

基于图像处理技术的夏玉米叶面积指数估算方法研究

李荣春, 陶洪斌, 张竹琴, 王璞, 廖树华* (中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193)

摘要 在大田条件下固定数码相机高度垂直拍摄夏玉米拔节期和大喇叭口期的群体图像, 利用图像处理技术获取玉米地面覆盖度, 建立覆盖度和叶面积指数间的关系模型。结果表明, 覆盖度和叶面积指数间存在极显著相关关系($r^2 = 0.9547$), 模型的拟和度较高, 对模型进行检验可知, 模型的预测精度达到 90.56%, 说明利用图像处理技术估算夏玉米 LAI 具有很好的可行性。

关键词 图像处理技术; 叶面积指数; 模型

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)26-12871-02

Study on Measuring Leaf Area Index of Summer Maize Based on Image Processing Technique

LI Rong-chun et al (College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract Under field conditions, the group images of summer maize were obtained vertically by a digital camera from fixed height, then the test established the relation models between ground coverage rate (GCR) extracted from images using processing technique and leaf area index (LAI), which was measured by traditional methods. The results showed that LAI were significantly correlated with GCR ($r^2 = 0.9547$). It has better feasibility to monitor the growth of summer maize via using image processing technique, with a correct percent of 90.56%.

Key words Digital image processing technology; LAI; Model

叶面积指数又叫叶面积系数, 是一块地上作物叶片的总面积与占地面积的比值。叶面积指数是反映作物群体大小的较好的动态指标, 亦是表征作物长势和预测作物产量的重要农学指标之一^[1]。目前, 叶面积测量方法很多, 主要包括纸重法、干重法、长宽系数法、叶面积仪法、扫描仪法、回归方程法等^[2], 这些方法各有优缺点, 但大都费时费力, 而且测量具有破坏性。因此, 寻找一种能方便测量、即时获取信息且经济有效的叶面积指数测量方法有着十分重要的意义。随着计算机图像处理技术、图像采集部件 CCD 的发展, 计算机图像处理技术逐渐被用于作物长势监测^[3-4]。目前, 国内利用图像处理技术测量叶面积的研究主要集中在单片叶或整株总叶面积测量方面, 对群体叶面积指数估算的研究较少, 只在小麦、棉花等冠层较矮的作物上见过报道^[5-6]。笔者旨在探讨运用数字图像处理技术对夏玉米叶面积指数进行估算的可行性, 为这一参数的获取提供更简单、快速、无损的技术方法, 以实现夏玉米的整个生育期内实施即时有效的群体叶面积动态监测。

1 材料与方法

1.1 试验设计 试验于 2008 年 6 月 10 日播种, 种植密度为 60 000 株/hm², 等行距条播 (60 cm), 小区面积 48 m² (6 m × 8 m)。试验地土壤类型为粉砂质潮土, 基础养分情况为: 机质 14.27 mg/g、全氮 1.13 mg/g、有效磷 6.60 mg/kg、速效钾 113.84 mg/kg。试验为单因素试验, 设 5 个氮处理: N₀ (对照, 0 kg/hm²)、N₁ (75 kg/hm²)、N₂ (150 kg/hm²)、N₃ (225 kg/hm²)、N₄ (300 kg/hm²)。各处理氮肥分别作基肥和大口期追肥 2 次施用, 基追比为 2:3, 基肥氮在翻地时 1 次施入, 同时基施硫酸钾 (以有效成分 K₂O 计) 120 kg/hm²、过磷酸钙 (以有效成分 P₂O₅ 计) 150 kg/hm²。每个处理重复 3 次, 共 18 个小区, 田间采取随机区组设计。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 叶面积系数。 分别在玉米拔节期、大喇叭口期、开花期、乳熟期等生育时期采用传统的长宽系数法进行叶面积指数测定。

1.2.2 玉米群体图像获取。 在各个生育期, 采用高分辨率的 Canon EOS 450D 数码相机 (具有红外功能) 获取玉米冠层图像, 拍摄模式设置为自动模式, 由相机自动控制快门速度和色彩平衡, 不用闪光灯。为减少由于太阳高度角和光线强弱造成的图像偏差, 图像拍摄时间控制在 11:00 ~ 13:00, 且选择在阴天或多云天气进行, 减弱光线直接照射造成的反光效应。由于玉米冠层较高, 拍摄中后期群体图像困难, 特设计定制了一个三脚架, 该三脚架主要由可以调节自由高度的升降杆 (最大可调高度为 4.8 m) 和一根固定在升降杆顶端的长 1.5 m 的横杆组成, 相机固定在横杆顶端, 镜头垂直向下, 拍摄时升降杆底部放置在小区边行, 调节升降杆使镜头距离冠层 1.8 m, 然后转动升降杆使横杆与玉米行方向垂直伸入小区内部, 这样操作人员通过控制遥控器在小区外即可完成图像拍摄, 避免了对玉米群体结构的破坏和后续试验的影响。图像分辨率为 4 272 × 2 848, 采用 JPEG (Joint Photographic Expert Group) 格式存储。

