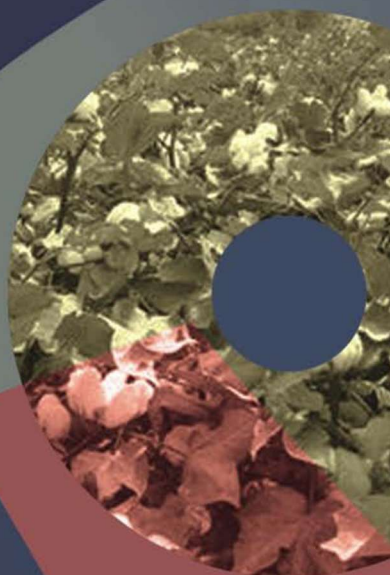


新疆陆地棉氮磷钾 科学施肥技术

XINJIANG LUDIMIAN
DANLINJIA KEXUE SHIFEI JISHU

柳维扬 ● 著



 华南理工大学出版社

水分与温度对塔里木绿洲滴管棉田土壤氮矿化协同机理研究 (41561068)

棉花大面积超高产综合配套技术与示范 (2006GG21)

国家自然科学基金项目 (41161048、41561068、31371582)

成果
资助出版

新疆陆地棉氮磷钾 科学施肥技术

柳维扬 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

新疆陆地棉氮磷钾科学施肥技术 / 柳维扬著. —成都: 西南交通大学出版社, 2017.1
ISBN 978-7-5643-5236-3

I. ①新… II. ①柳… III. ①棉花—氮磷钾复合肥料—施肥—新疆 IV. ①S562.062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 007351 号

新疆陆地棉氮磷钾科学施肥技术

柳维扬 著

责任编辑	牛 君
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 成 品 尺 寸	四川煤田地质制图印刷厂 170 mm × 230 mm
印 张	5.75
字 数	103 千
版 次	2017 年 1 月第 1 版
印 次	2017 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-5236-3
定 价	30.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

PREFACE

本书为国家自然科学基金项目“水分与温度对塔里木绿洲滴管棉田土壤氮矿化协同机理研究(41561068)”“棉花大面积超高产综合配套技术研究(2006GG21)”的成果总结。

全书共分6章,论述南疆高产棉花对“营养三要素”氮素、磷素和钾素在不同生育期的吸收特性和棉花氮素、磷素和钾素养分在不同器官中的分布配比。第一章为绪论,简述新疆棉花的栽培概况和项目研究的思路;第二章为新疆南部地区(简称南疆)棉花高产栽培技术,从棉花生长主要技术指标、栽培技术、病虫害管理3个方面做了简要描述。第三章的内容是项目研究的核心部分,分别描述了南疆高产棉花氮素、磷素和钾素养分营养特性,用 Logistic 生长模型模拟高产棉花生长的关键时期及特征值,主要对比分析不同产量棉花氮素、磷素和钾素养分吸收的关键时期,并模拟计算棉花单日对氮素、磷素和钾素养分的最大吸收量,为棉花实现高产的施肥过程提供了理论基础,再结合栽培技术可以计算每次施肥量。第四章为高产棉花的生长发育特征,主要从高产棉花生长发育特性、棉花主茎生长和棉花蕾铃分布特征几个方面进行阐述。第五章主要分析了高产棉花干物质积累特性,用 Logistic 生长模型模拟棉花生长过程中干物质积累的关键时期。第六章则根据测定结果计算高产棉花养分吸收比例及施肥特性,计算得出高产棉花每生产 100 kg 皮棉和相应的茎叶需吸收氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)的比例,在棉花收获期为 1 : 0.24 : 0.97,不同产量水平的棉花每生产 100 kg 皮棉和相应的茎叶需吸收氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)比例,在棉花收获期的均

值为 1 : 0.24 : 1.05, 并对棉花每一个主要生育期吸收氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)的比例进行计算列表。根据土壤养分状况, 可以从理论上计算获得高产棉花所需要的施肥量。

