

[文章编号]1000-2782(2000)04-0021-07

板栗淀粉特性研究

TS232

李志西, 张莉, 李巨秀

TS235.4

(西北农林科技大学 食品科学系, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 以陕西镇安县的大红栗为原料, 对板栗淀粉的颗粒性质和淀粉糊粘度性质进行了测定, 并对板栗淀粉糊的流变性质进行了研究。结果表明, 板栗淀粉粒的颗粒形状多样, 大小为 1~20 μm , 偏光十字位于淀粉粒中央, 板栗淀粉的结晶结构属于 C 型; 板栗淀粉糊是假塑性流体。温度对板栗淀粉糊流变性有一定的影响, 随着温度的升高, 剪切应力下降。蔗糖、食盐及明矾的存在使淀粉糊的黏度曲线发生了不同形式的变化。

[关键词] 板栗; 淀粉; 流变性; 淀粉糊粘度; 淀粉特性; 颗粒性质; 流变性质
[中图分类号] S664.2 **[文献标识码]** A

板栗是一种营养价值和药用价值都很高的干果, 具有极大的开发潜力^[1]。淀粉是板栗的主要成分, 含量达 400~600 g/kg, 板栗淀粉特性对板栗加工制品的品质及加工工艺有很重要的影响。目前, 有关板栗淀粉特性及其与加工品质关系的报道较少^[2~7], 对板栗淀粉在加工过程中的各种变化规律及其对产品品质的影响缺乏深入了解, 致使板栗在深加工过程中的一些关键性技术问题无法解决, 质量也受到一定的影响, 在一定程度上限制了板栗资源的开发利用。本研究对板栗的淀粉颗粒性质、流变性质、淀粉糊粘度性质等进行了分析和测定, 为板栗资源的开发利用和新产品研制提供了理论依据。

1 材料与方方法

1.1 试验材料

板栗淀粉以陕西镇安县大红栗为原料, 采用水提取法在实验室制备。

1.2 试验方法

1.2.1 淀粉颗粒的形貌观察^[8] 用体积比为 1:1 的甘油和水混合液作溶剂, 制备适宜浓度的淀粉乳, 用日本 Olympus VANOX BHS-2 型多功能显微镜观察淀粉颗粒的形态。将仪器转至偏光档, 观察淀粉颗粒的偏光十字。

1.2.2 糊化温度的测定 采用偏光十字消失法^[9,10]。将 10 g/kg 的淀粉悬浮液滴于载玻片上, 盖上盖玻片, 置于 X₄ 型显微熔点测定仪的加热台中央, 调节光路系统至观察清晰后, 以 1.5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度程序升温; 分别记录视野内淀粉粒偏光十字开始消失和完全消失时的温度。重复测定 3 次。

1.2.3 淀粉颗粒晶体结构测定 仪器: Rigaku D/max- II A 型 X-射线衍射仪(日本), 采

[收稿日期] 1999-10-12

[基金项目] 林业部重点研究项目(97 板栗加工技术)

[作者简介] 李志西(1958-), 男, 副教授, 硕士。

用粉末法^[11]。分析条件:特征射线 CuK α 、石墨单色器,管压 40 kV,电流 30 mA,步宽 0.02°,预置时间 0.1 s,发射及防散射狭缝 1°,接收狭缝 0.3 mm。

1.2.4 布拉本德粘度曲线 仪器:E-Brabender 连续粘度计(德国),采用 Mazurs 法^[12]。按试验要求制备 60 g/kg 淀粉乳 460 g,加热到 35 ℃后,以 1.5 ℃/min 的速度程序升温至 95 ℃,保温 45 min 后,再以 1.5 ℃/min 的速度冷却到 50 ℃,保温 45 min。测量盒扭矩为 0.07 N·m,转速 75 r/min。曲线上的粘度单位为 BU。在布拉本德(Brabender)粘度曲线上选取以下 7 个特征点,研究淀粉糊粘度性质。①起糊温度(GT):粘度开始上升时的温度;②峰值温度(PT):在升温期间淀粉糊粘度达到最高值时的温度;③峰值粘度(PK):在升温 and 保温期间淀粉糊的最高粘度值;④A:升温到 95 ℃时淀粉糊的粘度值;⑤B:95 ℃保温 45 min 后淀粉糊的粘度值;⑥C:冷却到 50 ℃时淀粉糊的粘度值;⑦D:50 ℃保温 45 min 后淀粉糊的粘度值。

