

# Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 浸种及喷施对绿豆产量及叶片部分生理指标的影响

郝曦煜<sup>1</sup>, 梁杰<sup>1</sup>, 陈剑<sup>2</sup>, 尹智超<sup>3</sup>, 王英杰<sup>1</sup>, 肖焕玉<sup>1</sup>, 尹凤祥<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省白城市农业科学院, 吉林 白城 137000; 2. 辽宁省农业科学院, 沈阳 110161; 3. 吉林大学植物科学学院, 长春 130062)

**摘要:** 该试验以绿豆品种白绿9号作为试验材料, 使用浓度为 50 mmol/L 的 CuSO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub>、FeSO<sub>4</sub> 溶液分别进行浸种、喷施、浸种+喷施处理, 以蒸馏水处理为对照。探讨 Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 各处理对叶片叶绿素、SOD、POD、MDA 的影响。结果表明: Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 在绿豆分枝期、开花期、成熟期 3 个时期中均起到显著增加叶绿素、MDA 含量, 提高 SOD、POD 活性的作用, 其中浸种处理效果最佳, Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 效果更好。

**关键词:** 绿豆; 叶绿素; SOD; POD; MDA

中图分类号: S52.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2017)05-0025-05

## Effects of Soaking and Spraying of Cu<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and Fe<sup>2+</sup> on Yield and Some Physiological Indexes of Mung Bean Leaves

HAO Xiyu<sup>1</sup>, LIANG Jie<sup>1</sup>, CHEN Jian<sup>2</sup>, YIN Zhichao<sup>3</sup>, WANG Yingjie<sup>1</sup>, XIAO Huanyu<sup>1</sup>, YIN Fengxiang<sup>1\*</sup>

(1. Baicheng Academy of Agricultural Sciences, Baicheng 137000; 2. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161; 3. College of Plant Science, Jilin University, Changchun 130062, China)

**Abstract:** The mung bean variety Bailü No.9 was used in this experiment. Bailü No.9 was soaked and sprayed with CuSO<sub>4</sub> (50 mmol/L), MgSO<sub>4</sub> (50 mmol/L) and FeSO<sub>4</sub> (50 mmol/L), with distilled water as control. The effect of Cu<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> in branching stage, flowering period and maturation period on Chlorophyll, SOD, POD, MDA of mung bean was explored. The results showed that chlorophyll, MDA, activity of SOD and POD increased by Cu<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> treatment in above three periods. Soaking was the best among the three treatments. The effects of Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> were better than Cu<sup>2+</sup>.

**Key words:** Mung bean; Chlorophyll; SOD; POD; MDA

植物的生长虽然对微量元素的需求量较少, 但其对植物的作用与大量元素同等重要<sup>[1]</sup>, 不能因为它们的需求量少而忽视它们的作用, 它们在农作物整个生长过程中扮演着极为重要的角色, 不能被其它元素所取代<sup>[2-3]</sup>。国内外很多学者的大量研究工作证明, 微量元素如铜、锰、硼、锌等, 都参与动植物体内各种重要的生理生化过程。因此, 在很多情况下, 施用微量元素都能提高农作物的产量及改善收获物的品质。前人对绿豆施肥效果已有很多研究<sup>[4-11]</sup>, 但目前微量元素

对绿豆生长发育规律和生物化学影响的研究很少, 本试验研究了 Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 对绿豆干物质<sup>[12]</sup> 和 N、P、K 含量<sup>[13]</sup> 的影响, 同时探讨 Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 对绿豆叶绿素、SOD、POD、MDA 生理生化的影响, 以指导绿豆生产。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试验地点

试验材料: 绿豆品种为白绿9号。

试验地点: 白城市农业科学院试验田, 土壤为淡黑钙沙壤土, pH 值为 7.6, 前茬作物为高粱。

### 1.2 试验方法

田间小区排布随机排列, 设置 3 次重复。每个小区 4 行, 行长为 10 m, 行距为 60 cm, 株距为 15 cm。

收稿日期: 2017-05-19

基金项目: 国家食用豆产业技术体系 (CARS-09-G10)

