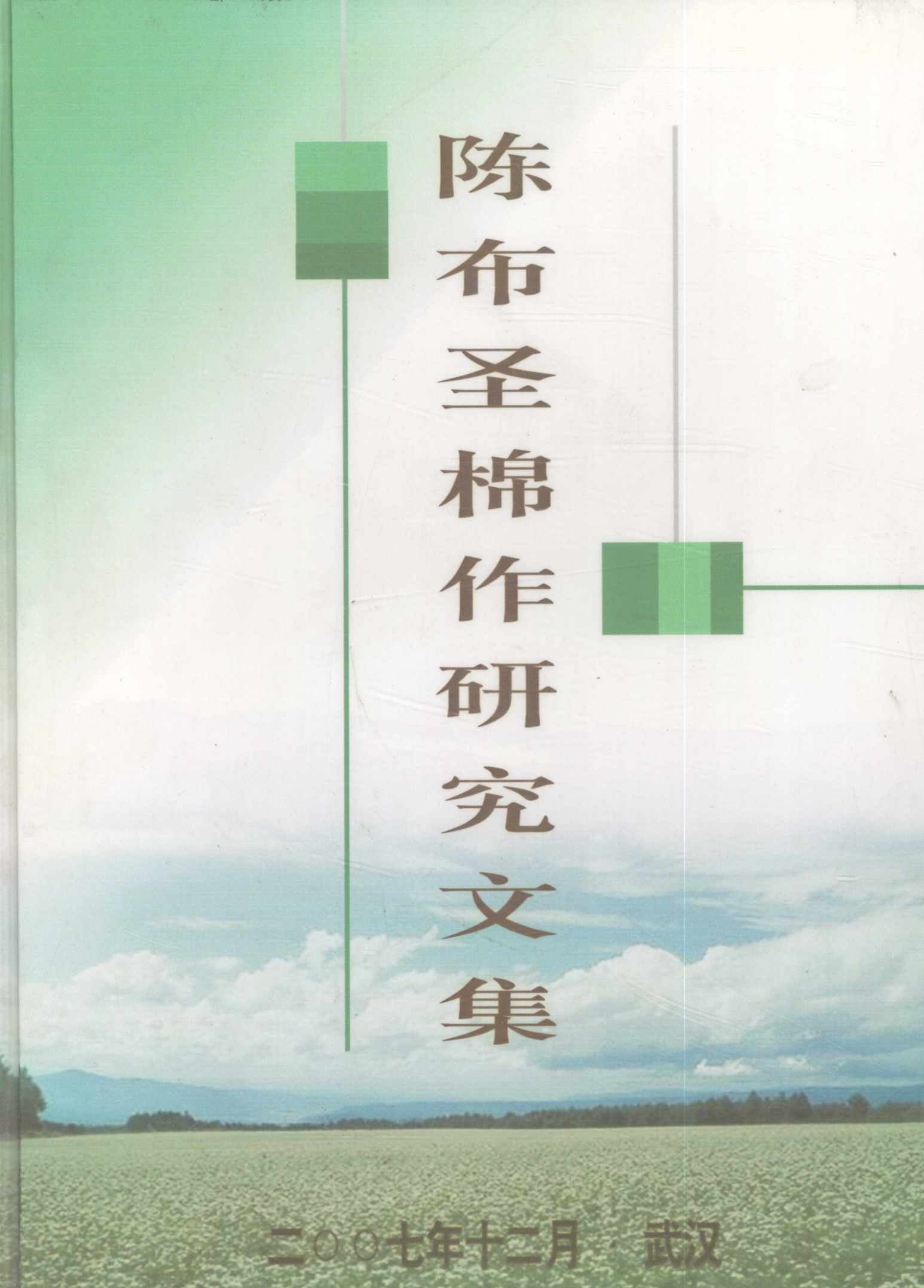




陈布圣棉作研究文集

二〇〇七年十二月 · 武汉

序

陈布圣老师是我国棉花界的杰出栽培专家和资深栽培学教育家。他一生研究棉花栽培技术和理论，发表多篇学术论文，出版多部棉花栽培学著作。他执教棉花栽培学 40 多年，培养了大批棉花学子，取得多项技术成果。

陈老师热爱棉花栽培学，深入研究棉花栽培技术和理论问题，在棉花高产技术、合理密植、棉花群体光合作用和棉株叶面积快速测定、氮肥经济施用等方面取得诸多学术成就。特别是研究提出了叶面积快速测定，为科研生产提供了最简捷的方法。积极倡导研究简化植棉技术，支持研究叶枝利用问题，在全国多个科研单位进行研究和示范，取得显著成效。他提出留叶枝棉花顶端优势利用、生长中心转移和光合性能改善学说，进一步丰富了留枝棉栽培的增产机理，具有学术上的前瞻性。

陈老师一生著作丰厚。早在 1958 年就主编《棉花及其栽培》(上海科技出版社出版)，受到当时我国棉花学术权威冯泽芳教授、中国科学院学部委员的好评。1994 年出版的《棉花栽培生理》，是我国全面系统介绍棉花栽培理论及其生理基础的专著，成为我国棉花栽培生理的权威著作。1999 年与孙济中教授合作主编的《棉作》，被同行们赞扬“是一部中国棉花科技的传世巨著”。1979 年参加编写全国统编教材《作物栽培学》(南方本)，负责撰写棉花部分。1982 年参加编写的新版《中国棉花栽培学》，是我国农业科学理论的重要著作之一，1983 年获得全国优秀科技图书二等奖。他退休之后仍笔耕不断，抓紧时间著书立说，其中《棉花栽培生理》和《棉作》两本专著的编写，为我国棉花栽培学积累下了丰富的经验和宝贵的资料。

陈老师关注棉花生产，经常深入农村。在主持湖北鄂沙 28 棉花新品种光合性能研究工作同时，参加鄂沙 28 棉花新品种宣讲团，主讲该品种性能和栽培问题，受到湖北省农牧厅表彰。

这部《陈布圣棉作研究文集》汇集了陈布圣老师从事棉花栽培学研究所取得的丰硕成果，希望她的出版有助于更多的同行了解陈布圣的学术思想，并从一个侧面了解我国棉花栽培研究的发展历程，从而激发更多的后人投身农业和现代化农业建设上来。我们相信，我国棉花栽培学将会焕发新姿，展现勃勃生机。