限于棉花栽培中测土施肥的滞后性、土壤状况的复杂性、测定工作的繁重性、棉花品种更换频繁等原因, 建立统一、简洁、普适性的棉花栽培施肥系统还需要摸索一段时间。当前棉花栽培中施肥过程的经验主义代替系统的科学研究, 造成施肥不当、肥料利用率难以进一步提高、资源浪费和环境问题等现象普遍存在。希望本书的研究内容能在棉花氮、磷、钾肥料的施用中提供参考和借鉴。

本书的出版得到国家自然科学基金项目(41161048、41561068、31371582)的资助, 在此表示感谢! 在完成过程中得到了郑德明教授指导, 一并表示感谢。

因作者水平有限, 书中难免存在缺点和疏漏之处, 恳请读者批评指正。

作 者

2016 年 8 月

目 录

CONTENTS

第一章 绪 论	1
第二章 南疆地区棉花高产栽培技术	9
第一节 主要技术指标	9
第二节 栽培技术	11
第三节 病虫害防治	14
第三章 主要营养元素营养特性	19
第一节 南疆高产棉花氮素养分营养特性	19
第二节 南疆高产棉花磷素养分营养特性	34
第三节 南疆高产棉花钾素养分营养特性	49
第四章 高产棉花生长发育特征	65
第一节 高产棉花生理生育特性研究	65
第二节 高产棉花株高、主茎生长特征	66
第三节 高产棉花蕾铃脱落特征	69
第四节 高产棉花棉铃空间分布规律	66
第五章 高产棉花干物质积累特性与分析	73
第一节 高产棉花干物质变化动态	73
第二节 高产棉花干物质的积累规律及模拟	75
第三节 不同产量棉花干物质比重分配特点	80
第四节 高产棉花干物质积累速率	81
第六章 高产棉花养分吸收比例及施肥特性	86
第一节 高产棉株消耗氮磷钾量及比例	86
第二节 高产棉花施肥水平分析	87

第一章 绪 论

一、研究价值及理论意义

新疆是我国最古老、面积最大的产棉区。新疆具备得天独厚的棉花生产条件：热量丰富、光照充足、宜棉荒地广阔和大规模可调控灌溉系统等，因此成为我国近年来发展最快的棉区。棉花是新疆目前种植规模最大的优势经济作物。随着棉花产业的不断壮大，新疆植棉区的棉花产量不断刷新纪录。

新疆与国内其他棉区相比，棉花生产优势主要表现在：水、土、光、热资源丰富；优质新品种已达 40 多个，比其他棉区具有更强的市场应变能力；新疆原棉品级高、色泽好、纤维长，具有发展优质棉的优势。多年来，新疆一级、二级棉花占新疆陆地棉的 80%左右，居全国之首，全国高等级棉花 80%以上由新疆提供，棉花商品率高达 97.5%。

新疆棉花生产不但在本区占有重要地位，而且是全国棉花生产的龙头。据统计（新疆年鉴，2013），新疆财政收入的 15%来自棉花及其相关产业，新疆棉花种植面积约占全国的 35%，棉花总产量已连续 20 年位居全国第一（新疆年鉴，2013）。自 20 世纪 90 年代开始，新疆生产建设兵团在棉花生产中发展形成了膜下滴灌技术，目前新疆滴灌面积已超过 $1.86 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。2002 年新疆皮棉产值占地方财政收入的 1/6，占种植业产值的 34%，占 GDP 的 7.74%；全疆农、牧民人均纯收入中 15.4%来自棉花，重点棉区农民收入的 60%~70%来自棉花。由于受棉花价格大幅上扬的影响，2004 年新疆棉花播种面积达 $1\,113\,540 \text{ hm}^2$ ，比上年增长

7.6%，棉花总产量为 1.75×10^6 t，平均单产 105 kg。同年新疆棉花高密度栽培推广面积是近年来最多的一年，棉花高密度栽培面积达 5×10^5 hm²，占棉花播种面积的 79.6% 以上，地方棉花高密度栽培和节水灌溉面积均较上年有所增加，膜下滴灌推广面积达 4070 hm²，为棉花潜在高产奠定了基础。

2005 年，新疆棉花种植面积 1 164 700 hm²，总产量 1.89×10^6 t，创历史最高水平。目前新疆棉花总产、单产和调出量已连续 13 年位居全国第一。2006 年棉花产量达到 2.18×10^6 t，占全国总产量的 32.54%，平均单产达到 113 kg，比全国平均单产高 36%。新疆已成为中国最大的棉花产区，不仅在棉花总产、单产、人均占有量上位居全国第一，而且棉花调出量也位居第一。

