

# 不同形态镁对‘早熟5号’大白菜产量及品质的影响

韩冬芳<sup>1,2,\*</sup>, 王德汉<sup>2</sup>, 黄培钊<sup>1</sup>, 段继贤<sup>1</sup>, 葛仁山<sup>1</sup>, 周伟莉<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>深圳市芭田生态工程股份有限公司, 广东深圳 518105; <sup>2</sup>华南农业大学资源环境学院, 广州 510642)

**摘要:** 采用盆栽试验, 研究复混肥中添加不同形态镁对大白菜产量及品质的影响。复混肥中分别添加硫酸镁 ( $\text{MgSO}_4$ )、氨基酸螯合镁 ( $\text{Mg-AA}$ ) 和 EDTA 螯合镁 ( $\text{Mg-EDTA}$ ), 设 4 个施镁水平, 即 1、3、5 和 7  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。结果表明, 与不施镁对照相比, 添加  $\text{Mg-EDTA}$  对提高大白菜的产量效果最佳, 施镁 7  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平时, 增产 46.6%; 添加  $\text{Mg-AA}$  对提高大白菜的品质最佳, 4 个施镁水平均可有效提高大白菜叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白质及维生素 C 的含量; 添加  $\text{MgSO}_4$  的处理, 施镁 5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  最好, 产量比对照增加 34.5%, 各项品质指标高于对照。

**关键词:** 大白菜; 不同形态镁; 产量; 品质

**中图分类号:** S 634.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2010) 10-1655-06

## Effects of Different Morphology Magnesium on Yield and Quality of ‘Zaoshu 5’ Chinese Cabbage

HAN Dong-fang<sup>1,2,\*</sup>, WANG De-han<sup>2</sup>, HUANG Pei-zhao<sup>1</sup>, DUAN Ji-xian<sup>1</sup>, GE Ren-shan<sup>1</sup>, and ZHOU Wei-li<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Shenzhen Batian Ecotypic Engineering Co., Ltd, Shenzhen, Guangdong 518105, China; <sup>2</sup>College of Nature Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** The pot experiment was carried out to evaluate the effects of supplement of compound fertilizer with different morphology magnesium on yield and quality of Chinese cabbage. Three kinds of morphology magnesium, magnesium sulfate ( $\text{MgSO}_4$ ), amino-acid chelated magnesium ( $\text{Mg-AA}$ ) or ethylenediamine tetra acetic acid disodium magnesium ( $\text{Mg-EDTA}$ ) was supplemented into the fertilizer with four levels of Mg application, namely 1, 3, 5 and 7  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . The supplement of  $\text{Mg-EDTA}$  can increase yield significantly by 46.6% with 7  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Mg application. The quality was improved greatly with the supplement of  $\text{Mg-AA}$  with increasing the content of chlorophyll, soluble sugar, soluble protein and vitamin C. The application of  $\text{MgSO}_4$  could increase the yield by 34.5% with 5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Mg application and keep relatively high quality.

**Key words:** Chinese cabbage; different morphology magnesium; yield; quality

镁素营养和镁肥应用一直是国际农学界所关心的热点问题。镁是作物生长发育不可缺少的营养

收稿日期: 2010-04-19; 修回日期: 2010-08-09

基金项目: 深圳市芭田生态工程股份有限公司博士后工作站资助项目

\* E-mail: dy200502@126.com

元素,当镁营养不足时,植物的叶绿素含量下降,叶片失绿,光合强度降低(刘厚诚等,2006);碳水化合物、脂肪、蛋白质的合成受阻,导致作物产量和品质的下降(Shaul,2002; Carmen et al.,2006; Liu et al.,2008)。随着氮、磷、钾三要素肥料的大量使用,植物缺镁现象在各地陆续出现。目前对于镁肥的研究,以叶面肥和单素土施为主,有关不同形态镁(无机态、氨基酸螯合态和 EDTA 螯合态)与大量元素按比例配制形成复混肥对农作物产量和品质影响的研究较少。本试验中采用盆栽方式,以‘早熟 5 号’大白菜为试材,研究了复混肥料中添加不同形态镁对大白菜产量及品质的影响,旨在为含镁复混肥在农业生产中的应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