2008年1月8日

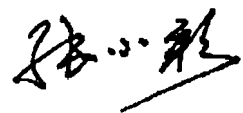
前 言

展示在读者面前的这本“论文集”集中反应了陈布圣教授六十余年致力于棉花栽培生理研究的主要成果，这些研究成果在我国农业高等教育、科研和生产实践中一直发挥着重要的指导作用，尤其是“棉花高密度栽培”、“棉花光能利用效率研究”等方面的研究成果，在我国农学界享有很高的声誉，不愧为我国农学领域从事棉花栽培生理研究的一面擎旗手。

大学毕业后，我有幸投奔陈先生麾下攻读硕士学位，那是令我终身难忘的岁月。他以身作则、脚踏实地、实事求是、一丝不苟的科研精神和作风给我们树立的榜样。我们的每一个实验方案，每一次田间试验步骤，每一阶段研究结果的验证，每一篇论文开题报告和答辩论文的修改，陈先生都要严格把关。在我攻读硕士学位三年的时间内，每年盛夏时节的田间“三桃”调查，持续二十四个小时的田间棉花光合作用和呼吸作用强度测定，陈先生都是组织者和参与者。教室、实验室、试验田、图书馆倾注了他毕生的精力和辛勤的汗水。课题组集体和个人的科研成果都是他卓越智慧和辛勤耕耘的结晶。

老骥伏枥，志在千里；烈士暮年，壮心不已。陈先生虽已进入耄耋之年，但仍没有闲赋，仍然在关注国内外棉花栽培生理研究各方面的新成就、新进展，特别是对“留叶枝棉生物学特性”的研究兴趣正浓，足见老先生一生的追求与座标。重温陈先生历年的这些研究成果，不仅可以更深入地了解我国棉花栽培生理研究，尤其是长江流域棉花栽培生理研究的昨天和今天，而且可以展望我国棉花栽培生理研究的未来，为后来者提供寻找新的研究课题或方向的“金钥匙”。

作为陈先生的开门弟子，虽然由于生活的某些原因离开恩师若干年，但他给我的影响是积极的、深刻的。在他言传身教的影响下，我明白了作为一个科研工作者应该具备的品格、作风和能力。我想，细心的读者，如果能够品味出这本“论文集”的真知卓见和精髓，那一定是一种灵感的发现与治学能力的升华，这当然是陈先生的期盼与厚望。



二〇〇七年冬月

陈布圣棉作研究文集

目 录

前言	张小彩 1
1. 棉花高密度栽培试验研究	陈布圣 1
2. 关于高密度棉花栽培技术的调查	陈布圣 4
3. 高密度棉花生物学特性的初步研究	陈布圣 7
4. 棉花群体光能利用的研究	陈布圣 陈聿华 11
5. 棉花光合性能的变化规律	张小彩 陈布圣 19
6. 棉花群体光能分布初探	陈布圣 23
7. 棉花群体的光能利用问题探讨	陈布圣 27
8. 棉花群体光能分布的初步探讨	陈布圣 38
9. 棉花的群体结构和合理密植	陈布圣 46
10. 不同氮素水平和密度下棉花群体光合速率的探讨	王本宣 陈布圣 60
11. 用 ^{15}N 示踪法研究棉花对氮肥的吸收利用	曾汉庭 陈布圣 张月娟 64
12. 用 ^{32}P 研究不同棉花品种根系对磷的吸收能力	张月娟 陈布圣 72
13. 棉花叶面积的速测法	陈布圣 75
14. 棉花高产品种鄂沙 28 生理特性的研究	陈布圣 骆炳山 余德谦 82
15. 留叶枝棉的生物学特性	陈布圣 90
16. 油菜素内酯对棉花生长和结铃性的影响	周德翼 骆炳山 陈布圣 106
17. 棉花高产高投入效益栽培途径的探讨	陈布圣 108
18. 棉麦两熟套种中小麦不同种植方式的初步研究	 许昌惠 王本宣 余德谦 陈布圣 111
19. 陆地棉与木棉杂种优势的观察	陈布圣 113
20. 棉花育苗移栽初步试验报告	陈布圣 120
21. 岱字棉品质变异的初探	陈布圣 127
22. 棉花器官的形态建成及其生理	陈布圣 132
23. 棉花积温初步研究	陈布圣 164

附 录

1. 关于对比分析方法的商榷	陈布圣 171
2. 我对“多品种逢机排列对比法之理论与应用”一文意见	陈布圣 179
3. 关于变量分析中的自由度的分离	陈布圣 182
4. 几种禾本科牧草生长习性的观察	陈布圣 194
5. 国营总口农场杂草调查	陈布圣 201

棉花高密度栽培试验研究

为了向贫下中农学习棉花密植增产经验,研究棉花高密度栽培的技术措施以及在高密度栽培条件下的棉花生育特点,从1972年至1974年,我院以工农兵学员、贫下中农教师和原有教师三结合,进行了棉花密植试验,并结合对本省主要产棉县高密度典型田块进行调查研究。通过三年的试验研究,我们认识到棉花高密度栽培有三个优点:早熟、稳产高产、省肥。它是一项带方向性的技术改革措施。

1、关于早熟问题

我省天门县广大贫下中农总结高密度棉花的好处之一是“三早”,即早拔秆、早整地、早冬播。我们的试验结果也表明,现有推广品种,在高密度栽培条件下,出苗后150天拔棉秆(十月上旬收花结束)是可能的。1972年在我们试验中每亩12317株的两个试验区,十月上旬以前的收花量占总收花量的97.6%,说明密植棉花确有早熟的优点。高密度棉花第一果枝着生节位并不比一般密度棉花低,现蕾期也并不提早,但开花曲线高峰的出现,有随密度加大而提前的趋势。试验观察表明,在正常年份,高密度栽培的棉花开花曲线第一个高峰出现在七月上旬,较一般密度提早1~2周。由于开花曲线高峰出现早,因此高密度棉花的伏前桃和伏桃的比重增加。1972年,伏前桃和伏桃占总桃数的百分比,有随着密度的加大而递增的趋势,密度12000、10000、8000、6000株分别为91%、89%、88%、85%。棉花的铃期(由开花到吐絮的日数)也有随密度的加大而缩短的趋势。据1979年七月三至十五日挂牌观察,每亩8000、6065、5300株的铃期分别平均为44.28、45.87天、46.80天。高密度棉花铃期缩短可能与铃壳较薄有关。1974年在新洲县取品种70~65(鄂岱棉选系)100个铃的铃壳称重,密度10000株的为106克,3500株的为114.克,看来高密度棉花铃壳有变薄的趋势。

