

估测作物冠层生物量的新植被指数的研究

陈鹏飞^{1,2,3}, Nicolas Tremblay², 王纪华^{1,3*}, Philippe Vigneault², 黄文江³, 李保国¹

1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193

2. 加拿大农业部园艺研究与发展中心, St-Jean-sur-Richelieu 魁北克 J3B 3E6, 加拿大

3. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097

摘要 冠层鲜生物量是指示作物长势状况的重要指标, 可用于诊断作物氮素营养状况。但常规测定生物量的方法需要破坏性取样, 不利于帮助精准施肥管理决策。遥感技术作为快速分析手段可用于估测作物多种生理、生化参数, 特别是借助植被指数。研究表明归一化差值植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)、最优土壤调节指数(optimization of soil-adjusted vegetation index, OSAVI)等现已构建植被指数可用于准确估测中低生物量信息, 但在较高冠层生物量条件下, 它们的估测能力显著下降。文章旨在提出更通用的新植被指数用于估测冠层生物量, 以提高遥感技术在较高生物量条件下的预测准确度。试验在加拿大魁北克省的 St-Jean-sur-Richelieu 地区进行, 5年(2004~2008)试验中采集了玉米及小麦不同生育期的地面高光谱数据及对应生物量信息, 并在2005年获取航空机载高光谱影像一景(compact airborne spectrographic imager, CASI)。研究提出了红边三角植被指数(red-edge triangular vegetation index, RTVI), 并将其与一些常见植被指数进行比较分析。结果表明 RTVI 是最好的估测冠层生物量的指数, 在较高生物量条件下仍保持其对生物量变化的高敏感性, 其与生物量间的决定系数为 0.96。基于 CASI 影像, RTVI 预测生物量值与实际测定值间的决定系数(R^2)为 0.58, 预测标准误差为 $0.44 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 取得了较好的结果。

关键词 植被指数; 红边三角植被指数; 鲜生物量; 玉米; 小麦

中图分类号: S127 **文献标识码**: A **DOI**: 10.3964/j.issn.1000-0593(2010)02-0512-06

引言

作物长势监测可为生产中的变量施肥管理及产量预报提供参考^[1,2]。冠层生物量是反映作物长势的重要指标之一。常规测定生物量的方法, 需要破坏性取样, 称重, 耗时耗力不利于精准农业决策。研究表明, 通过一些构建的植被指数, 遥感技术可用于作物多种生理、生化和群体结构参数反演, 如叶面积指数(LAI), 叶绿素含量, 冠层水分含量等^[3-8]。植被指数是指某些特定波段反射率的组合, 与叶片色素或光合作用以及植被的水、氮胁迫状态等有关。波段组合的选取参照一定的物理基础, 能部分消除环境背景的影响, 提高对目标参数的敏感性。

目前, 直接构建植被指数预测作物冠层生物量的研究较少。但由于 LAI 与生物量有很好的相关性, 因此可用关于

LAI 的植被指数对生物量进行预测。NDVI 是近几十年来使用最频繁的指数, 其可用于植被生物量预测^[9,10]。不过, NDVI 仍存在一些不足, 如在较高植被密度下容易出现“饱和”, 对下垫面状况及大气状况等干扰因素敏感等^[11,12]。为了改进 NDVI, 研究者提出了一些新指数, 如土壤调整植被指数(soiladjusted vegetation indices, SAVI)^[11], 修改土壤调整植被指数(modified soil adjusted vegetation index, MSAVI)^[13], 最优土壤调整植被指数(optimization of soiladjusted vegetation index, OSAVI)^[4]等。虽然这些指数克服了 NDVI 在低植被覆盖时对土壤背景敏感的缺点, 但在较高植被密度条件下仍表现出对冠层生物量变化不敏感, 即出现所谓的“饱和”现象。为此有必要筛选一个普适性更强的植被指数。

