

电脑种棉花

棉花优质高产 的定量计算和决策

肖荧南 戴逸民 编著



中国科学技术大学出版社

电脑种棉花

棉花优质高产的定量计算和决策

肖荧南 戴逸民 编著

中国科学技术大学出版社

1995 · 合肥

内 容 简 介

本书结合栽培学的一般知识和国内外学者的有关研究成果,根据GOSSYM的工作原理,给出了棉花各器官的生长发育,土壤水分,土壤氮素动态变化的计算公式及实现棉花生产决策的方法。

本书共八章,第一、二、六章分别论述棉花营养器官、生殖器官和蕾铃脱落规律及计算公式,第三、四章论述了土壤水分,土壤氮素的动态变化,第五章论述了碳水化合物和氮的供应对器官生长的影响,第七章论述了光合生产和棉花产量、品质的形成,第八章论述了棉花生产的决策问题。

本书可供农业院校师生、农业科技人员、农业领导干部阅读和参考。

电脑种棉花 棉花产量、品质的定量计算和决策 贾荣甫 戴逸民 编著

中国科学技术大学出版社出版发行
(安徽省合肥市金寨路96号,邮编:230026)
中国科学技术大学印刷厂印刷
全国新华书店经销

*

开本:850×1168/32 印张:9.5 字数:276千字
1995年10月第1版 1995年10月第1次印刷
印数:1—2000册

ISBN7-312-00577-2/S·13 定价:9.80元

(凡购买中国科大版图书,如有白页、缺页、倒页者,由本社出版科负责调换。)

序

献给读者的这本书是编著者多年的研究成果,属国家“七五”、“八五”科技攻关项目——“浅层咸水型盐渍化低产地区综合治理和发展”、“盐渍化改造区高效持久综合农业的优化决策和综合技术研究”中的一部分。“棉花优质高产的定量计算和决策”是编著者多年心血的结晶,这是一部有理论意义和实用价值的学术著作。

棉花生产是世界农业领域里的重头戏,对我国尤为重要。其生产技术的研究十分广泛和深入,但棉花高产优质生产技术的定量化研究与电脑应用并不多见,在我国尚属首例。

在进入系统时代、综合时代、信息时代的今天,为了发展科学技术并使之更有效地用于实践,在各个领域里,特别是生产、经济领域里,不同学科、不同专业在共同的目标下进行渗透合作是发展的总趋势。同时,面对日益复杂的大系统,电脑科学技术的应用更是争速度的大方向,这本书体现了这个时代精神。

肖荧南副教授在作物栽培、作物生态,特别是棉花栽培生产方面,有丰富扎实的理论知识和研

究、生产的实践经验；戴逸民副教授在电脑科学和技能方面有很深的造诣，更为难能可贵的是他有志于把电脑科技应用于农业生产而开展了大量的研究工作。两位学者密切而有效的合作研究，很好地完成了科研任务，也诞生这部既提高了棉花栽培、生产的理论水平，又有很强的可操作的实用价值的书，值得大家阅读和研究。

为此，我郑重地向农业战线上的科技人员、管理人员和生产者推荐这本好书。

北京农业大学 辛德惠

一九九五年二月

前 言

在图书馆的书架上,有关棉花生产的各类书籍不下数十种。它们都从不同的角度和深度论述了棉花生长发育的规律,棉花和外界环境条件的关系以及获取优质高产的途径和方法等,但可以说还没有一本是从定量的角度、计算的角度去论述和研究棉花生产的。如果对一个系统,对一个过程的认识不是数量化的,那么这种认识不能认为是充分的。

棉花生产系统与其他作物生产系统一样是以土壤—作物—大气三个环节为主要内容的复杂系统。其复杂性不仅表现在作为系统中心环节的作物本身的生长发育,生理生化等生命过程极其复杂,而且作为系统的无生命部分——土壤和大气不仅有极其复杂的内部结构,很多因子还具有随机性,大多数气象要素具有时间变化的特点,这种时间变化给认识和掌握系统带来许多困难。另外,外界环境因子对作物的作用不是累加的,而是具有单优势性,协同性和拮抗性,这就更使系统趋于复杂化。

