

KHCO₃ 和 NaHSO₃ 对大豆幼苗光合速率的影响

王 晗, 于 洋, 郝建军

(沈阳农业大学生物科学技术学院, 辽宁 沈阳, 110161)

摘 要:大气中 CO₂ 浓度低是 C₃ 植物光合作用的主要限制因子,也是阻碍作物产量进一步提高的原因之一。针对目前还难以控制田间 CO₂ 浓度的问题,采用在大豆幼苗叶片上喷施碳酸氢钾(KHCO₃)的方法,同时用亚硫酸氢钠(NaHSO₃)适当的抑制大豆的光呼吸,来提高 CO₂ 浓度进而提高光合速率。目的是找到 KHCO₃ 和 NaHSO₃ 促进大豆幼苗光合速率的最佳浓度。结果表明:KHCO₃ 中的 HCO₃⁻ 可以作为碳源补充空气中 CO₂ 的不足,1 500 mg·L⁻¹ KHCO₃ 对大豆幼苗的光合速率有显著的促进作用,其作用可持续 7 d 左右。650 mg·L⁻¹ NaHSO₃ 也可显著的提高大豆幼苗的光合速率,其作用也可持续 7 d 左右。

关键词:KHCO₃; NaHSO₃; 光合速率; 大豆幼苗

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2008)03-0546-05

Effect of KHCO₃ and NaHSO₃ on Photosynthetic Rate of Soybean Seedlings

WANG Han, YU Yang, HAO Jian-jun

(College of Biological Science and Technology, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning, China)

Abstract: The low concentration of CO₂ in atmosphere is main factor restricting photosynthesis of C₃ plants, and is also one of the reasons hindering further improvement of crop yields. To resolve the problem that the concentration of CO₂ was hard to control in fields, KHCO₃ was sprayed on soybean leaves and NaHSO₃ was used to restrain photorespiration at the same time, so as to find the best application amount of KHCO₃ and NaHSO₃ to increase photosynthetic rate of soybean seedlings. Results showed that HCO₃⁻ in KHCO₃ as carbon fountain could supplement the lack of CO₂ in atmosphere, KHCO₃ at the concentration of 1 500 mg·L⁻¹, or NaHSO₃ at the concentration of 650 mg·L⁻¹, all could notably improve the photosynthetic rate of soybean seedlings, and this function could sustain for 7 days.

Key words: KHCO₃; NaHSO₃; Photosynthetic rate; Soybean seedlings

植物进行光合作用的碳源 CO₂, 主要是从空气中获得。空气中 CO₂ 的浓度是百分之零点三多一点,而使 C₃ 植物在强光下的光合速率达到最高值所需要的 CO₂ 浓度常常是它的几倍,所以空气中 CO₂ 浓度低,几乎经常是 C₃ 植物光合作用的限制因子^[1]。因此,增加空气中的 CO₂ 浓度,作物的光合速率以及产量均会提高,但大田作物田间的 CO₂ 浓度目前还很难人工控制。一些研究以茄子^[2]、水稻^[3]、黄瓜^[4] 幼苗为试材,在其叶面喷施 KHCO₃,旨在用渗入叶内的 HCO₃⁻ 来补充空气中 CO₂ 的不足,从而提高了光合速率,为解决大田作物田间 CO₂ 浓度的人工控制问题做了一些探索性的研究。周广业

等^[5] 研究发现,在水稻和棉花上喷洒低浓度的 NaHSO₃,净光合速率增加,有时也能提高作物产量。研究以大豆为试材,在其幼苗叶面喷施 KHCO₃ 和 NaHSO₃,旨在找到 KHCO₃ 和 NaHSO₃ 促进大豆幼苗光合速率的最佳浓度,为应用 KHCO₃ 和 NaHSO₃ 提高大豆光合速率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以铁丰 31 大豆种子为试材进行育苗,先将种子洗净,然后均匀平铺在大培养皿(顶部及底部放两层湿纱布)中浸泡,于恒温培养箱中催芽,控制温度 25℃,2 d 后取出,选取幼芽长势一致的种子,种于