万株左右的高密度棉花,其早熟与早打顶有密切关系,万株密度一般留果枝4~6个,打顶时间较一般密度棉花提前二、三十天。密植结合早打顶改变了有机养料的分配情况,较多地集中于生殖器官,因而使开花集中。开花高峰出现相应提早,增加了伏前桃和伏桃比率,铃期缩短,铃壳变薄,促使棉花早熟。

2、关于稳产高产问题

我省群众从实践中总结高密度栽培的好处之二是“三高”,即产量高、品级高、衣分高。试验及调查材料表明,高密度棉花确可获得高产稳产。在我们试验的三年中,各年气候条件相差很大,但都达到亩产皮棉百斤以上,气候条件较正常的年份,一般在150斤以上。1972年我们在江汉平原调查了密度万株以上的棉田9块,亩产皮棉最低为147斤,最高215斤。1973年调查了19块高密度棉田,密度范围6000~10000株,其中亩产100~150斤的有3块,150~200斤的有6块,200斤以上的有10块,说明密植可以高产稳产。

构成产量的因素是每亩总铃数与铃重,每亩铃数是由每亩株数和每株铃数决定的。在目前的生产条件下,通过增加每亩株数来提高每亩总铃数比增加单株铃数以提高每亩总铃数来得可靠。特别是在丘陵岗地,通过增加每亩株数比增加每株铃数易于达到提高单产的目的。依靠群体增产是高密度栽培易于稳产的原因。一般认为,构成产量另一因素——铃重,有随密度的增加而降低的趋势。但是,我们三年的试验结果表明,在万株左右的密度范围内,密度加大单铃重并非必然降低,相反,如果栽培措施恰当,伏前桃与伏桃比率增加,高密度棉花单铃重还

略有增长。1973年每亩11640、8756、7480株的铃重分别为5.32克、5.14克、5.03克；小区试验考种结果，每亩15000、10000、7500、5000株的单铃重分别为4.83克、5.17克、4.78克、4.79克。1974年九月我们在密度10000株的一块丰产田和相邻的密度为3000株的一般生产田，各随机取30株采收第3、7、11个果枝第一果节吐絮的棉铃各20个称重，密度10000株的铃重比3000株的明显增加。上述试验材料说明，密度加大后，如果采取相应的“密植密管”措施，有可能使铃重不因密度加大而变小，相反，稀植棉田如管理粗放，铃重也会降低。在高密度栽培条件下，“管”的关键措施是见桃狠施肥，也就是孝感地区农科所提出的花铃期“一哄头”的追肥方法。

高密度栽培有利于提高单产的原因是多方面的。从叶面积的变化来看，高密度棉花早期叶面积系数增长较快，因此花铃期的叶面积系数较大，对光能利用较为充分，可以制造更多有机养料，有利于提高单产。1973年不同密度的小区试验，盛蕾期（六月三十日）的叶面积系数，明显地随密度加大而递增，密度15000、10000、7500株分别比5000株的叶面积系数增大88%、63%、35%。花铃期的叶面积系数也是随密度加大而递增，如1979年密度11640、8756、7480株的叶面积系数分别为5.07、4.98、4.18，这一年雨水较多，荫蔽较大，产量不高；1974年密度10000、7500株的叶面积系数分别为3.54、3.45，这一年棉花长相正常，产量相应较高。

高密度棉田总根量较多，可以更充分地利用土壤中养分和水分，从而有利于提高单产。据1972年测定，每亩大型侧根数随着密度的加大而增多，每亩12133、9250、7006株分别比每亩5240株的增多118%、99%~42%。

群众总结高密度栽培的第三个好处是“三省”，即省肥、省工、省药。省肥的主要原因是密度加大后，采取了适时早打顶，促使茎叶合成的有机养料运转到生殖部分，减少了营养生长的消耗，因而经济产量系数和肥料的经济效果都高。1972年八月九日取样分析，生殖器官干重占营养器官干重和总干重的百分数均随密度加大而增多，密度6000株的生殖器官干重，每株为20.64克，占营养器官干重的79.9%，占总干重的44.4%；密度12133株的生殖器官干重，每株为17.52克，占营养器官干重的90.3%，占总干重的47.5%。同年的试验结果指出，在试验密度范围内（12000株左右），密度愈大，经济产量系数（即经济产量占生物学产量的百分数）愈高，密度12000、10000、8000、6000株的经济产量系数分别为0.45、0.42、0.40、0.38。每亩氮肥实际施用量是随密度增加而相应减少，所以密度愈大生物学产量（即干物质积累重量）愈低，但不同密度的经济产量（即籽棉产量）相近，亦即在密植情况下肥料的经济效果高，可以省肥。试验及调查表明。在12000株密度范围内，每百斤皮棉消耗纯氮随密度加大而减少，1972年密度12000、10000、8000、6000株，每百斤皮棉消耗纯氮为9.75斤、13.87斤、14.44斤、15.68斤；1975年密度9447、8499、7502、6301株，每百斤皮棉消耗纯氮分别为8.73斤、10.93斤、17.79斤、19.51斤。

通过三年的试验和调查，我们认为在湖北省现有技术条件下，在丘陵岗地推行高密度可使单产显著提高。因此大力推广万株左右的高密度是提高低产棉田产量的关键措施之一。至于在高产棉区推广高密度栽培，首先要研究解决两个问题，一是品种问题。现有棉株松散的品种采用高密度栽培易造成荫蔽，蕾铃脱落增多，施肥不当更易造成徒长而减产。而现有株形较紧凑的品种，往往铃小、绒短、衣分低，后期长势差，产量不高。因此必须有与高密度栽培条件相适应的品种。二

是控制徒长问题。在湖北常年气候条件下，在蕾期应用板控（即不进行中耕，若有杂草只进行浅锄除草，让表土板结，抑制根系发育），可以起列控制徒长作用，但在多雨年份效果不好。关于施用矮壮素、矮健素等生长调节剂，施用浓度如偏大，常使棉株生长畸形，有时虽可抑制营养生长，但也相应地抑制生殖生长。我们认为，这两个问题如能得到适当解决，那么，高密度栽培在高产棉区也有可能成为高产稳产，提早成熟和降低成本的有效措施。

