



黄豆不同处理形态发酵纳豆的品质比较

祁红兵¹, 宋军霞²

(1. 岭南师范学院 生命科学与技术学院, 广东 湛江 524048; 2. 岭南师范学院 物理科学与技术学院, 广东 湛江 524048)

摘要:为比较黄豆不同处理形态发酵纳豆的食用品质。采用市售黄豆的整粒、碎粒和粉末状 3 种形态发酵生产纳豆, 比较分析 3 种不同形态的纳豆成品的感官特征、含水量、有机营养成分指标(蛋白质、脂肪、多糖)。结果表明: 不同处理形态发酵的纳豆在感官评价方面有所差异, 整粒纳豆和碎粒纳豆口感较好, 粘液较多; 有机营养及水分含量各不相同, 其中粉末状纳豆中水分和脂肪含量较高, 口感湿腻; 碎粒状纳豆中蛋白质和粘多糖含量最高, 纳豆制品中菌数最多。碎粒状大豆是纳豆的最佳发酵基质。

关键词:纳豆; 发酵; 不同形态; 测定

Comparison on the Quality of Fermented Soybean in Different Forms on Natto

QI Hong-bing¹, SONG Jun-xia²

(1. Life Sciences and Technology School, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China; 2. Physical Sciences and Technology School, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: In order to compare the quality of fermented soybean in different forms on natto. In this experiment, natto was fermented with the whole, crushed and powder soybean varieties. Sensory evaluation, moisture content, organic nutrients (protein, fat, polysaccharides) were performed on three different soybean fermented natto products. The results showed that there were differences in sensory evaluation of natto fermented by different treatments. The whole natto and broken natto taste better, more mucus; The organic nutrition and moisture content are different, and the content of water and fat in powdered fermented natto was higher than that of the other two, and the taste was wet and greasy. The content of protein and mucopolysaccharide in fermented natto was high, and the number of bacteria in broken natto products was the most. So the best fermentation method is granular fermentation.

Keywords: Natto; Fermentation; Different treatments; Quality comparison

纳豆是一种传统的日本保健食品, 由纳豆芽孢杆菌(*Bacillus natto*)发酵而成, 具有很高的营养价值^[1-3]。纳豆中富含多种有益活性成分, 如纳豆激酶(Nattokinase)具有预防和治疗心脑血管疾病的能力^[4-6], 另外还有如抗肿瘤、降血压、抗菌、提高蛋白质的消化率、抗氧化等功能^[7-12]。成熟的纳豆呈深黄色, 有光泽, 口感松软, 表面粘液明显, 用筷子挑起可以拉起很长的粘液丝状物质, 味道微甜, 闻起来有淡淡氨臭味。

纳豆营养丰富, 其中蛋白质和脂肪含量最高, 其次是功能性糖类^[1]。蛋白质是纳豆中主要的功能营养物质, 其含量高低能在一定程度上反映纳豆激酶的水平变化; 豆类中一般脂肪含量较高, 而低脂的发酵产品更适合现代健康生活; 功能性糖类粘多糖更与很多酶活性相关。因此纳豆中代表性营养成分的含量多少能较好反映出纳豆的食用品质变化。而纳豆芽孢杆菌本身具有调节肠功能、预防

骨质疏松症等功效^[13], 是一种益生菌, 其数量变化对于纳豆功能发挥具有重要影响。

目前研究较多的是不同品种豆类为原料发酵生产纳豆^[14-17], 还未发现不同形态的大豆为原料发酵生产纳豆。传统纳豆的做法是以整颗黄豆为原料发酵, 发酵生产的纳豆豆形完整, 除外表成分被微生物发酵外, 内部并没有被充分利用, 可以预期如果将豆子制成不同大小的颗粒进行发酵, 其内在成分会被纳豆菌发酵得更彻底, 纳豆中纳豆菌数量及各种营养成分都会发生变化。本试验将采用纳豆芽孢杆菌对不同处理形态的大豆进行发酵, 从感官指标及各营养成分等方面比较纳豆食用品质变化。其结果将为保健纳豆的生产应用推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 菌种 纳豆芽孢杆菌, 岭南师范学院生命科