收稿日期:2007-10-15

基金项目:辽宁省教育厅科学技术研究项目(2004A011)。

作者简介:王晗(1980-),女,硕士,研究方向为植物光合作用。E-mail:han1359135@163.com。

通讯作者:郝建军,教授。E-mail:haojianjun106@126.com。

多孔苗盘中,置于温室大棚进行培养,当大豆幼苗长至第一对真叶展开时,将苗盘分割,移植到较大的花盆中培养。

1.2 试验设计

KHCO_3 处理设定了 0、500、750、1 000、1 250、1 500、1 750 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 7 个浓度,分别用 CK, K1, K2, K3, K4, K5, K6 表示; NaHSO_3 处理设定了 0、150、400、650、900、1 150、1 400 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 7 个浓度,分别用 CK, Na1, Na2, Na3, Na4, Na5, Na6 表示。CK 为对照(喷施去离子水),各个浓度单独喷施。每个处理选取长势一致的 5 株大豆幼苗作为重复。当大豆幼苗叶片第一对真叶及第一、第二片复叶完全展开时,用手压式喷雾器分别对其正反两面进行喷施,使溶液在叶片表面形成均匀且细密的分布。处理时间为上午 8 点左右。

1.3 测定方法

以大豆的第一对真叶及第一、第二片复叶用 CIRAS 便携式光合系统测定光合速率。在处理后的第 2 天开始测定,连续测定 7 d。

2 结果与分析

2.1 KHCO_3 对大豆幼苗光合速率的影响

2.1.1 KHCO_3 对大豆幼苗第一对真叶光合速率的影响

由图 1 可以看出,CK 的光合速率在处理后的 7 d 内呈上升趋势,第 7 天达到最大值。各 K 处理在处理后的第 1 天到第 6 天光合速率始终是呈上升趋势,第 6 天光合速率出现最大值,但在最后 1 天光合速率有所下降。

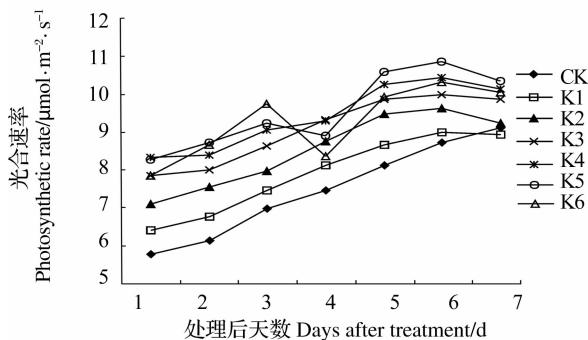


图 1 KHCO_3 对大豆幼苗第一片真叶光合速率的影响

Fig. 1 Effect of different concentration of KHCO_3 on photosynthetic rate of the first true leaf of soybean

由图 2 可以看出,各处理对大豆幼苗第二片真叶的影响相似。第 7 天各处理的光合速率均下降,

K1、K2 低于 CK。K3、K4、K6 高于 CK。K5 在其处理后的几天内光合速率始终高于其他处理。

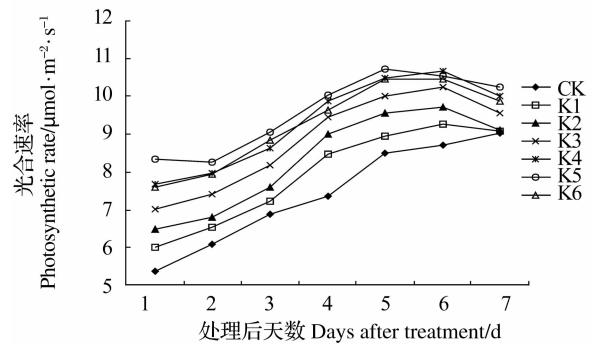


图 2 KHCO_3 对大豆幼苗第二片真叶光合速率的影响

Fig. 2 Effect of different concentration of KHCO_3 on photosynthetic rate of the second true leaf of soybean