本研究的目的是提出新的诊断作物冠层生物量的植被指数, 并将其与已有植被指数进行比较分析, 筛选出最优估测生物量的植被指数, 为精准农业作物长势监测和施肥决策管

收稿日期: 2009-02-22, 修订日期: 2009-05-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(40701119), 国家(863 计划)项目(2007AA10Z201)和加拿大农业与农业食品部项目(Information Gaps in Water Quality and Nutrients)资助

作者简介: 陈鹏飞, 1982 年生, 中国农业大学资源与环境学院博士研究生 e-mail: pengfeichen001@hotmail.com

*通讯联系人 e-mail: wangjh@nrcita.org.cn

理提供新的技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地点与试验设计

试验在加拿大魁北克省的3个试验地进行。为获得宽范围变化的生物量信息,本研究的试验均为肥力试验。2004~2007年试验设计为4处理、4重复的随机区组试验,各处理播期施肥量为 30 kg N ha^{-1} ,追肥期施肥量在 $0 \sim 158 \text{ kg N ha}^{-1}$ 变化。2008年试验设计为13处理4重复的随机区组试验,各处理的播期施肥量在 $0 \sim 225 \text{ kg N ha}^{-1}$ 变化,追肥量在 $0 \sim 203 \text{ kg N ha}^{-1}$ 变化。

1.2 数据获取

在作物生长的不同时期,选出能代表小区生长状况的样点,并用差分仪GPS(Pathfinder Pro XRB,美国Trimble公司)对其进行精准定位。这些样点用来进行作物冠层光谱及生理、生化参数测定。此外,本研究还获取了与地面测定同步的航空高光谱影像一景(compact airborne spectrographic imager, CASI)。

1.3 遥感数据的获取

玉米及小麦冠层反射光谱由便携式光谱仪ASD(FieldSpec HandHeld,美国ASD公司)获取。仪器采集的光谱范围为 $325 \sim 1075 \text{ nm}$,采样间隔为 1.6 nm ,光谱分辨率为 3.5 nm 。采集光谱时,将传感器绑于标尺置于冠层 2.45 m 高处,以获取对应 1 m^2 大小冠层光谱信息。为了减小由光照条件变化引起的误差,光谱采集于上午10点至下午2点进行。采样时,每采样点测定光谱10次,求其平均值作为该采样点对应的冠层反射光谱。

本研究获取的CASI航空高光谱影像的空间分辨率为 2 m ,包含72个波段,覆盖从 $408 \sim 947 \text{ nm}$ 的光谱区域。关于影像的辐射校正和几何校正参见Haboudane(2008)^[14]。

1.4 生物量的测定

在样点,用剪刀获取 1.5 m^2 玉米及 0.2 m^2 小麦的地上生物量,随后迅速称取其重量并计算得出各作物单位面积的鲜生物量。

1.5 植被指数的构建

一些已构建的被认为具有潜在预测作物冠层生物量能力的植被指数被挑选出来,如NDVI^[15],SAVI^[11],OSAVI^[4],MSAVI^[13],三角植被指数(triangular vegetation index, TVI)^[16],归一化绿波段差值植被指数(green normalized difference vegetation index, GNDVI)^[17],修改三角植被指数2(modified triangular vegetation index 2, MTVI2)^[5]等。本研究对其在预测玉米及小麦生物量的能力进行了评价。此外,研究还提出了红边三角植被指数(red-edge triangular vegetation index, RTVI),具体思路如下。

植被反射光谱在可见光区主要受叶绿素吸收特征主导,而在近红外区主要反映的是叶片散射信息^[18]。两者的共同作用形成反射光谱上的红谷。为描述这一光谱特性,Broge^[15]构建了三角植被指数(triangular vegetation index, TVI),其计算公式为 $0.5(120(R_{750} - R_{550}) - 200(R_{670} -$

