

大豆主要抗原蛋白分离及测定方法的研究

李成贤^{1,2}, 周安国¹, 王之盛¹, 曹洪志²

(1. 四川农业大学动物营养研究所, 雅安 625014; 2. 四川宜宾职业技术学院, 宜宾 644000)

摘要 大豆主要抗原蛋白不同的特性决定其提取和分离方法很多, 主要有: 等电点沉淀法、冷沉淀法、盐析法、按离子强度不同而沉淀分离法、免疫法等, 提取和分离过程中影响大豆主要抗原蛋白分离的因素包括提取缓冲液的 pH、离子强度、组成成分等。本文就大豆主要抗原蛋白的组成结构、分离及测定方法、影响因素及进一步的研究方向作一综述。

关键词 大豆抗原蛋白; 7S 球蛋白; 11S 球蛋白; 大豆球蛋白; β -伴大豆球蛋白

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)04-0618-05

STUDY ON METHOD OF SEPARATION AND DETERMINATION OF SOYBEAN ANTIGEN PROTEIN

LI Cheng-xian^{1,2}, ZHOU An-guo¹, WANG Zhi-sheng¹, CAO Hong-zhi²

(1. *Department of Animal Nutrition, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014*, 2. *Yibin Vocational & Technical College, Yibin 644000*)

Abstract Many methods on extraction and separation are determinated by different characteristics of soybean major antigen protein, such as isoelectric precipitatio, cryoprecipitate, salt fractionation, ionic strength and immunization and so on. Influential factors of extraction and isolation include pH of buffer solution, ionic strength, moiety and so on. The paper summarizes the composition and constitution, isolation assay method, influential factor and direction of putting forward to further study on soybean major antigen protein.

Key words Soybean antigen protein; 7S globin; 11S globin; glycinin; β -conglycinin

大豆及加工产品(如豆粕、豆饼)是一种很好的植物性蛋白质资源, 其中存在的一些抗营养因子如抗胰蛋白酶因子、抗原蛋白和低聚糖一方面可以为自身提供保护作用, 另一方面作为动物蛋白来源, 可引起动物的一些负面效应, 长期以来, 许多研究都集中在大豆主要抗原蛋白对幼龄动物的致敏作用上, 现今也发现大豆抗原蛋白有益方面的一些研究, 但都需要对大豆抗原蛋白各组分进行分离, 近年来, 对

大豆抗原蛋白组成及特性方面的研究已取得一定的成果, 但其测定方法的研究仍不完善, 还需进一步研究, 本文就其测定方法有关方面作一综述。

1 大豆主要抗原蛋白的组成结构

根据蛋白质的溶解特性, 大豆蛋白可以分为两类, 即清蛋白和球蛋白, 清蛋白一般占大豆蛋白的

收稿日期: 2006-10-16

基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划(IRTO555)资助

作者简介: 李成贤(1979-), 女, 研究方向动物营养与饲料加工。E-mail: lichengxiao07@yahoo.com.cn

通讯作者: 周安国, 研究员, 研究方向猪的营养。E-mail: zhouanguo02@yahoo.com.cn

5%左右,球蛋白约占 90%左右;根据免疫学的分析,球蛋白又可分大豆球蛋白(glycinin), α -伴大豆球蛋白(α -conglycinin), β -伴大豆球蛋白(β -conglycinin)和 γ -伴大豆球蛋白(γ -conglycinin),并证明它们是大豆蛋白中主要的抗原成分^[14];根据超速离心分析,用沉降系数 S 代表这些组分($1S=10^{-13} s=$

1Svedberg 单位),可分为 2S,7S,11S 和 15S 四种成分^[19](见表 1),从表 1 可看出,大豆蛋白主要是 7S 组分和 11S 组分,其中 7S 组分主要是 β -conglycinin,而 11S 组分主要是 glycinin,因此常把 β -conglycinin 称 7S 球蛋白,glycinin 称 11S 球蛋白。

表 1 大豆主要抗原蛋白组成及成分含量^[2]
Table 1 The ingredient and content of soybean protein^[2]

