

刘俊俊, 田佳仪, 李坤, 等. 7 种中药提取物体外抑制金黄色葡萄球菌的效果及机制研究 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (6): 130-137.

LIU J J, TIAN J Y, LI K, et al. The effect and mechanism of seven traditional Chinese medicine extracts on *in vitro* inhibition of *Staphylococcus aureus* [J].

Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (6): 130-137.

## 7 种中药提取物体外抑制金黄色葡萄球菌的效果及机制研究

刘俊俊<sup>1</sup>, 田佳仪<sup>2</sup>, 李坤<sup>2</sup>, 毕崇亮<sup>3</sup>, 韩照清<sup>3</sup>, 秦建华<sup>1\*</sup>

(1. 河北农业大学动物医学院, 河北 保定 071000;

2. 南京农业大学动物医学院, 江苏 南京 210095;

3. 临沂大学农林科学学院, 山东 临沂 276000)

**摘要:** 本研究旨在探究黄芩苷、小檗碱、杜鹃花、虎儿草、唐古特青蓝、诃子、沙棘果 7 种中药对金黄色葡萄球菌的体外抑菌效果以及其作用机制。通过微量肉汤稀释法测定 7 种不同中药材水或醇提取物对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度, 并测定不同药物提取物浓度下金黄色葡萄球菌的生长曲线, 研究中药对金黄色葡萄球菌的体外抑菌效果; 然后测定中药材对金黄色葡萄球菌生物被膜生成的影响、生物被膜通透性的影响和胞内三磷酸腺苷 (ATP) 含量的影响来研究其抑菌机制。结果表明, 所有中草药提取物对金黄色葡萄球菌均有抑制作用, 其中小檗碱和黄芩苷 2 种中药抑菌作用优于其他中药提取物。中药处理组的金黄色葡萄球菌生长缓慢, 小檗碱对金黄色葡萄球菌的生长抑制作用最强。小檗碱、黄芩苷、唐古特青蓝、杜鹃花、沙棘果、虎儿草水提取物以及唐古特青蓝、杜鹃花、诃子、沙棘果、虎儿草的醇提取物能明显抑制金黄色葡萄球菌生物被膜的形成。经过黄芩苷和小檗碱处理后, 金黄色葡萄球菌胞外总蛋白和核酸含量与药物提取物浓度呈正相关增加。经过小檗碱作用后的金黄色葡萄球菌胞内的 ATP 含量显著下降。综上, 7 种中药对金黄色葡萄球菌有体外抑菌效果, 能够抑制细菌的生长, 其机制与影响金黄色葡萄球菌的生物被膜通透性以及细胞能量代谢相关。

**关键词:** 中药提取物; 抑菌效果; 生物被膜; 细胞膜通透性; ATP

**中图分类号:** S853 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2024)06-0130-08

## The effect and mechanism of seven traditional Chinese medicine extracts on *in vitro* inhibition of *Staphylococcus aureus*

LIU Junjun<sup>1</sup>, TIAN Jiayi<sup>2</sup>, LI Kun<sup>2</sup>, BI Chongliang<sup>3</sup>, HAN Zhaoqing<sup>3</sup>, QIN Jianhua<sup>1\*</sup>

(1. College of Veterinary Medicine, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China;

2. College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

3. College of Agricultural and Forestry Sciences, Linyi University, Linyi 276000, China)

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the *in vitro* antibacterial effects of seven Chinese herbal medicines, namely, baicalin, berberine, Rhododendron, Saxifraga stolonifera Meerb., Dracocephalum tanguticum Maxim, Terminalia chebula Retz., and Hippophae rhamnoides on *Staphylococcus aureus* and to explore their potential antibacterial mechanisms. The minimum inhibitory concentrations of the different herbal medicines against *Staphylococcus aureus* were determined using the micro-broth dilution method, and the *in vitro* inhibitory effects of these herbal medicines on *Staphylococcus aureus* were studied by measuring the growth curves of *Staphylococcus aureus*. Then, the effect of the herbal medicines on the biofilm production, biofilm permeability and intracellular adenosine triphosphate (ATP) content of *Staphylococcus aureus* were determined to reveal the potential antibacterial mechanisms. The results showed that all the herbal extracts had inhibitory effects on *Staphylococcus aureus*, among which berberine and baicalin presented better inhibitory effects than other herbal extracts. The growth of *Staphylococcus aureus* in the herbal treatment group was slow, and berberine exhibited the strongest growth inhibition effect. The aqueous extracts of berberine, baicalin, Tangut Cyanine Blue, Azadirachta indica, Sea-buckthorn fruit, and Tiger grass, and the alcoholic extracts of Tangut Cyanine Blue, Azadirachta indica, Chebul, Sea-buckthorn fruit, and Tiger grass, significantly inhibited the

收稿日期: 2023-08-11; 修回日期: 2024-03-22

基金项目: 河北省研究生创新能力培养资助项目 (CXZZBS2023075)

第一作者: 刘俊俊, 女, 博士研究生

\* 通信作者: 秦建华, 教授, 博导, 主要研究方向为动物疫病防控技术, E-mail: qjhqq@126.com。

formation of *Staphylococcus aureus* biofilm. After treatment with baicalin and berberine, the total extracellular protein and nucleic acid contents of *Staphylococcus aureus* increased in positive correlation with the concentration of drug extracts. The intracellular ATP content of *Staphylococcus aureus* treated with berberine decreased significantly. Taken together, the seven herbal medicines had in vitro antibacterial effects on *Staphylococcus aureus* and were able to inhibit bacterial growth by the mechanisms of affecting biofilm permeability and cellular energy metabolism of *Staphylococcus aureus*.