今后，新疆将继续做强棉花主导产业，引导棉花种植进一步向主产区集中发展。新疆种植业中，棉花产值占 65% ~ 70%，农民收入中 35% 来自于棉花，其中塔里木盆地棉花主产区则占到 60% 以上，棉花生产成为新疆国民经济的主导产业和农民增收的主要途径（王平，2005）。近年来，众多棉花研究者从棉花营养生理、栽培措施、优良品种繁育和生物分子等角度进行了不懈的探求，期望获得棉花高产的合理施肥措施、科学栽培方法、适应性强的优良品种以及高产生理等方面的各项措施和指标。

国内外相关专家学者经过长期大量研究，逐步形成了新疆棉花高产的管理模式，探讨了有关棉花氮、磷、钾养分吸收的特性。例如，河北省农科所（1956）分析了棉株不同生育时期氮、磷吸收量；陈伦寿（1961）研究了 3 种类型棉株不同生育阶段养分吸收的动态；山东省棉花研究所（1979）分析了鲁棉一号各生育时期的干物质积累和吸收的总氮量；李俊义等（1987）研究了中熟品种和早熟品种的需肥特点及吸收动态模型；张旺锋等（1998）对 $1800 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 高产条件下棉花养分吸收特性做了研究；郑德明等（2002）对南疆 $2250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 高产条件下棉花养分吸收特性做了研究；王克如、李少昆等（2003）对北疆 $3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 高

产条件下棉花养分吸收特性做了研究。

常言道：“有收无收在于水，收多收少在于肥。”通过科学施肥来维持、提高土壤肥力，使棉花“吃得好、吃得饱”始终是棉花高产优质的关键因素之一。但是，到目前为止，新疆高产棉花（皮棉 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上）尚未实现大面积推广种植，相较于系统研究滴灌栽培，研究皮棉 $3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上棉田养分动态变化和膜下棉花营养特性与土壤养分相关性规律及变化动态状况的文献还较少。由于各地气候、种植制度、品种差别很大，棉花养分吸收模式各有不同。

棉花生产的实际现状是：为追求高产，肥料施用量不断加大，各种养分供应比例不当。结果是加大了施肥投资，降低了肥料利用效率，棉花产量提高却不明显，造成资源的浪费和环境质量的恶化。因此，在总结专家学者研究结果的基础上，结合种植区域的气候条件、地理特征和实际生产条件，进一步量化并逐步完善高产棉花施肥管理的各项措施和指标是十分必要的。

结合当地棉花生产实际状况，本书对于皮棉 $3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上棉花进行了较为系统的研究，2004 年完成了大量的前期工作，2005—2006 年研究了高产棉花光合特性、叶绿素状况，2007 年至今研究了土壤养分和棉花营养动态特性的关系。期望通过研究为皮棉 $3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上棉花的施肥比例、施肥方法、生长发育期间的管理等方面提供理论指导。本研究对推进新疆棉花优质、高效、可持续大面积高产的养分吸收、合理施肥具有重要意义。

二、研究内容与研究目标

1. 研究思路及内容

研究总体思路：本研究采用系统营养研究法。采样过程，自棉花出

苗到棉花收获，在试验小区内及棉花不同生育期，及时、准确、同步采取土壤样品和植物样品。棉株生长调查过程，自棉花出苗到棉花打顶每 3 d 一次，调查棉花生长情况。打顶后到棉花收获棉花调查和采样同步进行。

研究数据来源设计：在现有的农业生产水平下，结合并借助大田实际生产现状，对高产棉花，播种前采集基础土样，从棉花苗期开始到收获，每 15 d 同步、同小区采集土样和植物样一次。土样采样深度分 0 ~ 20 cm、20 ~ 40 cm、40 ~ 60 cm 三层进行；植株采取 60 cm 深度以上的完整根系的整株植物样品，为减少对小区棉花的伤害，采样过程对棉花根系不做特殊深挖处理，用根钻采取样品。棉花调查从苗期开始，用标签对调查棉花进行标记，每次定点调查，直到打顶，每 3 d 对棉花生长发育进行调查一次。以上是本研究数据来源的 3 个主要类型。