作者简介: 郝曦煜 (1990-), 男, 研究实习员, 主要从事食用豆育种栽培研究。

通讯作者: 尹凤祥, 男, 研究员, E-mail: yinfx@163.com

试验选用蒸馏水为对照,50 mmol/L的  $\text{CuSO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{FeSO}_4$ 溶液进行以下处理:

浸种:播种前,将种子浸泡在试液中8~10 h,晾干后备用;

②喷施:分别在分枝期、开花期、成熟期进行喷施;

③浸种+喷施。

### 1.3 测定项目及方法

分别于分枝期、开花期、成熟期挑选各处理长势一致的植株,进行活体测定叶绿素含量,并采集叶片放在自封袋中,写好区号及日期,由沈阳农业大学植物生理实验室进行生理生化指标测定。

#### 1.3.1 叶绿素(SPAD值)测定

每个处理取15~20株,采用SPAD-502叶绿素含量测定仪测量。

#### 1.3.2 SOD活性测定

采用氯化硝基四氮唑蓝光还原法<sup>[14]</sup>。

#### 1.3.3 POD活性测定

采用愈创木酚法<sup>[14]</sup>。

#### 1.3.4 MDA含量测定

采用硫代巴比妥酸法<sup>[14]</sup>。

#### 1.3.5 产量测定

成熟时,在各处理小区取中间2行收获(即小区面积12 m<sup>2</sup>),进行产量测定,然后折合单位面积产量。

### 1.4 数据处理

使用Excel 2016进行图表制作,使用DPS软件对试验数据进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对绿豆叶片不同时期叶绿素含量的影响

由图1所示,各离子的不同处理在分枝期的效果均好于开花期和成熟期,且从处理方法上看,浸种>浸种+喷施>喷施。 $\text{Cu}^{2+}$ 的三种处理方式在各时期均能增加叶片叶绿素含量,其中分枝期效果最好。 $\text{Mg}^{2+}$ 的三种处理方式在分枝期、成熟期均能增加叶片叶绿素含量,其中成熟期效果最好。 $\text{Fe}^{2+}$ 的三种处理方式在各时期均能增加叶片叶绿素含量,其中成熟期效果最好。各处理的叶绿素含量均比对照增加, $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 处理间差异显著, $\text{Fe}^{2+}$ 处理间差异极显著。

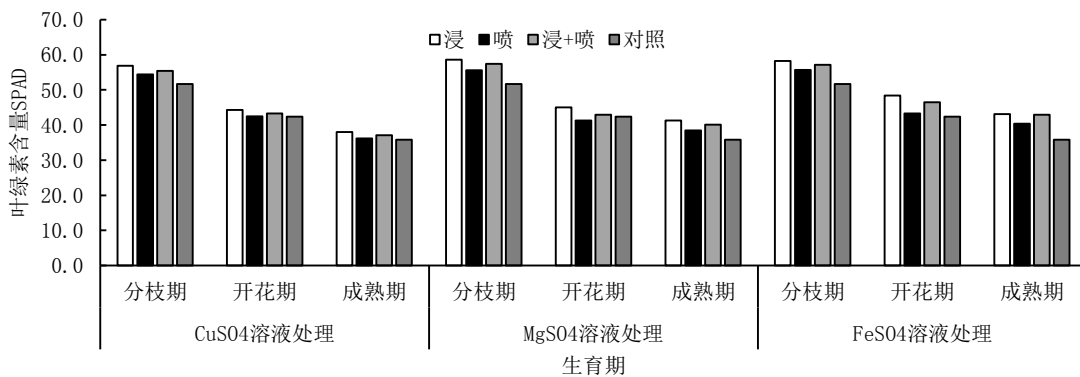


图1  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 对绿豆叶片不同时期叶绿素含量的影响

### 2.2 对绿豆叶片不同时期SOD活性的影响

由图2所示, $\text{Cu}^{2+}$ 的三种处理方式在各时期均能增加叶片SOD活性,其中成熟期效果最明显。

从处理方法上看, $\text{Cu}^{2+}$ 对叶片SOD活性的作用表现为喷施>浸种+喷施>浸种。 $\text{Mg}^{2+}$ 的三种处理方式在各时期均能增加叶片SOD活性,其中开花期