**Keywords:** herbal extracts; antibacterial effect; biofilms; cell membrane permeability

金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 是一种广泛存在于人体和环境中的致病菌, 对人类健康和医疗领域造成了严重威胁, 可引起多种感染包括皮肤感染、呼吸道感染、软组织感染和血液感染等<sup>[1]</sup>。金黄色葡萄球菌还是一种耐药性菌株, 对多种抗生素表现出抗药性<sup>[2]</sup>。传统中药被广泛应用于抗菌治疗, 但目前对中药在抑制金黄色葡萄球菌方面的研究还较为有限<sup>[3]</sup>。

黄芩苷是一类黄酮类化合物, 大量存在于黄芩中<sup>[4]</sup>。研究发现, 黄芩苷具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗肿瘤和免疫调节等多种药理作用<sup>[5]</sup>。小檗碱是一种生物碱, 主要存在于黄连和小檗等中草药中, 它具有抗菌、抗炎、抗肿瘤、降血糖和抗氧化等多种药理活性<sup>[6]</sup>。杜鹃花是一种常见的观赏植物, 也被用作中药, 它具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗肿瘤和神经保护等多种药理作用<sup>[7]</sup>。虎儿草含有多种活性成分, 具有抗菌、抗炎、抗肿瘤、抗氧化和抗病毒等作用<sup>[8]</sup>。唐古特青蓝作为一种高山植物, 主要分布在高寒地区, 它富含多种活性成分, 具有抗氧化和保护神经系统等多种药理作用<sup>[9]</sup>。诃子含有多种活性成分, 具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗肿瘤和降血糖等多种药理作用<sup>[10]</sup>。

很多中药在抗氧化、抗炎、抗菌、抗肿瘤和多种疾病治疗方面显示出潜力, 但关于中药抗多重耐药的奶牛乳房炎金黄色葡萄球菌的研究较少。本研究旨在通过调查中药抑制金黄色葡萄球菌生长, 干扰生物膜形成以及改变细胞膜通透性和细菌能量代谢来探究其对金黄色葡萄球菌的抑菌作用及作用机制。对于应对金黄色葡萄球菌抗菌耐药问题具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 菌株及主要试剂

金黄色葡萄球菌菌株 ON13892, 从乳房炎奶牛的乳汁中分离, 由河北农业大学中兽医实验室冻存<sup>[11]</sup>。杜鹃花、虎儿草、唐古特青蓝、诃子、沙棘果购自南京同仁堂, 黄芩苷 (纯度  $\geq 98\%$ ) 和小檗碱购自上海柏卡化学技术有限公司。

### 1.2 金黄色葡萄球菌生长曲线测定

将  $5 \times 10^5$  CFU/mL 的金黄色葡萄球菌菌液接种到

LB 培养基中, 从 0、2、4、5、6、7、8、9、10 h, 每隔一段时间取出 1 mL 菌液用紫外分光光度计检测其在 600 nm 处的吸光度值。

### 1.3 中药提取物对金黄色葡萄球菌最小抑菌浓度 (MIC) 的测定

参照吴小诗等<sup>[12]</sup>的方法, 杜鹃花、虎儿草、唐古特青蓝、诃子、沙棘果分别用蒸馏水和乙醇进行煎煮, 获得水提物和醇提物。采用微量肉汤稀释法测定药物黄芩苷、小檗碱、杜鹃花、虎儿草、唐古特青蓝、诃子、沙棘对金黄色葡萄球菌的 MIC。

### 1.4 中药对金黄色葡萄球菌生长曲线的影响

通过 96 孔法测定中药对金黄色葡萄球菌生长曲线的影响, 在各孔中加入培养至对数期 ( $10^6$  CFU/mL) 的金黄色葡萄球菌悬液 100  $\mu$ L, 中药提取物和 100  $\mu$ L LB 培养液, 总体积为 200  $\mu$ L。为进一步评估不同浓度的中药对细菌生长的影响, 在  $1/32 \sim 8$  倍所测得的中药提取物 MIC 学及其范围内选择了 3 个合适浓度梯度作为中药处理组, 并设立仅含菌液的对照组。

### 1.5 中药提取物对金黄色葡萄球菌生物膜的测定

参考元炼等<sup>[13]</sup>方法, 取  $OD_{600\text{nm}}$  值为 0.05 的金黄色葡萄球菌进行生物膜试验, 利用结晶紫染色法测定提取物对金黄色葡萄球菌生物膜的影响。试验组 (100  $\mu$ L 药液 + 100  $\mu$ L 菌液)、阳性对照组 (100  $\mu$ L 提取物对应溶剂 + 100  $\mu$ L 菌液)、空白对照组 (200  $\mu$ L LB) 置于 37  $^{\circ}$ C 恒温培养箱中, 分别培养 6 h 和 12 h, 测定  $OD_{620\text{nm}}$  值。利用结晶紫染色法进行染色, 加入 200  $\mu$ L 95% 乙醇溶解 5 min 后测  $OD_{540\text{nm}}$ , 以  $OD_{540\text{nm}}/OD_{620\text{nm}}$  为纵坐标, 时间为横坐标构建柱形图。