2.1.2 KHCO_3 对大豆幼苗第一、第二片复叶光合速率的影响

从图 3 可见,CK 在处理后的 7 d 内光合速率是逐渐升高的,第 7 天达到最大值。各 K 处理可将大豆幼苗第一片复叶的光合速率不同程度的升高。K1、K2、K3、K4 和 K6 的光合速率曲线大致相同,光合速率逐渐上升,光合速率的最大值出现在第 6 天,分别比 CK 提高了 6.85%、10.05%、15.58%、20.77%、18.9%。第 7 天, K1、K2、K3 对光合速率的促进作用变小, K4 和 K6 的光合速率下降,但仍然高于 CK。K5 在第 1 天的光合速率为 $8.68 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,比 CK 高 56.35%;在第 6 天光合速率达到最大值 $11.02 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,其提高光合速率的作用最强。

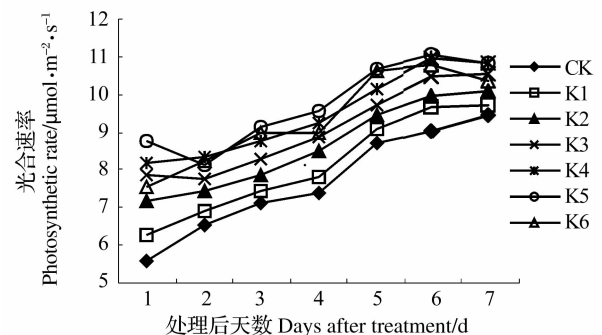
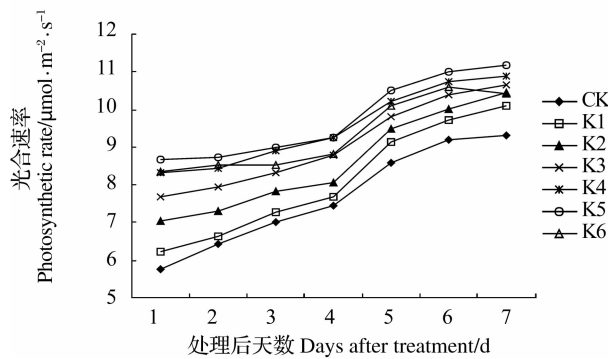


图 3 KHCO_3 对大豆幼苗第一片复叶光合速率的影响

Fig. 3 Effect of different concentration of KHCO_3 on photosynthetic rate of the first compound leaf of soybean

由图 4 可见,CK 的光合速率是逐渐升高的,到第 7 天达到最大值。K1、K2、K3、K4 的规律性与 CK 相似,也是在第 7 天出现最大值,但均高于 CK。K6

图4 KHCO_3 对大豆幼苗第二片复叶光合速率的影响Fig. 4 Effect of different concentration of KHCO_3 on

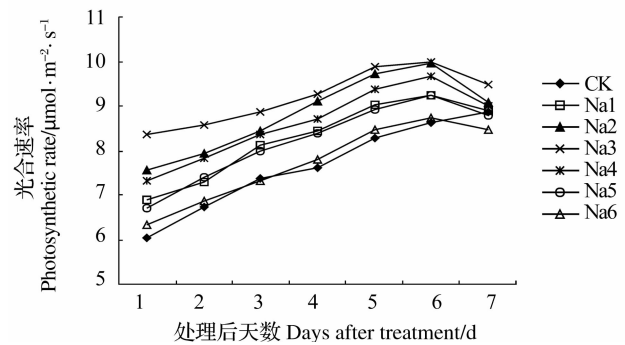
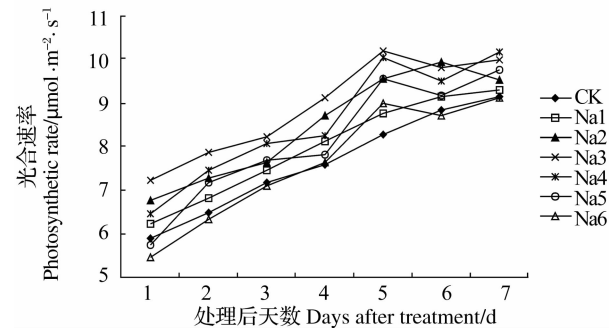
photosynthetic rate of the second compound leaf of soybean