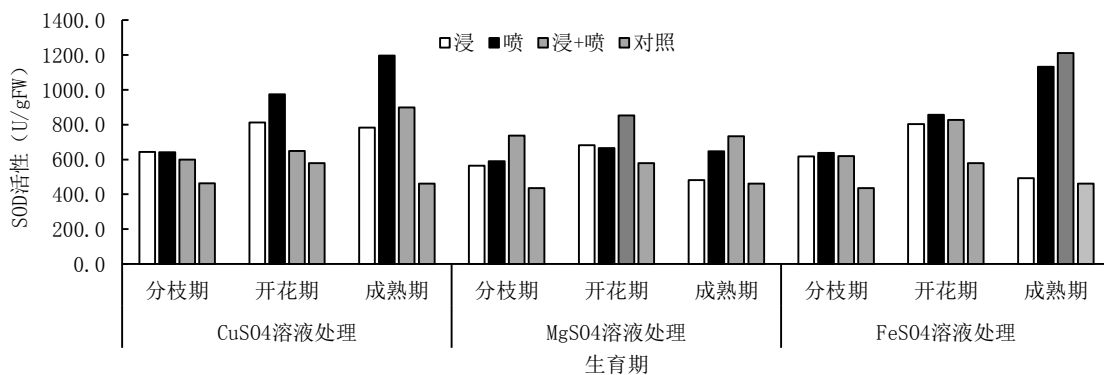


图2  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 对绿豆叶片不同时期SOD活性的影响

效果最明显,对活性的作用表现为浸种+喷施>喷施>浸种。Fe<sup>2+</sup>的三种处理方式在各时期均能增加叶片SOD活性,其中成熟期效果最明显,对活性的作用表现为浸种+喷施>喷施>浸种。各处理的SOD活性均比对照呈显著和极显著增加,Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>处理间差异显著,Mg<sup>2+</sup>处理间差异极显著。

### 2.3 对绿豆叶片不同时期 POD 活性的影响

由图3所示,根据整体趋势,各离子的不同处理在开花期的处理效果均好于分枝期和成熟期,

且从处理方法上看,浸种>浸种+喷施>喷施。Cu<sup>2+</sup>的三种处理方式在各时期均能增加叶片POD活性,其中成熟期效果最明显。Mg<sup>2+</sup>的三种处理方式在各时期均能增加叶片POD活性,其中分枝期效果最明显。在分枝期和成熟期,Fe<sup>2+</sup>的三种处理方式均能增加叶片POD活性,其中分枝期效果最明显。各处理的POD活性均比对照呈显著和极显著增加,Mg<sup>2+</sup>处理间差异显著,Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>处理间差异极显著。