### 1.6 中药提取物对金黄色葡萄球菌细胞膜通透性的影响

金黄色葡萄球菌在 37  $^{\circ}$ C、220 r/min 条件下振荡培养 6 h, 3 500 r/min 离心 10 min, 无菌 0.01 mol/L PBS (pH 值 7.4) 洗涤 3 次, 在 PBS 中重悬至  $OD_{600\text{nm}}$  值为 0.5。在菌液中添加不同中药水和醇提取物, 提取物不同浓度的选择依据为测得的 MIC 范围附近的 3 个以相同倍数增加的浓度 37  $^{\circ}$ C 孵育, 对照组添加无菌水。0、2、4、6、8、10 h 收集菌悬液,

4 000 r/min 离心 10 min, 取上清液测定  $OD_{260\text{ nm}}$  值和  $OD_{280\text{ nm}}$  值。

### 1.7 小檗碱对金黄色葡萄球菌胞内三磷酸腺苷 (ATP) 含量的影响

已有研究表明小檗碱对铜绿假单胞菌生物被膜有抑制作用, 生物被膜形成的过程中细菌会通过代谢产生 ATP, 测定 ATP 含量可间接反映细菌的代谢活性和生物被膜形成能力, 因此本试验进一步探究小檗碱对金黄色葡萄球菌胞内 ATP 含量的影响<sup>[14]</sup>。试验组取对数期的金黄色葡萄球菌接种到小檗碱浓度为 MIC (0.25 mg/mL) 的 LB 液体培养基中, 对照组加入无菌水, 混匀, 置于恒温摇床中培养 (37 °C、170 r/min), 于第 0、1、2、4 h 时各取 0.5 mL 菌液, 4 000 r/min 离心 10 min, 弃上清液。按照采用 ATP 含量测定试剂盒进行金葡菌菌体内 ATP 含量的测定。整个过程严格控制在冰浴条件下进行。

### 1.8 数据处理与分析

使用 GraphPad Prism 8.0.2 软件, 分析细菌生长曲线以及中药提取物处理后胞外蛋白质含量、胞外核酸含量随提取物浓度变化。用 IBM SPSS Statistics 26.0 对中药提取物对金黄色葡萄球菌生物膜的测定结果以及接种到小檗碱中金黄色葡萄球菌胞内 ATP 含量进行统计学分析,  $P < 0.05$  视为有显著性差异, 进而分析提取物对金黄色葡萄球菌生物膜的影响和小檗碱对金黄色葡萄球菌胞内 ATP 含量的影响。

## 2 结果

### 2.1 金黄色葡萄球菌生长曲线的测定

如图 1 所示, 金黄色葡萄球菌接种后经过一定时间的迟缓期, 于 5 h 后进入对数生长期迅速生长。

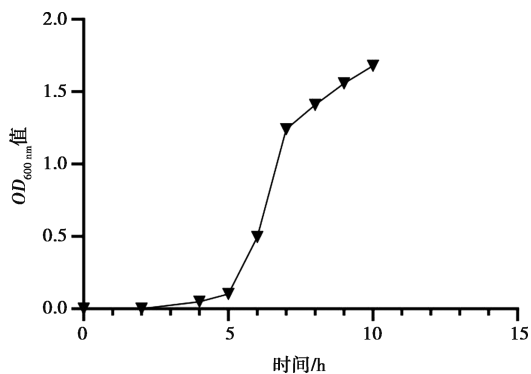


图 1 金黄色葡萄球菌生长曲线

### 2.2 中药提取物对金黄色葡萄球菌 MIC 的影响

表 1 可知, 所有中草药提取物对金黄色葡萄球菌均有抑制作用。其中唐古特青蓝、沙棘果、虎儿草的水提取物效果明显优于其醇提取物; 杜鹃花的醇提取物效果则优于其水提物; 小檗碱和黄芩苷 2 种中药提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌作用明显优于其他中药提取物。