大白菜(*Brassica pekinensis* L.)品种为‘早熟 5 号’(生长期 30~50 d 时收获幼苗,作为“小白菜”食用)。选用均匀一致的大白菜幼苗,每盆移栽 2 株,移栽 7 d 后穴施肥料,种植期间进行常规浇水和病虫害防治。每处理 3 个重复,每重复 4 盆。栽培试验于 2009 年 2 月 20 日至 2009 年 4 月 15 日在深圳芭田生态工程股份有限公司公明试验基地进行。

土壤为赤红壤,pH 5.3,水 7.8%,有机质 11.0 g·kg<sup>-1</sup>,有效氮 99.0 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷 15.4 mg·kg<sup>-1</sup>,有效钾 70.7 mg·kg<sup>-1</sup>,交换性镁 110.4 mg·kg<sup>-1</sup>,每盆装土 5 kg。

肥料养分 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 配比均为 15-6-8,分别添加硫酸镁(MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)、氨基酸螯合镁(Mg-AA)和 EDTA 螯合镁(Mg-EDTA),肥料中镁含量分别为 1 000、3 000、5 000 和 7 000 mg·kg<sup>-1</sup>,每盆穴施肥料 5 g,施镁量分别为 1、3、5 和 7 mg·kg<sup>-1</sup>;对照肥料不添加镁,N、P、K 配比相同。

### 1.2 测定项目及方法

土壤 pH 值采用电位测定法,有机质采用重铬酸钾容量法,有效氮采用碱解扩散法,有效磷采用碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法,有效钾和交换性镁采用乙酸铵提取火焰光度法(鲍士旦,2000)测定。

大白菜产量为去根后鲜样质量;叶片叶绿素含量采用丙酮提取法,可溶性糖含量采用蒽酮法测定,蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定(汤章城,1999);叶片维生素 C 含量的测定参照《GB/T 6195-86》,叶片中镁含量的测定参照《GB/T 5009.90-2003》。

试验数据采用 Microsoft Excel 和 SAS9.0 统计软件进行统计分析,LSD 法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同形态镁对大白菜产量的影响

从表 1 可以看出,添加 MgSO<sub>4</sub> 的处理,以施镁 5 mg·kg<sup>-1</sup> 最好,比未添加镁的对照增产 34.5%;添加 Mg-AA 的处理,大白菜产量是随着施镁水平的提高而提高,以 7 mg·kg<sup>-1</sup> 最好,比对照增产 26.5%;添加 Mg-EDTA 的处理,产量也是随着施镁水平的提高而提高,以 7 mg·kg<sup>-1</sup> 最好,比对照增产 46.6%。

从表 1 还可看出,施镁 1 mg·kg<sup>-1</sup> 时,MgSO<sub>4</sub> 增产 4.7%,Mg-AA 增产 1.1%,Mg-EDTA 增产 28.4%;施镁 3 mg·kg<sup>-1</sup> 时,MgSO<sub>4</sub> 增产 11.8%,Mg-AA 增产 2.0%,Mg-EDTA 增产 29.5%;施镁 5 mg·kg<sup>-1</sup> 时,MgSO<sub>4</sub> 增产 34.5%,Mg-AA 增产 3.8%,Mg-EDTA 增产 38.0%,以上 3 个施镁水平,

在施镁等量的情况下, 增产效果依次为  $\text{Mg-EDTA} > \text{MgSO}_4 > \text{Mg-AA}$ ; 施镁  $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,  $\text{MgSO}_4$  严重抑制了大白菜的生长, 产量急剧下降, 减产 40.2%,  $\text{Mg-AA}$  和  $\text{Mg-EDTA}$  均大幅提高了大白菜的产量。