$R_{550}))$ (其中 R_i 为在 i 波段的反射率,下同)。TVI计算的是植被反射光谱曲线上由绿波段(550 nm),红波段(670 nm),近红外波段(750 nm)3个光谱点构成的三角形面积,如图1所示的 $\triangle ABC$ (对应冠层生物量为 $1.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 的反射光谱)。而各光谱波段反射率与玉米冠层鲜生物量相关系的分析见图2所示。TVI能准确预测中、低冠层生物量信息,但在较高冠层生物量条件下,TVI表现出对生物量变化不敏感,如图3(b)。本研究认为这是由如下原因造成的:在较高植被密度下,随着生物量的增加,植被在红光波段的反射率几乎不变,在绿波段的反射率缓慢下降,而在近红外波段的反射率会缓慢上升。红光波段反射率随生物量增加剧烈变化(发生在生物量由低到中变化过程中)的消失,使得 $\triangle ABC$ 的面积主要取决于近红外波段和绿光波段反射率的变化。近红外波段反射率的增加使图1的C点向上移动,增加 $\triangle ABC$ 的面积,而绿波段反射率的减少使A点向下移动,减少 $\triangle ABC$ 的面积。A和C两点分别向相反方向移动反射率的一个单位所造成的 $\triangle ABC$ 面积变化量比为 $2/3$ (假设 670 nm 反射率不变,通过TVI的计算公式获得)。例如:近红外波段的反射率增加 1% ,如果要维持 $\triangle ABC$ 的面积不变,绿波段的反射率需要减少 1.5% 。由于这个差别并不十分显著,当在较高植被密度条件下,近红外波段、绿波段相对变化差别不大时, $\triangle ABC$ 的面积将会对植被冠层生物量变化不敏感。

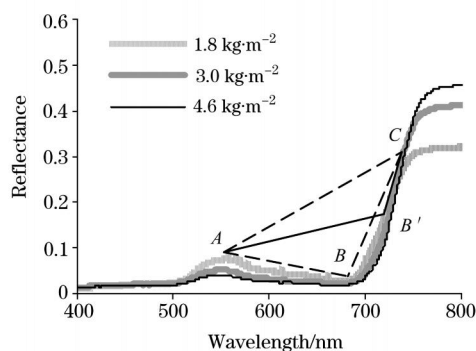


Fig 1 Effect of canopy fresh biomass on the reflectance between 400 to 800 nm

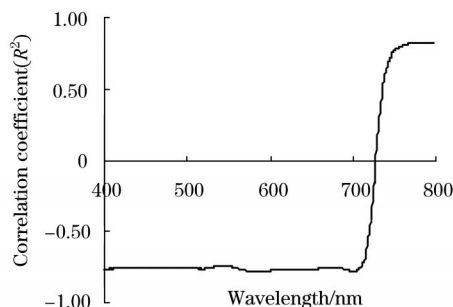


Fig 2 Wavelength dependence of the correlation coefficient derived from a linear regression analysis of canopy reflectance against canopy fresh biomass of corn

为了提高 $\triangle ABC$ 面积对冠层生物量变化的敏感性,本文认为其中一种可行的方法就是向C点方向移动B点的位

置至 B' ，这样可以增加三角形面积变化对近红外波段反射率变化的敏感性，并降低其对绿波段反射率变化的敏感性。为了筛选 B 点的最佳位置，本研究用 Matlab 7.0 编制了一个程序。程序实现将 B 点分别定位于植被反射光谱从 670~749 nm 以 1 nm 为间隔的各个波段上，计算 $\triangle ABC$ 的面积，并将面积值与对应植被冠层生物量进行相关性分析。结果表明当把 B 点定位于 730 nm 时， $\triangle ABC$ 的面积与生物量的相关性最好。为理解 730 nm 被挑选出的原因，本文建立了玉米冠层各波段反射率与生物量之间的相关关系。图 2 表明：(1) 在 730 nm 处，植被冠层反射率基本不受生物量变化的影响，生物量变化引起的 $\triangle ABC$ 的面积变化取决近红外波段与绿波段的反射率变化，且其反射率变化一个单位所造成的 $\triangle ABC$ 面积变化量比为 9/1 (假设 730 nm 反射率不变，由后面所述公式获得)。(2) 在大于 730 nm 范围，冠层反射率与生物量成正相关，由的面积计算公式可以看出，将 B' 点移动到此处会削弱 $\triangle ABC$ 对冠层生物量的敏感性。(3) 在