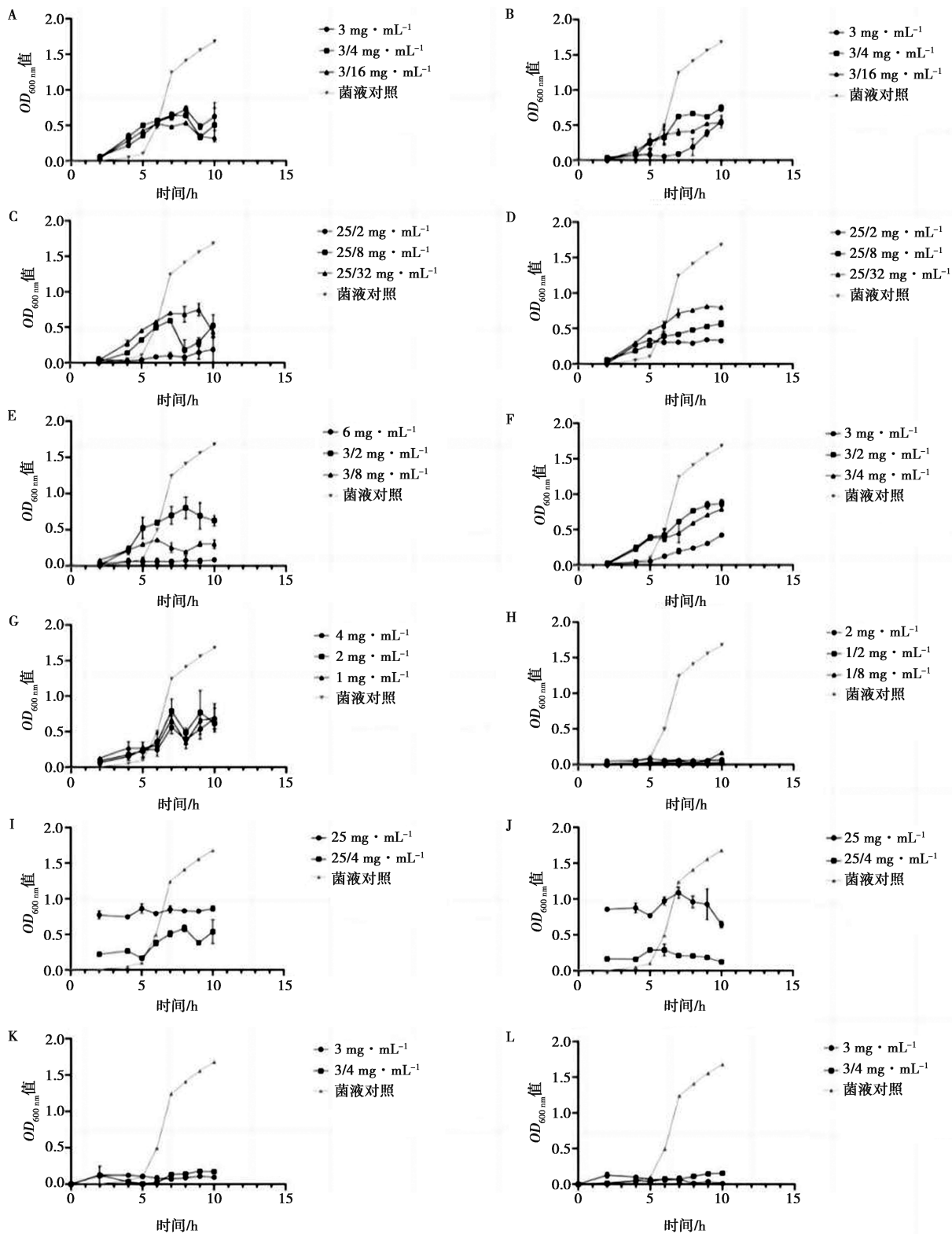
表 1 中药材水提取物或醇提取物对金黄色葡萄球菌的抑制效果

药物种类	提取方式	抑菌效果	MIC/ (mg · mL <sup>-1</sup> )
小檗碱	水提法	+++	0.25
黄芩苷	水提法	+++	1.00
唐古特青蓝	水提法	+	50.00
	醇提法	+	64.00
杜鹃花	水提法	+	50.00
	醇提法	+	25.00
诃子	水提法	++	3.00
	醇提法	++	3.00
沙棘果	水提法	++	5.00
	醇提法	++	12.00
虎儿草	水提法	++	15.63
	醇提法	+	125.00

注: “+”表示  $MIC > 20$ , “++”表示  $1 < MIC \leq 20$ , “+++”表示  $0 < MIC \leq 1$ 。

### 2.3 中药对金黄色葡萄球菌生长曲线的影响

为了进一步探究中药提取物对金黄色葡萄球菌生长的影响, 测定了不同药物浓度作用下金黄色葡萄球菌的生长曲线 (图 2)。未加中药的金黄色葡萄球菌经过一定时间的迟缓期, 在 5 h 进入对数期, 开始迅速增长, 在 10 h 进入平缓期。加入中药提取物后, 菌液对照组和中药处理组金黄色葡萄球菌生长出现明显不同, 中药处理组的金黄色葡萄球菌生长缓慢, 说明中药提取物能有效抑制金黄色葡萄球菌的生长, 且小檗碱组的  $OD$  值始终明显低于菌液对照组, 说明小檗碱能明显抑制金黄色葡萄球菌的生长, 对金黄色葡萄球菌生长的抑制效果最强。



