

[文章编号] 1005-0906(2000)增刊-0030-03

玉米植株形态生长的模拟

姚运生¹, 罗新兰², 王秉昆², 戴俊英²

(1. 吉林农垦特产高等专科学校, 吉林 132109; 2. 沈阳农业大学农学院, 沈阳 110161)

[摘要] 在生长模拟的基础上, 根据玉米各器官的同伸关系, 各叶位高度的变化规律, 以及与玉米生长发育相关的专业知识, 开发了玉米植株形态生长的模拟系统。它能够模拟出玉米从出苗到吐丝期间的形态变化过程, 在计算机上绘出植株形态图。

[关键词] 玉米; 生长发育; 形态模拟

[中图分类号] S 513; S 311.2

[文献标识码] A

玉米各器官的生长有明显的同伸规律^[1,2], 各叶位的生长有严格的顺序性, 而且其外部形态与生育阶段及内部分化情况有密切联系。因此, 玉米的形态特征常作为栽培管理的技术参考^[3]。近年来计算机在农业上的应用有了多方面的发展, 由单项应用逐渐转向多项综合应用, 模型库、知识库、数字图象处理等多项技术综合运用来解决作物生产中的问题, 不仅引起了科学家和工程师们的兴趣, 也是未来的发展方向^[4]。作物生长模拟的研究在国内外已有30多年的历史, 但在作物形态生长的模拟方面研究较少。本文在国内外近年来玉米植株形态生长研究的基础上, 结合田间调查和玉米生长动力模拟^[5], 把玉米不同生育时期的形态特征利用计算机绘图描述出来, 模拟了玉米植株形态生长过程。

1 玉米植株形态生长及计算机描述

1.1 叶片的生长

玉米的可见叶片数是采用生长模拟模式模拟出叶速度的方法确定的, 其结果与实测值基本一致^[5]。叶片刚长出时呈卷心状, 然后随叶片的伸长逐渐展开。叶片从可见到叶尖至完全展开的时间间隔为延续生长期。叶片的延序生长期由下至上逐渐增加, 最后几片叶又有所缩短。据田间观察结果, 掖单 13 的第 1~18 片叶子延续生长期依次延长, 由 8 天增

加到 14 天, 叶序每增加 1 位, 延序生长期约增加 0.33 天; 18 叶到 20 叶延续生长期又缩短, 第 20 片叶延续生长期约减少到 11 天。叶片的延续生长期受环境的影响, 如不同的积温会使同一叶片的延续生长期发生改变, 为了对玉米叶片的延续生长期进行合理的模拟, 本系统借用了玉米的见展叶差规律, 即根据玉米的见展叶差是个相对稳定的因子, 受环境影响不大, 且各时期见展叶差有严格规律。

形态生长的图象模拟以日为单位。根据生长模拟, 第 x 天开始长出第 y 片叶子, 此时见展叶差为 n , 则第 $(y-n)$ 至第 y 片叶子在同时生长。片叶的长度根据模拟的叶面积确定, 根据叶片的长度绘出该叶片的轨迹。因此在图象上可以近似看出叶面积的垂直分布结构。

叶尖刚露出时, 叶片比较直立, 随着叶片的伸长, 叶片展开并逐渐向下弯曲。叶片展开后各叶位的叶倾角已基本稳定, 叶倾角及下垂点比例因品种而异^[6,7]。掖单 13 是紧凑型品种^[8], 其穗位以上叶平均叶倾角为 66 度, 叶向值 44, 穗位以下叶倾角为 54 度, 叶向值为 29。

根据以下公式求得^[9]穗位以上叶下垂点比例为 0.67, 穗位以下叶下垂点比例为 0.54。

叶向值 = 叶片在基部的夹角 $\times$ 下垂点比例
下垂点比例 = $\frac{\text{叶基部到叶片与地面平行点的距离}}{\text{叶片的总长度}}$

根据各叶片的长度和相应的下垂点比例计算叶片基部到下垂点的距离。在图象上, 叶片基部到下垂点之间叶片与水平线夹角为叶倾角, 下垂点到叶尖、叶片近似水平。为了使图象与实物比较相似, 叶

[收稿日期] 1999-12-15

[作者简介] 姚运生(1965-), 男, 硕士学位, 沈阳农业大学讲师, 从事农业气象、计算机应用基础的教学及计算机辅助教学的应用与研究。

片上除了下垂点位置以水平角处理外,从叶基部开始,其它各点均以较小的角度逐渐向下弯曲。对于未完全展开的叶片不考虑下垂点。

1.2 叶片功能期

玉米在拔节后,由于株高和叶面积都迅速增加,下部光照减弱,同时由于生长中心的转移,下部叶片营养向茎秆中输送,造成下部叶片衰老脱落。此外,叶片的脱落还与气生根的发生及农事活动造成的机械损伤等有关。