## 2.2 不同形态镁对大白菜叶绿素含量的影响

从表 1 可以看出, 大量元素肥料中添加镁可有效增加大白菜叶片中叶绿素的含量, 各处理与对照间差异显著, 添加  $\text{MgSO}_4$  组中以施镁  $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平的叶绿素含量最高, 比对照增加 35.3%; 添加  $\text{Mg-AA}$  组中以  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平的叶绿素含量最高, 比对照增加 56.0%; 添加  $\text{Mg-EDTA}$  组中以  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平的叶绿素含量最高, 比对照增加 30.9%。

表 1 不同形态镁不同施镁水平对大白菜生长的影响

Table 1 Effect of different Mg level of different morphology on the growth of Chinese cabbage

处理 Treatment	施镁水平/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Mg level	每盆产量/g Yield	叶绿素/ ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ) Chlorophyll	可溶性糖/ ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DW}$ ) Soluble sugar	可溶性蛋白质/ ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ) Protein	维生素 C/ ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ) Vitamin C	镁/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW}$ ) Mg
Mg-0	0	$170.4 \pm 8.6 \text{ c}$	$0.573 \pm 0.041 \text{ d}$	$16.83 \pm 1.04 \text{ c}$	$5.02 \pm 0.80 \text{ d}$	$0.214 \pm 0.012 \text{ c}$	$1.50 \pm 0.15 \text{ e}$
$\text{MgSO}_4\text{-1}$	1	$178.4 \pm 9.2 \text{ c}$	$0.697 \pm 0.050 \text{ c}$	$17.38 \pm 1.14 \text{ bc}$	$6.52 \pm 0.62 \text{ c}$	$0.255 \pm 0.021 \text{ b}$	$2.09 \pm 0.13 \text{ d}$
$\text{MgSO}_4\text{-2}$	3	$190.5 \pm 8.9 \text{ c}$	$0.710 \pm 0.040 \text{ c}$	$17.50 \pm 1.10 \text{ b}$	$6.60 \pm 0.65 \text{ c}$	$0.268 \pm 0.013 \text{ a}$	$2.12 \pm 0.13 \text{ d}$
$\text{MgSO}_4\text{-3}$	5	$229.2 \pm 10.2 \text{ a}$	$0.775 \pm 0.039 \text{ b}$	$18.01 \pm 1.25 \text{ b}$	$7.26 \pm 0.76 \text{ b}$	$0.270 \pm 0.011 \text{ a}$	$2.84 \pm 0.18 \text{ c}$
$\text{MgSO}_4\text{-4}$	7	$101.9 \pm 11.0 \text{ d}$	$0.654 \pm 0.048 \text{ c}$	$16.70 \pm 1.07 \text{ c}$	$5.06 \pm 0.70 \text{ d}$	$0.221 \pm 0.009 \text{ c}$	$7.02 \pm 0.17 \text{ a}$
$\text{Mg-AA-1}$	1	$172.3 \pm 9.2 \text{ c}$	$0.894 \pm 0.036 \text{ a}$	$25.23 \pm 1.18 \text{ a}$	$8.35 \pm 0.58 \text{ a}$	$0.287 \pm 0.018 \text{ a}$	$1.64 \pm 0.12 \text{ e}$
$\text{Mg-AA-2}$	3	$173.8 \pm 8.7 \text{ c}$	$0.750 \pm 0.035 \text{ b}$	$24.23 \pm 1.10 \text{ a}$	$8.25 \pm 0.60 \text{ a}$	$0.280 \pm 0.020 \text{ a}$	$1.84 \pm 0.11 \text{ e}$
$\text{Mg-AA-3}$	5	$176.8 \pm 10.0 \text{ c}$	$0.742 \pm 0.045 \text{ b}$	$23.50 \pm 1.06 \text{ a}$	$7.85 \pm 0.86 \text{ a}$	$0.273 \pm 0.013 \text{ a}$	$3.83 \pm 0.19 \text{ b}$
$\text{Mg-AA-4}$	7	$215.5 \pm 9.6 \text{ b}$	$0.756 \pm 0.039 \text{ b}$	$23.68 \pm 1.14 \text{ a}$	$7.65 \pm 1.00 \text{ ab}$	$0.281 \pm 0.014 \text{ a}$	$2.23 \pm 0.18 \text{ d}$
$\text{Mg-EDTA-1}$	1	$218.8 \pm 8.6 \text{ b}$	$0.750 \pm 0.042 \text{ b}$	$18.25 \pm 0.98 \text{ b}$	$7.73 \pm 0.91 \text{ a}$	$0.229 \pm 0.010 \text{ c}$	$2.24 \pm 0.15 \text{ d}$
$\text{Mg-EDTA-2}$	3	$220.8 \pm 10.8 \text{ ab}$	$0.720 \pm 0.039 \text{ b}$	$18.45 \pm 0.95 \text{ b}$	$7.70 \pm 0.81 \text{ a}$	$0.227 \pm 0.013 \text{ c}$	$2.32 \pm 0.10 \text{ d}$
$\text{Mg-EDTA-3}$	5	$235.2 \pm 11.2 \text{ a}$	$0.656 \pm 0.037 \text{ c}$	$19.73 \pm 0.87 \text{ b}$	$6.35 \pm 0.84 \text{ c}$	$0.230 \pm 0.019 \text{ c}$	$2.66 \pm 0.20 \text{ c}$
$\text{Mg-EDTA-4}$	7	$249.7 \pm 10.5 \text{ a}$	$0.708 \pm 0.051 \text{ bc}$	$19.89 \pm 0.79 \text{ b}$	$6.55 \pm 0.72 \text{ bc}$	$0.231 \pm 0.011 \text{ c}$	$2.31 \pm 0.28 \text{ d}$

