

中国四川间作地区作物高度、覆盖度和叶面积指数的时间变化

林超文,陈一兵,黄晶晶

(四川省农业科学院土壤肥料研究所,成都 610066)

摘 要:作物参数在模型模拟中具有非常重要的作用。但很多关于作物参数的研究是很久以前的,一般发表于 20 世纪中期或更早,并且这些结果都来自于净作作物。为了填补这个空缺,进行了该项研究。结果显示:作物的高度、覆盖度和叶面积指数随时间变化很大。玉米的最大高度是 177 cm,间于已有的文献值范围内。玉米的最大覆盖度是花期的 86 %。玉米的最大叶面积指数是 1.96,低于参考文献的 2.1 ~ 10 的范围,这是因为参考文献的研究集中于北美和欧洲,由于品种和耕作制度的不同而造成的。甘薯的最大和最小株高分别为 22 cm 和 12 cm。甘薯的最大覆盖度为薯块膨大期的 73 %。甘薯的最大叶面积指数是 1.79。当甘薯和玉米间作时,其所有的作物参数受玉米影响很大。在玉米 - 甘薯这个间作系统中,最危险的侵蚀期是玉米收获后至甘薯覆盖度最大期。

关键词:空间变化;作物高度;作物覆盖度;叶面积指数;间作

中图分类号:S314

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0072-04

Temporal Variation of Plant Height, Plant Cover and Leaf Area Index in Inter-cropped Area of Sichuan, China

LIN Chao-wen, CHEN Yi-bing, HUANG Jing-jing

(Soil and Fertilizer Inst., Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China)

Abstract: Plant parameters play a very important roll in modeling. But a lot of investigations about plant parameters are relative-ly old and were published in the mid 20th century or earlier and most of the information is gathered on non-inter-cropping crops. To fill up this gap, this study was implemented. The result shows that plant height, plant cover and leaf area index vary greatly temporally. The max-plant height of corn is 177 cm which within the range of other publications. The max-plant cover of corn is 86 %, which it occurs at the flowering stage of corn. The max-leaf area index of corn is 1.96 which is out of the refer-ence range of 2.1 ~ 10, it is because the references are focused on North America and Europe with different land cover species and the farming systems. The max-and min-plant height of sweet potato is 22 cm and 12 cm, respectively. The max-plant cover of sweet potato is 73 % which occurs at the earthnut expanding stage. The max-leaf area index of sweet potato is 1.79. When the sweet potato is inter-cropped with corn, all the plant parameters of sweet potato were influenced by corn strongly. Within this inter-cropping system, the most erosion dangerous period is from the corn being harvested to the sweet potato covering soil surface exposed by harvesting corn.

Key words: temporal variation; plant height; plant cover; leaf area index; inter-cropping

1 前 言

土壤侵蚀被认为是中国西南地区的主要环境问题^[1],有很多土壤侵蚀模型在该地区应用。土地覆盖变化对水文、小气候、土壤化学、土壤生物群落都有影响^[2]。同样的作物在不同的农作系统中有不同的特征^[3]。从长远的观点看,变化的覆盖冠层将影响到土壤的其它特征;直接的影响,如植被和大气间的能量交换是和新的冠层密切相关的。在大多数的生态和水文模型中,作物参数是被预先设置的,例如模拟流域径流过程的 LISEM 模型^[4]、IHDM 模型 (Institute of Hydrology Distributed Model^[5]);模拟土地管理对流域径流影响的 SWAT 模型 (Soil and Water Assessment Tool;^[6]);模拟冠层光合作用的 Farquhar 模型^[7];模拟冠层蒸腾和碳代谢的子模型^[8] (Atmosphere - Land Exchange

(ALEX) generated by Anderson et al. (2000));模拟小河流量的 VIC 模型^[9] (Variable Infiltration Capacity; applied by Matheussen et al. (2000));模拟陆地生物地球化学循环的模型^[10];植被模拟模型 BETHY^[11] (Biosphere Energy - Transfer Hydrology Scheme developed by Knorr et al (2001))。在所有这些模型中,土地覆盖起着重要的作用,并且都是被预设到模型中的。一般情况下,由于时间或人力限制使模型使用者不能测得自己的冠层数据,只能使用少量参考文献数据。Hallgren (2000) 等人^[12]曾尝试通过搜索现有的数据库来解决该问题,但在其全球性的生态模型 BIOME3 所需的 19 个参数中只找到了 11 个参数值,并且都不超过 4 个可供选择的数值。收集可信的作物参数值往往是艰苦而耗时的的工作,这主要是因为:(1)大量的相关研究相对较早,一般发表于 20 世纪中期或更早;(2)信息必须从广泛的科