（原载《棉花》，1974）

关于高密度棉花栽培技术的调查

在毛主席革命路线指引下，我省广大贫下中农和革命干部遵照毛主席关于“中国应当对于人类有较大的贡献”的伟大教导，开展了以棉花密植为中心的群众性科学实验。在棉花栽培上提出了“密植早打顶，重点争伏桃”的技术改革措施，近年来在小面积试验示范方面，取得了较好的成果。为了学习贫下中农的经验，了解棉花密植发展前景，我院于 1972 年和 1973 年曾两次派出小组前往天门、沔阳、新洲、麻城、黄冈、公安、潜江等十多个县进行调查学习有关高密度棉花栽培技术，共调查典型棉田 84 块，面积约 466 亩左右，并访问了各县植棉劳模。现将调查访问材料整理如下，供作这方面试验研究的参考。

1、高密度棉花栽培的优点

1.1 稳产。实践证明，密植早打顶的棉花能稳产。其原因主要是由于适时早打顶强迫养分向果枝输送，有利于抓伏前桃和伏桃。稀植必须大水大肥，否则难以获得较高的产量；若水肥供应不当，中下部果枝蕾铃脱落严重，只得靠秋桃争产量，产量也会不高不稳定。从 1972~1973 年调查资料分析，现有植株松散的棉花品种，密度在 6000~10000 株的范围内，亩产皮棉一般都可稳定在 150 斤以上。在 1973 年的气候条件下，前期雨水较多，有的高密度试验田，由于栽培管理跟不上，致使中下部蕾铃脱落严重，没有伏前桃，甚至伏桃也较少，但最后仍能达到亩产皮棉 150 斤以上，或接近 150 斤。在 1972 年雨水较少的年份，气候条件有利于高密度栽培，亩产皮棉一般在 150~200 斤，甚至还要高。这说明在一定密度范围内，不论干旱或多雨年份，密植都可以达到稳产。

1.2 早熟。据我院 1972 年的试验资料分析，在一定密度范围内，密度加大后伏前桃和伏桃相应增多。其主要原因是由于适时早打顶，促使开花期集中，开花高峰出现较早的缘故。从沔阳县八潭公社农科所的调查结果（表 1）表明：在 10000 株密度范围内，密度愈大有伏前桃愈多的趋势。在现有栽培技术条件下，植株松散的棉花品种，遇雨水较多的年份，密度若超过 10000 株，则下部蕾铃脱落严重，反使伏前桃和伏桃相应减少，影响早熟。

表 1 密度大小与三桃关系

密度 (株/亩)	面积 (亩)	伏前桃		伏桃		三桃合计 (个)	皮棉产量 (斤/亩)
		个/株	占三桃的%	个/株	占三桃的%		
5.084	0.26	9.01	76.62	2.75	23.38	11.76	153.5
6.910	8.34	9.03	80.55	2.18	19.45	11.21	156.2
8.470	1.1	7.20	95.62	0.33	4.38	7.53	194.1
8.470	0.91	8.70	96.13	0.35	3.87	9.05	262.4

密植早打顶，可使吐絮期集中。在 1972 年雨水较少的气候条件下，凡是采取了相应技术措施的高密试验田，一般在 8 月中旬开始吐絮，9 月中旬为吐絮高峰，10 月上旬可以拔秆，吐絮期只需 50 天左右。在 1973 年雨水较多的气候条件下，棉花迟发，基部蕾铃脱落严重，始絮期和拔秆期一般推迟；但个别劳模采用较高的培育技术，仍可提早吐絮。如钟祥县皇庄公社植棉劳模高密试验田，实际密度 9700 株，6 月 14 日大量现蕾，6 月 23 日打顶，7 月 10 日开花，8 月 25 日开始吐絮，9 月下旬每亩收子棉 556 斤，占总收花量的 67%。从调查资料可以

看出（表2）9月中旬以前，每亩吐絮率是随密度加大而明显递增的。

表2 不同密度吐絮情况

调查田块数	密度 (株/亩)	每株吐絮铃数	每亩吐絮铃数	
			个	%
5	11462	4.8	55018	100
3	10000	4.7	47000	85.43
4	8416	3.8	31981	58.13
5	6294	3.5	22029	40.04

天门县群众从生产实践中总结出“密植早打顶”的好处之一，是“三早”（早拔秆、早整地、早冬播）。早拔秆，有利于冬播前深耕炕土；因此，我们认为：

“密植早打顶”是解决粮棉季节矛盾，夺取粮棉双丰收的有效途径之一。

2.3 省肥。几年来的生产实践证明，“密植早打顶”可以省肥。其主要原因是早打顶促使茎叶合成的有机养料运转到生殖器官所需要的部分去，因而经济产量系数可以相应提高，肥料的经济效果也较高。两年调查材料证明：在一定密度范围内，每百斤皮棉消耗氮量（斤）随着密度加大而递减，每斤纯氮生产皮棉量（斤）随密度加大而递增。三个稀密对比试验（表3）材料亦表明，密植较稀植省肥。天门县新建大队第二生产队两块对比试验田，栽培管理条件相同，每亩7000株较5000株的每百斤皮棉消耗纯氮量少12.36斤，每斤纯氮多产皮棉1.22斤。新洲县三店前进一队农科所两块试验田，密度每亩1000株的每亩肥料成本为67元，每百斤皮棉需要的肥料成本为31.46元，而密度每亩7500株的每亩肥料成本为35元，每百斤皮棉需要的肥料成本为15.49元，密度每亩7500株的比1000株的省肥50%左右。

表3 不同密度每百斤皮棉消耗氮素肥料量对比情况

单位	密度 (株/亩)	每亩氮素 施用量（斤）	皮棉产量 (斤/亩)	每百斤皮棉消 耗纯氮量（斤）	每斤纯氮 生产皮棉（斤）
天门县	7000	53.6	204.1	26.26	3.81
新建二队	5000	53.6	138.8	38.62	2.59
新洲县	7500	56.5	226	25.01	3.94
前进一队农科所	1000	157.6	213	74.00	1.35
公安县	8700	8.6	178.6	4.82	20.77
农科所	1000	90.8	233.7	38.87	2.57

2、高密度棉花栽培技术

2.1 一次播种一次全苗。棉田密度加大后，要千方百计保证全苗，同时在苗期要防止大苗欺小苗。营养钵育苗移栽是保证全苗，防止大苗欺小苗的有效措施之一。因营养钵育苗可以去弱留壮，使棉苗整齐一致，并可按大小苗分片栽植。正是由于这个原因，高密度棉田较普遍采用营养钵育苗移栽。例如1972年调查的51块高密度试验田中，有24块田采用营养钵育苗移栽，占调查田块47%。在1973年的33块高密度试验田中，有25块田采用营养钵育苗移栽，占调查田块76%。至于高密度须要钵数增多的矛盾，建议试用一钵双株的办法来解决。