收稿日期: 2018-05-23

基金项目: 国家星火计划(2015GA780051); 产业链协同创新类公共服务平台项目(湛海创2017CB82); 广东省岭南师范学院校内专项项目(2LI311)。

第一作者简介: 祁红兵(1971-), 男, 博士, 副教授, 主要从事食品科学研究。E-mail: qhsjxqxy@126.com。

学与技术学院分离保存。

1.1.2 原料 市售新鲜黄豆,购于湛江市赤坎区信和超市。

1.1.3 设备仪器 电热鼓风干燥箱(WGL-230B),上海沪粤明科学仪器有限公司;生化培养箱(SPX-250B-Z),常州人和仪器厂;电动离心机(80-1),常州市万合仪器制造有限公司。

1.1.4 试剂 所用药品试剂均为分析纯,购自广东省湛江市康百医疗器械有限公司。

1.1.5 培养基配方 纳豆菌活化培养基:蛋白胨5 g、牛肉膏2.5 g、氯化钠2.5 g、加水定容至500 mL、pH 7.0~7.2。

纳豆菌计数固体培养基:牛肉膏2.5 g、蛋白胨5 g、NaCl 2.5 g、水500 mL、琼脂15~20 g、pH 7.0~7.2。

1.2 试验设计

试验分为整粒大豆、碎粒大豆和粉末状大豆进行发酵制备纳豆的3个处理,各处理纳豆通过感官评价、主要营养成分(蛋白质、脂肪和粘多糖)的测定及纳豆芽孢杆菌数量的变化比较不同形态纳豆的食用品质,每组处理3次重复。

1.3 方法

1.3.1 纳豆芽孢杆菌种子液的发酵条件测定 采用平板菌落计数的方法测定纳豆芽孢杆菌的生长曲线,确定合适的种子液生产条件^[14]。

1.3.2 黄豆的预处理 挑出粒大、饱满的黄豆,用水浸泡24 h直至黄豆发软。浸泡后的大豆分成3组,第1组不作处理,第2组用水果刀将黄豆切成碎片状,第3组用豆浆机打碎呈粉末状。

1.3.3 纳豆制备方法 试验中纳豆制作工艺参考文献^[14]中纳豆的最佳制备方法,即35℃下发酵24 h,然后后熟24 h即为纳豆成品。

1.3.4 纳豆感官检测方法 每种纳豆成品经由岭南师范学院微生物实验组部分老师和学生进行包括拉丝长度、口感、纳豆颜色、气味以及粘液多少的检测。其中拉丝长度的测定方法^[18]为:将纳豆搅拌均匀,用筷子或玻璃棒从中间垂直向上挑起,直至拉丝拉断为止,用尺子测量拉断前的拉丝长度,并

记录数据。对于颜色、气味、粘液等则通过视觉、嗅觉等感觉器官进行测定。

1.3.5 主要营养成分的测定 考马斯亮蓝法测定纳豆蛋白质含量;干热锅干燥法测定纳豆水分含量;索氏提取法测定脂肪含量;粘多糖含量的测定方法参照文献^[14]。

1.3.6 纳豆芽孢杆菌活菌数的测定 稀释倒平板计数法对3种纳豆成品进行活菌计数^[14]。

1.4 数据分析

试验数据均为3个平行样的均值,采用Excel 2007处理数据、绘图并进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 菌种生长曲线的测定

由图1可以看出,菌体生长分为4个时期,在0~6 h内菌体处于生长延滞期,菌数增长极为缓慢;6~16 h菌数呈线性增加,此时处于生长指数期;16~18 h菌数平稳,转入生长稳定期;18 h之后,菌数明显下降,菌体进入生长的衰亡期。故试验接种菌龄选择在生长最为活跃繁殖能力强的对数生长期,即培养16 h的菌液。