在相当长一段时间里,人们对这样复杂系统的研究是处在单学科、单因素、静态、定性的研究上,这种研究方式是和当时的生产和科学技术发展水平相一致的,当时的研究成果对推动生产的发展起了积极作用。随着优良新品种的培育、引进和推广,改良土壤计划的实施,大量施用化学肥料和农药等,使我国的棉花生产有了飞速的发展,皮棉产量从解放前平均 200kg/公顷左右提高到 700kg/公顷以上,但无论是棉花的单产,还是棉花的品质和生产效率同一些发达国家相比都有不小的距离。另外,我国棉花生产上的一个突出问题是它的不稳定性。解放后,我国在棉花生产上已出现了几次大的波动或徘徊,每次波动的原因尽管不完全相同,但主

要是政策和技術的原因。近几年我国北方棉区棉花生产的连续滑坡已严重影响我国棉花生产的稳定发展。这次滑坡的直接原因是近年棉铃虫的大暴发。大暴发引出了大暴露,暴露了农业生产和农业科研上的许多缺陷和弊病,弊病之一就是“单打一”,人们往往习惯采用“单打一”甚至“急功近利”的办法来指导复杂的农业生产。或是强调了一面,忽视了另一面,顾此失彼。在解决某个生产问题上,每当加入新的措施以后,需对系统的社会后果,经济后果,生态后果进行预测、预报和预防。在解决中国这十几亿人口吃饭穿衣的大试验场,政策性试验,重大技术措施出台,需要极其慎重,要有科学决策,否则,弄得不好,代价太大。

要做到预测、预报和预防,要实行科学决策,我们的研究如果还继续停留在经验的、直观的、静态的水平上,显然就不能解决科学决策的问题。随着当代科学技术特别是系统科学和电子计算机的迅猛发展,在自然科学领域中出现了由分析时代向综合时代发展和各类知识数学化的趋势。

早在60年代,以De Wit教授为首的瓦赫宁根学派开创了作物生长动力学,用数学方法描述作物生长及其与环境的相互关系。之后,开发了作物生长模拟系统ELCROS,可以模拟一系列基本过程:农田小气候,光合作用,呼吸消耗,水分平衡和生长等。1976年以来,Baker等在SIMCOT I的基础上,组建了棉花模型——GOSSYM,并在不同条件下接受检验和校正,已在美国14个州广泛应用和推广。

80年代初,以系统思想为指导,采用新的试验设计和其它新方法来研究作物生产在我国逐步兴起。作物生产的研究开始由单目标、单因素、静态的研究向多目标、多因素、多层次的技术系统和经济系统密切结合的方向发展。北京农业大学,江苏农科院,中国农科院棉花研究所,沈阳农业大学等单位在棉花、小麦、水稻、玉米等生产系统的研究上都做了许多有益的工作,取得了可喜的进展。但由于条件的限制,在机理研究上仍较薄弱。

为了推动我国棉花生产系统研究的深入开展,我们在浩瀚的书的海洋中再加上一卷,它将结合栽培学的一般知识和国内外学者的有关研究成果,根据 GOSSYM 系统的工作原理,着重于棉花各器官的生长发育过程和蕾铃脱落的计算,特别是棉花根系生长动态的计算;土壤水分变化的计算,土壤氮素的计算和棉花产量、品质形成的计算,书中将尽可能给出对农学研究者容易理解和接受的一般计算公式并根据邯郸地区二个不同天气年型,在常规措施下给出具体的计算结果(在正文中用 A 处理和 B 处理来区分),以加深读者对计算公式的理解,也不致于感到单纯计算的枯燥。

为了使读者对棉花生产系统有一个清晰的了解,本书根据系统的主要子系统分章节描述。各子系统按照一定的要求,又可组装成一个完整的系统,书中将结合我国北方棉区的实际情况,运行该系统,对不同天气年型、不同肥力、不同密度下的棉花生产做各种计算机的数值实验,从中获得大量有用的信息,作为决策的重要知识源。尽管对某些参数还需作进一步的修正,计算结果和实际生产只是基本的一致,但揭示系统在农业生产中的实际作用的效果是显然的。

棉花从出苗开始,以天为单位逐日计算它的生长发育过程,计算土壤中的水分和氮的变化,计算植株内的碳、氮变化直至计算出产量和品质,所有的计算过程都可在计算机里实现(我们在出版本书的同时,备有一套软件系统可向广大读者提供),不仅能用数字显示而且可以用图象形象地演示,无论是计算精度,还是图象演示的精度,都已达到了在地上以每个节和果节为单位的程度,计算处在每个节和果节上的器官的生长发育,同样的外界环境条件(如光照、温度等),对处在不同节上的器官的影响能有效地加以区分;在地下部分精确到在 5×5 平方厘米为一小室内的根的变化,水和氮的变化,运行系统,所有这些变化都会在荧屏上逼真地呈现在人们面前,因此,将为相关专业的本科生、研究生提供一本有益的教材和参考书,为研究者提供了一个实验、研究的工具。