沉降成分 Sedimentation components	占大豆蛋白 比例(%) Ratio	免疫学成分 Immunological components	占大豆蛋白 比例(%) Ratio	免疫学成分 含量(%) Content	超速离心 成分含量(%) Content	分子量(Da) Molecular weight
2S	9.4	α -conglycinin	15	13.8	15.0	18000—33000
				30.9	34.0	
7S	43	β -conglycinin	30	27.9	30.9	180000—210000
		γ -conglycinin	3	3.0	3.1	105000—150000
11S	43.6	glycinin	40	40	41.9	300000—350000
15S	4				9.1	600000

11S 球蛋白是一种聚合蛋白质,含糖蛋白较少,单聚体亚基结构表示为:A—S—S—B,其中 A 代表酸性多肽链,分子量约为 34—44 KD,B 代表碱性多肽链,分子量为 20 KD. S—S 是二硫键,11S 球蛋白由 6 个酸性亚基(A1,A2,A3,A4,A5,A6),6 个碱性亚基(B1,B2,B3,B4,B5,B6)组成的两个环状六角形结构,酸性和碱性亚基交互对应形成比较稳定的结构形式,酸性亚基的分子量为 34.8 KD,碱性亚基为 19.6 KD,到目前为止发现约有五种单体存在形式,分别称为 A_{1a} B₂, A_{1b} B_{1b}, A₂ B_{1a}, A₃ B₄ 和 A₅ A₄ B₃^[22]。

7S 球蛋白是一类三聚糖蛋白,由疏水作用相互缔合的,由 α 、 α' 和 β 三个亚基组成,分子量分别为 68 KD,67 KD 和 48 KD 或 57 KD,57 KD 和 42KD,部分品种的大豆还含有 β' 亚基,目前研究表明有十种存在形式,其中有六种已被鉴定出来,被称为 B1~B6,分别为 $\alpha\beta_1$ 、 $\alpha\beta_2$ 、 $\alpha\alpha'\beta$ 、 $\alpha_2\beta$ 、 $\alpha\alpha_2$ 、 α_3 ^[24]。

2 大豆主要抗原蛋白的测定方法

大豆主要抗原蛋白即 7S 球蛋白和 11S 球蛋白的定量测定主要集中于实验室测定方法的建立,前提是建立大豆主要抗原蛋白各组分分离方法,进而进行有效含量的测定。自 1962 年 Wolf 等人首先利用冷沉和硫酸铵分级的手段得到纯度 91%~93% 的 11S 球蛋白以来,根据抗原蛋白特性已建立了许

多 7S 球蛋白和 11S 球蛋白分离及测定的方法。

2.1 等电点沉淀法

大豆主要抗原蛋白属球蛋白,加酸调 pH 至等电点可析出沉淀,11S 球蛋白的等电点为 6.4,其中酸性亚基 A1, A2 和 A3 的等电点为 pH5.15, pH5.40 和 pH4.75;碱性亚基 B1, B2 和 B3 的等电点为 pH8.0, pH8.25 和 pH8.5^[25], β -伴大豆球蛋白的等电点是 pH4.8~4.9^[16]。目前主要是根据此原理进行 7S 球蛋白和 11S 球蛋白的分离。Thanh 等^[23]人根据在 pH6.1~6.6(最适分离 pH 值为 6.2~6.4)之间 7S 和 11S 球蛋白溶解度不同的特点,提出了直接分离两球蛋白的方法:即用含有 10 mmol/L β -巯基乙醇的 Tris 缓冲液(pH8.0)萃取蛋白,将 pH 调到 6.4,在 2℃~5℃下离心,得到的沉淀即为 11S 球蛋白;在 pH4.8 下,7S 球蛋白被沉淀,将得到的沉淀溶于 0.03MTris 缓冲液中,调 pH 到 6.2 后在 3℃~5℃下冷藏过夜,除去不溶性组分,得到纯度较高的 7S 球蛋白,分离的沉淀组分经过冷冻干燥,可得有效含量。这种 7S 和 11S 组分分离的方法沿用了很多年,但两种组分中都有交叉成分,11S 组分中含 79%大豆球蛋白,7S 组分中含 52% β -伴大豆球蛋白^[15],但可通过凝胶过滤、亲和层析等进一步纯化。雷继鹏等^[9]用类似的原理对两种球蛋白进行分离:用 0.03 MTris—HCl 缓冲液浸出 100 g 脱脂豆粕可得 42.6 g 总蛋白。在这些蛋白中 11S 占 36%(其中仅含 10%7S 组份),而 7S 占 44%,乳