注: 同列不同字母表示在 0.05 水平上显著。

Note: Different letters in the same volume indicated the mean difference was significant at 0.05 level.

## 2.3 不同形态镁对大白菜品质的影响

肥料中添加 3 种不同形态的镁均能提高叶片中可溶性糖的含量, 添加  $\text{Mg-AA}$  组可溶性糖含量显著高于  $\text{Mg-EDTA}$  组和  $\text{MgSO}_4$  组 ( $P < 0.05$ ),  $\text{Mg-AA-1}$  可溶性糖含量最高, 比对照增加了 49.9%; 添加  $\text{Mg-EDTA}$  组可溶性糖含量略高于  $\text{MgSO}_4$  组 (表 1)。

添加  $\text{MgSO}_4$  组中施镁  $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平的可溶性蛋白含量最高, 比对照增加 44.6%; 添加  $\text{Mg-AA}$  组中  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平的含量最高, 比对照增加 66.3%; 添加  $\text{Mg-EDTA}$  组中  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平的含量最高, 比对照增加 53.9% (表 1)。

从表 1 可看出, 添加 3 种不同形态的镁均能不同程度提高大白菜叶片维生素 C 的含量, 添加  $\text{Mg-AA}$  组维生素 C 含量显著高于  $\text{Mg-EDTA}$  组 ( $P < 0.05$ ), 各添加镁处理中以  $\text{Mg-AA-1}$  维生素 C 含量最高, 比对照增加了 34.1%; 添加  $\text{MgSO}_4$  组中  $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平的维生素 C 的含量与对照相比显著增加了 26.2%。

## 2.4 不同形态镁对大白菜叶片镁含量的影响

与对照相比肥料中添加不同形态不同水平的镁可提高大白菜叶片中镁的含量。添加  $\text{MgSO}_4$  组中, 叶片中镁的含量随着施镁水平的增加而增大, 施镁  $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平时叶片中镁的含量增加到  $7.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 比对照增加 368.0%; 添加  $\text{Mg-AA}$  和  $\text{Mg-EDTA}$  组中, 叶片中镁含量的变化与  $\text{MgSO}_4$  组不同, 均是在  $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  水平时含量最高, 分别为  $3.83$  和  $2.66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 比对照增加 155.3% 和 77.3%, 施镁水平增加到  $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 两组叶片的镁含量分别为  $2.23$  和  $1.69 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 并未随着添加浓度的增大而增加 (表 1)。