1.2.3 覆盖度提取方法。 覆盖度是用来表征作物地上部分与所占用空间面积的百分率。可以通过目标图像 (这里指玉米) 在整个图像中所占的比值来确定。设目标图像的像素数为 Pobj, 整个图像的总像素数为 Ppic, 那么覆盖度 Coverage = Pobj/Ppic。Ppic 可以在图像处理软件 Adobe Photoshop 8.0 中的“Histogram”程序中直接读取, Pobj 则需要先去除土壤背景, 再通过“选择工具”选择作物冠层图像后读取。

2 结果与分析

2.1 地面覆盖度与叶面积指数的动态变化分析 玉米群体在整个生育期是一个动态变化的过程, 这种动态变化因品种、密度、肥水等因素的不同而异。由图 1 可以看出, 在整个生育期内 GCR 与 LAI 呈现出相似的变化趋势, 即从出苗进入增长阶段, 达到最大值后在一段时期内保持相对稳定, 而后开始逐渐衰亡, 因此一定程度上地面覆盖度可体现玉米叶

基金项目 国家 863 课题 (2006AA10A303-1)。

作者简介 李荣春 (1982 -), 女, 河南淮阳人, 硕士研究生, 研究方向: 农业信息技术。* 通讯作者。

收稿日期 2009-04-29

面积的消长和群体的繁茂程度,但 LAI 和 GCR 之间又有区别。首先,当玉米生长到一定时期(大喇叭口期),LAI 的变化幅度大于 GCR 的变化幅度,特别是吐丝期以后,LAI 大幅下降,GCR 变化却不大,这是由于数字图像只能记录玉米冠层表面像素的变化,中后期玉米叶片的相互遮挡使冠层下部叶片的变化不能及时反映在 GCR 上造成的,而且玉米叶面

积指数拔节期以后一般都是大于 1 的,而地面覆盖度的取值范围为 0~1,只能接近 1 而不可能超过 1。因此,理论上地面覆盖度不能很好地预测中后期叶面积指数。因试验后期玉米倒伏严重,无法进行图像拍摄,研究只对拔节期至吐丝期的地面覆盖度和叶面积指数进行分析。

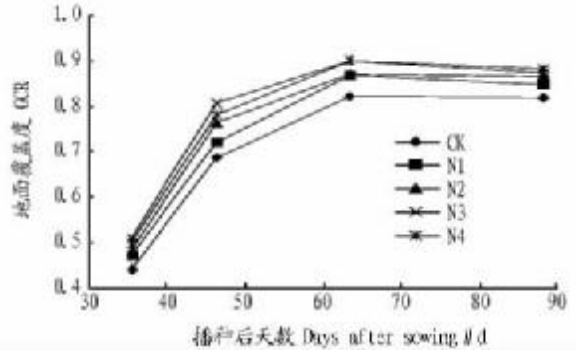
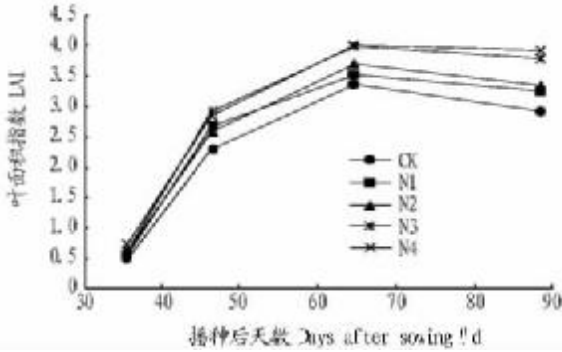


图 1 夏玉米生育期内不同 N 处理叶面积指数和地面覆盖度的动态变化

Fig.1 The dynamics of LAI and GCR in growth stage of summer maize under different N treatments

