

## 不同施氮水平下玉米冠层光谱反射特征分析

孙红, 李民赞\*, 张彦娥, 赵勇, 王海华

中国农业大学, 教育部重点实验室精细农业中心, 北京 100083

**摘要** 通过田间试验研究了玉米不同生长期冠层光谱反射率的变化特征, 分析了不同施氮水平下可见光区冠层光谱反射率的差异。研究表明: 受作物群体光和能力的影响, 玉米可见光区冠层反射光谱在拔节期达最高点, 随后持续降低; 近红外区, 苗期反射率最低, 在拔节期达最高点, 喇叭口期有所降低而在开花吐丝期得到回升, 进入灌浆期后又下降。不同施氮水平下, 拔节期随施氮水平的增加, 叶绿素的强吸收带(430~450和640~660 nm)玉米冠层反射曲线呈下降排列, 但在550 nm附近反射率 $R_{正常} > R_{偏低} > R_{偏高}$ ; 喇叭口期偏低施氮区的冠层反射率在可见光区明显高于其它施氮水平, 且偏高和正常施氮区域内光谱反射强度基本相同, 显示过量施肥并不会促进作物生长。分析玉米生长期不同施氮水平下光谱反射率的差异, 对监测玉米生长状况, 指导田间施肥具有重要的现实意义。

**关键词** 玉米; 光谱特征; 施氮; 红边

**中图分类号**: O657.3; S15

**文献标识码**: A

**DOI**: 10.3964/j.issn.1000-0593(2010)03-0715-05

### 引言

光谱技术作为探测和获取作物营养状态和长势信息的有效手段, 可以为遥感监测作物长势<sup>[1-4]</sup>, 作物分类和精细施肥提供理论基础和指导。利用植物营养状况与光谱特性的密切相关性, 科研工作者对大田作物展开了一系列的研究。1972年Thomas等发现甜椒叶片含氮量与550~675 nm波长间叶片的反射系数高度相关, 实际含量与所预测的含氮量误差小于7%, 说明植物光谱分析有可能快速、简便、较精确、非破坏性地监测植物氮素营养<sup>[5]</sup>。Al-Abbas等研究了玉米在不同营养(N, P, K, Ca, Mg, S)胁迫下, 不同叶位叶片的光谱特性, 认为缺氮时叶绿素含量最低, 光谱反射率的差异主要在530 nm<sup>[6]</sup>。随后Hinzman等研究了小麦氮素营养状况对冠层光谱特性的影响, 并探讨了利用叶绿素计和冠层光谱来判断小麦氮素状况的可行性<sup>[7]</sup>。我国学者也进行了大量的相关研究, 利用水稻、小麦、玉米等大田作物<sup>[8-18]</sup>的不同品种、生育期和施氮水平的光谱特征分别对作物叶绿素含量、氮素水平、叶面积指数和地上生物量等农学参数进行了深入的研究。此外学者利用光谱技术也针对尖椒、油菜等多种作物进行了叶绿素含量的检测研究<sup>[19]</sup>。由于作物品种多、变异大等原因基于光谱分析技术的作物光谱信息仍需不断研

究, 为田间作业提供支持。

本研究旨在针对不同施氮水平下玉米各生长期的冠层光谱反射率和叶片叶绿素含量进行分析, 探讨玉米不同生长期冠层光谱反射率的变化特征, 研究不同施氮水平下可见光区冠层光谱反射率的差异以及不同施氮水平下红边拐点波长位置变化趋势。为玉米叶片叶绿素含量检测提供信息基础, 以及为田间变量施肥作业提供指导依据。

### 1 材料与方 法

试验于2008年4~7月在中国农业大学上庄实验站进行。试验品种采用中国农业大学培育的农大108号玉米, 于2008年4月25~27日施肥、播种。试验区域设偏低(Low)、正常(Normal)和偏高(High)3个施氮水平, 分别为有机肥3000, 4500和5250 kg·hm<sup>-2</sup>; 复合肥各750 kg·hm<sup>-2</sup>; 尿素300, 375和450 kg·hm<sup>-2</sup>。玉米于5月9日出苗, 并于玉米生长苗期(G1)、拔节期(G2)、喇叭口期(G3)、开花吐丝期(G4)和灌浆期(G5)分别进行冠层光谱数据采集和叶绿素含量的检测。

