕榈酸含量的大豆品种对亚麻酸进行间接性的选择。

本试验通过对吉林 38 和吉农 19 大豆品种不同

节位脂肪酸含量变化规律的研究发现,在大豆植株的下部节位,可以选择出棕榈酸和亚麻酸含量均低的籽粒。大豆品种不同节位籽粒中脂肪酸及球蛋白含量不同,这可能与 2 个供试大豆品种结荚习性特点及不同节位空间环境因子差异有关。许多研究表明,成熟度高的籽粒中脂肪含量较高,蛋白质含量低^[2,11]。大豆籽粒中球蛋白占总蛋白的 50% ~ 90%,其中 11S 球蛋白和 7S 球蛋白含量是球蛋白的主要的组成成份^[22]。本试验中 11S 球蛋白含量在节位中的变化规律表现为在中下部节位含量偏低,向上节位则升高,可能与植株中下部光照较弱,而上部光照较强有关,影响光合产物的形成,有利于上部节位 11S 球蛋白的合成;还有可能与节位上籽粒的成熟度有关,中下部节位籽粒成熟度高,蛋白质含量较低,不利于 11S 球蛋白的合成。

本试验结果表明,大豆不同节位籽粒中脂肪酸和球蛋白的含量不同,2 个大豆品种脂肪酸含量平均值均与 11S 球蛋白呈负相关,与 7S 球蛋白呈正相关,但相关性均未达到显著水平;5 种脂肪酸分别和 11S/7S 比值有一定的相关性,2 个大豆品种的 11S/7S 比值均随棕榈酸、亚油酸和亚麻酸的含量的降低而升高,随硬脂酸、油酸含量的升高而升高。表明大豆上部节位籽粒的 11S/7S 比值较高,同时油酸含量较高,由于油酸与棕榈酸和亚麻酸呈极显著性负相关,所以棕榈酸和亚麻酸含量相对较低。研究不同节位大豆籽粒的品质性状,有助于了解环境因子对大豆品质性状形成的影响,这对大豆品质改良及高产栽培均具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] 于福宽,孙君明,韩粉霞,等. 大豆籽粒中脂肪酸组分快速检测方法的比较分析[J]. 大豆科学,2011,30(4):626-631.
- [2] 董 钻. 大豆产量生理[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [3] 孟祥勋. 大豆种子贮藏蛋白的研究[J]. 东北农业大学学报,1997,28(2):201-207.
- [4] 徐 豹,邹淑华,庄炳昌. 野生大豆(*G. soja*)种子贮藏蛋白组分 11S/7S 的研究[J]. 作物学报,1990,16(3):235-241.
- [5] Fukushima D. Structures of plant storage protein and their functions[J]. Food Reviews International,1991,7(3):353-379.
- [6] Peng I C, Quass D W, Dayton W R, et al. The physico-chemical and functional properties 11S globulin - a review[J]. Cereal Chemistry,1984,61(6):480-489.
- [7] Fukushina D. Recent progress of soybean protein foods[J]. Food Reviews International,1991,7:323-325.
- [8] Yamauchi F. Molecular understanding of soybean protein[J]. Food Reviews International,1991,7:283-332.
- [9] 陈 霞. 黑龙江省主栽大豆品种脂肪、脂肪酸组份的测定及其相关性的分析[J]. 大豆科学,1996,15(1):91-95.
- [10] 袁玉春,刘 铜. 大豆种子不同部位的脂肪酸组成[J]. 大豆科学,1998,17(4):373-376.
- [11] 庄炳昌,徐 豹. 大豆不同节位种子蛋白质脂肪及其组份的分布[J]. 中国油料,1990(3):42-44.
- [12] 刘珊珊,田福东,高丽辉,等. 大豆 7S 球蛋白亚基组成对品质性状的影响[J]. 作物学报,2008,34(5):909-913.
- [13] Ogawa T, Bando N, Tsuji H, et al. Investigation of the IgE-binding proteins in soybeans by immunoblotting with the sera of the soybean-sensitive patients with the atopic dermatitis[J]. J Nutr Sci Vitaminol,1991,37:555-565.
- [14] 刘香英,康立宁,田志刚,等. 大豆品种贮藏蛋白 7S 和 11S 组分及其亚基相对含量分析[J]. 大豆科学,2009,28(6):985-989.
- [15] 李文滨,郑宇宏,韩英鹏. 大豆种质资源脂肪酸组分含量及品质性状的相关性分析[J]. 大豆科学,2008,27(5):740-745.
- [16] 李 侠,常 玮,韩英鹏. 大豆种子脂肪酸含量的遗传分析[J]. 大豆科学,2009,28(3):403-408.
- [17] 关荣霞,常汝镇,邱丽娟,等. 栽培大豆蛋白亚基 11S/7S 组成及过敏蛋白缺失分析[J]. 作物学报,2004,30(11):1076-1079.
- [18] 黄丽华,麻 浩,王显生,等. 大豆种子贮藏蛋白 11S 和 7S 组分的研究[J]. 中国油料作物学报,2003,25(3):20-23.
- [19] 胡喜平. 大豆不同结荚部位籽粒蛋白质和脂肪含量分析[J]. 中国农学通报,2005,21(1):165-166.
- [20] 姚振纯,刘继德. 大豆脂肪酸组分与改良[J]. 大豆通报,1997(1):9-14.
- [21] 年 海,王金陵,杨庆凯,等. 大豆脂肪酸与主要农艺性状和品质性状的相关分析[J]. 大豆科学,1996,15(3):213-221.
- [22] 陈学玲. 大豆 11S、7S 球蛋白的功能特性及其与淀粉相互作用研究[D]. 武汉:华中农业大学,2005.

(责任编辑:王丽芳)