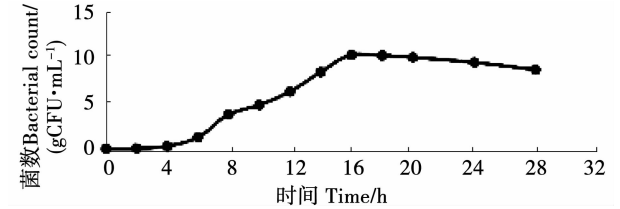


图1 纳豆芽孢杆菌的生长曲线测定
Fig. 1 Growth curve determination of *Bacillus natto*

2.2 各种形态发酵成品纳豆感官检测结果

由表1可知,在纳豆颜色方面,整粒和碎粒纳豆颜色较深,粉末状纳豆颜色较淡;气味方面,3种纳豆均有特征性的纳豆气味,无异常味道,其中碎粒发酵的纳豆香味最浓,整粒发酵的纳豆香味较浓,而粉末状发酵的香味较淡并有淡淡氨臭味;3种纳豆表面都有白色或乳白色粘液,而碎粒发酵的粘液最多,整粒次之,粉末状的较少。

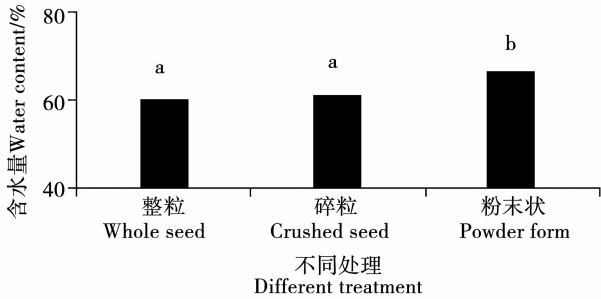
表1 纳豆感官指标评价

Table 1 The natto sensory evaluation results

项目 Item	口感 Taste	颜色 Color	气味 Smell	粘液颜色与量多少 The color and amount of mucus	拉丝长度/cm Stringiness
整粒	酥软湿润	金黄,有白膜	香味较浓	乳白色,搅拌后较多	8.3
碎粒	软糯湿润	深黄,有白膜	香味浓郁	乳白色,量较多	8.9
粉状	松软湿腻	浅黄,白膜较少	香味较淡	白色,量较少	5.5

2.3 纳豆营养成分测定

2.3.1 水分含量 不种形态发酵的纳豆中含水量如图2所示:其中粉末状发酵的纳豆(66.4%)含水量最高,其次是碎粒(61.0%),最低的为整粒(60.1%)。由于纳豆的含水量与豆子本身的质量以及制作方法有关,那么在豆子本身的质量相同的情况下,纳豆含水量的高低由制作方法决定。碎粒、整粒发酵的纳豆水分含量基本相当,而粉末状发酵的纳豆含水量则较高,口感较为湿腻,不如前两种纳豆制品。



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。
Different lowercase indicate significant difference ($P < 0.05$).
The same as below.

图2 不同形态发酵纳豆含水量
Fig. 2 Different fermentation form natto moisture content

2.3.2 粘多糖含量 3种纳豆粘多糖含量从多到少排序为:碎粒大豆(7.54%) > 整粒大豆(7.22%) > 粉末状大豆(5.20%)。粘多糖是纳豆保健功能的体现点之一,试验中粉末状大豆的粘多糖含量值最低,只有5.20%,其发酵效果较差,故营养保健价值不及前两种纳豆。

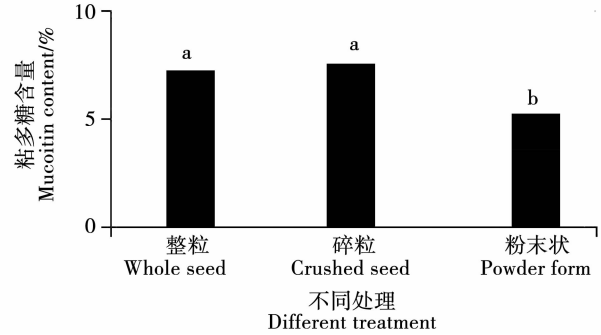


图3 不同形态发酵纳豆粘多糖含量
Fig. 3 Different fermentation form natto mucoitin content

2.3.3 蛋白质含量 大豆中蛋白质含量丰富,用大豆制备的纳豆其蛋白质等营养物质几乎与牛肉相当,堪称植物中的肉类。如图4所示,3种纳豆蛋白质含量从多到少排序为:碎粒大豆(19.89%) > 整粒大豆(17.00%) > 粉末状大豆(15.20%),碎粒纳豆制品蛋白质含量更高。