#### (1) 光谱数据的采集

玉米冠层反射光谱用美国ASD FieldSpec HH光谱辐射仪(Analytical Spectral Devices, Inc., USA)进行采集, 其测

收稿日期: 2009-03-02, 修订日期: 2009-06-06

基金项目: 国家(863计划)项目(2007AA10Z207)和国家自然科学基金项目(30871453)资助

作者简介: 孙红, 女, 1980年生, 中国农业大学信息与电气工程学院博士生 e-mail: honger102@163.com

\* 通讯联系人 e-mail: limz@cau.edu.cn

量波长范围为 325~1 075 nm, 光谱分辨率 1 nm。试验选择晴朗无云或少云的天气, 于上午 10~12 时采集田间玉米生长期冠层叶片反射光谱。光谱仪探头垂直向下, 距玉米叶片冠层 30 cm 左右, 每次采集目标光谱前后进行参考板校正, 每点反复测量 3 次, 取平均值作为该小区光谱测量结果。

## (2) 叶绿素的测定

玉米叶片叶绿素含量的测定采用分光光度法, 每次实验采集田间测完光谱的叶片, 装密封袋带回实验室, 于当日 15~17 时进行测定。叶片去除主茎, 剪碎、混匀, 称取 0.4g 用 99% 丙酮和无水乙醇 2:1 混合液 25 mL 浸泡 24 h, 浸泡过程中摇动 3 次, 以加速叶绿素的提取。取萃取液用分光光度计分别于 645 和 663 nm 处测定吸光度值<sup>[20]</sup>, 利用公式(1)计算叶绿素 a、叶绿素 b 值, 将  $c_a$  和  $c_b$  相加即得叶绿素总量  $c_T$

$$\begin{aligned} c_a &= 12.72 A_{663} - 2.59 A_{645} \\ c_b &= 22.88 A_{645} - 4.67 A_{663} \end{aligned} \quad (1)$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 玉米生长期叶绿素变化特征

随着玉米生长期由苗期至灌浆期的推进, 叶绿素含量整体呈先上升后下降继而再上升的趋势, 由苗期  $35.86 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  上升至拔节期达  $38.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 进入喇叭口期降低至  $33.79 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 随后增加直至灌浆期为  $43.46 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。灌浆期之后进入成熟后期, 由于玉米叶片逐渐变黄其叶绿素含量也将急剧降低。上述变化趋势与通常作物叶绿素含量由苗期至乳熟期呈上升趋势有所不同, 分析喇叭口期玉米叶片叶绿素含量降低原因发现, 玉米在喇叭口期受外界持续高温、干旱环境因素的影响, 绿色作物叶片吸收的光强超过了光合作用的饱和光强, 产生光合作用的光抑制现象, 从而导致叶片叶绿素降解, 出现了叶绿素含量的衰减现象<sup>[21]</sup>。针对玉米的不同施氮水平进行分析结果表明, 相同生长期内随着施氮水平的提高叶片叶绿素含量也相应提高。