2.2 控制生长，防止封行过早。密度加大后，若营养生长过快，会提早封行，不易夺取高产。群众经验认为，高密度棉花苗蕾期的长相是：株矮节密，整齐一致。在苗蕾期控制棉株营养生长过快，通常应用的是喷矮壮素。关于矮壮素使用

的时间、浓度和方法各试验单位不相同，有待进一步试验研究。

除应用矮壮素外，群众还有许多创造，如钟祥县皇庄公社植棉劳模，在棉花大显现蕾（6月14日）开始封行时，采用厢沟轮换，推株晒苗，深中耕等办法，控制了疯长。从调查情况看，厢沟轮换控制疯长，只适用土壤肥力较高的情况，土壤肥力条件中等，厢沟轮换会因伤根过多，出现早衰现象。

2.3 深施底肥，合理追肥。从两年高密度棉田调查资料分析，1972年平均每亩施纯氮18斤，较1973年26斤少8斤。说明氮肥的施用量与当年气候条件有关，1973年多雨年份，肥料流失可能增多，因此施用量增加。调查资料表明，现有植株松散品种，采用“密植早打顶”办法，一般年份，亩施纯氮20斤，可产皮棉150斤以上。底肥氮素施用量，除个别棉田超过追肥外，一般均较追肥为少，平均约7斤左右，占总用氮是三分之一。据调查，一般认为高密度棉田底肥以深施为宜。以满足花铃期的需要，底肥施用太浅，苗前蕾期易徒长。追肥氮素施用量应大于底肥，并采用“轻施苗肥，稳施蕾花肥，见桃狠施肥”的追肥原则。孝感地区农科所认为高密度栽培花铃期追肥方法以“一哄头”为好，这样能促进多座伏桃，防止早衰。“一哄头”施用追肥方法，同见桃狠施肥是一致的。花铃肥应速缓结合，以速为主。

2.4 适时早打顶，以密定枝。实践证明，适时早打顶，可以促使有机养料集中满足早期形成的蕾铃的需要，减少脱落，有利于抓伏前桃和伏桃。1972年的调查资料表明，高密度棉田每亩果枝数，一般在6~7万个左右。随着密度加大，每株留果枝数应相应减少，打顶时间亦应随之提早。在1972年气候条件下，具体打顶时间，一般在6月底7月初。在1973年多雨年份，由于基部蕾铃脱落，因此每株所留果枝数较1972年为多。但根据有效果枝推算，每亩仍在6~7万个范围之内。在1973年气候条件下，具体打顶时间一般在7月中旬前后。

群众经验认为：“密植花、早打顶、争伏桃、多结桃、结大桃”。我们两年的观察表明，密度加大后，早打顶铃重并没有增加。1973年在公安县北闸西流八队测定结果：万株试验田，实际密度8563株，铃重5.6克，一般大田为5.9克。密度加大后，棉铃的大小变化需要进一步观察研究。

（原载《湖北农业科学》，1974年）

高密度棉花生物学特性的初步研究

我省广大棉区贫下中农和科技人员，在毛主席革命路线指引下，破除迷信，解放思想，勇于革新，开展了每亩八千株到一万株以上的高密度试验研究，证明高密度是增产增收的一条新途径。为了学习棉花密植增产经验，结合教学的需要，从1972年起，我院工农兵学员、贫下中农教师和原有教师三结合，进行了四年棉花高密度试验，研究棉花高密度栽培技术措施以及在高密度栽培条件下，棉花的生长发育规律。现将四年来有关高密度棉花生长发育规律的资料整理如下，以供参考。

1、高密度棉花生长发育特点

实践证明，“密植早打顶”能增产、早熟、省肥、优质和降低成本，其主要原因是，由于密度加大后，采取了以适时早打顶为中心的一系列措施，控制了长势，协调了个体与群体之间的矛盾，促使棉花的生长发育向有利方面发展的结果。我们的试验结果表明，高密度棉花生长发育特点，有如下几个方面：

1.1 棉田总根量多，根冠比增大。

在高密度条件下，由于单株所占的营养面积缩小，所以棉花根系的发育受到一定程度的影响。密度加大后，主根有变细，大型侧根（粗一毫米以上）数不多，但是主根入土深度，有随密度加大而加深的趋势。单位面积的总大型侧根数，随密度加大而增多。据1972年测定，每亩12133株、9250株、7006株分别比每亩5240株的增多118%、99%、42%。因此高密度棉花可以充分利用地力，从而有利于提高单产。

由于高密度棉花在生长发育过程中，注意控制地上部营养生长，防止棉田荫蔽，解决密与光的矛盾，同时也促进根系向土壤深层发展，因而使根冠比增大，对土壤中养分和水分利用更为充分。这种个体的地上部分和地下部分均衡的发展，是群体在生长期中获得最大而稳健生长的基础，是保证高密度能够夺取较高产量的重要原因之一。据1973年总院农学系农作专业72级2班肥料试验十月十五日测定结果，四个不同处理小区，平均密度8794株，平均冠重（地上部）54.60克，根重8.24克，根冠比为0.15。有人测定，在一般密度栽培条件下，棉花根冠比在花期为0.16，成熟期为0.06。说明高密度棉花成熟期根冠比增大。

1.2 开花期短而且集中

根据几年来的观察表明，高密度棉花第一果枝着生节位并不比一般棉花低，现蕾期、开花期也并不提早。在一般正常年份，高密度棉花在小暑节前后为始花期，但是开花期较短。1975年定株观察资料，高密度棉花从开花起至开花止，平均需要32天，八月中旬停止开花。而同年大田一般棉花，密度4200株，则需要46天，在八月底停止开花。说明高密度棉花，由于单株的营养体较小，因而果节少，现蕾数和开花数也相应减少，致使单株花期相应缩短。高密度棉花比一般棉花的开花期短15天左右。

1972年定株观察表明，棉花开花曲线高峰的出现，有随密度加大而提前的趋势，在当年气候条件下，每亩万株左右密度的棉花，开花曲线第一个高峰出现在七月上旬，较一般密度提前1~2周。1975年定点（面积为60平方尺）观察群体开花数表明，高密度棉花在七月中旬出现第一个高峰，七月底群体开花数较一般大田（密度4200株）多42.3%。立秋以后，高密度棉花群体开花数较一般大