小于 730 nm 大于 670 nm 范围，冠层反射率虽与生物量成负相关，将 B 点定位于此可增加 $\triangle ABC$ 对植被变化的敏感性，但通过本研究的程序计算可知将 B 定位于这些波段不如进一步把 B 点向 C 点移动更能增加 $\triangle ABC$ 的面积对冠层生物量变化的敏感性。通过以上分析，本研究认为 730 nm 为 B 点的最佳位置。这样由几何知识可以算得 $\triangle ABC$ 面积的计算公式为 $100(R_{750} - R_{730}) - 10(R_{750} - R_{550})$ 。另外，根据前人的研究^[14, 19]， R_{700}/R_{670} 具有减少植被指数在低植被条件下受土壤背景影响的作用，因此本文也在红边三角植被指数 (RTVI) 中引入了 R_{700}/R_{670} ，并将其比例化，最终本文提出的 RTVI 的公式为： $(100(R_{750} - R_{730}) - 10(R_{750} - R_{550})) * \text{sqrt}(R_{700}/R_{670})$ 。

1.6 数据分析

2004, 2006~2008 年的玉米数据及 2005 年的小麦数据用来对已有各植被指数及本文构建植被指数进行比较分析。指数方程，线性方程，对数方程以及幂函数方程被用来建立