清蛋白和其它成分占 20%。采用此法分离,一般是将 7S 球蛋白 pH 调到 6.4, 11S 球蛋白 pH 调到 4.8, 但 11S 球蛋白和 7S 球蛋白所含亚基很多, 等电点也各异, 在一定程度上说明分离条件难控制, 分离不完全存在交叉成分, 且加酸易使蛋白质变性, 因此, 此方法还需进一步完善。

2.2 冷沉淀法

11S 球蛋白具有冷沉的特性, 脱脂大豆的水浸出蛋白液在 4℃ 水中放置过夜, 约有 86% 的 11S 球蛋白沉淀出来, 因此 11S 球蛋白又称为“冷沉蛋白”。冷沉淀法就是根据 11S 冷沉的特性将其与其他组分分离, 即脱脂豆粉的溶液浓缩浸提物冷却后, 所得沉淀含 2S、7S、11S 和 15S 等 4 种组分, 其中 11S 所占比例最大, 约占沉淀的 82%。而 2S、7S、15S 分别约占 5%、7% 和 6%。此外, 还可对 11S 粗组分进一步纯化, 应用硫酸铵分级盐析, 可将 11S 球蛋白纯化到 91%~93% 的纯度。应用凝胶过滤技术将 11S 球蛋白纯化到色谱级^[6], 此法在分离 11S 球蛋白上效果好, 但对 7S 球蛋白的分离提取方面效果不佳, 一般很少采用, 于是 Nagano 等^[18]针对 Thanh 法许多不足, 改进 Thanh 法, 建立了等电点冷沉法: 即用亚硫酸氢钠(SBS)替代巯基乙醇(2-ME)作为还原剂通过 SDS-PAGE 得到的 7S 和 11S 组分, 分析结果表明纯度大于 90%。王孝英^[13]基于等电点冷沉原理, 建立了一种碱提酸沉膜分离法具体步骤为: 先用等电点冷沉法从大豆蛋白原料中提取 11S 和 7S 组分, 再将其分别溶解于水中, 然后将溶解液分别用 0.22 μm 、0.15 μm 和 0.10 μm 的膜逐级分离纯化得到纯度更高的 7S 和 11S 组分, 通过 SDS-PAGE 电泳分析分离效果, 所得的 7S 和 11S 大豆球蛋白纯度可以分别达到 75.5% 和 84.7%, 比传统法要高出 4.0% 和 14.2% 以上。另外, 由于膜分离法工艺相对简单, 更适宜面向工业化方向发展。

2.3 盐析法

大豆抗原蛋白具有蛋白质本身的盐析特性, 利用氯化镁、氯化钠和硫酸铵等可进行分级盐析。Saio 法原理是基于 7S 和 11S 球蛋白在钙盐溶液中溶解度存在较大差异, 分离操作如下: 先于室温下用钙盐溶液(0.01 mol/L 的 CaCl_2)浸提脱脂大豆粉, 然后进行第 1 次离心, 离心后将所得上清液的 pH 值调至 4.5, 沉淀为 7S 粗组分; 第 1 次离心沉淀后, 用钙盐溶液稀释至原体积的 10 倍, 并将温度升至 40℃, 调 pH 值至 8~8.5 并搅拌提取 1~2 h, 然后

与第 2 次离心所得的上清液中和, 浓缩后喷雾干燥得到提纯的 11S 组分^[20]。盐析法操作简便, 不需要复杂的仪器设备, 对蛋白质的影响较小, 但纯度较低。

2.4 按离子强度不同而沉淀分离法

蛋白溶液所含 NaCl 离子强度高于 0.5 时, 用 HCl 将 pH 值调至 2, 11S 球蛋白完全沉淀, 但 7S 球蛋白只有当离子强度高于 0.8 时才会沉淀。Koshiyama 法是根据蛋白溶液的离子强度用 NaCl 改变时, 酸性条件下蛋白质的构型发生重大变化从而将 11S 球蛋白和 7S 球蛋白的分离: 即 11S 球蛋白首先被冷沉, 然后加入 0.025 mol/L CaCl_2 除去剩余的冷沉蛋白, 将 pH 调节到 4.5 将 7S 球蛋白沉淀后通过凝胶过滤得到均一的 7S 球蛋白^[16]。