本研究数据分析思路：以棉花生育期和采样时间为序，用 SAS 软件对样品室内化验结果、棉株的生长发育、干物质积累、养分吸收、分配等测定数据，进行相关分析，探索高产棉花的生长发育性状，高产棉田的土壤氮素、磷素、钾素动态变化规律，高产棉花植株氮素、磷素、钾素养分动态变化特性，高产棉花干物质积累特性，对高产棉田养分特性进行综合总结。通过土壤速效氮、速效磷、速效钾测试，和棉花植株全氮、全磷、全钾测试，研究棉田速效氮、速效磷、速效钾的时间变化与空间变异的动态情况，棉花植株全氮、全磷、全钾时间变化与空间变异的动态情况，并在此基础上确立土壤氮素、磷素、钾素与棉花生长发育及棉花氮素、磷素、钾素吸收的关系。通过施肥量，棉花吸收氮素、磷素、钾素量与土壤氮素、磷素、钾素的变化确定合适的氮、磷、钾肥用量配比。根据土壤氮素、磷素、钾素平衡和植株吸氮素、磷素、钾素量，推荐氮、磷、钾肥施用总量。

2. 研究目标

南疆高产棉花的生长发育性状，高产棉田的土壤氮素、磷素、钾素动态变化规律，高产棉花植株氮素、磷素、钾素养分动态变化特性，高产棉花干物质积累特性。通过 Excel 汇总整理、测定数据，并用 SAS 软件分析，为新疆高产棉花研究提供必要信息，进而为南疆大面积高产棉花推广合理施肥，提供可靠的科学依据，对南疆已有的棉花种植栽培模式也有重要的指导意义。

3. 拟解决的关键问题

集约化大农业生产条件下，覆膜滴灌棉花皮棉产量 $3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上棉花主要生长性状及氮素、磷素、钾素养分特性，棉花干物质积累量分配特征，棉田土壤养分动态供应变化特征。

三、技术路线图

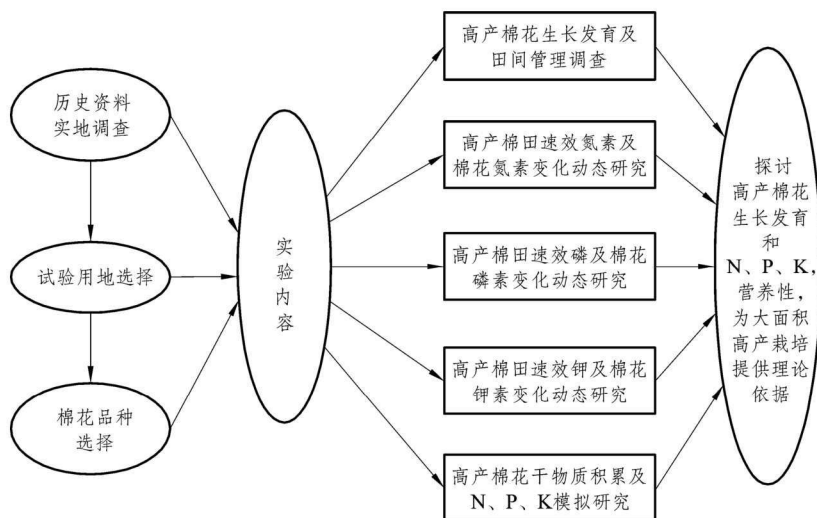


图 1-1 本研究技术路线

四、项目的特点及创新性

(1) 系统研究滴管栽培模式下滴管棉田棉花不同生育期氮素、磷素、钾素的吸收量, 干物质的累积量和氮素、磷素、钾素养分在棉花不同生育期、不同器官的移动、分布规律。

(2) 用 Logistic 生长函数模型模拟, 对棉花干物质累积建立 Logistic 方程 $W=W_m/(1+ae^{-bt})$, 预测棉花不同生理日 (t) 的最大物质积累量 W_m 的时刻, 为棉花施肥提供科学依据。