1.2.5 淀粉糊的流变性测定^[13] 仪器:DV-I BROOKFIELD 旋转粘度计(德国)。制备 30 g/kg 的淀粉糊,在不同温度下,用旋转粘度计分别测定淀粉糊的剪切应力,确定温度对淀粉糊流变性的影响。将 30 g/kg 淀粉糊以 1 800 r/min 的剪切速度剪切不同的时间后,测定其表观粘度,了解板栗淀粉糊的剪切稳定性。

2 结果与分析

2.1 淀粉颗粒光学形貌观察

由试验结果可见,板栗淀粉颗粒较完整,没有裂缝。颗粒形状复杂多样,有荞麦籽形、球形、纺锤形、石榴籽形、椭圆形、梨形等多种形状。板栗淀粉颗粒的大小差异也较大。采用定向最大径测量方法测得其颗粒大小为 1~20 μm 。从偏光镜观察结果可以看出,板栗淀粉颗粒具有清晰可见的偏光十字,脐点位于板栗淀粉颗粒中央,偏光十字呈“X”形。

2.2 糊化温度测定

用偏光十字消失法测定板栗淀粉颗粒糊化温度的结果表明,板栗淀粉颗粒的糊化温度为 55.5~63.5 ℃,明显低于玉米淀粉的糊化温度(63.5~71.5 ℃),与木薯淀粉的糊化温度相近(57~67.5 ℃)。从板栗淀粉的糊化温度可以看出,板栗淀粉颗粒中的部分结晶结构在较低温度下可被破坏。

2.3 淀粉颗粒的晶体结构分析

从图 1 可见,板栗淀粉颗粒的 X-射线衍射图与玉米淀粉颗粒的 X-射线衍射图(A 型)^[14]差异很大,与马铃薯淀粉颗粒的 X-射线衍射图(B 型)^[14]相比,有较大的相似程度,但衍射角在 20°~28°时有明显差异,特别是在 23.05°处多了一个 3.855 的衍射峰,可见板栗淀粉颗粒的结晶结构既不属于 A 型,也不属于 B 型。研究发现,板栗淀粉颗粒的结晶结构虽与 B 型有较大的相似度,但实际应归属于 C 型。

2.4 板栗淀粉糊粘度曲线分析

2.4.1 板栗淀粉糊粘度曲线分析 以玉米淀粉和木薯淀粉为对照,测定板栗淀粉糊的粘度曲线,结果见图 2。由图 2 可以看出,在相同条件下,板栗淀粉、玉米淀粉、木薯淀粉的淀粉糊粘度曲线变化趋势大致相同,属于同一类型粘度曲线,但曲线上各点粘度值均不相同。板栗淀粉的起糊温度为 67.6 ℃,表明在加热过程中,板栗淀粉颗粒的晶体结构在较低

温度(67.6 °C)即可发生变化,但晶体结构的完全破坏则需在较高温度(90.5 °C)下才能完成。板栗淀粉糊的峰值粘度值与A点粘度值的差(16 BU)远低于玉米淀粉(63 BU)和木薯淀粉(445 BU),说明板栗淀粉不易完全糊化。从图2还可以看出,板栗淀粉糊的热稳定性劣于玉米淀粉糊,但比木薯淀粉糊强;板栗淀粉糊的冷稳定性不如玉米淀粉糊和木薯淀粉糊,凝沉性强于玉米淀粉糊和木薯淀粉糊。