### 2.2 玉米生长期冠层反射光谱变化特征

图 1 所示为相同施氮水平下玉米生长期冠层反射光谱曲线, 其中图 1(a) 为可见光区 (400~700 nm) 曲线, 图 1(b) 为近红外区 (700~1 000 nm) 光谱曲线。总体而言, 玉米冠层反射率在可见光区较低, 近红外区较高, 其各个生育期光谱曲线趋势表现一致。由于叶绿素的绿色强反射, 在 550 nm 附近形成反射峰, 最大反射率为 0.12; 近红外 750~1 000 nm 波长范围内, 各生长期冠层反射光谱曲线呈波状起伏, 反射率介于 0.35~0.7 之间。进一步分析玉米各生长期冠层反射光谱变化特征有: 如图 1(a) 所示, 从苗期开始, 可见光区冠层光谱反射率先上升, 至拔节期达最高点; 随着生育期的推进, 作物群体光合能力不断增强, 反射率在喇叭口期、开花吐丝期和灌浆期依次逐渐降低。在近红外区冠层反射率急剧增高, 如图 1(b) 所示, 同时光合作用的增强使得叶片冠层反射率在近红外区也随生长期推进而逐渐增强, 苗期反射率最低, 由拔节期达最高点, 在喇叭口期有所降低, 进而开花吐丝期得到回升, 进入灌浆期后又下降。其中喇叭口期受外

界环境作用影响, 导致内部形态结构变化对近红外区冠层反射率下降的影响程度还需进一步通过相关试验论证。

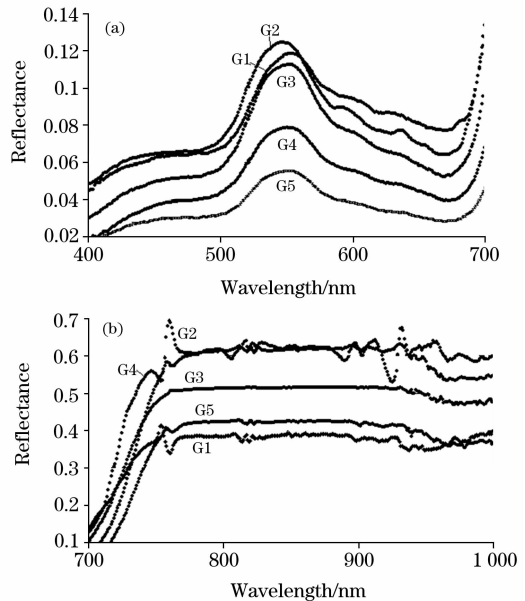


Fig. 1 Canopy spectral reflectance of corn at different growth stages

(a): Visible band; (b): Near infrared band

### 2.3 不同施氮水平下可见光区光谱反射率差异比较

由于叶绿素的存在, 植被叶片在可见光区具有强烈的辐射能量的吸收和较低的反射率, 即叶绿素在 430~450 nm 蓝光部分和 640~660 nm 红光部分具有强吸收。由于对绿光吸收较少, 在 550 nm 附近形成反射峰。因此, 探讨不同氮素水平下玉米不同生长期冠层反射率在可见光区的差异将有助于玉米叶绿素含量的检测。此外, 由于拔节期至喇叭口期是玉米生长过程中发育最旺盛的阶段, 营养生长与生殖生长同时并进, 其植株叶片增大、茎节伸长, 雌、雄穗等生殖器官也强烈地分化形成, 因此分析该生长期不同施氮水平下可见光区光谱反射率的差异, 对监测玉米生长状况, 指导田间施肥具有重要的现实意义。

图 2 所示为不同施氮水平下, 玉米拔节期和喇叭口期可见光区冠层反射光谱曲线。图 2(a) 所示, 玉米拔节期随施氮水平的增加, 叶绿素的强吸收带 (430~450 和 640~660 nm) 反射曲线呈下降排列, 但在 550 nm 附近反射率  $R_{\text{正常}} > R_{\text{偏低}} > R_{\text{偏高}}$ , 这被认为与玉米生长初期能量分配有关。图 2(b) 所示喇叭口期不同施氮水平下, 施氮水平偏低区域的叶片冠层反射率在整个可见光区均明显高于其它施氮水平, 而偏高和正常施氮区域内叶片光谱反射强度基本相同。一方面, 玉米进入喇叭口期后, 植株营养物质主攻生殖生长, 促进雌雄穗的穗大、穗多, 偏高和正常施氮区域内叶片内部叶绿素含量相对稳定; 而偏低施氮区域叶片内叶绿素含量较低, 直接导致光谱反射率高于其它施氮水平。另一方面, 试验区域采用传统种植管理方式, 多年大量施氮使得田间氮肥水平远高于当前作物所需氮肥用量和专家氮肥推荐用量。因此, 在试验正常施氮区内已达作为生长需求, 而偏高区不仅没有增加作