在这里需要特别指出的是：为了加强棉花生产系统的机理研究，北京农业大学和中国科学技术大学于1991年建立了校际跨学科的合作关系，实行农学和数理、计算机技术不同专业之间的进一步结合，开展交叉研究。实践证明，这种结合使棉花生产系统的研究工作获得了新的动力，迸发出新的火花，并已开始结出硕果。现在奉献给大家的这本书就是这种结合的结晶。用“棉花优质高产的定量计算和决策”来命名本书是表明棉花优质高产的实现已经进入定量计算的时代，尽管还有许多未知世界需要探索，但这个光辉时代已经到来是确定无疑的。本书不仅提供了定量计算的方法而且向读者介绍了如何利用这种计算去实现棉花生产的决策。

我们的研究工作得到了许多老师、同事和同学们的支持和帮助，在这里，我们特别要感谢课题的组织者辛德惠教授；感谢王敏华教授、蒋国柱研究员、詹英贤教授、杨作民教授在业务和文献资料上提供的帮助；感谢马永良、翟志席副教授和张书奎等同志在实验工作上给予的合作和帮助；感谢课题组郭向东博士，书中介绍的“棉花生产决策系统”的程序设计是由他花费极大心血完成的，感谢课题组李维炯副教授、郝晋珉副教授、宇振荣副教授、吴文良副教授给予的具体业务上的帮助，还要感谢曾经为本书的许多具体计算工作付出辛勤劳动的谢光辉、文峰、林蜀南、段占云、戴澍、万颺等同志。

由于编写时间的仓促，不仅搜集到的材料有限而且也难免有许多不妥，甚至错误之处，有待改进和完善，我们恳请读者予以批评指正。

肖荧南 （北京农业大学）

戴逸民 （中国科学技术大学）

1995.7 于北京

目 次

序.....	1
前 言.....	3
第一章 棉花营养器官的形成及生长.....	1
1.1 棉花的叶	1
1.1.1 叶的分化和生长	1
1.1.2 叶面积增长速率	4
1.1.3 叶面积和叶重的增长	5
1.2 棉花的茎和分枝.....	15
1.2.1 茎的形态建成.....	15
1.2.2 分枝.....	22
1.2.3 茎重的增长.....	27
1.3 棉花的根.....	30
1.3.1 棉根的形态.....	30
1.3.2 根的生长.....	32
1.4 营养器官形成、生长的主要生物量的 计算结果及描述.....	42
第二章 棉花的蕾铃形成及生长	47
2.1 蕾的形成及生长.....	47
2.1.1 蕾的形成.....	47
2.1.2 蕾的生长.....	49
2.2 花铃的形成及生长.....	51
2.2.1 开花和受精.....	51
2.2.2 棉铃形成.....	53
2.2.3 棉铃的生长.....	57
2.2.4 水胁迫下棉铃的生长.....	60

2.3 蕾铃形成、生长的主要生物量的 计算结果及其描述	63
第三章 土壤和水的运动	68
3.1 土壤水分的性质	68
3.2 水分常数	68
3.3 土壤水分平衡	72
3.4 棉田土壤水分平衡	74
3.5 蒸腾与蒸发	76
3.6 土壤水运动的主要物理量的计算结果及其描述	82
第四章 棉花的氮素平衡	95
4.1 氮素平衡	95
4.1.1 一般描述	95
4.1.2 土壤氮素贮存	97
4.1.3 土壤氮的移动	99
4.1.4 土壤氮的转化	102
4.2 植株内的氮素	105
4.2.1 氮的存贮	105
4.2.2 氮的需求	107
4.2.3 氮的供需比	110
4.3 氮代谢的主要物理量的计算结果及其描述	115
第五章 碳水化合物和氮的供应对器官生长的影响	134
5.1 碳水化合物的胁迫	134
5.1.1 一般概念	134
5.1.2 碳水化合物供应对器官生长的影响	135
5.2 氮和碳水化合物的胁迫	137
5.2.1 氮的供求状况对碳水化合物的影响	137
5.2.2 氮和碳水化合物的胁迫参数	137
5.2.3 氮和碳水化合物胁迫对器官生长的影响	138
5.3 有关碳水化合物需求的几个主要物理量	