* 收稿日期:2006-06-20

基金项目:国家 973 计划(2006CB100206)

作者简介:林超文(1968 -),男,四川资中人,副研究员,主要从事农业环境保护研究;通讯作者:陈一兵(1960 -),男,四川成都人,研究员,主要从事农业环境保护研究。

学领域获得;(3)绝大部分的数据来自于非间作的作物。为了解决该问题,我们在间作地区完成了作物植株高度、覆盖度和叶面积指数随时间变化研究。

2 研究地点

研究地点位于中国四川紫色土丘陵区(图 1)。该区域是由无数集约化耕作的、小面积的农耕地组成,大部分地块的轮作制复杂,间作普遍,复种指数 250 % 左右。在研究小流域的 4.5 km² 范围内有 40 多种不同的轮作、间作方式。最普遍的轮作制是小麦 - 玉米 - 甘薯轮作制^[13],其占据了四川旱坡地 40 %。因此,本文详细讨论了在麦 - 玉 - 薯种植制度下的玉米、甘薯两种作物的冠层特征随时间变化的规律。



图 1 研究地点的地理位置

3 方 法

被测试地块是位于丘陵坡面中部的梯土,在四川丘陵区具有代表性。玉米品种为成单 14,密度为 9 株/m²,4 月 10 日移栽,8 月 10 日收获。甘薯品种为徐薯 18,密度为 9 株/m²,6 月 18 日移栽,10 月 30 日收获。

观测样点的确定方法:在田间测定时,为了达到测定样点的完全随机,每种作物作为单独的测定对象进行取样。为了获得随机的样点,我们使用了一个随机样点生成程序。这种取样方法能够获得允许精度的样点。该程序的主要原则是:把田块的长作为 x 轴,宽作为 y 轴输入程序,运行程序就可获得随机的以地块长宽为坐标的样点位置。样点的数量影响所测参数的标准偏差。我们每次测量了 30 个样点以获得允许标准偏差内的结果。测量时间间距为 7 d。

植株高度(Plant height (PH))测定方法:植株高度是指植株最高点与地面的垂直距离。在每个样点,1 m × 1 m 的区域被作为样点范围,在该区域内均匀分布取 10 株植株测定株高,如果不足 10 株,则全部测量。所测植株高度的平均值为该样点的株高。所有 30 个样点的株高的平均值为该次测定的株高值。其计算方法如下式:

$$PH = \frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} PH_n$$

式中: PH ——植株高度 (cm); PH_n ——每个样点的植株高度 (cm)

$$PH_n = \frac{1}{10} \sum_{n=1}^{10} PH_p$$

式中: PH_p ——每个样点被测定的单个植株高度。

作物覆盖度(Plant cover (COV))测定方法:在每个样点上大概 2.5 m 处照一张正投影数字照片,再用 PhotoShop 分

析照片中土壤被作物覆盖面积占样点面积的比例即为该样点的作物覆盖度。具体分析方法是:用 Photoshop 打开照片,选出样点区域,统计出样点区域的总像素,在通过颜色选出裸露的土壤并统计像素,用总像素减去土壤像素就是作物覆盖部分的像素,作物覆盖的像素除以总像素就是作物覆盖度。具体计算公式如下:

$$COV = \frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} COV_p$$

式中: COV ——作物覆盖度 (%); COV_p ——每个样点的作物覆盖度 (%)。 $COV_p = (Pt - Ps) / Pt$

式中: Pt ——样点总像素; Ps ——裸露土壤的像素。

注:在测定高秆作物(如玉米)时,照照片的高度应该更高;当田间有杂草时,应把杂草除去后再照照片。

叶面积指数(Leaf Area Index (LAI))测定方法:首先数出样点范围内(1 m²)的植株数量,再在样点里选取有代表性的 5 株植株(如果总数少于 5 株则全选)观测每株植株的叶片数,再选取有代表性的 20 片叶片(叶片少的植物可以适当减少选取的叶片数)用数码相机测定单片叶片的面积。具体的测定方法如下:

$$LAI = \frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} LAI_p$$

式中: LAI ——叶面积指数, LAI_p ——每个样点的叶面积指数。

$$LAI_p = (LA \times P_n \times L_n) \div 10000$$

式中: LA ——单片叶片平均面积 (cm²); P_n ——样点内的植株数量; L_n ——单株平均叶片数。

LA 用数码相机测定。所有样品叶片被分开平放在一张已知面积的白纸上,在距叶片大概 1.5 m 高处照一张照片,用测覆盖度的方法测定叶片面积占纸张面积的比例,就可以算出叶片的面积。具体方法如下:

$$LA = (P_{tp} - P_{bp}) \div P_{tp} \times A \div n$$

式中: P_{tp} ——白纸的总像素, P_{bp} ——裸露白纸的像素, A ——白纸的面积 (cm²), n ——叶片数。

4 结果与讨论

4.1 间作条件下玉米、甘薯植株高度随时间变化规律

植株高度是计算特定地点作物地上部分生物量、养分平衡及碳代谢的主要参数。在水文模型中,最大植株高度用来计算空气阻力和土壤水分蒸发蒸腾潜力。图 2~3 展示了玉米、甘薯在四川紫色土丘陵区间作条件下的植株高度随时间变化的规律。玉米的最大植株高度是 177 cm,国际文献上该值介于 1~3 m (Lutz Breuer, 2003)。玉米的植株高度从移栽后的 18 cm 持续增长到最高点 177 cm,以后缓慢下降到收获时的 155 cm;在移栽后的一个月玉米株高增长缓慢,在玉米进入拔节期后的 20 d 左右株高增长迅速。甘薯的株高比较稳定,变化小。其最小株高为 12 cm,最高为 22 cm,甘薯的株高从移栽后持续缓慢增长到收获期。从两种作物株高的时间变化规律可以看出,甘薯的生长受玉米的影响很大。甘薯移栽时正是玉米生长旺盛期,玉米对甘薯的隐蔽严重,在甘薯和玉米共生的时间里,甘薯高度出现了少量下降。当玉米的株高和覆盖度在 7 月上旬出现下降时,甘薯的生长则在这时加快。在收获玉米时,甘薯植株受农事活动的影响使其株高再次降低,在甘薯植株从农事活动的影响中恢复后持续长高到收获。

4.2 间作条件下玉米、甘薯的覆盖度随时间变化规律

作物覆盖度是计算降雨拦截的重要参数,而降雨拦截在计算水平衡、水文和能量平衡时有重要作用。图 4~5 展示了在四川丘陵间作区玉米、甘薯的作物覆盖度随时间变化规律。从图 4 可以看出:玉米的最大覆盖度为 86 %,最小覆盖度为 6 %;在移

栽后的前 15 d 玉米生长非常缓慢,覆盖度只增加了 3 %;这段时间以后,玉米持续旺盛生长到最大点,其覆盖度在大概一个月的时间从 10 %增加到 86 %。在 6 月 18 日,甘薯移栽到田块,由于此时是玉米的最大期,土壤主要被玉米占据,甘薯被玉米隐蔽严重,在长达一个月的时间里,甘薯的覆盖度只增加了 8 %。玉米的覆盖度达到最高点后逐渐降低,直到收获时的 64.5 %,但此时甘薯的覆盖度在逐渐增加。在玉米收获后田块里只有甘薯,甘