物吸收,而是以流失、挥发等各种形式损失出土壤-作物体系,对地下水和大气造成了污染。进一步说明,利用作物冠层反射光谱监测作物叶绿素含量可以帮助指导田间精细施肥,减少田间投入浪费及环境污染。

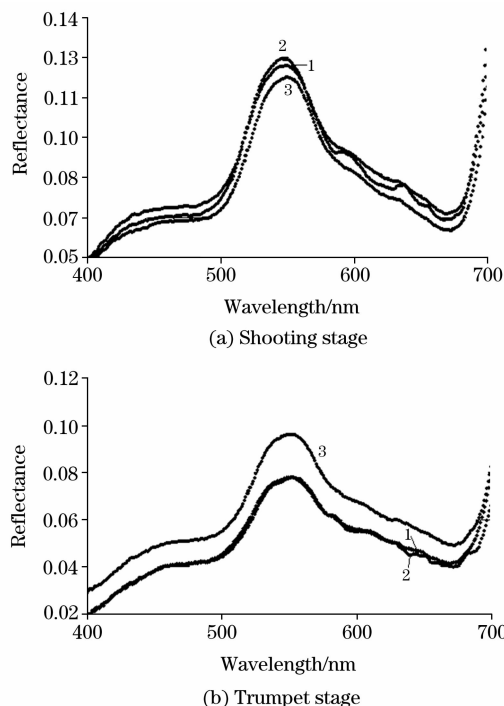


Fig. 2 Visible reflectance of corn in different N treatments

1: High; 2: Normal; 3: Low

综上所述,拔节期至喇叭口期,玉米在可见光区叶绿素强吸收带的反射率,均随着施氮量的增加而降低,且该生长期是玉米养分利用的最大效率期,是利用光谱分析技术进行玉米营养诊断的敏感时期。

#### 2.4 不同施氮水平下红边拐点波长位置变化

由于植被在红光波段的强烈吸收与近红外波段的强烈反射,使得光谱反射率在在 680~750 nm 波长区域呈陡峭上升。“红边”是指植被反射率曲线的最大斜率点,其具备了位置、反射率值等信息特征,因而成为描述植被色素状态和健康状况的重要指示波段。本研究讨论了各施氮水平下玉米冠层反射光谱的红边位置,以期帮助指导田间变量施肥作业。

由于利用 ASD 光谱仪采集作物冠层反射光谱是离散型数据,利用(2)式4点差分方法近似的对光谱数据进行一阶

导数计算,其中  $x_i$  表示波长  $i$  处的原始光谱反射率数据,  $f'(x_i)$  表示波长  $i$  处的微分光谱反射率数据,  $h$  为差分步长。

$$f'(x_i) = (-11x_i + 18x_{i-1} - 9x_{i-2} + 2x_{i-3})/6h \quad (2)$$

分析 650~750 nm 范围不同施氮水平下玉米冠层反射光谱的一阶微分曲线,计算各曲线一阶微分的最大值,进而得到不同施氮水平下红边拐点波长位置,即偏低、正常和偏高三个施氮水平的红边拐点波长分别为 723, 725 和 729 nm。由此可知,随着施氮水平的提高,红边波长位置向长波方向移动,即出现“红移”现象。因此,通过检测玉米冠层反射光谱的红边位置,可以有效区分作物施氮水平,指导田间变量施肥。

### 3 结 论

本研究采集了不同施氮条件下玉米生长期冠层光谱反射率和叶片叶绿素含量,在分析玉米生长期叶绿素含量变化的基础上,对玉米不同生长期冠层光谱反射率变化特征,不同施氮水平下冠层光谱反射率的差异,以及不同施氮水平下红边拐点波长位置进行了探讨。这些结果为玉米叶片叶绿素含量检测奠定信息基础,也可为基于光谱分析技术的田间变量施肥作业提供指导。研究结论如下:

(1) 分析玉米各生长期冠层反射光谱变化特征有:在可见光区,由苗期开始冠层光谱反射率先上升,至拔节期达最高点,继而在喇叭口期、开花吐丝期和灌浆期依次逐渐降低;叶片冠层反射率在近红外区变化较多,苗期反射率最低,由拔节期达最高点,在喇叭口期有所降低,进而开花吐丝期得到回升,进入灌浆期后又下降。

(2) 不同施氮水平下,分析玉米拔节期和喇叭口期可见光区冠层反射光谱曲线可知:玉米拔节期随施氮水平的增加,叶绿素的强吸收带(430~450 和 640~660 nm)反射曲线呈下降排列,但在 550 nm 附近反射率  $R_{正常} > R_{偏低} > R_{偏高}$ ;喇叭口期不同施氮水平下,施氮水平偏低区域的叶片冠层反射率在整个可见光区均明显高于其他施氮水平,且偏高和正常施氮区域内叶片光谱反射强度基本相同。同时说明,过量施肥不仅没有增加作物吸收,还会对地下水和大气造成了污染,利用作物冠层反射光谱监测作物叶绿素含量可以帮助指导田间精细施肥,减少田间投入浪费及环境污染。

(3) 由不同施氮水平下红边拐点波长位置可知,随着施氮水平的提高,红边波长位置向长波方向移动,即出现“红移”现象。

### 参 考 文 献

- [1] WANG Lei, BAI You-lu(王磊,白由路). Scientia Agricultura Sinica(中国农业科学), 2005, 38(11): 2268.
- [2] PENG Wang-lu(彭望录). Introduction of Remote Sensing(遥感概论). Beijing: Higher Education Press(北京:高等教育出版社), 2002. 307.
- [3] WANG Ji-hua, ZHAO Chun-jiang, HUANG Wen-jiang(王纪华,赵春江,黄文江). Remote Sensing Quantitative Theory and Application in Agriculture(农业定量遥感基础与应用). Beijing: Science Press(北京:科学出版社), 2008. 4.
- [4] YAN Yan-lu(严衍禄). Near-Infrared Spectrum Analysis and Application(近红外光谱分析基础与应用). Beijing: China Light Industry