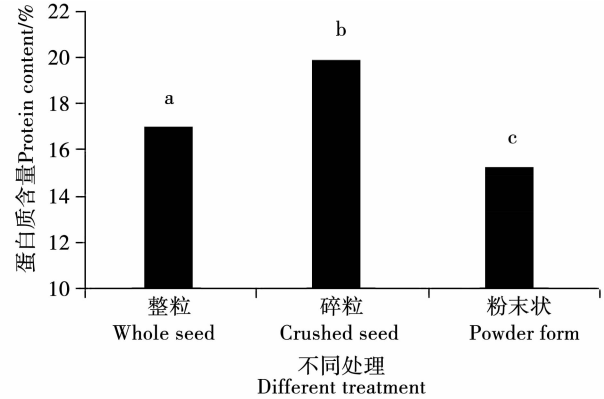


图4 不同形态发酵纳豆蛋白质含量
Fig. 4 Different fermentation form natto protein content

2.3.4 脂肪含量 各种形态发酵的纳豆脂肪含量如图5所示,脂肪含量最高的是粉末状纳豆,为10.32%;整粒纳豆次之,为8.40%;脂肪含量最少的是碎粒纳豆,为7.45%。在当前推崇低脂食品的环境下,脂肪较少的纳豆产品将更有保健价值和市场前景。

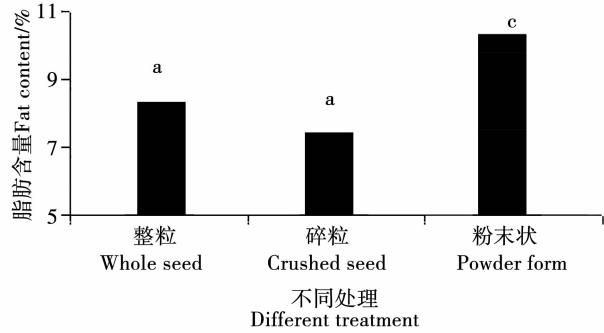


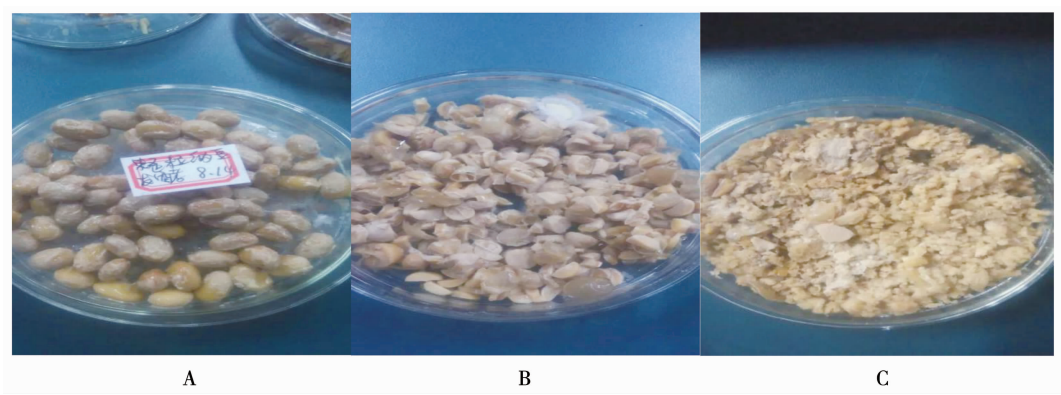
图5 不同形态发酵纳豆脂肪含量
Fig. 5 Different fermentation form natto fat content