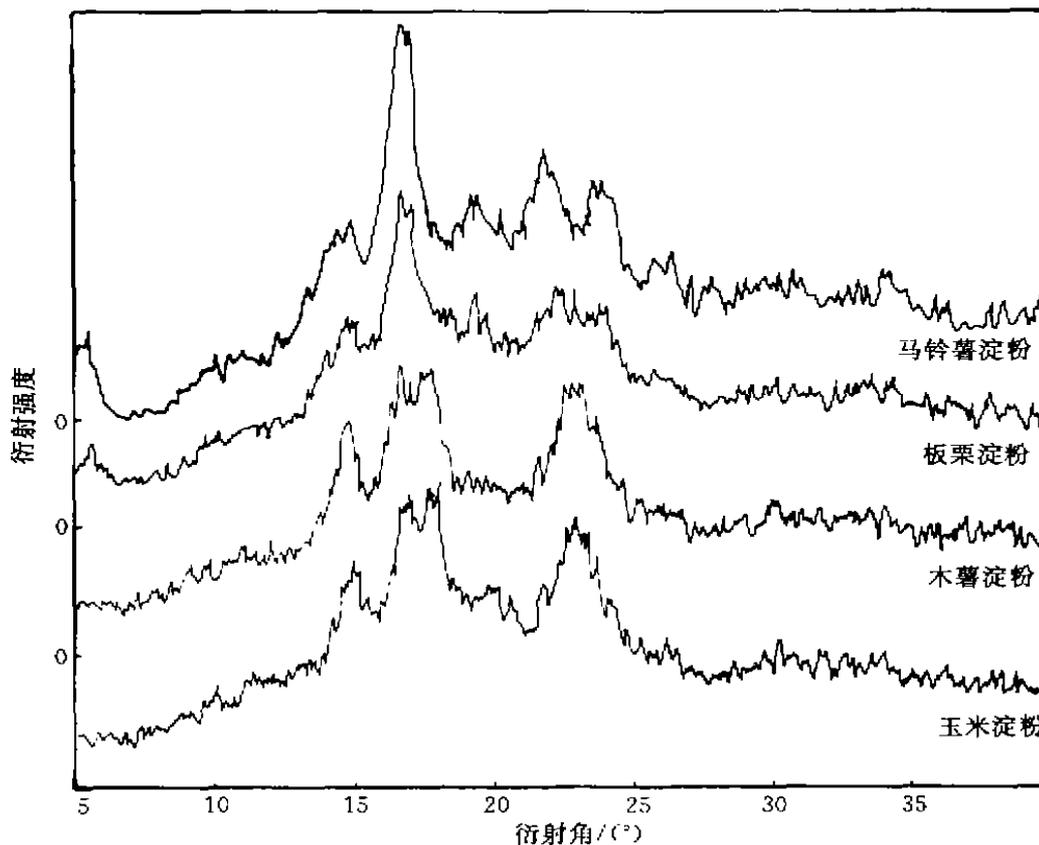


图1 板栗淀粉晶体结构分析

2.4.2 蔗糖对板栗淀粉糊粘度性质的影响 根据食品中的一般用糖量,在板栗淀粉乳中分别添加80,160 g/kg的蔗糖,测得的粘度曲线和特征值见图3。由图3可见,蔗糖的存在使粘度曲线上移,但曲线类型并未改变。淀粉的糊化温度基本无变化,淀粉糊的冷粘度稳定性、热粘度稳定性均降低,凝沉性增强。引起上述变化的原因是蔗糖分子中有多个羟基,易溶于水,使淀粉乳中的淀粉颗粒吸水膨胀的机会减少,颗粒膨胀受到阻碍。另外,蔗糖可使水中各种成分的活动性减弱,导致水和体系中其他成分的相互作用减小,致使粘度曲线发生改变。随着蔗糖用量的增加,体系对淀粉颗粒膨胀和糊化的抑制作用增强,曲线变化幅度增大。

2.4.3 食盐对板栗淀粉糊粘度性质的影响 在60 g/kg的板栗淀粉乳中分别加入40,80 g/kg的食盐后,进行糊化曲线的测定,结果见图4。测定结果表明,食盐的存在使淀粉的

糊化温度升高,热稳定性降低,冷稳定性增强,凝沉性减弱,各特征点的粘度值发生了不同程度的变化。导致变化的原因是食盐是一种强电解质,在水中可全部解离为 Cl^- 和 Na^+ ,这两种离子的存在会影响体系中的水分子和淀粉分子之间的相互作用,阻碍淀粉的糊化过程。食盐含量越大,淀粉越难糊化。此外,食盐中的 Na^+ 还可以与淀粉颗粒中的羟基发生作用,导致淀粉糊化性质的变化。加入食盐可以有效的改善板栗淀粉的老化性能。