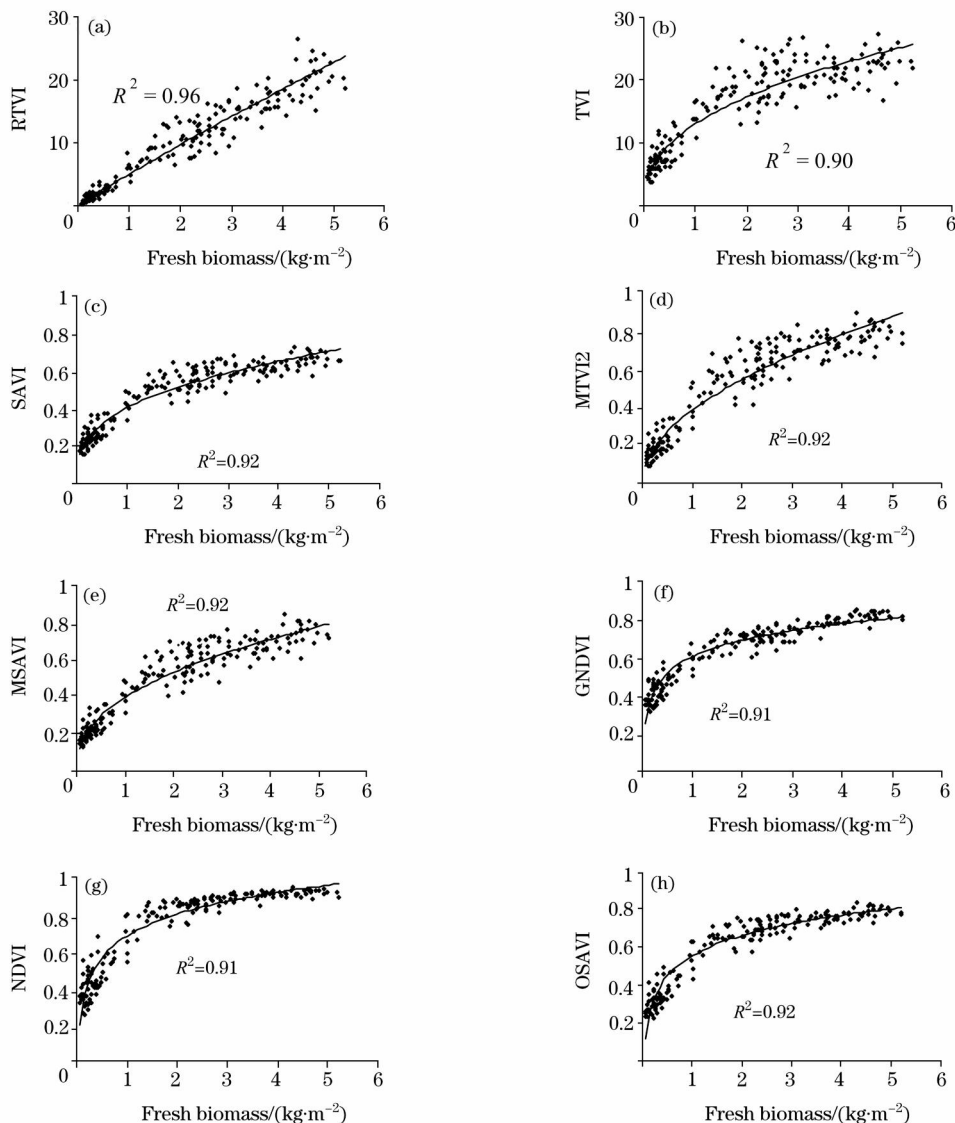


Fig 3 Relationships between spectral indices and corn fresh biomass using data of year 2004, 2006, 2007 and 2008

(a): RTVI(this study); (b): TVI; (c): SAVI; (d): MTVI2; (e): MSAVI; (f): GNDVI; (g): NDVI; (h): OSAVI

植被指数与生物量间的相关关系,最好的结果列于表1及图3。通过比较分析,筛选出对生物量变化最敏感的指数,然后用2005年的CASI高光谱影像对其进行进一步验证。

2 结果与讨论

2.1 植被指数与玉米冠层生物量之间的相关关系

图3表明,通过植被指数,遥感技术能对玉米冠层生物量进行准确估测,各指数与玉米冠层生物量间的决定系数(R^2)均在0.90以上。其中RTVI与生物量的相关性最好,决定系数(R^2)达到0.96,并且其在较高生物量($>3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)水平下,仍能维持对生物量变化的高敏感性。其他指数,如TVI, SAVI, MTVI2, MSAVI, GNDVI, NDVI和OSAVI,虽在低、中生物量条件下具有较好的敏感性,但在较高生物量($>3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)水平下,其探测生物量的能力显著下降,甚至出现“饱和”现象,如TVI, NDVI和OSAVI。

2.2 植被指数与小麦冠层生物量之间的相关关系

考虑到RTVI中的730 nm波段是通过玉米数据筛选出来,因此使用小麦数据对各指数进行评价应更加客观。小麦冠层生物量与各植被指数间的相关关系见表1。由于本研究只获得了1年小麦数据,数据量有限且小麦生物量变化范围较窄($1.3\sim3.9\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$),因此所得各光谱指数与生物量间

的相关关系不如基于玉米数据的结果,但其仍能对各指数的性能进行评价。表1结果表明,RTVI仍是最好的预测小麦生物量的植被指数,其与小麦生物量间的决定系数为0.49(R^2),这一结果远优于TVI的结果($R^2=0.32$)。其他植被指数与生物量间的决定系数低于RTVI,在0.39~0.44间变化。

2.3 植被指数与混合数据(玉米+小麦)生物量之间的相关关系

前人研究表明^[14, 17],冠层结构参数,如叶片内部结构,叶面积指数,叶倾角分布函数会影响植被指数预测植被生理、生化参数的准确性,从而使基于植被指数建立跨物种的预测方程变得困难。为了筛选对冠层结构不敏感的植被指数,探讨建立单一预测方程同时预测玉米和小麦冠层生物量的可行性,本研究将玉米与小麦数据进行混合,分析了混合数据中冠层生物量与各植被指数间的相关关系,结果如表1所示。相对于玉米数据,使用混合数据组时,建立的生物量与植被指数间的相关性均略有下降,但仍表现出可以用各植被指数建立单一模型同时对玉米和小麦的冠层生物量进行预测($R^2>0.87$)。其中,RTVI与生物量的相关性最好, R^2 为0.94。其他植被指数与生物量间的决定系数在0.87~0.91之间变化。