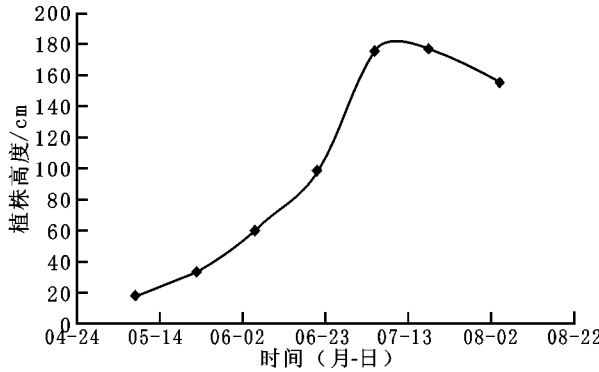


图 2 玉米植株高度随时间变化曲线

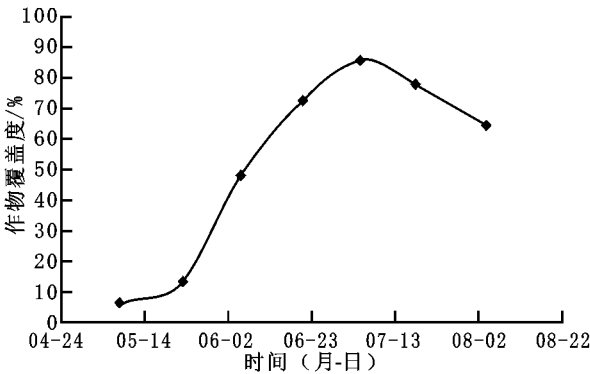


图 4 玉米覆盖度随时间变化曲线

4.3 间作条件下玉米、甘薯的叶面积指数随时间变化规律

叶面积指数是大多数现有生态水文模型的重要参数,因为其决定作物的光合作用、蒸腾速率,同时还影响降雨和光线拦截。因此,不准确的最大叶面积指数将严重影响模型模拟结果的准确性。图 6、7 展示了在四川丘陵间作地区玉米、甘薯的叶面积指数随时间的变化规律。从图 6 可以看出,玉米的最大叶面积指数是 1.96,而其它文献的^[15~22]参考值为 2.1~10。造成这种差异的原因主要有:作物密度的影响,国外文献的作物密度为 4~32 株/ m²,而观测地点的作物密度为 9 株/ m²;作物品种的影响,大部分国际的研究在欧美地区,所用品种和研究地所用品种不同;栽培管理措施的影响,在欧美作物一般是净作,而研究地是间作。玉米叶面积指数

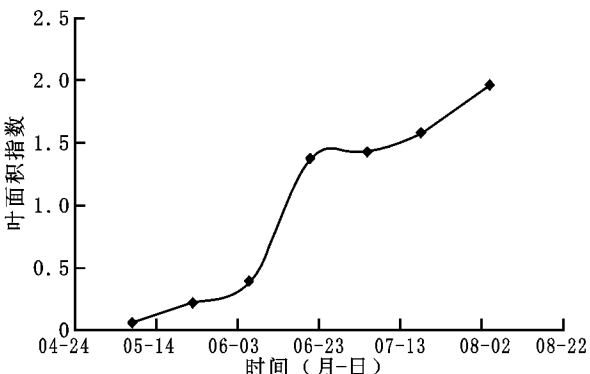


图 6 玉米叶面积指数随时间变化曲线

薯的覆盖度就是田块的覆盖度,同时甘薯植株受玉米收获活动的扰动,其覆盖度有所降低(从 39 %降到了 28 %)。此时正是四川紫色丘陵区暴雨多发季节,因此,多数的剧烈土壤侵蚀发生在该时段^[14]。在玉米收获后,甘薯脱离了玉米的隐蔽,生长非常迅速,其覆盖度在短短的 15 d 就从 28 %增加到了 65 %。以后甘薯覆盖度保持在 65 %~73 %之间,这段时间也没有强降雨,土壤侵蚀不严重^[14]。