2.4 不同豆类发酵结果比较

由图6可知,3种纳豆发酵效果均较好,没有出现水分过少、不发酵、无粘液等严重的质量问题。其中整粒大豆和碎粒大豆这两种处理豆子发酵效果较好,尤其是碎粒纳豆制品拉丝更长更多,含粘多糖等营养物质更多,色泽均匀有光泽,感官评价最好,更接近中国人传统饮食习惯,可用于佐餐食用或制备调味酱料等。所以碎粒大豆比整粒大豆和粉末状大豆更适合制备纳豆。

2.5 纳豆中纳豆芽孢杆菌活菌数的测定

分别准确称取5.00 g不同纳豆制品,用适量生理盐水研磨成浆状物,稀释后平板菌落计数法进行计数。结果如下:整粒纳豆中活菌数为 1.28×10^6 cfu·g⁻¹;碎粒纳豆中活菌数最高达到 2.55×10^7 cfu·g⁻¹;粉末状纳豆中活菌数为 7.61×10^4 cfu·g⁻¹。



A:整颗纳豆制品;B:碎粒纳豆制品;C:粉末状纳豆制品。
A:Natto product of whole seed fermented;B:Natto product of crushed soybean fermented;C:Natto sample of power soybean fermented.

图6 3种形态的纳豆成品
Fig.6 Three species of natto samples

3 讨论

21 世纪人们追求健康生活,保健食品日益受到人们的欢迎。纳豆作为其中的一员也广受关注,市场上有许多不同口味和材料制成的纳豆商品供不同人群选择。也有很多纳豆的相关研究,但大多是针对纳豆制备工艺进行改进从而改善纳豆口味的,比如改变原料或者添加相应调味料等。本研究结果表明碎粒大豆发酵制作的纳豆在气味、口感及营养成分上优于整粒大豆和粉末状大豆酿造的纳豆,但目前未发现其它不同形态的大豆发酵的纳豆成品出售,分析其原因可能有以下 2 方面:首先纳豆是日本的传统食品,日本人主食为大米,大米粒状完整,常吃不厌。纳豆也是粒状,所以传统纳豆都是完整粒状的,这一点也与中国人相似,喜欢完整纳豆的形状和口感;其次发酵前将黄豆加工成粒状会增加成本等。但从健康角度考虑,碎粒大豆发酵的纳豆有益菌群数量较多且具有高蛋白、高粘多糖、低脂肪的营养特性,因此选择碎粒大豆发酵方式发酵纳豆能获得较高的营养价值。

4 结论

试验通过整粒、碎粒、粉末状 3 种大豆形态发酵生产纳豆,感官方面,3 种纳豆颜色深黄或淡黄色且表面附有白膜;纳豆表面有较多的白色或乳白色黏液,其中整粒和碎粒发酵的纳豆,粘液较多,尤其是后者粘液所形成的拉丝用筷子挑起时能拉起的长度更长。气味方面,发酵纳豆除所特有的或浓或淡的香味外,没发现有其它异味,但碎粒纳豆气味更好。在各项测定营养指标方面显示:蛋白质含量和粘多糖含量上碎粒发酵纳豆较占优势,营养较为丰富;粉末状发酵的纳豆水分和脂肪含量较多,且口