A. 虎耳草水; B. 虎耳草醇; C. 杜鹃花水; D. 杜鹃花醇; E. 沙棘果水组; F. 沙棘果醇; G. 黄芩苷水; H. 小檗碱水; I. 唐古特青蓝水; J. 唐古特青蓝醇; K. 诃子水; L. 诃子醇。

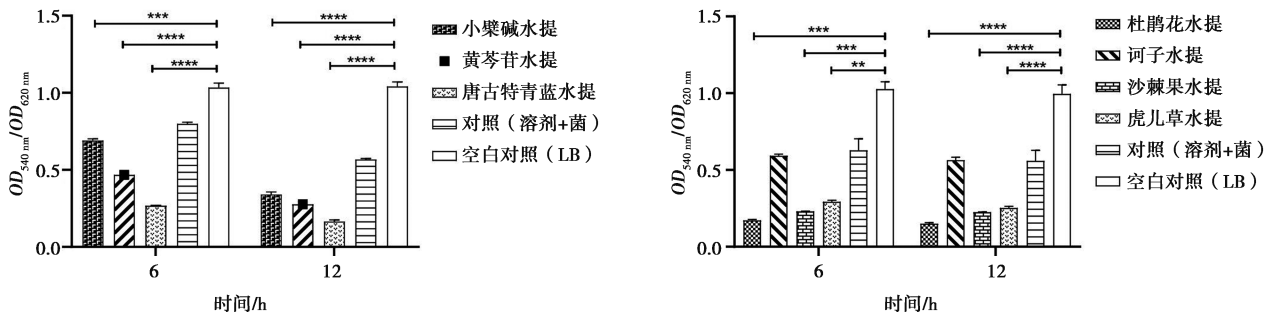
图2 7种中药水提取物或醇提取物对金黄色葡萄球菌生长曲线的影响

### 2.4 中药提取物对金黄色葡萄球菌生物被膜的影响

在不影响金黄色葡萄球菌生长的前提下，测试中药提取物对生物被膜的影响。中药水提取物对金黄色葡萄球菌的生物被膜测定结果显示见图3，小檗碱、黄芩苷、唐古特青蓝、杜鹃花、沙棘果、虎儿草水提取物都能明显抑制金黄色葡萄球菌生物被膜的形成，而且随着时间推移，与6 h相比，对12 h的金黄色葡萄球菌生物被膜形成展现出更强的抑制效果，但诃子

的水提取物对金黄色葡萄球菌生物被膜的影响很弱。

中药醇提取物对金黄色葡萄球菌的生物被膜测定结果显示见图4，唐古特青蓝、杜鹃花、诃子、沙棘果、虎儿草的醇提取物都能明显抑制金黄色葡萄球菌生物被膜的形成，对6 h金黄色葡萄球菌生物被膜的抑制效果最强的是唐古特青蓝醇提取物，随着时间推移，对12 h的金黄色葡萄球菌生物膜的抑制效果最强的是杜鹃花醇提取物。



\*表示  $P < 0.05$ , \*\*表示  $P < 0.01$ , \*\*\*表示  $P < 0.001$ , \*\*\*\*表示  $P < 0.0001$ 。下同。

图3 小檗碱、黄芩苷、唐古特青蓝、杜鹃花、沙棘果、虎儿草水提取物对金黄色葡萄球菌生物被膜的影响

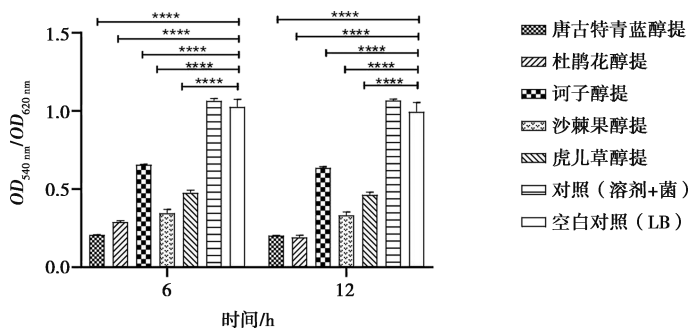
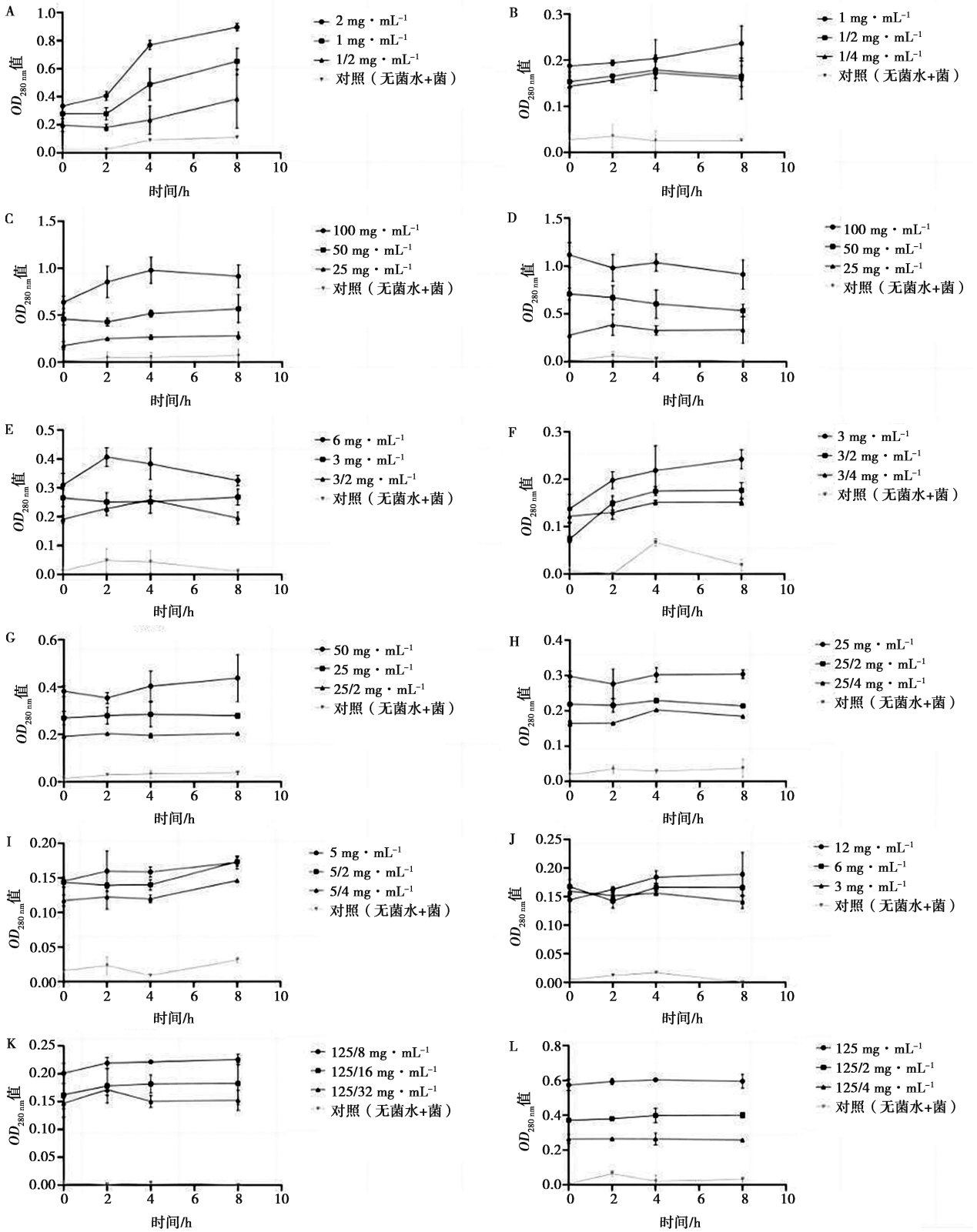