的计算结果及其描述	146
第六章 棉花的蕾铃脱落	160
6.1 蕾铃脱落的一般规律	160
6.1.1 落蕾与落铃的比重	160
6.1.2 蕾铃脱落的日龄	160
6.1.3 蕾铃脱落的部位	163
6.1.4 蕾铃脱落的时期	163
6.1.5 种和品种间蕾铃脱落的差异	163
6.2 蕾铃脱落总量的计算	164
6.3 有关蕾铃脱落的主要生物量的 计算结果及其描述	171
第七章 光合生产和棉花产量、品质形成	177
7.1 光合生产	177
7.1.1 每日总光合产量的计算	177
7.1.2 影响光合生产的因子	178
7.2 呼吸作用	181
7.3 生长过程中可用的光合产物	182
7.4 棉花产量的形成	183
7.4.1 棉花产量的构成因素	183
7.4.2 棉花的生物学产量和经济学产量	188
7.4.3 棉花皮棉产量的计算	190
7.5 棉花纤维品质的形成	192
7.5.1 棉纤维的形成和发育	193
7.5.2 影响棉纤维发育的主要环境因子	194
7.5.3 棉纤维强度和长度的计算	196
7.6 有关光合生产、产量的主要物理量、 生物量的计算结果及其描述	198
第八章 棉花生产决策	208
8.1 一般概念	208

8.1.1	什么是决策	208
8.1.2	定性决策向定量决策的发展	209
8.1.3	决策是信息接受、存贮、加工的过程	212
8.2	多目标决策	215
8.2.1	单目标决策向多目标综合决策的发展	215
8.2.2	目标决策	216
8.3	播前决策	221
8.3.1	系统结构	221
8.3.2	建模原则	223
8.3.3	知识获取的一般方法	224
8.3.4	由数值试验(电脑植棉试验)提供的知识	226
8.3.5	实现	246
8.4	动态决策	248
8.4.1	COMAX 专家系统	251
8.4.2	COMAX 的规则	252
8.4.3	COMAX 系统的应用	253
附录 术语词典		259
参考文献		280

第一章 棉花营养器官的形成及生长

1.1 棉花的叶

棉叶是进行光合作用的主要器官,棉株叶面积约占全株光合面积的 78%,由它制造的各种有机养料,供棉株根系和幼芽、茎枝和蕾铃等器官生长的需要。同时,棉叶还具有蒸腾、贮存、吸收等功能。

1.1.1 叶的分化和生长

棉叶有三种,即子叶、先出叶和真叶,真叶中又可分成主茎叶和果枝叶。

一、子 叶

在开花授粉后约 12 天左右,胚在合点端两侧的细胞迅速分裂,形成两个突起,继后伸长与扩展,就形成两片子叶,在胚囊内呈折叠状,棉子成熟以后,遇有适宜的环境条件,即开始发芽出苗,最初出现的叶片为子叶。子叶两片对生,一大一小,呈肾形。子叶有叶片,叶柄,无托叶,为不完全叶。在长出三片真叶以前,子叶是主要的同化器官,棉子发芽和幼苗生长所需的养分,主要依靠子叶贮藏和制造的有机养料。在苗期保护子叶使其不受损伤,有利壮苗。

子叶生长 60—70 天,自然枯黄脱落,所留痕迹称为子叶节。棉花株高多从子叶节量起,第一果枝始节多从子叶节以上第一节算起。

二、先 出 叶

又称前叶,原叶或不完全叶等。形态不同,一般长 10mm 以下,宽 3mm 左右,最大的长度可达 15mm,宽达 6mm,无托叶,基部较窄,叶柄有或无,为不完全叶。由于先出叶较小,脱落早,且第一节间不伸长,很容易忽略或误认为是托叶。

三、真 叶

真叶包括叶片,叶柄和托叶三部分,为一完全叶,棉叶形状因品种而异。海岛棉叶柄最长,叶片最大;中棉叶柄最短,叶片最小;陆地棉居两者之间。陆地棉托叶阔而短,中棉窄而长,海岛棉则居于两者之间。叶基是叶柄着生叶片的地方,是叶脉汇集之处。叶茎一般呈红色,也有浅红色或无红色的。

棉叶为单叶,互生,掌状网脉,叶缘呈掌状缺刻,裂片一般 3—5 个,有的多至 7—9 个。裂片的宽窄和缺刻深浅因棉种而异。在叶背面中脉的近基部三分之一处有蜜腺一个,有时裂片的叶脉上也有蜜腺的,也有无蜜腺的。