感较差。碎粒纳豆中益生菌纳豆芽孢杆菌的数量也最多。综合各项指标,粉末状大豆发酵为纳豆的最佳发酵方式。

参考文献

[1] 毕宇. 纳豆的营养价值与发酵工艺[J]. 农村经济与科技, 2013,24(10):199-120. (Bi Y. Natto nutritional value and the fermentation process[J]. Rural Economy and Science-Technology,2013,24(10):199-120.)
[2] Suzuki Y,Kondo K,Ichise H,et al. Dietary supplementation with fermented soybeans suppresses intimal thickening [J]. Nutrition, 2003,19(3) : 261-264.
[3] 马毓霞,王勇,黄威,等. 纳豆开发前景广阔[J]. 农产品加工, 2004(11):37-38. (Ma L X,Wang Y,Huang W,et al. Natto development prospect[J]. Farm Products Processing,2004(11):37-38.)
[4] 高泽鑫,何腊平,刘亚兵,等. 纳豆激酶的研究进展与展望[J]. 中国酿造, 2017,38(8):11-15. (Gao Z X,He L P,Liu Y B,et al. Research progress and prospect of nattokinase[J]. China Brewing, 2017,38(08):11-15.)
[5] 谢嵩,于宗琴,刘秀菊. 纳豆激酶的制备及其降血脂功效研究[J]. 中国生化药物杂志, 2015, 35(1):17-21. (Xie S,Yu Z Q,Liu X J. Preparation of nattokinase and study on its hypolipidemic effect[J]. Chinese Journal of Biochemical Pharmaceutics, 2015, 35(1):17-21.)
[6] 孙江伟,王莹莹,李琳,等. 纳豆激酶药理作用研究进展[J]. 中国现代医药杂志, 2011, 13(9):131-133. (Sun J W,Wang Y Y,Li L,et al. Advances in the research of Nattokinase and its pharmacological effects [J]. Modern Medicine Journal of China, 2011, 13(9):131-133.)
[7] 曹靖文. 纳豆菌糖肽对小鼠巨噬细胞的免疫调节作用及相关机理的研究[D]. 南昌:江西农业大学,2015. (Cao J W. The study of immunomodulatory effect and its mechanism of bafillus natto glycopeptide in murine macrophages [D]. Nanjing: Jiangxi Agricultural University,2015.)
[8] 彭亮,覃光球. 纳豆的特异性保健功效因子研究进展[J]. 中

- 国食物与营养, 2013, 19(10):65-69. (Peng L, Tan G Q. Research progress in specific components of natto[J]. Food and Nutrition in China, 2013, 19(10):65-69.)
- [9] 蒲月华, 孙力军, 王雅玲, 等. 纳豆菌抗菌肽对对虾中单核细胞增生李斯特菌的抑菌效应[J]. 食品工业科技, 2013, 34(13):94-98. (Pu Y H, Sun L J, Wang Y L, et al. Inhibitory activity of a novel antibacterial peptide AMPNT-6 from *Bacillus subtilis* against *Listeria monocytogenes* in shrimp[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(13):94-98.)
- [10] 刘郭飞. 中国与日本大豆及大豆制品中六种异黄酮的对比分析[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2013. (Liu G F. Comparative analysis of six isoflavones in soybean and soybean products from China and Japan [D]. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology, 2013.)
- [11] 王素英, 田立丹, 沈亚薇, 等. 纳豆菌的分离、鉴定及产蛋白酶液态发酵条件的优化[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(6):74-77. (Wang S Y, Tian L D, Shen Y W, et al. Isolation and identification of *Bacillus natto* and optimization of liquid fermentation conditions for protease production [J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(6):74-77.)
- [12] 杨敏. 纳豆激酶粗提液抗血栓降血脂及抗氧化作用的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013. (Yang M. Effect of nattokinase extraction on anti-thrombotic hypolipidemic and antioxidative function[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.)
- [13] 王旭冰 姜永江. 纳豆芽孢杆菌的开发与利用[J]. 中国调味品, 2010, 35(4):28-31. (Wang X B, Lou Y J. Development and application advances of *Bacillus natto* [J]. China Condiment, 2010, 35(4):28-31.)
- [14] 宋军霞. 常见豆类制备纳豆的品质比较[J]. 大豆科学, 2017, 36(2):319-324. (Song J X. Quality comparison of natto made from common beans [J]. Soybean Science, 2017, 36(2):319-324.)
- [15] 李宏梁 赵倩楠. 芸豆纳豆发酵工艺条件的研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2014. (Li H L, Zhao Q N. Study on the fermentation conditions of kidney bean natto[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science & Technology, 2014.)
- [16] 卓晓沁. 鹰嘴豆纳豆发酵菌种诱变及发酵条件优化[D]. 杭州: 浙江大学, 2018. (Zhuo X Q. The strain mutagenesis and optimization of chickpea natto fermentation [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.)
- [17] 赵倩楠. 四种豆子纳豆发酵工艺条件的研究及产品开发[D]. 西安: 陕西科技大学, 2014. (Zhao Q N. Fermentation conditions for four kinds of beans and natto and product development [D]. Xi'an: Shaanxi University of Science & Technology, 2014.)
- [18] 王莉, 金学年, 金成哲, 等. 纳豆发酵过程中纳豆激酶及活性物质的变化[J]. 大连工业大学学报, 2008, 27(1):5-9. (Wang L, Jin X N, Jin C Z, et al. Changes of nattokinase and active substances in natto fermentation process [J]. Journal of Dalian Polytechnic University, 2008, 27(1):5-9.)