参考文献

- [1] 白灯莎. 南疆高产棉花营养特征及施肥方式的研究[J]. 中国棉花, 2002, 29(11): 11-13.
- [2] 杨忠娜, 唐继军, 喻晓玲. 新疆棉花产业对国民经济的影响及对策研究[J]. 农业现代化研究, 2013, 34(3): 298-302.
- [3] 徐飞鹏, 李云开. 新疆棉花膜下滴灌技术的应用与发展的思考[J]. 农业工程学报, 2003, 19(1): 25-27.
- [4] 毕建杰, 姚圣贤, 张衍华, 等. 施肥水平对棉花苗期生长和土壤氮素含量的影响[J]. 耕作与栽培, 2005(6): 17-18.
- [5] 常培林. 棉花施用钾肥增产效应研究[J]. 甘肃农业科技, 2005, 7: 50-52.
- [6] 陈子明. 氮素产量环境[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996, 20-25.
- [7] 陈德华, 等. 棉花优化栽培的群体光分布及光合生产的研究[J]. 棉花学报, 1995, 7(2): 113-117.
- [8] 陈冠文, 邓福军, 余渝. 新疆棉花苗情诊断图谱[M]. 乌鲁木

齐：新疆科学技术出版社，2002.

- [9] 喻晓玲, 张东红. 新疆棉花比较优势分析[J]. 塔里木大学学报, 2006, 18 (4): 17-22.
- [10] 陈伦寿. 棉花吸收主要矿质营养元素动态的研究[J]. 作物学报, 1963, 2 (1) : 55-68.
- [11] 陈同斌, 曾希柏, 胡清秀. 中国化肥利用率的区域分异[J]. 地理学报, 2002, 57 (5) : 531-538.
- [12] 陈学贞. 棉花干物质积累和氮、磷的吸收研究初报[J]. 湖南农学院学报, 1980, 4 : 19-23.
- [13] 董桂军. 化学肥料的地位与平衡施肥技术[J]. 现代化农业, 2001 (9): 10-12.
- [14] 段合成. 棉花高产施肥要点[J]. 江西棉花, 2005, 27 (1) : 1.
- [15] 樊小林, 廖宗文. 控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4 (3) : 219-223.
- [16] 黄春燕, 王登伟, 陈冠文, 等. 基于高光谱植被指数的棉花干物质积累估算模型研究[J]. 棉花学报, 2006, 18 (2) : 115-119.
- [17] 胡晓棠, 李明思, 马富裕. 膜下滴灌棉花的土壤干旱诊断指标与灌水决策[J]. 农业工程学报, 2002, 18 (1) : 49-52.
- [18] 胡蔼堂, 等. 植物营养学 (下) [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1994.
- [19] ASBLEY D A, GOODSON R D. Effect of time and plant K status on C-labeled 14 photosynthate movement in cotton[J]. Crop Sci, 1972 (12) : 686-690.
- [20] MADOSON A J, WIS T. Single leaf and canopy photosynthesis response to plant age in cotton[J]. American Society of Agronomy, 1991, 83 (4) : 704-708.
- [21] WULLSCHLEGER S D, OOSTERHUIS D M. Canopy leaf area development and age-class dynamics in cotton SO[J]. Crop Science Society of America, 1992, 32 (2) : 451-456.

- [22] BENEDICT C R. Incorporation of photosynthate into developing cotton bolls[J]. Crop Sci., 1973,13 (1) :88-91.
- [23] EVANS H J, SORGER G L. Ann. Review[J]. Plant Physical, 1966, 17:47-76.
- [24] FOYER C, SPENDCER C. The relation between phosphate status and photosynthesis in leaves[J]. Planta, 1986(167): 369-375.
- [25] FREDEEN A L, RAO I M, TERRY N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partition in Glycine max[J]. Plant Physiol, 1989 (89) :225-230.
- [26] GRIK T J, OSTERHUIS D M, TORBERT H A. Managing cotton nitrogen supply[J]. Advances-in-Agronomy, 1998, 64:115-147.
- [27] HEARN A B. Cotton nutrition[J]. Field Crops Abstract, 1980 (34): 11-34.
- [28] HUBER S C. Role of potassium in photosynthesis and respiration. Potassium in Agriculture[J]. American Society of Agronomy, 1985: 369-396.
- [29] HOU Z A, LI P F, LI B G, et al. Effects of fertigation scheme on N uptake and N use efficiency in cotton[J]. Plant and soil, 2007, 290(1-2): 115-126.