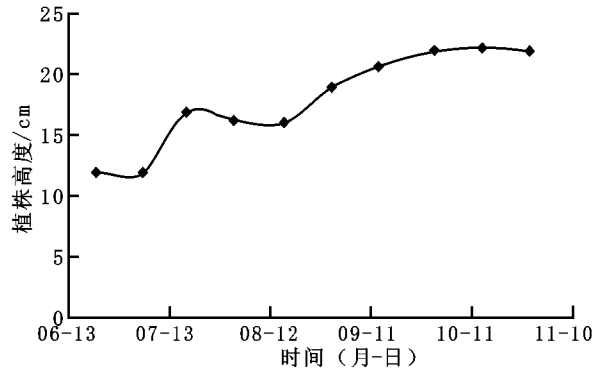


图 3 甘薯植株高度随时间变化曲线

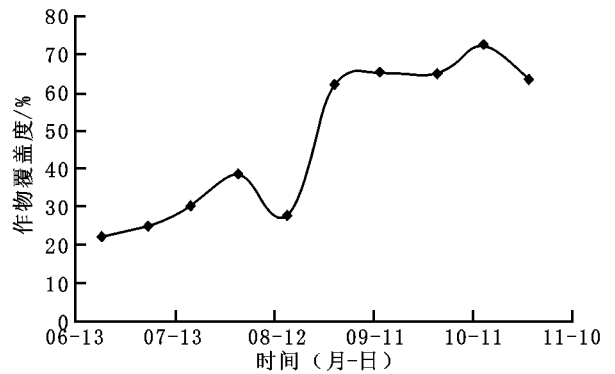


图 5 甘薯覆盖度随时间变化曲线

在刚移栽时很低,只有 0.06,并且增长缓慢,在移栽一个月后达到 0.3;但在接下来的 20 d 玉米的叶面积指数增长迅速,从 0.3 激增到 1.37;以后玉米叶面积指数保持持续增长,直到收获时达到最大 1.96。甘薯的最大叶面积指数为 1.79。在甘薯和玉米间作期间,其叶面积指数很低并且增长缓慢,移栽后一个月都在 0.1 以下;但在玉米收获后,甘薯的叶面积指数快速增加,在一个月的时间里从 0.35 增加到了 1.79。与覆盖度不同的是甘薯叶面积指数没有受到玉米收获活动的影响,说明农事活动只是影响了甘薯植株在田块的分布,而没有毁坏甘薯植株。甘薯叶面积指数在 9 月 11 日达到最大点 1.79 后持续下降到收获时的 1.42。

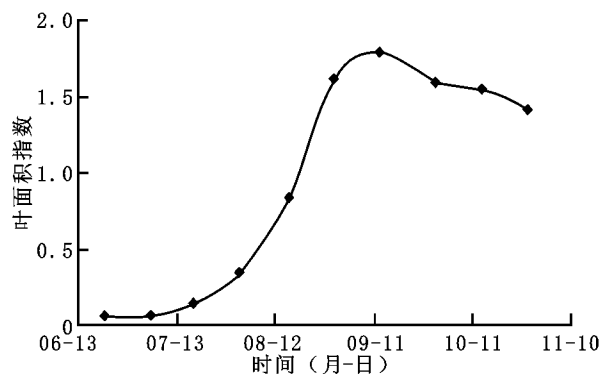


图 7 甘薯叶面积指数随时间变化曲线

5 结 论

作物的株高、覆盖度、叶面积指数随时间变化很大。在四川丘陵间作地区玉米的最大株高是 177 cm,最大覆盖度是 86%,最大叶面积指数是 1.96。株高与国际参考文献的结果吻合,但叶面积指数低于国际参考文献的结果,这主要是因为国际上的研究主要集中在北美和欧洲,作物品种、栽

参考文献:

- [1] Barton, A P, Fullen, M A, Mitchell, DJ, et al. Effects of soil conservation measures on erosion rates and crop productivity on subtropical Ultisols in Yunnan Province, China[J]. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2004, 104: 343 - 357.
- [2] Lutz Breuer, Klaus Eckhardt, Hans - Georg Frede. Plant parameter values for models in temperate climates[J]. *Ecological Modelling*, 2003, 169: 237 - 293.
- [3] Manhoudt, A G E, Udo de Haes, H A, de Snoo, G R. An indicator of plant species richness of semi-natural habitats and crops on arable farms[J]. *Agric. Ecosyst. and Environ.*, 2005.
- [4] De Roo, A P J, Offermans, R J E. L ISEM: a physically bases hydrological and soil erosion model for basin scale water and sediment management[A]. In: *Modelling and management of sustainable basis-scale water resource systems*[C]. Great Britain, 1995. 399 - 407.
- [5] Beven, K J, Calver, A, Morris, E M. The Institute of Hydrology Distributed Model[R]. Report 98. Institute of Hydrology, Wallingford, 1987. 33.
- [6] Arnold, J G, Srinivasan, R, Muttiah, R S, et al. Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: model development[J]. *J. Am. Water Res. Assoc.*, 1998, 34: 73 - 88.
- [7] Chen, J M, Liu, J, Cihlar, J, et al. Daily canopy photosynthesis model through temporal and spatial scaling for remote sensing applications[J]. *Ecol. Model.*, 1999, 124: 99 - 119.
- [8] Anderson, M C, Norman, J M, Meyers, T P, et al. An analytical model for estimating canopy transpiration and carbon assimilation fluxes based on canopy light-use efficiency[J]. *Agric. For. Meteorol.*, 2000, 101: 265 - 289.
- [9] Matheussen, B, Kirschbaum, R L, Goodman, I A, et al. Effects of land cover change on streamflow in the interior Columbia River Basin (USA and Canada)[J]. *Hydrol. Proc.*, 2000, 14: 867 - 885.
- [10] Kercher, J R, Chambers, J Q. Parameter estimation for a global model of terrestrial biogeochemical cycling by an interactive method[J]. *Ecol. Model.*, 2001, 139: 137 - 175.
- [11] Knorr, W, Heimann, M. Uncertainties in global terrestrial biosphere modeling, Part II: global constraints for a process-based vegetation model[J]. *Global Biogeochem. Cyc.*, 2001, 15: 227 - 246.
- [12] Hallgren, W S, Pitman, J. The uncertainty in simulations by a Global Biome Model (BIOME3) to alternative parameter values[J]. *Glob. Chang. Biol.*, 2000, 6: 483 - 495.
- [13] Yang W Y, Zhang Q, Lin C W. Erosivity distribution of Rainfall and the crisis period of soil erosion in the Sichuan basin[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 1997, 10: 41 - 47.
- [14] Zhang Q, Lin C W, Yang W Y, et al. Feature and control of soil and water loss in small catchment of hilly area of central Sichuan[J]. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*, 1997, 3(3): 38 - 45.
- [15] Chen, J M, Black, T A. Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture[J]. *Agric. For. Meteorol.*, 1991, 57: 1 - 12.
- [16] Chen, J M, Rich, P M, Gower, S T, et al. Leaf area index of boreal forests: theory, techniques, and measurements[J]. *J. Geophys. Res.*, 1997, 102: 29 429 - 29 443.
- [17] Francisco R. L ópez - Serrano, Tom á Landete - Castillejos, Javier Martinez - Mill á n, et al. LAI estimation of natural pine forest using a non-standard sampling technique[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2000, 95 - 111.
- [18] Jochen Kantelhardt, Elisabeth Osinski, Alois Heissenhuber. Is there a reliable correlation between hedgerow density and agricultural site conditions? [J]. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2003, 98: 517 - 527.
- [19] Liang, X, Lettenmaier, D P, Wood, E F, et al. A simple hydrologically based model of land surface, water, and energy fluxes for general circulation models[J]. *J. Geophys. Res.*, 1994, 99: 14 415 - 14 428.
- [20] Niels P R Anten. Evolutionarily stable leaf area production in plant populations[J]. *J. Theor. Biol.*, 2002, 217: 15 - 32.
- [21] Privette J L, Myneni, R B, et al. Early spatial and temporal validation of MODIS LAI product in the Southern Africa Kalahari[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 83: 232 - 243.
- [22] Sylvain G Leblanc, Jing M Chen. A practical scheme for correcting multiple scattering effects on optical LAI measurements[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2001, 110: 125 - 139.

培密度和种植方式不同造成的。甘薯的最大株高是 22 cm,最小株高为 12 cm,甘薯在薯块膨大其的覆盖度达到最大 73%,叶面积指数在 9 月 11 日达到最高 1.79 后逐渐下降。当甘薯和玉米间作时,其各项参数受玉米的影响都较大;玉米收获活动对甘薯的覆盖度影响较大,但对甘薯的株高、叶面积指数影响不大。在玉米 - 甘薯种植制度下,玉米收获后到甘薯覆盖度较大期是土壤侵蚀最容易发生的时期。