Table 1 Relationships between vegetation indices and canopy fresh biomass using corn data of years 2004, 2006, 2007, 2008 and wheat data of year 2005. R^2 were expressed

指数	RTVI	TVI	NDVI	SAVI	MSAVI	OSAVI	GNDVI	MTVI2
小麦	0.49	0.32	0.42	0.39	0.40	0.42	0.44	0.41
玉米和小麦	0.94	0.87	0.90	0.91	0.91	0.91	0.90	0.91

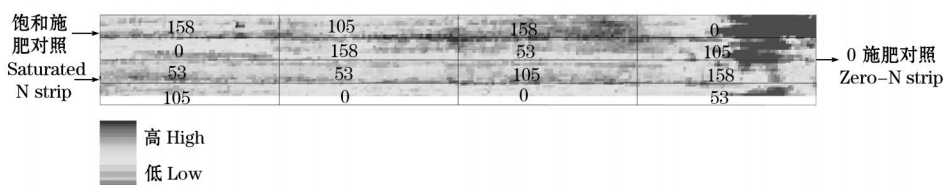


Fig 4 Map of canopy fresh biomass from CASI hyperspectral image of summer 2005 for corn field. Predicted fresh biomass is calculated using predictive equation of RTVI. Numbers in the figure(0, 53, 105 and 158) represent amount of applied nitrogen expressed in kilograms per hectare. Fresh biomass ranged from $0.61\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ to $3.8\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$

2.4 2005年CASI高光谱影像验证结果

通过以上分析可知,RTVI是最好的预测冠层生物量的指数。2005年CASI高光谱影像及对应GPS点的生物量信息被用来对RTVI的实际预测能力进行评价。首先,利用CASI数据计算RTVI,进而利用RTVI的预测方程来预测田间玉米冠层生物量的空间分布信息,然后提取影像中GPS点处预测的生物量数据,并将其与实际测定生物量进行相关性分析。考虑到影像辐射校正及几何校正带来的偏差,本研究获得了较好的生物量预测结果。GPS点对应的预测生物量的平均值为 $1.72\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,实际生物量的平均值为 $1.97\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,预测生物量与实际生物量间的决定系数为0.58,预测

标准误差为 $0.44\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

基于RTVI,利用CASI预测的田间玉米冠层生物量空间分布如图4所示。图中数字对应小区的施肥量。图4表明,除了田块东部4个小区外,小区的施肥量越大,对应田间生物产量越大。东部4个小区表现为对施肥不敏感的主要原因是试验区雨水充足,该区域地势较低,经常出现水渍,玉米长势受水分影响较大。另外,图4还可清楚看到3条施肥对照条带。其中,中间黄色的条带为0施肥对照;分别位于图中第一、三水平线的两条呈蓝色条带为饱和施肥对照。结果表明:基于RTVI,CASI高光谱影像可用来准确绘制田间玉米生物量空间分布图,这为精准农业管理(如变量施肥管理

和产量预报)提供了一个强有力的工具。

3 结 论

利用多年试验获取的玉米和小麦数据对一些已构建的被认为具有潜在预测作物生物量能力的植被指数及本文构建的植被指数在预测作物冠层鲜生物量方面的能力进行了比较分析,结论如下:

(1) 玉米冠层鲜生物量可用遥感技术准确估测,各植被

指数与生物量的决定系数(R^2)均在 0.9 以上。

(2) RTVI 是最好的估测冠层鲜生物量的指数,在较高生物量水平仍能维持对生物量变化较高的敏感性,且对作物冠层结构不敏感,具有建立预测玉米及小麦通用模型的潜力。

(3) TVI, SAVI, MTVI2, MSAVI, GNDVI, NDVI, OSAVI 在低、中植被密度时对生物量信息具有较高敏感性。但它们在较高植被密度条件下,对生物量变化的敏感性显著下降,特别是 TVI, NDVI 和 OSAVI。