从图 1 可看出, 大白菜叶片中镁含量在  $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  至  $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  是适宜的,  $\leq 2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  或  $\geq 4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 大白菜产量会降低。

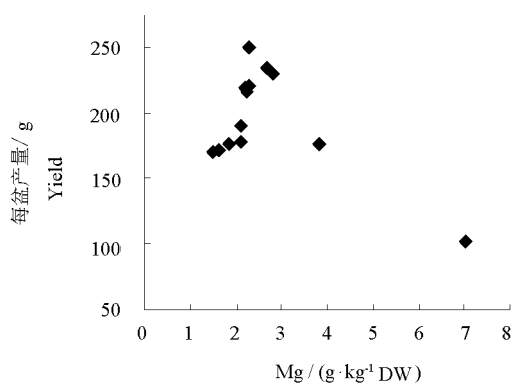


图 1 大白菜叶片中镁含量与产量的关系

Fig. 1 Relationship between Mg content of the leaf and biomass yield of Chinese cabbage

## 3 讨论

前人的研究表明, 单质硫酸镁用于叶面喷洒或直接施入土壤中, 对不同作物的增产效果不同。Majer (2004) 研究发现, 土壤可交换性镁为  $151.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 土施  $30 \sim 40 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  硫酸镁 ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 可明显提高葡萄的产量, 但叶面喷施对产量无影响。Vago 等 (2007) 研究发现, 土壤可交换性镁为  $103.0 \sim 127.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 叶面喷施 1% 的镁可显著提高苹果 (树龄 6 年) 的产量。Ei-kader 等 (2007) 研究表明, 土壤可交换性镁为  $108.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 土施硫酸镁 (施用量  $\text{MgO}$   $18 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ), 马铃薯可增产 306%。Singh 和 Pathak (2002) 对小麦的研究发现, 土壤中可交换性镁为  $204.0 \sim 214.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 土施硫酸镁 (施用量  $\text{Mg}$   $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) 可增产 16.8%。其它作物如甜菜、向日葵 (Uebel, 1999)、大豆 (Vrataric et al., 2006)、油菜 (Yang-yuen et al., 1999)、烟草 (徐畅 等, 2009) 等, 施镁肥均有增产效果。

本试验结果显示, 与对照相比适量添加不同形态镁均可明显提高大白菜的产量, 添加  $\text{Mg-EDTA}$  组的增产效果最佳。另外, Bolton (1973) 研究认为, 当土壤中可溶性镁含量达到  $50.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 对于大部分作物来讲, 镁素充足, 再施镁肥没有增产效果; Hailes 等 (1997) 对澳大利亚东北部地区 35 种土壤的研究表明, 当土壤可交换性镁低于  $25.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 施用硫酸镁可提高玉米产量 10% 左右。本试验中, 土壤可交换性镁含量为  $110.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 施用添加镁的复混肥后, 对大白菜仍有显著的增产效果。由此可见, 随着大量元素肥料施用的不断增加, 作物对镁营养从缺乏到适宜水平的临界值需作进一步的研究。

有关镁营养与作物维生素 C 含量关系的研究报道较少, 本试验结果显示, 添加镁可有效增加大

白菜叶片维生素 C 的含量, 添加 Mg-AA 组的效果最佳, 对提高大白菜的品质好于 MgSO<sub>4</sub> 组和 Mg-EDTA 组, 这可能是因为氨基酸螯合镁本身含有碳、氮等营养元素, 可被作物直接吸收利用, 在作物体内氨基酸作为配位体, 在无需光合作用的情况下直接参与机体的蛋白合成及碳代谢等过程。小麦及白菜上的试验也表明, 氨基酸螯合微肥可有效提高作物的品质 (刘德辉 等, 2005; 穆军 等, 2008)。