图4 唐古特青蓝、杜鹃花、诃子、沙棘果、虎儿草的醇提取物对金黄色葡萄球菌生物被膜的影响

### 2.5 中药提取物对金黄色葡萄球菌细胞膜通透性的影响

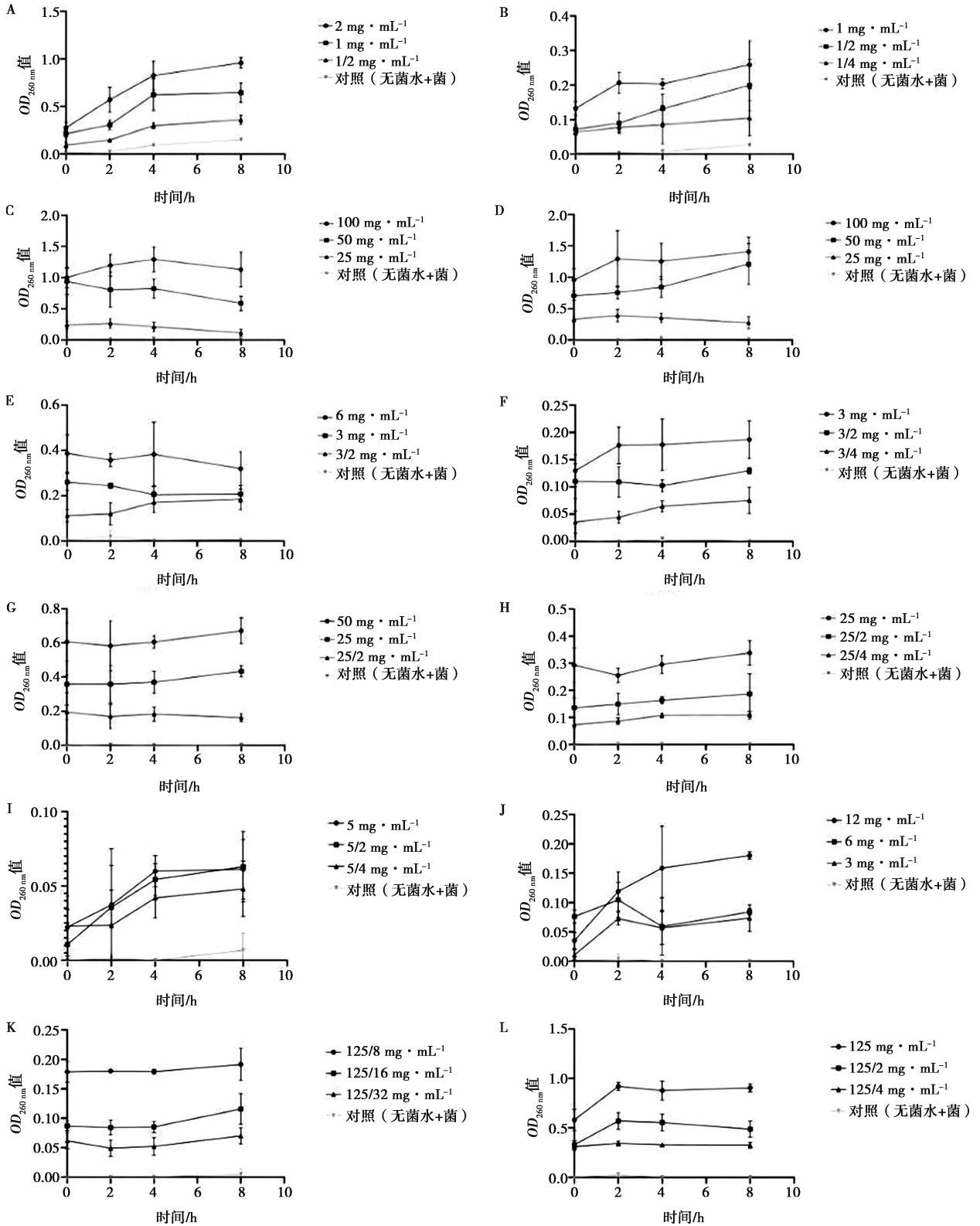
细胞膜是细胞进行物质交换、分泌、排泄等生理功能的重要结构，若通透性改变，会直接抑制菌体的各项功能，同时细胞膜具有选择渗透性，能够保护细菌免受有害物质的侵害。当细胞膜受损时，胞内大分