2.5 免疫法

大豆蛋白的免疫学组分为大豆球蛋白(glycinin), α -伴大豆球蛋白(α -conglycinin), β -伴大豆球蛋白(β -conglycinin)和 γ -伴大豆球蛋白(γ -conglycinin)(见表 1), 而免疫法主要是通过制备抗大豆主要抗原蛋白抗体, 建立抗原蛋白定量测定方法, 从而测定抗原蛋白的含量。彭楠^[10]用酶联免疫法测定了大豆 11S 抗原蛋白的含量。李德发^[7], 贾振宝等^[5]建立了 β -conglycinin 的定量测定方法, 测出豆粕中 β -conglycinin 含量为 6.09%^[5]。Moriyama 等^[17]用 ELISA 方法定量测定大豆或大豆产品中主要贮藏蛋白即 β -conglycinin 的含量: 首先制备针对 β -conglycinin 亚基特定反应的抗体, 样品用硫酸钠缓冲液处理后, 再用磷酸盐缓冲液稀释, 稀释后的样品倾倒入, 涂在 ELISA 平板上, 与免抗 β -conglycinin 抗体与过氧化物酶标记的免抗 IgG 反应, 最后过氧化物酶标记的抗体用比色法测定, 由此可测出大豆及其大豆加工产物中 β -conglycinin 的含量。Setsuko Iwabuchi 等^[21]用免疫法测定大豆蛋白中 Glycinin 和 β -Conglycinin 含量。结果表明: 整个提取的蛋白质(WBE)由 32% glycinin, 23% β -conglycinin 以及 45% 未知成份, 在 pH4.8 酸沉淀组分(APP)由 34% glycinin, 27% β -conglycinin, 39% 未知成份。酸沉淀(APP)蛋白质组成与 WBE 相似。粗 7S 在 pH4.8 沉淀, 由 52% β -conglycinin, 3% glycinin 和 45% 未知成份。然而, 未知成份的含量在 pH 6.4 (粗 11S)沉淀组分由 45% 到 15%。这就表明, 球蛋白组分污染蛋白的含量与酸化有关。用 10% NaCl 和硫酸铵处理能够提

高 glycinin 和 β -conglycinin 含量。污染蛋白的浓度将被浓缩在 0~51% 饱和硫酸铵沉淀组分中。

以上分离方法分离组分不完全,存在交叉成分,需进一步完善,且仅限于实验室分离,难以应用于大规模生产,目前工业上对于大豆分离蛋白技术已取得一定的成效,而对大豆主要抗原蛋白规模化生产技术还比较局限,仅有零星报道,郭顺堂等^[3]根据不同 pH 值和离子强度下蛋白质抽提过程中蛋白质的溶出形态,建立了以 200 kg/次的规模投料,生产出富含 11S、富含 7S 大豆分离蛋白的工厂化生产工艺,为今后工业上大规模提取大豆抗原蛋白组分分离提供技术支持。

3 影响大豆主要抗原蛋白分离的因素

影响大豆主要抗原蛋白分离的因素很多,提取缓冲液的 pH、离子强度、组成成分等条件的选择,应根据欲制备的蛋白质的性质而定^[11,12]。Wolf 等研究了影响 11S 球蛋白的得率和纯度的因素,如抽提率、温度、pH、盐和糖的含量以及还原剂(β -巯基乙醇,2-ME)等^[25]。胡晓苹等^[4]在不同处理方法对分离 7S、11S 中抗原含量的影响中用三种提取液:0.03 mol/L pH8.0 的磷酸盐缓冲液;0.03 mol/L 的氢氧化钠溶液;0.03 mol/L pH8.0 的 Tris-HCl 缓冲液,结果发现 0.03 mol/L pH8.0 的磷酸缓冲溶液作为提取液直接调节 pH 值进行分离,此时分离得到 11S 组分的抗原蛋白含量最少,7S 的 α 亚基占 1.45%,Gly m Bd 30K 占 0.2%,Gly m Bd28K 没有检出,这种 7S、11S 的分离方法对大豆脱敏的同时保持大豆的加工特性具有重大意义。刘春等^[8]为确定提取分离大豆贮藏蛋白 11S 和 7S 两种主要成分的最适方法,采用凯氏定氮和 SDS-PAGE 分析,从浸提液种类、提取液 pH、浸提次数和温度、料液比、Tris-HCl 浓度和还原剂种类等影响提取分离效果的因素着手,对 Nagano 法进一步优化。结果表明,浸提液采用 pH8.5、含 0.01 mol/L 亚硫酸氢钠的 0.03~0.06 mol/L Tris-HCl 缓冲液系统,提取温度 45℃,料液比 1:15,重复浸提两次;分离过程中,在 pH6.4 沉淀离心分离出 11S 组分、调 pH5.5 沉淀离心分离出中间产物后,再调 pH 至 4.8 沉淀离心分离出 7S 组分。优化后的方法与 Nagano 法相比,可显著提高 11S 和 7S 组分的得率、蛋白含量和纯度。陈学玲等^[1]在不同