棉花真叶是由生长点周围的叶原基发育而来的,随着叶原基的伸长,分化出托叶原基。开始时,托叶原基比叶身长得快,接着叶身出现缺刻。当棉苗两片子叶展平时,已分化出 4 个左右幼叶(包括叶原基),当第一片真叶展开时,棉苗顶芽生长点已分化出 6 个幼叶(包括展开叶和叶原基,下同)。以后,棉株每增加一个展开叶时,总分化叶数以 $1/2$ 递增。

根据王敏华等观察,棉叶在展开后,基本上是均衡扩展的。一个棉叶从小到大,长宽比基本上是不变的,尤其是中上部叶。但一株上不同时期生长的棉叶,长宽比则不同。据统计,岱 15 等品种主茎第 6 或第 7 叶以上各叶都是长小于宽,以下各叶则是愈下部长大于宽的叶片比例愈大。

棉叶展平后,各叶间绝对日增量是不同的。但是,不同品种,不

同密度和播期的叶片,其相对增长速度则比较接近,1—15叶展平当日的叶面积,约为其最大叶面积的10%—20%,平展后6天为60%—70%,平展后15天已达80%—90%或更高。可见,棉叶在平展后6天内增长最快,6天以后增长速度明显减慢,到12天以后,3日增长率大都在10%以下,说明棉叶面积的主要生长期,是在平展后15天内。亦即平展后15天的倒5叶可作为基本固定叶。

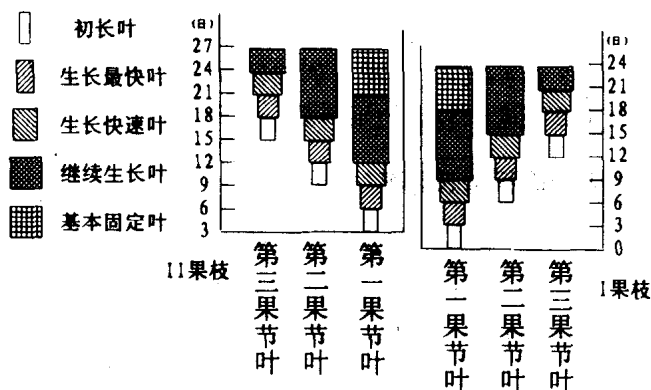


图 1-1 果枝叶的增长示意图

棉株现蕾后直到初花期,一般每隔3天增加一片主茎叶,有时在3天内,可增加2片展开叶。待进入盛花期,主茎叶增长的速度即明显减慢。无论在什么时期,在同时生长的叶片中,总是以顶部4到5片叶增长得快。其中,倒2叶增长最快的株率最高。

果枝叶在展平后的相对增长速度与主茎叶的表现很相似,即多数或大多数的果枝叶,在展平后3天内增长最快,前6天的增长量为该叶最大面积的59%—71%。果枝叶展平后不同时间的相对增长量的变化与主茎第11—15叶更为接近。

根据果枝叶的增长规律,多数植株可用图1-1来示意。由图可

见,当本果枝第二果节叶片处于初展阶段时,同枝前位先展叶正在生长快速期,上位果枝的第一叶则为生长最快的时期。

1.1.2 叶面积增长速率

在模拟叶生长时,是模拟在每一个特定位置上的叶的生长,为了表明某一叶片在棉株上所处的具体位置,模型中用 (k, l, m) 表示,其中, k 代表主茎和营养枝。若 $k=1$,则代表主茎, $k=2,3$,则代表第1、第2营养枝, l 代表主茎或营养枝上的节数, l 不大于20; m 代表主茎或营养枝上的果节数, m 不大于5。

一、白天叶面积增长速率($raday$)

$$raday = \begin{cases} 0 & raday \leq 0 \text{ 时} \\ -1.14277 + tday \times (0.0910026 - \\ tday \times 0.00152344) & \\ -0.317136 + tday \times (0.0300712 - \\ tday \times 0.000416356) & tday \leq 24^{\circ}\text{C 时} \end{cases} \quad (1-1)$$

式中, $tday$ 为平均日间温度。

二、夜间叶面积增长速率($ranyt$)

$$ranyt = \begin{cases} 0 & ranyt \leq 0 \text{ 时} \\ -1.14277 + tnyt \times (0.0910026 - \\ tnyt \times 0.00152344) & \\ -0.317136 + tnyt \times (0.0300712 - \\ tnyt \times 0.000416356) & tnyt \leq 24^{\circ}\text{C 时} \end{cases} \quad (1-2)$$

式中, $tnyt$ 为平均夜间温度。