本试验结果还显示, 添加 MgSO<sub>4</sub> 组中, 叶片中镁的含量随着添加浓度的增大而增加, 施镁 7 mg·kg<sup>-1</sup> 时比对照增加 368.0%, 产量减少了 40.2%, 表明严重抑制了大白菜的生长; 而添加 Mg-AA 和 Mg-EDTA 组中, 叶片中的镁含量并未随着添加浓度的增大而增加, 但产量却随着添加浓度的增大而增加。这表明, 在大量元素肥料中添加 MgSO<sub>4</sub> 的最高限量值较小, 容易产生镁过量的肥害, 增产幅度也较小; 而添加 Mg-AA 和 Mg-EDTA 不易产生镁过量的肥害。这可能是因为, (1) 镁离子被封闭在螯合物的螯合环内, 避免了肥料和土壤中的二价离子的拮抗作用, 同时也改善了植物体对镁的吸收和利用; (2) 无机态镁元素被植物吸收后与螯合态镁元素的代谢途径和作用机理不同, 此推断还需进一步研究证实。

按照植物营养的分级标准, 植物镁含量  $\leq 2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  为缺乏,  $\geq 4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  为适宜 (何忠俊 等, 2009); 本试验表明, 大白菜叶片中镁含量  $\geq 4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 产量会降低。

本试验中研究了等施镁量情况下, 不同形态镁对大白菜产量及品质的影响, 有关硫、氨基酸和 EDTA 的影响有待进一步研究。

## References

- Bao Shi-dan. 2000. Soil and agricultural chemical analysis. Beijing: China Agriculture Press: 25 - 101. (in Chinese)
- 鲍士旦. 2000. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社: 25 - 101.
- Bolton J. 1973. Source of magnesium for sugar beet, potatoes and wheat grown on acid sandy soil at Woburn Beds. The Journal of Agricultural Science (Cambridge), 81: 553 - 555.
- Carmen B, Cornelius L, Hans-Günther H. 2006. Structural changes in the vascular bundles of light-exposed and shaded spruce needles suffering from Mg deficiency and ozone pollution. Journal of Plant Physiology, 163 (2): 195 - 205.
- Ei-kader A, Shafei A M, Youssef. 2007. Response of potato to potassium and magnesium fertilizers in sandy soils. Egyptian Journal of Soil Science, 47 (1): 1 - 8.
- Hailes K J, Aitken R L, Menzies N W. 1997. Magnesium in tropical and subtropical soils from north-eastern Australia II. Response by glasshouse-grown maize to applied magnesium. Australian Journal of Soil Research, 35: 629 - 641.
- He Zhong-jun, Ma Qing, Zeng Bo. 2009. Effects of Mg fertilization on growth, nutrient absorption and total saponins content of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 15 (4): 960 - 964. (in Chinese)
- 何忠俊, 马青, 曾波. 2009. 镁对滇重楼生长、养分吸收和总皂甙含量的影响. 植物营养与肥料学报, 15 (4): 960 - 964.
- Liu De-hui, Zhao Hai-yan, Zheng Xiu-ren. 2005. Effect of amino acid chelated microelement fertilizer on yields and qualities of wheat and rice. Journal of Nanjing Agricultural University, 28 (2): 55 - 58. (in Chinese)
- 刘德辉, 赵海燕, 郑秀仁. 2005. 氨基酸螯合微肥对小麦和后作水稻产量及品质的影响. 南京农业大学学报, 28 (2): 55 - 58.
- Liu Hou-cheng, Chen Xi-ming, Chen Ri-yuan, Song Shi-wei, Sun Guang-wen. 2006. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis characteristic of flowering Chinese cabbage. Acta Horticulturae Sinica, 33 (2): 311 - 316. (in Chinese)
- 刘厚诚, 陈细明, 陈日远, 宋世威, 孙光闻. 2006. 缺镁对菜薹光合作用特性的影响. 园艺学报, 33 (2): 311 - 316.
- Liu Xiaobing, Jin Jian, Wang Guanghua. 2008. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. Field Crops Research, 105 (3): 157 - 171.
- Majer L. 2004. Magnesium supply of the vineyards in the Balaton-Highland. Acta Horticulturae, 652: 175 - 182.