缓冲液对 Thanh 法总蛋白提取率的影响,认为 Tris-HCl 缓冲液效果好,接着在对 Thanh 法的改进方面,比较了提取时间、料液比、提取温度三因素的影响效果,认为三因素的主次关系为:提取温度>提取时间>液料比,且最佳组合为提取时间 2 h、料液比 1:20,提取温度 25℃。雷继鹏等^[9]研究结果得出 7S 和 11S 球蛋白的分离的最适条件:pH 值范围为 6.2~6.4;Tris-HCl 缓冲液的浓度不超过 0.06M;在 pH 值为 6.4 时,蛋白质浓度的增加(浓度不超过 4%)。但在研究 NaCl 对 7S 和 11S 球蛋白分离的影响时发现,NaCl 浓度的大小在一定程度上(即在蛋白质的浓度,提取液的浓度,pH 大小等一定的条件下)影响 11S 和 7S 的溶解度,因此说 NaCl 对 11S 和 7S 分离的影响较复杂。大豆主要抗原蛋白测定过程影响因素很多,在一定程度上决定了提取的不完全,因此我们在改进方法上首要的问题就是优化实验条件,以获得提取量大,纯度高的 大豆主要抗原蛋白组分。

4 结语

大豆主要抗原蛋白分离方法很多,应用广泛,但仍存在许多不足:①分离过程中影响因素很多,条件不同,提取的效果不一致,到目前为止还没有一个比较成型的实验室定量测定方法;②目前的研究主要集中在对 11S 和 7S 球蛋白的分离,对其他组分分离报道很少;③现今方法主要集中在实验室分离,工业化生产比较局限。因此,从多方面多角度优化实验条件,建立一个提取量大,提取纯度高,重复好,步骤简便的实验室测定方法及进行大规模工业化生产是今后主要的研究方向。

参 考 文 献

- [1] 陈学玲,潘思轶.大豆 11S、7S 球蛋白的功能特性及其与淀粉相互作用研究[D].华中农业大学,2005:1-73.
- [2] 郭林英,周小秋.大豆 β 球蛋白提取物对鲤鱼肠上皮细胞增殖及其功能的影响[D].四川农业大学硕士学位论文,2006.
- [3] 郭顺堂,韩雅君,韦艳姿.富含 11 S 大豆分离蛋白中试规模提取及其在冰淇淋和面制品中的应用[J].大豆科学,2006,25(2):97-102.
- [4] 胡晓苹,薛文通,刘晓毅,等.不同处理方法对分离 7S、11S 中抗原含量的影响[J].食品科学,2006,27(4):96-99.
- [5] 贾振宝,霍贵成.利用外源蛋白酶失活大豆中抗原蛋白的研