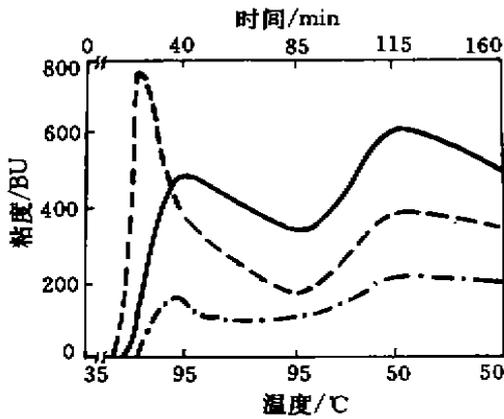


图 2 板栗淀粉糊粘度曲线图
— 板栗淀粉; --- 木薯淀粉; - · - 玉米淀粉

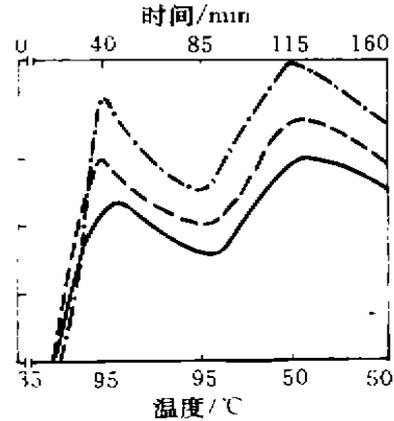


图 3 蔗糖对板栗淀粉糊粘度性质的影响
— 板栗淀粉; --- 加 80 g/kg 糖; - · - 加 160 g/kg 糖

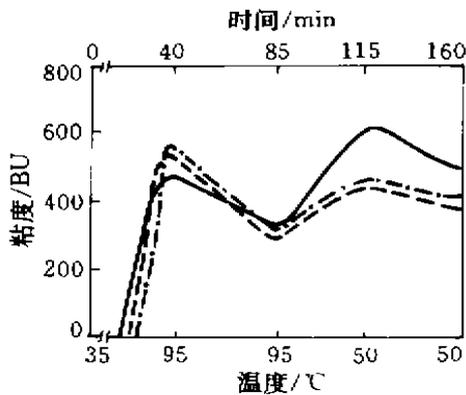


图 4 食盐对板栗淀粉糊粘度性质的影响
— 板栗淀粉; --- 加 40 g/kg 食盐; - · - 加 80 g/kg 食盐

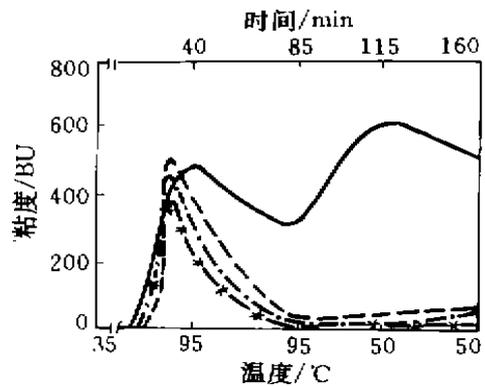


图 5 明矾对板栗淀粉糊粘度性质的影响
— 板栗淀粉; --- 加 1.25 g/kg 明矾;
- · - 加 2.5 g/kg 明矾; - - - 加 5 g/kg 明矾

2.4.4 明矾对板栗淀粉糊粘度性质的影响 1.25, 2.5, 5 g/kg 的明矾对 60 g/kg 板栗淀粉糊粘度性质的影响如图 5 所示。从图 5 可以看出,加入明矾后淀粉的糊化温度升高,峰值温度和各特征点粘度值随明矾含量的增大而降低。图 5 表明,明矾的存在使曲线形状发生变化,表明板栗淀粉糊粘度性质发生了显著的变化,在保温及降温过程中粘度急剧下

降,板栗淀粉糊的热粘度稳定性极差。其变化原因是明矾在水中可发生水解作用生成氢氧化铝,并可与淀粉分子发生吸附作用,使之吸附在淀粉分子表面,阻碍淀粉颗粒与水分子的作用,破坏了淀粉糊的均一稳定状态,从而导致板栗淀粉糊粘度性质发生了明显变化。

2.5 板栗淀粉糊的流变性

2.5.1 温度对淀粉糊流变性的影响 温度在食品加工中是最常见的工艺参数之一,因此了解温度对板栗淀粉糊流变曲线的影响具有重要的意义。图6是在25~75℃条件下得到的剪切应力与剪切速率的关系曲线图。从图6可以看出,在不同温度下得到的剪切应力与剪切速率的关系曲线凸向应力轴。在同一温度条件下,淀粉糊的剪切应力随剪切速率的增加而增大;在同一剪切速率下,剪切应力则随温度的上升而降低,表明在一定温度范围内,板栗淀粉糊表现出假塑性流体特征。对图6中的曲线用模型 $Y=aX^b$ (Y 表示剪切应力, X 表示剪切速率)^[15]进行回归拟合,结果如表1所示。统计分析结果表明,75℃时方程达显著水平,25~65℃的方程均达极显著水平。在实际生产过程中,可参照表1中的参数所描述的曲线变化规律,根据产品的实际要求,选择理想的温度条件。