- Mu Jun, Hu Shi-bin, Wang Yong-ke. 2008. Preparing fertilizers of amino acid chelate micro element from pig hoof nail and its effect on growth of pakchoi. Transactions of the CSAE, 24 (7): 185 - 187. (in Chinese)
- 穆 军, 呼世斌, 王永科. 2008. 猪蹄甲制备氨基酸螯合微肥及其对小白菜生长的影响. 农业工程学报, 24 (7): 185 - 187.
- Shaul Q. 2002. Magnesium transport and function in plants: The tip of the iceberg. Biometal, 15: 309 - 323.
- Singh R N, Pathak R K. 2002. Effect of potassium and magnesium on yield, their uptake and quality characteristics of wheat (*Triticum aestivum*). Journal of the Indian Society of Soil Science, 50 (2): 181 - 185.
- Tang Zhang-cheng. 1999. The guidebook of modern plant physiology experiment. Beijing: Science Press: 95 - 140. (in Chinese)
- 汤章城. 1999. 现代植物生理学试验指南. 北京: 科学出版社: 95 - 140.
- Uebel E. 1999. Yield and quality increase by magnesium fertilization-result of field experiment in some European countries. Savremena Poljoprivreda, 5: 47 - 53.
- Vago I, Kovacs A B, Nagy P T. 2007. Effects of boron, calcium and magnesium foliar fertilization on apple (*Malus domestica*) yields. Cereal Research Communications, 35 (2): 1261 - 1264.
- Vrataric M, Sudaric A, Kovacevic V. 2006. Response of soybean to foliar fertilization with magnesium sulfate (epsom salt). Cereal Research Communications, 34 (1): 709 - 712.
- Xu Chang, Chen Zu-fu, Gao Ming. 2009. Effects of magnesium nutrition on growth and nutrient absorption of flue-cured tobacco. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 15 (1): 191 - 196. (in Chinese)
- 徐 畅, 陈祖富, 高 明. 2009. 供镁水平对烤烟生长及养分吸收的影响. 植物营养与肥料学报, 15 (1): 191 - 196.
- Yang-yuen P, Tlustos J, Balik J, Vanek V. 1999. Effect of magnesium and nitrogen foliar fertilisers on oilseed rape. Rostlinna Vyroba, 45 (7): 299 - 303.

## 欢迎订阅 2011 年《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种、耕作栽培·生理生化、植物保护、土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境、园艺、园林、贮藏·保鲜·加工、畜牧·兽医等栏目。读者对象是国内外农业科研院(所)、农业大专院校的科研、教学人员。

《中国农业科学》中文版 2010 年 1 月起改为半月刊, 将有更多最新农业科研成果通过《中国农业科学》及时报道。大 16 开, 每月 1、16 日出版, 国内外公开发行。每期 224 页, 定价 49.50 元, 全年定价 1188.00 元, 国内统一刊号: CN11-1328/S, 国际标准刊号: ISSN0578-1752, 邮发代号: 2-138, 国外代号: BM43。

《中国农业科学》英文版(Agricultural Sciences in China) 2002 年创刊, 2006 年 1 月起正式与国际著名出版集团 Elsevier 合作, 海外发行由 Elsevier 全面代理, 全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行。2010 年 1 月起英文版页码增至 160 页。2010 年 Agricultural Sciences in China 被 SCIE 收录。大 16 开, 每月 20 日出版, 国内外公开发行。每期 160 页, 国内订价 36.00 元, 全年 432.00 元, 国内统一刊号: CN11-4720/S, 国际标准刊号: ISSN1671-2927, 邮发代号: 2-851, 国外代号: 1591M。

邮编: 100081; 地址: 北京 中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

电话: 010-82109808, 82106279, 82106283, 82106282, 传真: 010-82106247

网址: www.ChinaAgriSci.com E-mail: zgnykx@mail.caas.net.cn