光合速率也是逐渐上升的,其最大值出现在第6天,第7天光合速率下降。对大豆幼苗第二片复叶的光合速率促进最显著的是K5,其在处理后前4天中光合速率增幅比较小,而从第5天起,光合速率增长呈上升趋势,为CK的20.97%,光合速率在第7天出现最大值,为 $11.17 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,7 d内对光合速率的提高幅度平均为23.25%。

2.2 NaHSO_3 对大豆幼苗光合速率的影响

2.2.1 NaHSO_3 对大豆幼苗第一对真叶光合速率的影响 由图5可以看出,CK的光合速率在叶片全展开后的7 d中呈逐渐上升的趋势。而各Na处理均使叶片的光合速率不同程度的提高。Na1、Na2在处理后的第1天就提高了光合速率,第6天达到最大值,第7天光合速率下降。Na4、Na5在处理后几天内光合速率提高的幅度逐渐变小,到第6天也达到了最大值,第7天的光合速率降至与CK相接近;Na6在第7天光合速率小于CK,光合速率受到了非常明显的抑制,抑制的最大幅度为6.73%。Na3的效果很明显,Na3在处理24 h后,即可将光合速率提高38.02%,第6天出现最大光合速率为 $9.98 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,第7 d光合速率迅速下降。

由图6可以看出,大豆幼苗第二片真叶CK的光合速率在叶片完全展开后的7 d呈现逐渐上升的趋势,并且在第7天光合速率达到最大值。Na1、Na2、Na3在处理后的7 d也呈上升趋势,第1天分别相对CK提高5.6%、15.11%、22.75%,第7天分别相对CK提高1.74%、4.15%、9.28%。Na6在处理后的3 d内光合速率相对于CK有所下降,只有在第4、第5天光合速率高于CK。Na3光合速率的提高非常显著,其光合速率最大值出现在第5天,这种作用可维持6 d左右。

图5 NaHSO_3 对大豆幼苗第一片真叶光合速率的影响Fig. 5 Effect of different concentration of NaHSO_3 on photosynthetic rate of the first true leaf of soybean图6 NaHSO_3 对大豆幼苗第二片真叶光合速率的影响Fig. 6 Effect of different concentration of NaHSO_3 on

photosynthetic rate of the second true leaf of soybean

2.2.2 NaHSO_3 对大豆幼苗第一片复叶光合速率的影响 由图7可以看出,第一片复叶CK的光合速率在7 d内升高幅度比较大,第1天的光合速率达到 $5.59 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 而第7天为 $9.37 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。Na1、Na2在第1天相对CK光合速率分别提高了10.55%、23.97%,第7天光合速率达最大值。Na3在处理后的几天内光合速率始终高于其他处理。Na4、Na5的光合速率相对Na3降低,但是高于CK。Na6在第1、第2天光合速率略高于CK,第3天已接近CK水平。Na6在处理后的第4天光合速率比CK低,以后均接近于CK。

2.2.3 NaHSO_3 对大豆幼苗第二片复叶光合速率的影响 由图8可看出:随着大豆幼苗叶片的不断生长,CK的光合速率不断上升,在第7天达到最大值。Na1第二片复叶的光合速率变化趋势与第一片复叶相似,在处理后的第1天光合速率比CK提高14%,在处理后的第7天Na1的光合速率上升到7d内的最高值,光合速率比CK提高2.8%。Na2的光合速率在处理后的第1、第2天显著高于Na1的光合速率。

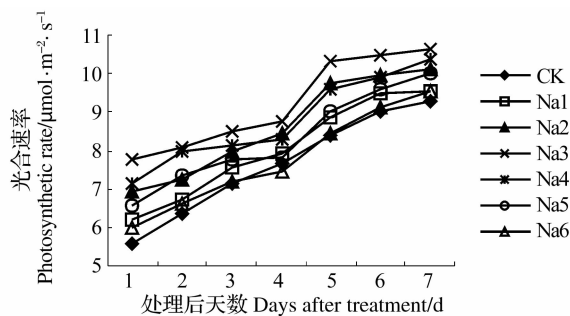


图7 NaHSO_3 对大豆幼苗第一片复叶光合速率的影响

Fig. 7 Effect of different concentration of NaHSO_3 on

photosynthetic rate of the first compound leaf of soybean

率,分别比 Na1 提高了 12.91%、7.31%。Na4、Na5 光合速率相对 Na3 减小,但仍高于 CK。Na6 的光合速率在处理前 2 d 低于 CK,比 CK 分别降低了 1.1%、3.5%,随后光合速率缓慢上升,略高于 CK;第 5、第 6 天 Na6 的光合速率与 CK 持平。Na3 在测定的 7d 内始终高于 CK,第 1 天的光合速率明显高于 CK,比 CK 增加了 42.73%,第 7 天达到最大值。