根据作者 1994 年和 1995 年在沈阳农业大学的田间调查结果,第一片叶子脱落是从拔节后开始,可见叶有 11 片,此后每隔 5 天有一片叶子脱落,直到第 7 片叶子落下。此时雄穗展开,植株刚好达到最大高度。1~7 位叶片的功能期在 35~47 天之间。8 叶以后叶片功能期延长,平均每两周有一片叶子落下。12 叶以上的叶片基本上能维持到灌浆后期。

图象模拟系统中按照各叶片相应的脱落日期,将该叶片从屏幕上清除。系统只描述了吐丝以前的形态变化,当见展叶差减少为 0 时,叶片停止生长,所有叶片完全展开,此时雄穗已抽出,雌穗长大至吐丝,绘图系统终止。

1.3 株高的生长

玉米自然株高的生长过程是“慢—快—慢”这种 S 型曲线的生长规律,其高度值一般是指地面到上部最高叶片的距离。在本系统中要模拟同一植株上每个叶片的高度动态变化过程,因此还要了解每个茎节的伸长规律。玉米茎秆的高度生长也是 S 型曲线规律,这种规律是由每个节位的动态伸长过程所构成的^[11]。玉米茎秆基部的 5~6 节极短,位于地下,叶鞘基部也在地下,其余地上节间在拔节后开始伸长^[10]。茎节的伸长与叶片的发生与展开间存在密切的同伸关系,据 Robertson 的研究^[12],玉米植株以上三分之二的茎节上,叶鞘和节间伸长的时间间隔分别为 4.1 和 5.8 个出叶间隔期(每个出叶间隔期为叶片从长出到完全展开的时间长度)。叶片在刚展开时,由于其下部节间及叶鞘仍在伸长,因此叶片的高度在一定时间内仍要增加。Robertson 研究了玉米叶片高度(叶片基部的高度)同可见叶片数及总叶片数的关系,发现了植株高度同可见叶片数之间稳定的线性关系,而且叶片展开后基部的高度同可见叶片数之间的关系也是很明确的。因此,在作物生长模拟中,根据模拟的可见叶片数和每片叶子的叶面积以及品种的总叶片数和叶片倾角,就可以确

定作物冠层内叶面积垂直分布结构的动态变化过程。

根据 Robertson 的研究,适合于本试验的玉米品种特征的植株高度(最上一片刚展开叶的叶鞘高度) H_1 (单位是米)同展开叶片数 x 的关系如下:

$$H_1 = 2.32x \quad (1 \leq x \leq 7)$$

$$H_1 = 15.6x - 95.7 \quad (8 \leq x \leq 20)$$

而每个叶片的最大高度 H_2 同 x 的关系为:

$$H_2 = 2.32x \quad (1 \leq x \leq 7)$$

$$H_2 = 16.4x - 90.5 \quad (8 \leq x \leq 20)$$

这样在玉米的一生中,每个展开叶的高度由 H_1 长到 H_2 ,而未展开叶基部的高度接近于 H_1 ,通过简单的线性关系将植株高度随时间的 S 型曲线变化规律描述出来。在计算机上,将已展开的叶片中叶位高度仍在增加和高度停止增加的叶片用不同的颜色区别;而用其它颜色表示未完全展开的叶片。通过图象的这种处理,就可以看清叶片及茎节的动态生长过程,充分反映了各未展开叶之间、叶片与茎之间的同伸关系。

1.4 叶片与根的同伸关系

玉米叶片生长与根层的生长也有密切的同伸关系,如夏玉米叶片展开与节根层增生的对应关系,大致是每展开 1.7~2.3 片叶增添一层节根^[10]。作者 1995 年对掖单 13 根的发生情况进行了连续的田间调查发现,第三片叶长出后,第一层节根已经发生,以后每长出两片叶子增加一层节根。二者的对应关系如下式:

$$\text{可见叶片数} = 2 \times \text{节根层数} + 1$$

节根层数为 1 至 9,其中 1 至 6 层为地下节根,7 至 9 层为气生根。气生根在拔节以后长出。根据可见叶片数判断节根层数的方法比通过展开叶片数判断更准确。系统中根据模拟的可见叶片数计算地下节根发生层数,并在信息窗口下显示输出。