田逐渐减少。由于高密度棉花群体前期开花数较多，因此相应增加了伏前桃和伏桃的比例，促使棉花早熟。

1.3 铃期缩短，铃壳薄、铃重并不变小

高密度棉花一般每株所留的果枝数较少，打顶时间通常在六月下旬前后，较一般密度棉花提前 20~30 天。密植结合早打顶，改变了有机养料的分配情况，使有机养料较多地集中于生殖器官，因而缩短铃期。1972 年 7 月 3 日至 15 日的定株观察，每亩 8000、6065、5300 株的每个棉铃由开花至吐絮的平均铃期分别平均为 44.28 天、45.87 天、46.50 天。1975 年定株观察结果，万株试验田八月上旬、中旬开花的铃期分别为 50.35 天、53.75 天（积温分别为 1347.1℃、1352.2℃），而一般大田同期花的铃期分别为 51.40 天、54.07 天（积温分别为 1419.0℃、1399.6℃）。高密度棉花铃期缩短可能与铃壳较薄有关。1974 年在新洲县测定品种 70~65（鄂岱棉选系）100 个铃壳重，密度 10000 株的为 106 克，3500 株的为 114.1 克。

高密度棉花株矮果枝少，内围圆锥体的棉铃较多，可以优先得到养分和水分的供应，故棉铃发育好，铃期短，铃壳薄，铃大。1974 年万株试验地调查结果，第 1、2、3 圆锥体的成铃数分别占总铃数的 25.9%、31.15%、25.57%，共计 82.63%，较一般棉花增多 10~20%。

一般认为铃重有随密度的增加而降低的趋势。但是，我们三年的试验结果表明，在万株左右密度范围内，密度加大单铃重并非必然降低。一九七三年每亩 11040 株、8756 株、7480 株的铃重分别为 5.32 克、5.14 克、5.03 克；小区试验的考种结果，每亩 15000、10000、7500、5000 株的单铃重分别为 4.83 克、5.17 克、4.78 克、4.79 克。1974 年 9 月，我们在密度 10000 株的一块试验田和相邻的密度为 3000 株一般生产田，各随机取 30 株，采收第 3、7、11 个果枝第一果节吐絮的棉铃各 30 个称重，密度 10000 株的铃重比 3000 株的明显增加。

1.4 早期叶面积系数较大，主茎叶所占的比例较小

高密度棉花在蕾期有较大的叶面积系数，固而对太阳辐射能利用较充分，可以制造更多的有机养料，有利于提高单产。1973 年的不同密度小区试验，盛蕾期（六月三十日）的叶面积系数，明显地随密度加大而递增，密度 15000、10000、7300 株分别比 5000 株的叶面积系数增大 88%、63%、35%。据山西运城棉花所 1972 年测定，棉花不同发育时期的光合作用强度有很大差别，在蕾期每小时每平方米的叶面积可以制造 2 克左右的干物质，而花期仅为 0.7 克。从而可见，夺取棉花高产，必需在蕾期有较大的叶面积系数。

高密度棉花在始花期的叶面积系数也较一般密度为高；但到盛花期二者无差别。1973 年总院农学系农作专业 72 级两块肥料试验田，密度分别为 8866 株、8794 株，始花期（七月十四日）测定叶面积系数分别为 2.50、3.32，花铃期（八月十四日）分别为 4.23、3.75。原中国农业科学院江苏分院试验结果指出，不同发育时期，群体最合理的叶面积系数为：现蕾期 0.2、初花期 2、盛花期 3.5~4。

高密度棉花株矮果枝少，固而单株主茎叶片数及单株主茎叶面积占总叶面积百分率均相应减少。据 1972 年 8 月 9 日测定，密度 10000 株，6500 株，单株主茎叶面积占总叶面积百分率分别为 24.44%、38.92%，单株主茎叶与呆枝叶的比例分别为 1: 3.2、1: 1.9。有人分析，主茎光合产物中，合成蛋白质占干物质的 15.93%，而果枝叶合成蛋白质仅占干物质的 8.31%，主茎叶合成碳水化合物占干物质的 36.37%，而果枝叶合成碳水化合物占干物质的 77.52%。从而可见，单

株主茎叶面积减少，则蛋白质合成相应减少，而碳水化合物合成增多。这种合成营养物质类型的改变，是有利于棉花稳长的。又由于主茎叶一般较果枝叶为大，主茎叶片数减少，有利于改善光照条件。实践证明，有经验的棉农，当棉花出现徒长现象时，常采取打主茎大叶的办法，这与蛋白质合成相应减少，光照条件得到改善有关。

1.5 干物质总产量不高，分配比例变化大，中期积累较快。

棉花的经济产量和总干物重（即生物学产量）有如下的关系，经济产量=总干物质产量×经济产量系数（即光合产物的分配利用率以百分数表示）。从上式可以看出，要棉花单位面积籽棉丰产，必需一方面提高干物质总产量，一方面又提高经济产量系数。我们初步认为，在目前农业技术水平条件下，现有植株松散的品种采用高密度栽培，要大幅度地提高干物质总产量较困难。这是由于密植必然早打顶，最大光合面积不可能提高，并使光合时期（即生育期）缩短的缘故。我们的试验结果表明，高密度棉花总干物重一般稳定在 1200 斤/亩左右。如 1972 年十三个不同密度大区，平均密度 7915 株，每亩干物质总产量平均为 944.6 斤。1973 年两个高密度肥料试验，密度分别为 8866 株、8794 株，每亩干物质总重量分别为 1463.7 斤、1271.1 斤。从而可见，要高密度棉花单位面积籽棉丰产，应当走努力提高经济产量系数的途径。也就是在一定的密度基础上，大力主攻单株铃重。

高密度棉花干物质分配比例变化大，这是由于棉花在生长发育过程中，营养生长和生殖生长重叠并进行的时间较长这一特点所引起。掌握得好的高密度棉花，为“密、早、矮”，干物质分配比例恰当，经济产量系数较高。掌握得不好的高密度棉花，空果枝多，棉铃少而小，秋桃多，干物质分配比例不恰当，经济产量系数较低。1972 年，我院六块高密度大区，平均密度为 10036 株，平均经济产量系数 0.41，其中有一个大区，面积 1.14 亩，密度为 12133 株，经济产量系数为 0.49，从而可见生长稳健的 10000 株左右密度的棉花，干物质分配比例恰当，有可能提高到 0.50。1973 年，蕾铃期多雨低温，不利高密度栽培，两个肥料小区试验，平均经济产量系数分别为 0.27、0.30。