欢迎订阅 2019 年《作物学报》中、英文版

《作物学报》是中国科学技术协会主管、中国作物学会和中国农业科学院作物科学研究所共同主办、科学出版社出版的有关作物科学的学术期刊。前身可追溯到 1919 年创办的《中华农学会丛刊》。主要刊载农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、种质资源以及与作物生产有关的生物技术、生物数学等学科基础理论或实践应用性的原始研究论文、专题评述和研究简报等。《作物学报》是我国作物科学研究领域的领衔期刊, 长期以来形成了稳定的学术选题和报道方向, 发表的论文代表了我国作物科学研究的最高水平, 是我国几代农业科技工作者辛勤培育的一块重要学术园地。《作物学报》从 2001 年起连续 16 年被中国科技信息研究所授予“百种中国杰出学术期刊”称号。2013 年和 2015 年被国家新闻出版广电总局评为“百强科技期刊”, 2011 年和 2017 年获“第二届中国出版政府奖期刊奖提名奖”。据北京大学图书馆编著的《中文核心期刊要目总览》(2004、2008、2011 和 2014 年版) 登载, 《作物学报》被列入“农学、农作物类核心期刊表”的首位。《作物学报》为月刊, 每期 160 页, 定价 60 元/册, 全年 720 元。可通过全国各地邮局订阅, 刊号: ISSN 0496-3490, CN 11-1809/S, 邮发代号: 82-336。也可向编辑部直接订购。网址: <http://zwxb.chinacrops.org/>; E-mail: zwxb301@caas.cn。

The Crop Journal (《作物学报》英文版) 是中国科协主管, 中国作物学会、中国农业科学院作物科学研究所和中国科技出版传媒股份有限公司共同主办的学术期刊。创刊于 2013 年 10 月。主要刊登农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、生态、种质资源以及与农作物有关的生物技术、生物数学、农业气象等领域以第一手资料撰写的研究论文、研究简报以及专题综述等。2016 年被中国科学技术信息研究所评选为“中国科技核心期刊”, 2016 年和 2017 年被中国知网评选为“中国最具国际影响力学术期刊”。目前收录 *The Crop Journal* 的国内、外数据库有: SCI 数据库(2017 年影响因子为 2.658, 在农学和植物学两个学科位于 Q1 区)、Scopus 数据库、DOAJ、美国化学文摘、英国国际农业与生物科学研究中心文摘、英国食品科学与技术文摘、联合国粮农组织的 AGRIS 数据库、中国科学引文数据库(CSCD)、中国知网等。*The Crop Journal* 与 KeAi 合作, 在 ScienceDirect 网络出版平台实现全文开放获取(Open Access)和在线预出版(Online first)。*The Crop Journal* 为双月刊, 每期 100 页, 定价 60 元/册, 全年 360 元。可通过全国各地邮局订阅, 刊号: CN 10-1112/S, ISSN 2095-5421, 2214-5141 (Online), 邮发代号: 80-668。也可向编辑部直接订购。在线出版网址: <https://www.sciencedirect.com/journal/the-crop-journal/>, E-mail: cropjournal@caas.cn

地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号, 中国农业科学院作物科学研究所《作物学报》编辑部(邮编 100081)

电话: 010-82108548; 010-82105793