1.5 叶子与穗分化期的对应关系

玉米在拔节后雄穗与雌穗相继开始分化,玉米的穗分化可分 12 个时期,各分化期与展开叶数存在着较稳定的对应关系,胡昌浩(1972)给出了用叶龄指数判断穗分化时期的方法^[10]。

$$\text{叶龄指数} = \frac{\text{主茎展开叶片数}}{\text{主茎总叶片}} \times 100$$

$$\text{穗分化期} = 12 - 0.00249 \times (\text{叶龄指数} - 100)^2$$

系统中根据模拟的可见叶数计算穗分化时期次序值,并在形态仿真图形的右侧输出穗分化时期。

2 系统的建立与使用

本文的模拟系统以 Turbo C2.0 作为开发平台。硬件环境为 IBM - PC386 及其兼容机,显示器需配有 VGA 显示卡,打印机型号为 1600K。DOS 版本为 PC - DOS 或 MS - DOS3.0 或更高版本。

系统运行时将玉米从出苗到吐丝期间、叶片的发生及形态变化、植株的高度、雌穗及雄穗的生长状况以图形的方式在屏幕的一侧动态地显示出来,同时屏幕的另一侧显示播种后的天数、发育状况、见展叶差、穗分化程度及根的发生情况,系统能够按用户要求将某一天的图形在打印机上输出。

3 讨 论

本文利用玉米生长发育及形态变化的规律构建模拟模型,其目的就在于提高模拟模型的可信度,提供多方面的结论,使其更具有现实意义。将生长模拟系统与计算机绘图相结合,对玉米植株形态生长的图象模拟作了初步尝试。它不但可以使生长模拟系统显得生动直观,而且使软件更具有应用价值。栽培上,常根据玉米的形态特征判断玉米的生育时期,制定管理方案和促控措施,将这些知识系统模式化,进一步丰富图象仿真系统,会大大增强系统的决策分析能力,促进计算机技术在农业上应用的发展。

本研究仅是在这方面的尝试,若要将玉米植株形态变化在计算机上真实地表现出来是相当复杂的,生态条件是影响玉米植株形态变化的一个重要因素,有关这方面定性、定量的描述尚待进一步研究。在此基础上还需进一步结合先进的图象处理技

术,只有使图象清晰逼真,才有可能通过它判断作物的生长状况。随着作物生长模拟研究及多媒体技术应用的深入,二者有机地结合,使系统提供图文并茂的结论,更能使其具有较高的可信度,从而提供高质量的决策依据。

[参 考 文 献]

- [1] 赵树仁,姚南瑜. 玉米叶片生长规律的观察[J]. 植物生理学通讯,1987,(6):26-29.
- [2] 戴俊英主编. 玉米形态与超微结构图谱[M]. 辽宁科学技术出版社,1990.
- [3] 鞠章纲,等. 玉米见展叶差变化规律及其在生产中的应用[J]. 江苏农业科学,1986,(2):4-6.
- [4] 《顾慰连论文集》编委会. 顾慰连论文集[M]. 辽宁科学技术出版社,1992.
- [5] 姚运生,等. 玉米生长的动力模式研究[J]. 玉米科学,1997,5(3):53-57.
- [6] 章履孝. 玉米株型的划分及其剖析[J]. 江苏农业科学,1991,(5):30-31.
- [7] 刘绍禄,等. 紧凑型玉米株型及生理特性研究. 华北农学报,1990,5(3):20-27.
- [8] 薛吉全,等. 玉米不同株型群体冠层特性与光能截获量及产量的关系[J]. 西北农业学报,1995,(1):29-34.
- [9] Pepper, G. E. 等. 玉米的叶向与产量[J]. 国外农业科技,1980,(2):13-18.
- [10] 山东省农业科学院主编. 中国玉米栽培学[M]. 上海科学技术出版社,1986.
- [11] Morrison, T. A., et al. Maize Internode Elongation Patterns[J]. Crop Science 1994 Vol. 34 1055-1060.
- [12] Robertson, M. J. Relationships between internode elongation. Plant height and leaf appearance in maize[J]. Field Crops Research 1994, Vol. 38, 135-145.

Studies on Simulation of corn Morphology Growth

YAO Yun-Sheng, et al.

(Jilin Reclamation and Special Local Products Professional College, jilin 132109, China)

Abstract: On the basis of corn Growth and Development simulation Model, the Maize Morphological Growth Graphic Simulation System was developed by using the law of synchronous growth among maize organs, the law of leaf height growth and other discipline knowledge about maize growth and development. It could simulate the morphological change of maize from emergence through silking, and the figure was drawn on the screen. Meanwhile, tassel initiation and root development information were shown.

Key words: Corn; Growth and development; Morphology Simulation.