2.2 模型建立 覆盖度的取值为 0~1,从单株玉米考察,其变化主要是新生叶的产生和叶片的伸长和伸宽。单叶在长宽的变化过程中新生部位与水平面的倾角有所不同,非新生部位的倾角也会随新生部位的产生及叶片的加厚而发生变化。因此,覆盖度与叶面积指数是一非线性关系。在群体环境下,由于玉米株植间叶片存在相互的交叠,具有更强的非线性关系。由图 2 可知,拔节期至吐丝期地面覆盖度与叶面积指数之间存在指数关系,决定系数为 0.954 7,相关性达到了极显著水平。所得模型方程为 $y = 0.056 4e^{4.911 8x}$ 。式中, x 为地面覆盖度, y 为叶面积指数。

2.3 模型检验 为确定模型的有效性和适用性需对模型的精度进行检验,检验样本数为 18 个。把按照模型计算的 LAI 与实测值比较,结果如图 3 所示。从检验结果可以看出,模型的预测值和实测值间的相关系数为 0.952,达极显著相关,其相应的均方根误差(RMSE)仅为 0.380 4,相对误差(RE)为 9.52%。相对误差越小则 2 组数据间偏差越小,模型拟合的预测度较高,可见,该模型可以通过图像处理技术获得的地面覆盖度较好地估算出夏玉米叶面积指数。

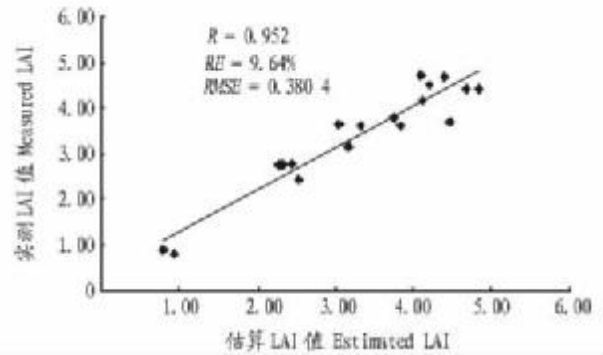


图 3 叶面积指数估算模型计算的预测值与实测值相关关系

Fig.3 The correlation between estimated LAI based on LAI estimating model and measured LAI

型,模型的相关性较高。表明运用图像处理技术估算玉米叶面积指数是可行的。数码相机拍摄图像、提取地面覆盖度估测夏玉米的群体 LAI 值对外界光照条件要求不高,可以对目标准确定位,更适合大田实际操作。与以往图像处理技术获取图像的方法(如高光谱遥感技术)相比,数码相机价格低廉且操作简单,易于技术推广。

(2) 研究只对郑单 958 一个品种实现了叶面积指数模型的建立及检验,而在不同行距配置、不同品种条件下,覆盖度与玉米的叶面积指数的关系会发生相应的变化,因此,要实现用覆盖度对叶面积指数的精确估算,必须校正模型中的相关参数。

参考文献

[1] 李卫国,李秉柏.作物长势遥感监测应用现状和展望[J].江苏农业科学,2006(3):12-15.
 [2] 段爱旺.作物群体叶面积指数的测定[J].灌溉排水,1996,15(1):50-53.
 [3] ADAMSON F J, PINTER PAUL J, BAMES JR E M, et al. Measuring wheat senescence with a digital camera[J]. Crop Sci, 1999, 39:719-724.
 [4] LUKINA E, STONE M, RAUN W. Estimating vegetation coverage in wheat using digital images[J]. Plant Nutri, 1999, 22(2):341-350.
 [5] 王桂琴,郑丽敏,朱虹,等.图像处理技术在冬小麦叶面积指数测定中的应用[J].麦类作物学报,2004(4):108-112.
 [6] 王娟,雷咏雯,张永帅,等.应用数字图像分析技术进行棉花氮素营养诊断的初步研究[J].中国生态农业学报,2008,16(1):145-149.

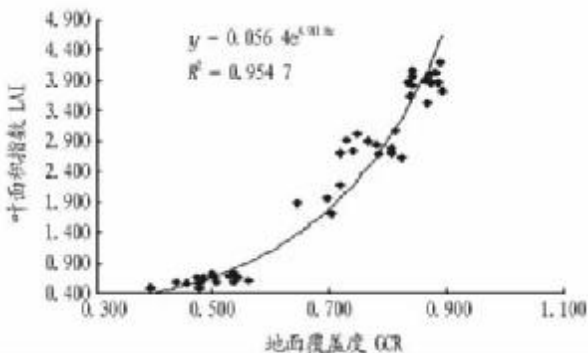


图 2 夏玉米拔节期至吐丝期地面覆盖度与叶面积指数的关系

Fig.2 The correlation between GCR and LAI from jointing stage to silking stage of summer maize

3 结论与讨论

(1) 研究建立了地面覆盖度与叶面积指数的指数回归模