子如蛋白质和核酸会释放到细胞外，分别采用  $OD_{280\text{ nm}}$  和  $OD_{260\text{ nm}}$  检测中药提取物处理后胞外蛋白质和核酸的含量，结果如图5和6显示。经过黄芩苷和小檗碱处理后，金黄色葡萄球菌胞外总蛋白和核酸含量相比对照组有明显增加，且与浓度存在正相关。



A. 黄芩苷水; B. 小檗碱水; C. 唐古特青蓝水; D. 唐古特青蓝醇; E. 诃子水; F. 诃子醇; G. 杜鹃花水; H. 杜鹃花醇; I. 沙棘果水; J. 沙棘果醇; K. 虎耳草水; L. 虎耳草醇。

图5 中药提取物浓度对金黄色葡萄球菌胞外蛋白质含量的影响



A. 黄芩苷水; B. 小檗碱水; C. 唐古特青蓝水; D. 唐古特青蓝醇; E. 诃子水; F. 诃子醇; G. 杜鹃花水; H. 杜鹃花醇; I. 沙棘果水; J. 沙棘果醇; K. 虎耳草水; L. 虎耳草醇。

图 6 中药提取物浓度对金黄色葡萄球菌胞外核酸含量的影响

### 2.6 小檗碱对金黄色葡萄球菌胞内 ATP 含量的影响

由图 7 可知, 对照组金黄色葡萄球菌胞内的 ATP

含量一直维持一个相对稳定的状态, 但是经过小檗碱作用后的金黄色葡萄球菌胞内的 ATP 含量在 1 h 后出

现显著性下降 ( $P < 0.05$ ), 并随着时间推移, 逐渐下降, 在 4 h 的时候出现明显下降, 小檗碱组的 ATP 浓度极显著低于对照组 ( $P < 0.01$ )。

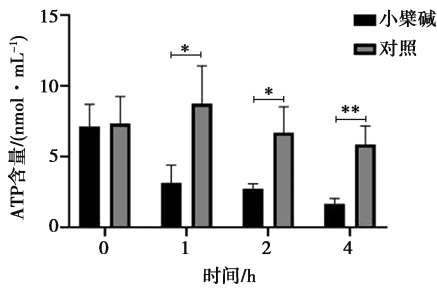


图7 小檗碱对金黄色葡萄球菌胞内 ATP 含量的影响

### 3 讨论

近年来, 对中药抑菌作用及其机制的研究越来越深入, 许多研究表明, 中药具有显著的抑菌杀菌作用且具有耐药性低的优点, 其中一些与抗生素结合使用时通过协同作用表现出抗菌活性<sup>[15]</sup>。

本试验测试了多种中药水提取物和醇提取物对金黄色葡萄球菌的 MIC, 结果显示唐古特青蓝、沙棘果和虎儿草的水提取物表现出明显优于其醇提取物的抑菌效果, 而杜鹃花的醇提取物效果则优于其水提取物。小檗碱和黄芩苷 2 种中药提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌作用明显优于其他中药提取物。同时通过测定中药提取物对金黄色葡萄球菌生长曲线的影响, 发现中药提取物处理组的金黄色葡萄球菌生长速度明显降低, 其中小檗碱对生长的抑制效果最为显著。包怡红等<sup>[16]</sup>的研究显示小檗碱可通过干扰细菌内蛋白合成、破坏细菌体细胞使胞内外离子外流导致细菌衰亡。华国强<sup>[17]</sup>研究显示小檗碱可引起细胞内钙离子的流失, 通过增加细菌细胞膜的通透性抑制细菌的生长。这些都证明了小檗碱作为中药在抑制金黄色葡萄球菌中的重要价值, 为进一步研究其对金黄色葡萄球菌的抑菌作用机制提供了理论基础。

本试验进一步评估了中药提取物对金黄色葡萄球菌生物膜形成的影响, 结果发现多种中药水提取物和醇提取物均能明显抑制金黄色葡萄球菌生物膜的形成, 且随着时间推移, 抑制效果逐渐增强。然而, 诃子水提取物对生物膜的影响较弱。另外, 本试验研究了中药提取物对金黄色葡萄球菌细胞膜通透性的影响。细胞膜是细胞正常功能的关键组成部分, 黄芩苷和小檗碱处理后的金黄色葡萄球菌细胞膜通透性明显增加。有研究报道黄芩苷可抑制生物膜形成, 减弱群体感应控制的毒力, 并增强小鼠腹膜植入物感染模型中铜绿假单胞菌清除率<sup>[18]</sup>, 这提示影响细胞膜通透

性是黄芩苷和小檗碱对金黄色葡萄球菌产生抑菌作用的可能机制。进一步本研究检测了小檗碱对金黄色葡萄球菌胞内 ATP 含量的影响, 发现小檗碱处理后金黄色葡萄球菌胞内的 ATP 含量显著降低, 这表明小檗碱可能通过干扰细菌的能量代谢过程来抑制其生长。