高密度棉花干物质积累，在开花以前极为缓慢，花铃期最快，是干物质积累高峰期。1973 年总院农学系农作专业 72 级两块肥料试验地的观察，入伏时（七月十四日）干物质积累量仅占全生育期的 1.83~3.39%。此时所积累的干物质主要用于形成根、茎、叶等营养器官。入伏至出伏（八月十四日），仅三十一天，干物质积累占全生育期的 55.21~59.04%，平均干物质单株日增重 0.62~0.98 克，每亩日增重 10.90~17.58 斤。控制得好的高密度棉花，此时期营养生长基本停止，所积累的干物质主要用于蕾、花，铃结实器官，从而有利于经济产量系数的提高。

2、高密度棉花的长势长相

根据我们几年来的试验观察，高密度棉花在苗、蕾期的长势长相与稀植相比，并无明显差别。但花铃期差别很大，因为密度大，打顶早，则棉株矮，主茎日生长量减小，果枝少，但果枝长；我们初步认为高密度棉田棉株长势长相可以概括为：“个子矮，辫子长，桃集中”，万株左右的棉花打顶后，株高（从子叶节算起）宜控制在 50 厘米左右，平均有效果枝 6~8 个，每个果枝结 1 个棉铃以上，顶部三个果枝平均长度 25 厘米左右，不能超过 30 厘米，单株总果节数 20~25 个，单铃籽棉重 4 克以上，盛花期叶面积系数为 3.5~4。以上指标为初步摸索结果，还需进一步研究。

3、抓住主要矛盾，夺取高密度棉花高产

实践证明，高密度棉花生长发育过程中有多种矛盾，苗期的主要矛盾是密植与全苗、壮苗以及大苗欺小苗的矛盾；蕾期初花期的主要矛盾是密与光的矛盾；盛花期的主要矛盾是密植与早衰及多结上部桃的矛盾。但是茬口不同，种植方式不同，主要矛盾不一样，如麦后连作棉花，由于苗期气温高，有利于棉苗生长，较容易保证全苗、齐苗和防止大苗压小苗，但有生长过快和稳长的矛盾。至于麦棉两熟套种的棉花，由于前期气温较低，以及前作的荫蔽，不利棉苗的生长，常出现缺苗和弱苗的现象，密植与全苗、壮苗的矛盾最为突出，解决办法是注意提高种子和播种质量，在管理上注意扎把露苗、麦林“五早”（早松土、间苗，移栽、治虫、追肥）和麦收“四快”（快割麦、快锄草灭茬、快治虫、快追肥提苗）。育苗移栽的棉花，由于可以通过选苗过程，去弱留壮，使棉苗整齐一致，并可按大小苗分片栽植，较易保证全苗、齐苗和防止大小苗，因而高密度棉田采用育苗移栽方式，有利于解决上述矛盾。

蕾期和初花期是营养生长与生殖生长并进，但仍以营养生长为主阶段，此时气温逐渐升高，雨水增多，肥料分解加快，高密度棉花，若控制不当，就会产生棉田荫蔽，封行过早，加大群体与个体之间的矛盾，难以达到群体增产的目的。实践证明，适时早打顶，适当控制纵向生长，促进横向生长，既可以充分利用光能，又可防止棉花长的过高，不使棉田荫蔽。其他如宽行密株，深中耕，推株晒苗，分次打主茎大叶，喷施矮壮素等均有控制旺长的效果。

由于高密度棉花盛花期开花较集中，开花曲线高峰出现也较早，干物质积累快，若缺肥就会出现小桃、早衰与上部桃少的矛盾。实践证明，高密度棉花在花铃期采取见桃狠施肥，也就是我省孝感地区农科所提出的花铃期“一哄头”的追肥方法，是防止高密度棉花早衰、上部桃少，以及争大桃的关键环节。

（原载《黄冈分院科技资料汇编》，1978）

棉花群体光能利用的研究

众所周知，农作物 90%以上的干物质是来源于光合作用。太阳有效辐射能（380~720mμ）是推动光合作用的动力。目前农作物的光能利用率不高，一般在 1%左右，甚至更低，可见生产潜力还很大。本课题的研究目的就在于探明棉花群体光能利用的特点及其规律并寻求提高棉花光能利用率的技术措施。现将部分研究结果整理如下：

1、棉花群体的光能利用率

所谓光能利用率是绿色植物通过光合作用将投射到一定土地面积上的太阳有效辐射能转化为化学能而贮存于光合产物的百分数。要了解棉花群体的光能利用率首先必须知道当地的太阳有效辐射能和棉花的贮存能量（即化学能）。光合有效辐射能可找当地气象局了解。通常占总辐射能的 45~50%左右。棉花的贮存的能量为干物重与燃烧热（即每克干物质的含热量）的乘积。故光能利用率的计算公式如下：

$$\Sigma = \frac{H \cdot \Delta w}{\Sigma S}$$

H 为一克干物质燃烧时所放出的热量。

Δw 是测量期间干物质的增加量。

ΣS 是同期间光合有效辐射量。

不同作物每一克干物质的燃烧热量差别极大。据日人村田吉男的报导：水稻为 3750 卡。玉米是 4070 卡。大豆种子为 5520 卡，其他部分为 3840 卡。甜菜是 4100 卡。我们今年采用 GR-3500 型氧弹式热量计测量棉花各部位结果表明。每一克种子干物质的燃烧热为 4820 卡，籽棉为 4500 卡，叶茎及其他部分约为 4000 卡。不同类型棉苗同一部位的燃烧热差别不大，详情见表 1。根据表 1 资料进行方差分析。结果表明，各部位间的 F 值为 14.15**。达极显著水平。三种类型棉苗间的 F 值为 1.93，未达到 0.05%显著水平。

表 1 棉花不同类型棉苗的燃烧热（卡）

部位 棉苗类型	根	茎	叶	蕾	花	青铃—1	青铃—2	青铃—3	青铃—4	吐絮铃	平均
旺苗	3942	3864	4178	4031	3988	4006	4122	3987	4053	4360	4053
壮苗	3885	3991	4145	3971	3844	3973	4014	4107	4130	4534	4059
弱苗	4025	4017	4135	3900	4064	3930	4181	4047	4218	4647	4116
平均	3951	3957	4153	3967	3965	3970	4106	4047	4134	4514	