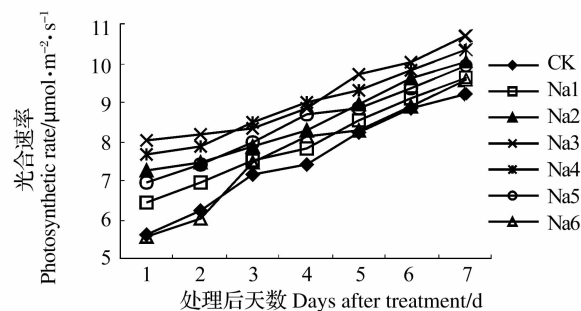


图8 NaHSO_3 对大豆幼苗第二片复叶光合速率的影响

Fig. 8 Effect of different concentration of NaHSO_3 on

photosynthetic rate of the second compound leaf of soybean

3 讨论

使用 KHCO_3 可显著提高大豆幼苗的光合速率的原因:一是 HCO_3^- 可作为光合作用的底物参与碳同化循环;二是叶绿体中 CO_2 浓度相应升高, CO_2/O_2 值升高, Rubisco 羧化活性提高。大豆幼苗光呼吸显著,其生化过程始于 Rubisco 的加氧反应,加氧活性的大小又取决于叶绿体中 CO_2/O_2 值。施用 HCO_3^- 使该值升高,从而抑制了光呼吸。大量的研究表明,在一些 C_3 植物中存在 C_4 途径^[6],那么外施 HCO_3^- 就可作为 C_3 植物中 PEPCase 的底物,使 C_4 途径运转,其作用对提高光合速率有一定贡献。

钾在植物生长中是必须元素中需求最大的金属元素,它可以维持细胞正常的渗透势,促进酶的活

化,促进有机物的合成。对植物幼苗施钾,有利于提高和改善植物相应的生理功能,在提高光合速率方面也有一定贡献。

低浓度的 NaHSO_3 处理叶片可以较长期地提高光合速率^[7], NaHSO_3 处理叶片提高其光合速率的原因可能主要就是它促进了光合磷酸化,增加了 ATP 供应的缘故^[8]。对光合作用的时间效应,在促进光合速率的有效浓度范围内,一般低浓度的光合速率的提高效应表现的早,持续时间短,而高浓度对光合速率的提高效应表现晚,持续时间长。张树芹^[9]于小麦开花后(灌浆期)喷施 NaHSO_3 ($200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),能有效地提高净光合速率,抑制光呼吸。试验结果表明,低浓度的 NaHSO_3 能够提高光合速率。

4 结论

在大豆幼苗叶面喷施 KHCO_3 起到补充大气中 CO_2 不足的作用,达到了提高光合效率的目的。不同 KHCO_3 处理对不同叶位的叶片光合速率影响不同,但均表现出促进作用,其中 K5 ($1500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 对光合速率的提高幅度最大,使光合速率增长的时间持续在 7 d 左右,是最佳作用浓度。Na3 ($650 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHSO}_3$) 是促进大豆幼苗光合速率的最佳浓度,使光合速率增长的时间持续在 7 d 左右。