综上所述, 本研究表明多种中药提取物对金黄色葡萄球菌具有明显的抑菌作用, 可能是通过抑制生长、干扰生物膜形成以及改变细胞膜通透性和细菌能量代谢来发挥作用。这些发现为开发中药作为抗金黄色葡萄球菌药物提供了重要线索, 对于应对抗菌耐药问题具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] OLIVERIA D, BORGES A, SIMOES M. Staphylococcus aureus toxins and their molecular activity in infectious diseases [J]. Toxins, 2018, 10 (6): 252.
- [2] AHMAD-MANSOUR N, LOUBET P, POUGET C, et al. Staphylococcus aureus toxins: an update on their pathogenic properties and potential Treatments [J]. Toxins, 2021, 13 (10): 677.
- [3] 李亚娜, 陶庆春. 中药抑菌的研究现状及思考 [J]. 国际检验医学杂志, 2014 (2): 198-200.
- [4] 李伟, 徐伟. 黄芩苷药理作用研究进展 [J]. 中西医结合研究, 2022, 14 (3): 193-196.
- [5] BAO M, MA Y, LIANG M, et al. Research progress on pharmacological effects and new dosage forms of baicalin [J]. Vet Med Sci, 2022, 8 (6): 2773-2784.
- [6] SONG D, HAO J, FAN D. Biological properties and clinical applications of berberine [J]. Front Med, 2020, 14 (5): 564-582.
- [7] CAI Y Q, HU J H, QIN J, et al. Rhododendron molle (Ericaceae): phytochemistry, pharmacology, and toxicology [J]. Chin J Nat Med, 2018, 16 (6): 401-410.
- [8] 张慧, 李秋月, 贺尚文, 等. 虎耳草化学成分及药理活性研究进展 [J]. 动物医学进展, 2021, 42 (1): 94-99.
- [9] XU J X, YANG M, DENG K J, et al. Antioxidant activities of *Draacocephalum tanguticum* maxim extract and its up-regulation on the expression of neurotrophic factors in a rat model of permanent focal cerebral ischemia [J]. Am J Chin Med, 2011, 39 (1): 65-81.
- [10] 王薇, 曹雯. 沙棘果渣多糖—纳米银复合粒子的制备及其抑菌活性 [J]. 食品研究与开发, 2023, 44 (5): 148-154.
- [11] LIU J, WANG X, BI C, et al. Molecular characterization of multi-drug-resistant *Staphylococcus aureus* in mastitis bovine milk from a dairy farm in Anhui, China [J]. Front Vet Sci, 2022, 9: 966533.
- [12] 吴小诗, 潘敬灵, 邓榕榕, 等. 诃子水提取物内外抗菌作用及止痒效果研究 [J]. 日用化学工业, 2021, 51 (2): 127-131.
- [13] 元炼, 张姣, 刘兰妹, 等. 中药提取物对金黄色葡萄球菌生物膜作用的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34 (8): 1273-1280.
- [14] 刘青宇. 盐酸小檗碱抑制铜绿假单胞菌及其生物膜的机制研究 [D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2023.
- [15] LI J, FENG S, LIU X, et al. Effects of traditional Chinese medicine

and its active ingredients on drug-resistant bacteria [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 837907.

[16] 包怡红, 张俊顺, 符群, 等. 细叶小檗果小檗碱抑菌性能及机理 [J]. *食品科学*, 2020, 41 (17): 29-34.

[17] 华国强. 小檗碱抑菌特点及抑菌机制的初步研究 [D]. 山东:

山东大学, 2005.

[18] LUO J, DONG B, WANG K, et al. Baicalin inhibits biofilm formation, attenuates the quorum sensing-controlled virulence and enhances *Pseudomonas aeruginosa* clearance in a mouse peritoneal implant infection model [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (4): e0176883.

· 信息 ·

## 倡导健康养殖新理念 解读疫病防控新技术 欢迎订阅 2024 年《畜牧与兽医》

ISSN 0529-5130, CN 32-1192/S

《畜牧与兽医》月刊由教育部主管、南京农业大学主办。1935 年创刊, 由原中央大学畜牧兽医系编辑出版, 著名兽医学家罗清生教授任主编, 至今已有 89 年的办刊历史。始终遵循“为社会服务, 为畜牧生产服务”和“理论与实践相结合, 普及与提高并举”的办刊宗旨。本刊连续入选中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)、《中文核心期刊要目总览》, 先后荣获华东地区优秀期刊、江苏期刊方阵双效期刊、江苏省优秀科技期刊、全国高校优秀期刊、全国畜牧兽医类优秀期刊等。

**读者对象:** 畜牧、兽医科技工作者和大专院校师生等。

**主要内容:** 主要刊登畜牧、兽医两学科各领域的研究报告、文献综述等。主要栏目有遗传繁育、动物营养、环境卫生、基础兽医、预防兽医、临床兽医和专题综述等。

**征订办法:** 本刊为月刊, 大 16 开, 定价: 28.00 元, 全年 12 期共 336.00 元。邮发代号: 28-42, 全国各地邮局均可订阅。邮局漏订者可直接汇款至本刊杂志社补订。

地 址: 江苏省南京市卫岗 1 号南京农业大学内 邮 编: 210095

电话: 025-84395701 (编辑部) E-mail: muyizz@njau.edu.cn