- 究[D]. 东北农业大学, 2002; 1—35.
- [6] 金长江. 7S 和 11S 球蛋白分离方法的研究[J]. 农机化研究, 2005, 4: 97—98.
- [7] 李德发. 大豆抗营养因子[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003: 138—348.
- [8] 刘春, 王红玲, 崔竹梅, 等. 大豆籽粒贮藏蛋白 11S 和 7S 组分提取分离方法的优化[J]. 中国油脂, 2006, 31(2): 31—36.
- [9] 雷继鹏, 田少君, 李晓霞. 分离 7S 和 11S 大豆球蛋白简便方法[J]. 粮食与油脂, 2003, 6: 6—7.
- [10] 彭楠, 葛向阳, 梁运祥, 等. 酶联免疫法测定大豆 11S 抗原蛋白[J]. 饲料研究, 2006, (3): 30.
- [11] 陶慰孙, 李惟, 姜涌明. 蛋白质分子基础(第 2 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995: 68—69.
- [12] 陶慰孙, 李惟, 姜涌明. 蛋白质分子基础(第 2 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995: 21—22.
- [13] 王孝英, 张雪旺, 刘汉灵. 7S 和 11S 大豆球蛋白的分离研究[J]. 中国食品添加剂, 2006, 3: 74—77.
- [14] Castimpoolas N. Isolation of α -, β -, and γ -conglycinins[J]. Arch Biochem Biophys., 1969, (129): 409—497.
- [15] Iwabuchi S, Yamuchi F. Detemination of glycinin and β -conglyeinin in soybean proteins by immunological methods[J]. J. Agric. Food Chem, 1987, 35: 200—205.
- [16] Koshiyama I. Chemical and physical properties in soybean globulins[J]. Cereal Chem, 1968, 45: 394—404.
- [17] Moriyama T, M Machidori, S Ozasa, et al. A novel enzyme-linked immunosorbent assay for quantification of soybean beta-conglycinin, a major soybean storage protein, in soybean and soybean food products. Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)[J]. 2005; 51(1): 34—39.
- [18] Nagano T, Hirotsuka M, Mori H. Dynamic viscoelastic study on the gelation of 7S globulin from soybeans[J]. J. Agric. Food Chem, 1992, 40: 941—944.
- [19] Peng I C, Quass D W, Dayton W R, et al. The physicochemical and functional properties of soybean 11S globulin a review[J]. Cereal Chemistry, 1984, 61(6): 480—489.
- [20] Saio K, Watanshe T. Diferenees in functional properties of soybean proteins [J]. Texture Studies, 1978, (9): 1335—1357.
- [21] Setsuko Iwabuchi, Fumio Yamauchi. Determination of Glycinin and β -Conglycinin in soybean proteins by immunological methods[J]. Agric. Food Chem, 1987, 35: 200.
- [22] Staswick PE, Hermodson MA, Nielsen NC. Identification of the acidic and basic subunit complex of glycinin[J]. Biol Chem, 1981, 256: 8752—8755.
- [23] Thanh V H, Shibasaki K. Major proteins of soybean seeds, a straightforward fraction and their characterization[J]. Agric. Food Chem, 1976, 24: 1117—1121.
- [24] Thanh V H, Shibasaki K. Heterogeneity of beta-conglycinin[J]. Biochim. Biophys. Acta, 1976, 469: 326—338.
- [25] Wolf W J. Physical and chemical properties Of soybean proteins[J]. Am Oil Chemist's Soc., 1997, 54(2): 112a—117a.

欢迎订阅 2008 年《麦类作物学报》

《麦类作物学报》是由教育部主管、西北农林科技大学和国家小麦工程技术研究中心联合主办的专业性学术期刊,也是全国唯一的一份麦类作物专刊。主要刊载麦类作物(小麦、大麦、燕麦、黑麦等)遗传育种、生理生化、栽培管理、食品加工、产品贸易等方面有创见性的学术论文、领先水平的科研成果、学术报告、有新意的文献综述以及学术动态等。此外,本刊还将继续开办“著名专家介绍”以及“新成果、新品种、新产品介绍”等宣传性专栏,并继续以优惠价格刊登各类广告。读者对象为国内外农业科技人员、农业院校师生及高级农业技术推广和管理人员。

本刊为“农业科学中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、“中国科技精品期刊”,现已被英国《国际农业与生物技术文摘》数据库(CABI)、美国《化学文摘》数据库(CA)、日本《科学技术》数据库(JST)、《中国科学引文数据库》(核心库)等国内外多家权威性检索系统收录。

本刊为双月刊,单月中旬出版,A4 开本,180 页码。每册定价 20.00 元,全年 120 元,国内刊号:CN61—1359/S,国际刊号:1009—1041。全国各地邮局均可订阅,邮发代号:52—66。漏订者可直接汇款至编辑部补订。国外总发行:北京 中国国际图书贸易总公司,代号:1479B。

联系人:华千勇 电话:(029)87082642

通讯地址:陕西杨凌 渭惠路 3 号《麦类作物学报》编辑部; 邮政编码:712100

E-mail:mlzw@chinajournal.net.cn; mlzwxb@pub.xaonline.com

网 址: <http://mlzw.chinajournal.net.cn>; <http://mlzwxb.periodicals.net.cn>