参考文献

- [1] 蔡时青,许大全. 大豆叶片 CO_2 补偿点和光呼吸的关系[J]. 植物生理学报,2000,26(6):545-550. (Cai S Q, Xu D Q. Relationship between the CO_2 compensation point and photorespiration in soybean leaves[J]. Acta Phytophysiologica Sinica, 2000, 26(6): 545-550.)
- [2] 李颖畅,郝建军,于洋,等. 碳酸氢钾和亚硫酸氢钠对茄子幼苗光合作用的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(4):508-511. (Li Y C, Hao J J, YU Y, et al. Effect of KHCO_3 and NaHSO_3 on photosynthesis of eggplant seedling[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2007, 38(4): 508-511.)
- [3] 张丽颖,于洋,郝建军. KHCO_3 对水稻幼苗光合速率的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(4):1009-1010. (Zhang L Y, Yu Y, Hao J J. Influence of KHCO_3 on photosynthesis rate of rice seedling[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(4): 1009-1010.)
- [4] 邢亚南,郑阳,郝建军,等. 不同浓度碳酸氢钾对黄瓜幼苗光合作用的影响[J]. 安徽农业科学,2006,34(3):421-423. (Xing Y N, Zheng Y, Hao J J, et al. Influence of KHCO_3 on the cucumber sprout and photosynthesis[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(3): 421-423.)
- [5] 周广业,王宏凯. 光呼吸抑制剂亚硫酸氢钠的增产效果研究

- [J]. 土壤肥料, 2000(6): 35-38 (Zhou G Y, Wang H K. Research on the yield increasing effect of photorespiration inhibitor NaHSO_3 [J]. Soil and Fertilizer, 2000(6): 35-38.)
- [6] 李卫华, 卢庆陶, 郝乃斌, 等. 大豆叶片 C_4 循环途径酶[J]. 植物学报, 2001, 43(8): 805-808. (Li W H, Lu Q T, Hao N B, et al. C_4 pathway enzymes in soybean leaves[J]. Acta Botanica Sinica, 2001, 43(8): 805-808.)
- [7] 沈允钢, 李德耀, 魏家绵, 等. 改进干重法测定光合作用的应用研究[J]. 植物生理学通讯, 1980, 2(13): 37-41. (Shen Y G, Li D Y, Wei J M, et al. Application of improved dry weight method for determining photosynthetic rate[J]. Plant Physiology Communications, 1980, 2(13): 37-41.)
- [8] 王宏伟, 魏家绵, 沈允钢. 喷洒低浓度亚硫酸氢钠可促进小麦叶片光合磷酸化和光合作用[J]. 科学通报, 2000, 45(4): 394-398. (Wang H W, Wei J M, Shen Y G. Application of low concentration of NaHSO_3 improved photophosphorylation and photosynthesis of wheat [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(4): 394-398.)
- [9] 张树芹, 王宪泽, 赵士杰, 等. NaHSO_3 对小麦光合速率、光呼吸及籽粒氨基酸组成的影响[J]. 麦类作物学报, 1999, 19(1): 44-46. (Zhang S Q, Wang X Z, Zhao S J, et al. Effect of NaHSO_3 on photosynthetic rate, photorespiration and seed amino acid components of wheat [J]. Journal of Triticeae Crops, 1999, 19(1): 44-46.)



第八届世界大豆研究大会将在北京召开

由中国农业科学院和中国作物学会联合主办、中国农业科学院作物科学研究所承办的第八届世界大豆研究大会将于 2009 年 8 月 10 ~ 15 日在北京召开。本次大会的主题是“描绘全球大豆产业蓝图, 保障安全供给与可持续发展”, 学术议题包括大豆种质资源、遗传育种、分子生物学与生物技术、生理与生产、作物保护、储藏与加工、产品与应用、供求与贸易等。

大会将充分宣传和展示我国在大豆科研和产业发展方面的成就, 加深我国大豆科技工作者和产业界人士对世界大豆科研进展的了解, 促进中外大豆科技信息交流, 加快国外大豆种质资源和技术的引进, 提高我国大豆生产能力和产品的国际竞争力; 为决策部门借鉴其他国家的成功经验, 进一步调整大豆产业的相关政策, 推动我国大豆产业的发展提供依据。大会除开展学术交流外, 还将附设大豆新技术、新产品展览。

第八届世界大豆研究大会组委会热忱欢迎国内外大豆专家和企业界人士积极参会。

大会组委会秘书处联系方式如下:

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

邮 编: 100081

电 话: 010 - 62142730

传 真: 010 - 62142730

大会网站: www.wsrc2009.cn

电子邮箱: wsrc2009@caas.net.cn