- Press(北京: 中国轻工业出版社), 2005. 518.
- [ 5 ] Thomas J R, Oerther G F. *Agronomy Journal*, 1972, 64: 11.
- [ 6 ] Al-Abbas A H, Barr R, Hall S D. *Agron. J.*, 1974, 66: 16.
- [ 7 ] Hinzman L D, Bauer M E, Daughtry C S T. *Remote Sensing of Environment*, 1986, 19: 47.
- [ 8 ] TANG Yan-lin, WANG Xiu-zhen, HUANG Jing-feng, et al(唐延林, 王秀珍, 黄敬峰, 等). *Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报)*, 2003, 19(1): 145.
- [ 9 ] TANG Yan-lin, HUANG Jin-feng, WANG Xiu-zhen, et al(唐延林, 黄敬峰, 王秀珍, 等). *Journal of Maize Sciences(玉米科学)*, 2008, 16(2): 71.
- [10] XUE Li-hong, CAO Wei-xing, LUO Wei-hong, et al(薛利红, 曹卫星, 罗卫红, 等). *Acta Phytoecologica Sinica(植物生态学报)*, 2004, 28(2): 172.
- [11] ZHOU Dong-qin, TIAN Yong-chao, YAO Xia, et al(周冬琴, 田永超, 姚霞, 等). *Chinese Journal of Applied Ecology(应用生态学报)*, 2008, 19(2): 337.
- [12] LI Ying-xue, ZHU Yan, TIAN Yong-chao, et al(李映雪, 朱艳, 田永超, 等). *Acta Agronomica Sinica(作物学报)*, 2006, 32(3): 358.
- [13] LI Ying-xue, ZHU Yan, TIAN Yong-chao, et al(李映雪, 朱艳, 田永超, 等). *Acta Agronomica Sinica(作物学报)*, 2006, 32(2): 203.
- [14] TIAN Yong-chao, ZHU Yan, CAO Wei-xing(田永超, 朱艳, 曹卫星). *Chines Journal of Rice Science(中国水稻科学)*, 2005, 19(2): 137.
- [15] TIAN Yong-chao, CAO Wei-xing, JIANG Dong, et al(田永超, 曹卫星, 姜东, 等). *Acta Phytoecologica Sinica(植物生态学报)*, 2005, 29(2): 318.
- [16] ZHANG Jun-hua, ZHANG Jia-bao, LI Wei-min(张俊华, 张佳宝, 李卫民). *Soils(土壤)*, 2008, 40(4): 540.
- [17] ZHANG Jun-hua, ZHANG Jia-bao, JIA Ke-li(张俊华, 张佳宝, 贾科利). *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica(西北植物学报)*, 2008, 28(7): 1461.
- [18] TAN Chang-wei, GUO Wen-shan, ZHU Xin-kai, et al(谭昌伟, 郭文善, 朱新开, 等). *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报)*, 2008, 24(9): 131.
- [19] JI Hai-yan, WANG Peng-xin, YAN Tai-lai(吉海彦, 王鹏新, 严泰来). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2007, 27(3): 514.
- [20] LI Min-zan(李民赞). *Spectral Analysis Technology and Application(光谱分析技术及其应用)*. Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2006. 45.
- [21] WANG Ren-lei, HUA Chun, LI Xia, et al(王仁雷, 华春, 李霞, 等). *Acta Agronomica Sinica(作物学报)*, 2002, 28(3): 321.

## Spectral Characteristics of Corn under Different Nitrogen Treatments

SUN Hong, LI Min-zan\*, ZHANG Yan-e, ZHAO Yong, WANG Hai-hua

Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China

**Abstract** The canopy spectral reflectance and chlorophyll content of corn were measured and analyzed under different nitrogen treatments. The trends of chlorophyll content were discussed based on different growth stages and different nitrogen levels. It was observed that the chlorophyll content increased with the increase in nitrogen, and could be affected by the environment changes including the temperature, rain, fertilizer treatment and so on. The characteristics of canopy spectral reflectance indicated that the canopy spectral reflectance changed significantly at different stages. In the visible region (400-750 nm), the reflectance increased and reached the maximum until the shooting stage, and decreased subsequently with the growth progress. In near-infrared region (750-1 000 nm), the spectral reflectance climbed sharply. It increased from tillering stage to shooting stage first, and then began to decline at trumpet stage and was raised again at anthesis-silking stage. At milking stage, the reflectance was decreased again. There were clear distinctions of visible reflectance in different nitrogen regions. At shooting stage, with the increase in nitrogen the reflectance decreased at chlorophyll absorption band (430-450 nm, 640-660nm). Investigating the reflectance of the corn canopy under the different nitrogen treatment, it was found that the reflectance was higher in normal fertilizing region than others in 550 nm, with  $R_{\text{Normal}} > R_{\text{Low}} > R_{\text{High}}$ . At trumpet stage, the canopy reflectance in low fertilizing region was higher than others in the visible region. It was clear that the corn canopy reflectance of normal fertilizing region was the same as high fertilizing region. The results indicated over fertilizing could not help increase the corn nitrogen uptake. The study provided

the basic information of chlorophyll measurement based on spectral technology and could help to guide the precision fertilizer in the field.