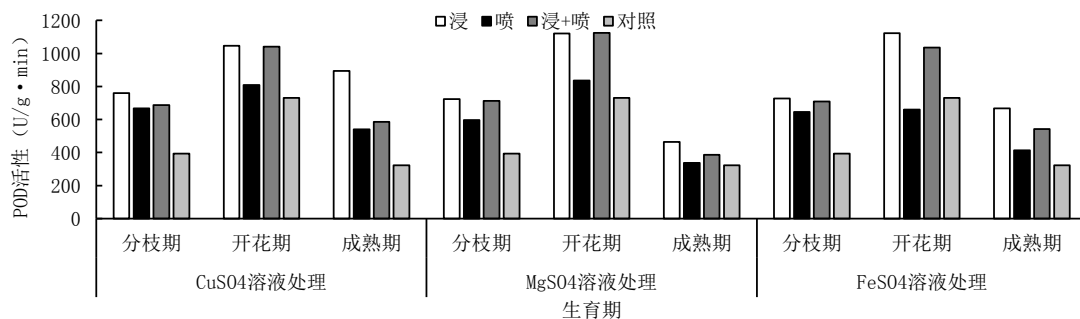


图3 Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>对绿豆叶片不同时期 POD 活性的影响

### 2.4 对绿豆叶片不同时期 MDA 含量的影响

由图4所示,根据整体趋势,各离子的不同处理在成熟期的处理效果均好于分枝期和开花期。Cu<sup>2+</sup>的三种处理方式在各时期均能增加叶片MDA含量,其中开花期效果最明显。从处理方法上看,Cu<sup>2+</sup>对叶片MDA含量的作用大多表现为浸种>喷施>浸种+喷施。在分枝期、开花期,Mg<sup>2+</sup>的三种处理方式均能增加叶片MDA含量,其中分枝期效

果最明显,对MDA含量的作用表现为浸种+喷施>喷施>浸种。Fe<sup>2+</sup>的三种不同处理在各时期均能增加叶片MDA含量,其中分枝期效果最明显,对MDA含量的作用表现为浸种+喷施>喷施>浸种。各处理的MDA含量均比对照呈显著和极显著增加,Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>处理间差异显著,Fe<sup>2+</sup>处理间差异不显著。

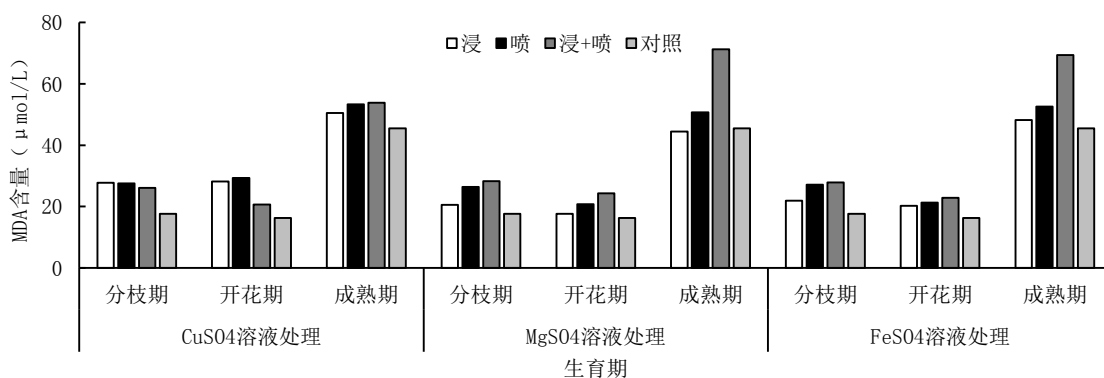


图4 Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>对绿豆叶片不同时期 MDA 含量的影响

### 2.5 对绿豆产量的影响

从表1可以看出,Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>各处理都能增加绿豆产量,增产效果最好的是浸种处理,单位面积产量可达到1750.0 kg/hm<sup>2</sup>。Cu<sup>2+</sup>处理间差异达到极显著水平[P(Cu<sup>2+</sup>处理)=0.0035],Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>处理间差异达到显著水平[P(Mg<sup>2+</sup>处理)=0.0325],[P(Fe<sup>2+</sup>处理)=0.0131]。Cu<sup>2+</sup>的浸种处理与对照、喷施

处理间差异极显著,与浸种+喷施处理间差异不显著;Mg<sup>2+</sup>浸种处理与对照、喷施、浸种+喷施处理间差异显著;Fe<sup>2+</sup>浸种处理和对照、喷施处理间差异显著,与浸种+喷施处理间差异不显著。其中,Mg<sup>2+</sup>的增产效果好于Fe<sup>2+</sup>,Fe<sup>2+</sup>的增产效果好于Cu<sup>2+</sup>。