第二章 南疆地区棉花高产栽培技术

棉花高产栽培,要根据棉花的生长发育特点,因地制宜、合理密植,实行科学水肥管理、病虫害防治、合理化学调控等,从而达到苗期壮苗早发,蕾期要稳长增蕾,花铃期要增蕾保铃,吐絮期早熟不衰,使棉花获得优质高产。

新疆棉区是我国纬度最高的棉区之一,气候条件比较特殊:春季开春晚,气温波动大;秋季降温快,无霜期短。在这种特殊的气候条件下,必须坚决贯彻“早、密、矮、膜、匀”的综合栽培技术,认真抓好播前准备、一播全苗、田间管理和收获等生产环节,围绕系列化调、水肥运筹、降低高度、综合防治等关键技术,力争达到棉花四月苗、五月蕾、六月花、七月桃、八月絮的管理目标,实现棉花高产、优质、高效的目的。

第一节 主要技术指标

一、产量结构

陆地棉亩(1亩=666.7 m²)保苗株数 1.75 万~1.8 万株,亩收获株数 1.6 万株,单株果枝数 7 台,单株结铃 5 个,每亩总铃数 8 万个,单

铃重^①5 g，亩产籽棉 400 kg。

二、种子质量

1. 种子质量要求

经过脱绒精选的棉种应达到：纯度 $\geq 95\%$ ，净度 $\geq 99\%$ ，发芽率 $\geq 85\%$ ，种子健康率 75%~80%，含水率 $<12\%$ ，破碎率 $<3\%$ 。100%人工粒选。

2. 种子处理

100%种子包衣，播种前每 100 kg 种子使用种衣剂福多甲按种子量 50 : 1 进行拌种，拌种时搅拌均匀，然后堆闷 6~12 h 以确保拌种质量。

三、播种方式

2 膜 12 行（机采棉行距配置），行距配置：（10+66）cm，平均行距为 38 cm，穴距 9 cm，亩理论穴数 19 494 穴。增加膜宽和增加边行采光面，提高边行出苗率，缩小中边行棉苗生长发育进程的差距。

四、长势长相及株型

（1）苗期：主茎日生长量 0.3~0.5 cm，红茎比为 50%，株高 15~20 cm。

注：① 实为质量，包括后文的重量，称重，千重等，但现阶段在农、林、生化、环保等行业的生产和科研实践中一直沿用，为使读者了解熟悉本行业实际，本书中予以保留。——编者注



(2) 蕾期：初蕾期 0.6 ~ 0.8 cm。

(3) 盛蕾期：主茎日生长量 0.8 ~ 1 cm，红茎比为 60%，株高 40 cm 左右。

(4) 花铃期：主茎日生长量 1.2 ~ 1.5 cm，株高 60 ~ 65 cm。

(5) 株型：打顶后棉株自然高度 60 ~ 65 cm (机采棉 70 ~ 75 cm)；果枝始节以下高度小于 18 厘米 (机采棉 20 ~ 22 cm)；第 1 ~ 4 果枝节间长度平均 4 ~ 5 cm；第 4 ~ 6 果枝节间平均长度 5.5 ~ 6 cm；第 6 ~ 7 果枝节间长度 6 ~ 6.5 cm。

第二节 栽培技术

一、播前准备

1. 整地

前茬灌秋耕冬翻：耕深 28 ~ 30 cm，翻垡均匀，扣垡平实，不露秸秆，不拉沟，不漏耕。早春解冻后拾净残膜、秸秆、杂草，整修好地头地边，适时耙地保墒，以达到“齐、平、墒、松、碎、净”六字标准。耙深 3 ~ 4 cm，上虚下实，表墒好，确保一播全苗。

2. 土壤化除程序

土壤化除用氟乐灵 (亩用量 100 ~ 120 g) 或菜草通 (亩用量 150 ~ 180 g)，使用氟乐灵应在傍晚或夜间进行。

二、播种