青铃—1 为铃的直径在 2cm 以下，青铃—2 的直径 2~2.5cm 之间，青铃—3 为铃的直径在 2.5~3cm 之间，青铃—4 为铃的直径在 3cm 以上。

今年的研究结果表明，不同类型棉苗的光能利用率差别极大。旺苗与壮苗两处理的光能利用率在 1%左右，弱苗为 0.67%。

棉花不同生育期的光能利用率见表 3。从表 3 可见棉花群体的光能利用率随生育进程而逐步增大，吐絮以后开始下降，在苗期仅达 0.27%，蕾期为 1.353%，

花期为 1.745%，铃期为 2.448%。吐絮期为 1.524%。

表 2 不同类型棉苗的光能利用率

棉苗 类型	干物质 (斤/亩)		贮存能量 (千卡/亩)			5~10 月光合有 效辐射量 (千卡/亩)	光能利用率 (%)
	籽棉	茎、枝	籽棉	茎、枝	合计		
旺苗	435.06	521.96	978885	1043920	2.023×10^6	1.8989×10^6	1.07
壮苗	379.86	443.06	854685	886120	1.741×10^6	1.8989×10^6	0.92
弱苗	300.14	301.69	675315	603380	1.279×10^6	1.8989×10^6	0.67

表 3 棉花不同生育期的光能利用率

项目	棉苗 类型	苗期 (5/13~6/16)	蕾期 (6/16~7/15)	花期 (7/15~8/7)	铃期 (8/7~8/23)	吐絮期 (8/23~9/15)
贮存的能量 (卡/m ²)	旺苗	178167	824263	594342	263615	828373
	壮苗	141420	643524	641379	452387	792849
	弱苗	74435	279792	553336	334111	289936
光合有效辐射 能 (卡/cm ²)		4945.30	4303.95	3418.05	1429.65	4179.65
光能利用率 (%)	旺苗	0.361	1.915	1.739	1.844	1.982
	壮苗	0.286	1.495	1.876	3.164	1.897
	弱苗	0.151	0.650	1.619	2.337	0.694

上述棉花光能利用率是根据各时期现存生物量推算出，未考虑枯死量，似欠合理。我们今年的研究表明，棉花全生育期的枯死量约为现存量 50%左右（旺苗为 61.67%，壮苗为 55.45%，弱苗为 38.94%），故棉花群体的光能利用率似也应相应地提高 50%。

从表 3 可见，壮苗处理的光能利用率最高时期为 3.164%。倘全生育期的光能利用率均能提高到此数，则棉花单产可大幅度地增长。例在湖北武汉 1980 年 5~10 月的太阳总辐射能为 56939.2 卡/cm² 相当于 3.798×10^8 千卡/亩。光合有效辐射能按 50% 计算，约为 1.899×10^8 千卡/亩。棉花群体光能利用率按 3% 计算，则可利用的光能为 5.697×10^6 千卡/亩。按平均形成一克干物质贮存能量 4.2 千卡计算（即燃烧以 4200 千卡计），则 5~10 月形成的干物质质量为 2712.9 斤/亩（ $\frac{5.697 \times 10^6}{4.2 \times 500}$ ），若经济系数以 0.4 计算，则棉花每亩籽棉产量为 1085 斤。不同光能利用率的每亩籽棉产量见表 4。

表 4 棉花不同光能利用率的籽棉产量

光能利用率 (%)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
4 籽棉产量 (斤/亩)	362	543	723	904	1085	1266	1447

2、叶面积系数

棉花叶面积占光合面积 78%，它是棉花光合性能中与产量关系最密切，同时又是最易控制的因素。叶面积大小一般以叶面积系数（即绿色面积/土地面积的比值）表示。

不同发育时期叶面积系数消长情况见表 5，从表 5 可见，现蕾期的叶面积系数为 0.2~0.5。始花期为 2 左右，盛花期为 3 左右。不同种植方式中的叶面积系数，以一钵双株处理为最小。说明行间过宽，光能浪费较多。

表 5 不同种植方式叶面积系数（天棉一号）

种植方式（行距×株距）	6/12（现蕾期）	7/5（始花期）	7/30（盛花期）
1.1×1.1 尺	0.287	2.064	3.006
2×0.6 尺	0.398	2.314	3.220
(2.6+1.4) ×0.6 尺	0.288	1.960	2.568
3×0.8 尺（一钵双株）	0.174	1.406	2.340

不同类型棉苗的叶面积系数差别更大，从表 6 可见各时期均表现出旺苗大于壮苗，壮苗大于弱苗，从而说明适当增施氮肥可以扩大叶面积。

表 6 不同类型棉苗不同时期叶面积

日期 (月/日)	m ² /株			叶面积系数		
	旺	壮	弱	旺	壮	弱
6/3	0.0308	0.0207	0.0133	0.185	0.124	0.080
6/16	0.0878	0.0708	0.0397	0.528	0.425	0.238
6/28	0.1885	0.1493	0.0960	1.131	0.896	0.576
7/7	0.3015	0.1967	0.1249	1.809	1.180	0.749
7/15	0.3763	0.2844	0.1396	2.258	1.706	0.838
8/7	0.4411	0.3497	0.2439	2.647	2.098	1.463
8/23	0.5980	0.4601	0.2719	3.588	2.761	1.163
9/15	0.4299	0.2567	0.1253	2.579	1.540	0.752

不同类型棉苗群体叶面积的空间分布差别极大，根据大田切片法（蕾期）即第 1~2 次测定以 10 厘米为一层，花期以后即第 3 次以后测定以 15 厘米一层，测量结果表明，棉田群体叶面积最大的位置一般均在株高的 2/3 处，例如在壮苗蕾期最大叶面积出现在 20~30 厘米，花期在 45~60 厘米，铃期在 60~75 厘米。各时期该层（即最大叶面积层）的叶层密度（叶面积系数/高度）分别为 0.024、0.032、0.039~0.050。这又反映旺苗的叶层密度大于壮苗，壮苗又大于弱苗。说明弱苗棉花群体内每单位空间的叶面积过少，对光能利用不充分。从表 7 可见，7 月 15 日以后，各种类型棉苗的最下一层叶片均脱落。这可能与群体光照条件开始恶化有关。

我们的研究又表明，在一定范围内，棉花生长期群体叶面积愈大，光能利用率有愈高的趋势。不同类型棉苗不同生育期叶面积系数与光能利用率相关系数及回归方程见表 8。