表1 Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>对白绿9号产量的影响

离子处理	处理	小区产量(kg/m <sup>2</sup> )				产量(kg/hm <sup>2</sup> )
		I	II	III	平均	
Cu <sup>2+</sup>	浸种	1.9	1.9	1.9	1.9	1 583.3A
	喷施	1.6	1.7	1.7	1.7	1 416.7B
	浸种+喷施	1.7	1.8	1.9	1.8	1 500.0AB
	CK	1.6	1.7	1.6	1.6	1 333.3B
Mg <sup>2+</sup>	浸种	2.1	2.2	1.9	2.1	1 750.0a
	喷施	1.7	1.6	1.7	1.7	1 416.7b
	浸种+喷施	2.0	2.1	1.9	2.0	1 666.7b
	CK	1.6	1.7	1.5	1.6	1 333.3b
Fe <sup>2+</sup>	浸种	2.0	1.9	2.1	2.0	1 666.7a
	喷施	1.8	1.7	1.6	1.7	1 416.7b
	浸种+喷施	1.9	2.0	1.8	1.9	1 583.3a
	CK	1.6	1.7	1.6	1.6	1 333.3b

注:同列数据后相同字母表示差异不显著( $P>0.05$ ),不同小、大写字母分别表示差异显著( $P<0.05$ )、极显著( $P<0.01$ )

### 3 结论与讨论

本试验通过使用不同浓度的CuSO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub>、FeSO<sub>4</sub>溶液,分别在绿豆分枝期、开花期和成熟期进行3种方式的处理,试验数据表明,Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>在3个时期中都能起到增加叶绿素、MDA含量,提高SOD、POD活性的作用。Fe<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>对叶绿素含量影响较明显;Fe<sup>2+</sup>、Cu<sup>2+</sup>对SOD活性影响较明显;Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>对SOD活性影响较明显;Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>对MDA含量影响较明显。

逆境条件会打破植物细胞内产生和消除自由基的平衡,引起自由基的过度积累,使细胞膜脂过氧化<sup>[15]</sup>。POD可以减轻活性氧对植物细胞的伤害,清除自由基和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,并保护膜系统<sup>[16]</sup>。SOD能与POD等酶协同作用,协助细胞膜系统防御活性氧等过氧化物自由基的伤害,两者是重要的活性氧清除剂<sup>[17]</sup>。对大豆的相关研究结果表明:轻度干旱胁迫对MDA含量及膜透性的影响较小,随着胁迫加剧,MDA含量及膜透性变化幅度明显增大,膜脂的过氧化使膜受到损伤,细胞膜透性增大<sup>[11]</sup>。因此,对于SOD、POD活性和MDA含量来说,试验处理对其影响越小,说明干旱胁迫对其影响越弱,越有益于植株的生长。

通过使用不同浓度的Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>对绿豆分别进行浸种、喷施、浸种+喷施3种处理,测定绿豆叶片中的叶绿素含量、SOD活性、POD活性、MDA含量变化和产量变化可知,Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>都有提高绿豆产量作用,其中浸种处理效果最佳,Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>效果更好。