表1 板栗淀粉糊在不同温度时的流变性分析结果

温度/℃	a	b	显著性	温度/℃	a	b	显著性
75	2.253	0.079	*	45	1.471	0.396	**
65	1.200	0.386	**	35	1.720	0.393	**
55	1.393	0.380	**	25	2.021	0.401	**

注: *表示达显著水平($\alpha=0.05$), **表示达极显著水平($\alpha=0.01$)。

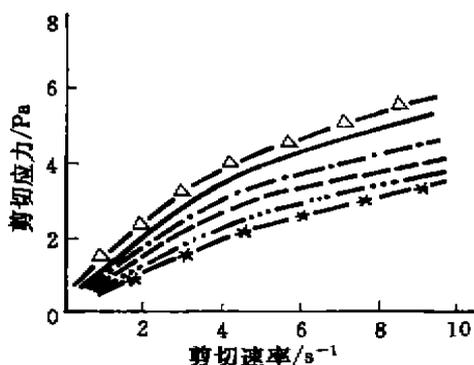


图6 温度对板栗淀粉糊流变性的影响

—△— 25℃; — 35℃; --- 45℃;
- · - 55℃; - · · - 65℃; - * - 75℃

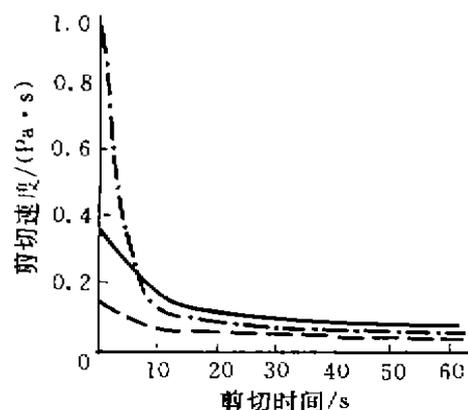


图7 板栗淀粉糊的剪切稳定性

— 板栗淀粉; - - 玉米淀粉; - · - 木薯淀粉

2.5.2 板栗淀粉糊的剪切稳定性 由图7可以看出,表观粘度随剪切速率的增大而减小,这一测定结果从剪切稳定性的角度证明淀粉糊属于剪切稀化体系^[15]。剪切初始阶段,淀粉糊的表观粘度变化较大,剪切10s时,淀粉糊的表观粘度与初始粘度的差值分别为0.199,0.080和0.843 Pa·s,随着剪切时间的延长,淀粉糊的表观粘度逐渐趋于恒定。淀粉在成糊过程中,由于淀粉颗粒的膨胀、溶解、水合等作用使淀粉分子链在淀粉糊中呈充

分舒展状态。施加剪切力后,剧烈的剪切作用使某些淀粉分子链断裂,淀粉分子聚合度减小,同时减弱了淀粉颗粒间的相互作用,造成淀粉糊粘度下降。经过一段时间的剪切后,淀粉分子链大部分变短,继续剪切的效果变得不明显,淀粉糊粘度变化幅度较小。可以看出,板栗淀粉糊的抗剪切能力居于木薯淀粉糊和玉米淀粉糊之间。

3 结 论

1) 光学形貌观察结果表明,板栗淀粉颗粒形状复杂多样,大小为 1~20 μm ,具有明显的“X”形偏光十字,糊化温度为 55.5~63.5 $^{\circ}\text{C}$,板栗淀粉颗粒的晶体结构属于 C 型,其 X-光衍射图与 B 型有较大的相似程度。

2) 板栗淀粉糊粘度性质受其他物质存在的影响很大,蔗糖的存在使粘度曲线上移,但曲线类型并未改变;淀粉的糊化温度基本无变化,淀粉糊的冷粘度稳定性、热粘度稳定性均降低,凝沉性增强。食盐的存在使淀粉的糊化温度升高,热粘度值升高,冷粘度值降低;热稳定性降低,冷稳定性增强,凝沉性减弱。明矾的存在使板栗淀粉糊的粘度性质发生了显著的变化,在保温及降温过程中粘度急剧下降,最终失去粘性,板栗淀粉糊的热稳定性变的极差。

3) 板栗淀粉糊流变性研究结果表明,板栗淀粉糊属于非牛顿假塑性流体,剪切稳定性不好,易发生剪切稀化现象。温度对板栗淀粉糊的流变性有影响,温度升高时,剪切应力下降。