**Keywords** Corn; Spectral characteristic; Nitrogen treatment; Red Edge

(Received Mar. 2, 2009; accepted Jun. 6, 2009)

\* Corresponding author

### 第三十六届国际光谱会议于 2009 年 8 月 30 日至 9 月 3 日在匈牙利首都布达佩斯召开

夏秋之交的匈牙利首都布达佩斯风和日丽,第三十六届国际光谱会议(Colloquium Spectroscopicum Internationale XXXVI, CSI XXXVI)在位于多瑙河西岸的 Eötvös Loránd University (罗兰大学)隆重召开。

在匈牙利光谱学会的支持下,本次会议为了纪念 2008 年辞世的著名光谱化学家 Paul Boumans,在开幕式上两名来自德国的嘉宾 Kurt Laqua 和 Hubertus Nickel 分别缅怀和讲述了 Paul Boumans 光辉的一生和鲜为人知的私人交往拾翠,来自美国佛罗里达大学的光谱化学学报(Spectrochimica Acta B)主编 Nicolò Omenetto 教授追忆了 Paul Boumans 的生平,颂扬了 Paul Boumans 的高贵人格和对光谱化学发展的贡献。在 CSI XXXVI 会议主席、罗兰大学教授 Gyula ZÁRAY 的组织下,共有来自 34 个国家的 364 位光谱学和光谱分析化学家以及光谱仪器的业界人士聚集一堂,展示在原子和分子光谱化学领域的最新研究成果、交流新想法。共有来自厦门大学、中国科学院物理所、中国科学院生态环境中心、中国地质大学(武汉)和香港大学等单位的近 10 位中国学者参加了本次会议。比利时安特卫普大学 René van Grieken 教授因其在 X-ray 光谱领域的突出贡献荣获本届 CSI 奖。五位杰出学者 Joanna Szpunar (法国), José A. C. Broekaert (德国), Detlef Günther (瑞士), János Mink (匈牙利) and Bernhard Welz (巴西)深入浅出的大会报告为本次大会“画龙点睛”。在 X-ray and Nuclear techniques, Speciation and Separation, Plasma Spectroscopy, Atomic Absorption Spectroscopy, Laser Spectroscopy, Solid Sampling Spectrometry, Glow Discharge Spectrometry, Sample Preparation, Chemometrics, Photoacoustic and Fluorescence spectrometry, Inorganic and Organic Vibrational Spectroscopy 等 11 个分会上由 Annemie Bogaerts (比利时), Reinaldo C. Campos (巴西), Joseph A. Caruso (美国), Amares Chatt (加拿大), Margareta de Loos-Vollebregt (荷兰), Jürgen W. Einax (德国), Gary M. Hieftje (美国), Jyrki Kauppinen (芬兰) 和 Kouichi Tsuji (日本)等分别做主旨报告(keynote)开始,106 个口头报告相继展开。此外,来自意大利的 Alessandro D'Ulivo 博士主持了 IUPAC 项目(project 2007-041-1-500)“Mechanistic and fundamental aspects in the generation of volatile species for trace element determination”的专题研讨会;来自英国的 Edward B. Steer 和 Zoltán Donkó 组织了主要由 glow discharge spectrometry 领域的年轻 GLADENT 成员参加的培训班。会议共有 215 个墙报分两天展示。在闭幕式上,由 ICP Information Newsletter, Elsevier, Royal Society of Chemistry 和 Springer 赞助的优秀报展奖授予了 10 位青年学者;颁发了由欧洲辉光放电光谱仪器厂商工作组(European Working Group on Glow Discharge Spectroscopy (EW-GDS) GD instrument manufacturers)赞助的 Richard Payling Prize。Spectrochimica Acta B 和 Analytical and Bioanalytical Chemistry 也将为本次会议出版专辑。

在本次会议的社交活动中值得一提的是为与会者组织的到 the Solomon Tower of Visegrád 的远足和中世纪的锦标赛、匈牙利传统晚宴以及多瑙河上的夜晚狂欢舞会,给与会代表留下了深刻的印象。

在 9 月 2 日晚召开的国家代表会议上,第三十七届国际光谱会议(2011 年)主办国巴西的代表报告了会议的准备情况(<http://www.csixxxvii.org>);国家代表投票决定第三十八国际光谱会议将于 2013 年由挪威主办。

(厦门大学王秋泉;罗兰大学 Gyula ZÁRAY)