参 考 文 献

- [1] Lukina E V, Freeman K W, Wynn K J, et al. Journal of Plant Nutrition, 2001, 24(6): 885.
- [2] Wood G A, Welsh J P, Godwin R J, et al. Biosystems Engineering, 2003, 84(4): 513.
- [3] Moran M S, Clarke T R, Inoue Y, et al. Remote Sensing of Environment, 1994, 49(3): 246.
- [4] Rondeaux G, Steven M, Baret F. Remote Sensing of Environment, 1996, 55(2): 95.
- [5] Haboudane D, Miller J R, Pattey E, et al. Remote Sensing of Environment, 2004, 90(3): 337.
- [6] Thomas V, Treitz P, Mccaughy J H, et al. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29(4): 1029.
- [7] ZHU Lei, XU Jun-feng, HUANG Jing-feng, et al (朱 蕾, 徐俊峰, 黄敬峰, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis (光谱学与光谱分析), 2008, 28(8): 1827.
- [8] Leprieux C, Kerr Y H, Mastorchio S, et al. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(2): 281.
- [9] Madugundu R, Nizalapur V, Shekhar Jha C. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2008, 10(2): 211.
- [10] Huete A R. Remote Sensing of Environment, 1988, 25(3): 295.
- [11] Gitelson A A. Journal of Plant Physiology, 2004, 161: 65.
- [12] Qi J, Chehbouni A, Huete A R, et al. Remote Sensing of Environment, 1994, 48(2): 119.
- [13] Rouse J W, Haas R H, Schell J A, et al. Monitoring the Vernal Advancements and Retrogradation of Natural Vegetation. NASA/ GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, USA, 1974. 1.
- [14] Haboudane D, Tremblay N, Miller J R, et al. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2008, 46(2): 423.
- [15] Broge N H, Leblanc E. Remote Sensing of Environment, 2001, 76(2): 156.
- [16] Gitelson A, Kaufman Y, Merzlyak M. Remote Sensing of Environment, 1996, 58(3): 289.
- [17] Lamb D W, Steyn-ross M, Schaare P, et al. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(18): 3619.
- [18] Daughtry C S T, Walthall C L, Kim M S, et al. Remote Sensing of Environment, 2000, 74(2): 229.
- [19] Jacquemoud S, Bacour C, Poilvé H, et al. Remote Sensing of Environment, 2000, 74(3): 471.

New Index for Crop Canopy Fresh Biomass Estimation

CHEN Peng-fei^{1,2,3}, Nicolas Tremblay², WANG Ji-hua^{1,3*}, Philippe Vigneault², HUANG Wen-jiang³, LI Bao-guo¹

1. College of Resources and Environment Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China

2. Agriculture and Agri-Food Canada, Horticultural Research and Development Center, St-Jean-Sur-Richelieu, QC, Canada J3B 3E6

3. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China

Abstract The objective of the present study is to propose a new vegetation index for corn canopy fresh biomass estimation, which improves the ability to accurately estimate high biomass levels by remote sensing technology. For this purpose, hyperspectral reflectance data of corn canopies were collected using a ground-based spectroradiometer during different field campaigns in a region of Quebec (Canada), from 2004 to 2008. Corresponding fresh biomass values were obtained by destructive measurements, and a hyperspectral image was also acquired using the Compact Airborne Spectrographic Imager (CASI) in 2005. A new biomass index named red-edge triangular vegetation index (RTVI) was designed and compared to existing indices used for fresh biomass estimation. The results showed that RTVI was the best vegetation index for predicting canopy fresh biomass, with sustained sensitivity at high fresh biomass levels. The best regression model between RTVI and canopy fresh biomass was the power fit, with determination coefficient (R^2) of 0.96. With the validation by CASI imagery in 2005, good results were obtained. The

relationship between CASI predicted biomass and actual biomass was 0.58 (R^2), with the RMSE of 0.44 kg $\cdot$ m $^{-2}$.

Keywords Vegetation index; RTVI; Fresh biomass; Corn; Wheat

(Received Feb. 22, 2009; accepted May 26, 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拾零,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),Josée 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)