### 参考文献:

- [1] 房运喜,陈玉田,欧阳兆.怀远县土壤元素对主要农作物的影响[J].安徽农业科学,1997(1):70-72.
- [2] 金亚波,韦建玉,王军.植物铁营养研究进展I:生理生化[J].安徽农业科学,2007,35(32):10215-10219.
- [3] 杨玉爱.大豆植株中元素的含量与积累[J].浙江农业大学学报,1984,10(1):43-48.
- [4] 王芳,刘鹏,史锋,等.镁对大豆叶片细胞膜透性和保护酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(5):659-664.
- [5] 黄丽华.铜浸种对玉米幼苗生长的抗氧化酶的影响[J].种子,2006,25(11):63-65.
- [6] 翟征秋,孙会芳,张瑞华.重金属铬和铜对花生种子萌发和脂肪酶活性的影响[J].安徽农业科学,2009,37(1):70-71.
- [7] 胡筑兵,陈亚华,王桂萍,等.铜胁迫对玉米幼苗生长、叶绿素荧光参数和抗氧化酶活性的影响[J].植物学通报,2006,23(2):129-137.
- [8] 阎秋洁,古静燕,韩文君,等.不同浓度Cu<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup>、Zn<sup>2+</sup>胁迫对绿豆幼苗超氧化物歧化酶活性的影响[J].江苏农业科学,2009(5):98-100.
- [9] 章艺,刘鹏,史锋,等.高Fe<sup>2+</sup>对大豆叶片光合作用的影响[J].中国油料作物学报,2007,29(4):438-442.
- [10] 方旭燕,俞慧娜,刘鹏,等.Fe<sup>2+</sup>对大豆幼苗生理特性的影响[J].生态环境,2006,15(2):341-344.
- [11] 章艺,刘鹏,史锋,等.高铁胁迫对大豆叶片体内保护系统及膜脂过氧化的影响[J].中国油料作物学报,2004,26(2):65-68.
- [12] 梁杰,陈剑,尹智超,等.Cu<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>对绿豆干物质积累及产量的影响[J].作物杂志,2015(1):114-120.
- [13] 梁杰,陈剑,尹智超,等.CuSO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub>、FeSO<sub>4</sub>对绿豆N、P、K含量的影响[J].作物杂志,2016(2):151-158.
- [14] 郝建军,康宗利,于洋.植物生理学实验技术[M].北京:化学工业出版社,2007:101-160.

[15] 郝建军,卢环,黄春花,等.不同绿豆品种主要理化特性的比较[J].吉林农业科学,2013,38(3):19-21,42.

[16] 郝建军,黄春花,卢环,等.不同小豆品种抗旱生理指标比较的研究[J].辽宁农业科学,2012(5):21-25.

[17] 尹智超,卢环,秦萍,等.绿豆苗期对聚乙二醇模拟旱胁迫的生理响应[J].作物杂志,2014(1):109-115.

(责任编辑:王昱)



### 《东北农业科学》征订启事

《东北农业科学》(原《吉林农业科学》)是吉林省农业科学院主办的农业综合类学术期刊。本刊融学术性、技术性、信息性和知识性于一体,是理论与实践相结合、普及与提高并重的刊物。旨在报道最新农业科研成果、研究进展和科技动态,传播农业科学知识,推广农业新品种和新技术,介绍农业生产新经验等。辟有作物育种栽培、生物技术、土壤肥料、植物保护、畜牧兽医、园艺果树、农业经济和农产食品加工等栏目。

本刊是中国科技论文统计源期刊、中国期刊全文数据库全文收录期刊、中国核心期刊(遴选)数据库期刊、中文科技文献检索权威期刊、中国科学引文数据库来源期刊、中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)统计源期刊,2004年获全国优秀农业期刊奖,2006年获第五届全国农业期刊金犁奖学术类二等奖。

《东北农业科学》面向全国公开发行人,主要为各图书情报部门的中文期刊采购和读者需求服务,为广大农民朋友、农业科研人员、农业技术推广人员、农业生产管理者和农业院校师生服务。

《东北农业科学》为双月刊,逢双月25日出版,刊号:CN22-1376/S,大16开64页,每期定价8.00元,全年48.00元。邮发代号:12-71,全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者亦可随时向本刊编辑部订阅,不另收邮费。

电话:0431-87063151

E-mail:jlnykx@163.com   jlnykx@cjaas.com

通讯地址:吉林省长春市生态大街1363号《东北农业科学》编辑部

邮政编码:130033