[参考文献]

- [1] 齐 敏,岳崇峰.板栗的药用价值及开发利用[J].中国林副特产,1997,(3):51~52.
- [2] Kim. Physicochemical and textural properties of chestnut starches[J]. Journal of the Korean Society of Food and Nutrition, 1995, 24(4): 601~605.
- [3] Park, Kim, Choo. Effect of heat-moisture treatments on physicochemical properties of chestnut starch[J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 1986, 18(6): 437~442.
- [4] Park, Kim. Rheological properties of gelatinized chestnut starch solution [J]. Korean Journal of Food and Nutrition, 1984, 16(3): 314~318.
- [5] Park, Kim. Physicochemical properties of chestnut starch [J]. Journal of the Korean Agricultural Chemical Society, 1982, 25(4): 218~223.
- [6] Choo. Effects of molecular structural changes of chestnut starch on starch and its gels properties [J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 1995, 27(6): 1017~1027.
- [7] Takada. Structure and properties of chestnut starch [J]. Denpun Kagaku J Jap Soc Starch Sci, 1987, 34(1): 31~37.
- [8] Macmasters. Microscopic techniques for determining starch granule properties [J]. Method in Carbohydrate Chemistry, 1964, 5: 233.
- [9] Schoch T J. Microscopic examination of modified starches [J]. Anal Chem, 1956, 28: 382.
- [10] Watson S A. Determination of starch gelatinization temperature [J]. Method in Carbohydrate Chemistry, 1964, 5: 240.
- [11] Zobel H F. X-ray analysis of starch granules [J]. Methods in Carbohydrate Chemistry, 1964, 5: 109.
- [12] Mazurs E G. Graphical analysis of the Brabender viscosity curve of various starches [J]. Cereal Chemistry, 1957, 34: 141.

- [13] 高群玉. 豆类淀粉性质和应用于粉丝的研究[D]. 广州:华南理工大学, 1997.
- [14] Zobel H F. Starch crystal transformations and their industrial importance[J]. *Starch*, 1988, 40(1): 1-7.
- [15] 李里特. 食品物性学[M]. 北京:中国农业出版社, 1998.

Physicochemical properties of chestnut starch

LI Zhi-xi, ZHANG Li, LI Ju-xiu

(Department of Food Science, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The physicochemical properties of chestnut starch are systematically studied, including granule morphology, gelatinization temperature, crystal structure, gelatinization, paste viscosity and rheology. The results show that the granules of chestnut starch shape variously, with size from 1-20 μm ; It has an obvious Maltese cross like letter "X", with central hilum. The gelatinization temperature is from 55.5 $^{\circ}\text{C}$ to 63.5 $^{\circ}\text{C}$. The X-ray diffraction graph appears as C type. The result of rheology shows that: chestnut starch pastes belong to non-Newtonian fluid, show pseudoplastic characteristics and belong to a shear-thinning system in character. Salt, sugar, etc. have different effects on starch gelatinization and paste viscosity properties.

Key words: chestnut; starch; rheology; viscosity

欢迎订阅 2001 年《西北农业学报》(季刊)

《西北农业学报》是由西北农林科技大学、甘肃、宁夏、青海、新疆农(林、垦)业科学院和新疆、青海畜牧(兽医)科学院等 8 个单位联合主办的农牧业学术期刊。本刊立足大西北,面向国内外,主要刊载体现西北地方特色的农牧业各专业学科在基础理论研究和应用技术理论研究方面具有创见的学术论文、领先水平的科研成果、学术报告、研究简报、有新意的文献综述及学术动态、科研成果、新品种介绍等。

主要读者对象是国内外农牧业科技人员、农业院校师生及高级农业技术管理推广人员。本刊 1992 年创办,在西北乃至全国已初具影响,为陕西省优秀科技期刊,现已被国内外 14 家权威性文摘期刊和数据库固定转载或收录。

本刊为季刊,季末月 10 日出版,大 16 开本,112 页,另附进口铜版纸图版。国内外公开发行,邮发代号 52-111;国外发行:中国国际图书贸易总公司,代号 Q4380。每期定价 8.00 元,全年 32 元。全国各地邮局均可订阅,亦可直接向编辑部订阅。

编辑部地址:陕西杨陵 西北农林科技大学农学院校区

邮政编码:712100 联系电话:(029)7088401-3099