

摘 要

亚麻纤维是植物纤维中的一种,纤维细胞的分化发育过程也就是纤维产量和品质的形成过程,目前,对于纤维细胞的分化发育的生理机制还不清楚,对于环境条件如何调控亚麻纤维的分化发育,对纤维产量和品质的影响规律还不明了,因此,加强对这方面的研究,不仅能够对其它韧皮纤维类植物具有指导意义更对适应和调控环境条件来实现纤维产量的提高和品质的改善具有重大意义。

本研究由播期试验和品种试验两部分组成,播期试验选用有代表性的早熟高纤品种 Viking 和晚熟中纤品种黑亚 14,品种试验包括生产上广泛使用的和新培育的品种及国外引进品种共 12 个,旨在通过本研究揭示纤维细胞的发育规律,进而探明不同气象因子对纤维产量和品质形成的影响。

研究发现,亚麻植株茎上纤维细胞的发育有其各自独立的阶段,其发育随叶片的依次发生而有序的进行,具有明显的时间和空间顺序,同时,不同叶位间的单个纤维细胞发育阶段互相重叠。

纤维束数在纤维细胞的分化初期就已经确定下来,因此不会随生育进程的进行而发生变化。

同一麻株随叶位的上移,纤维束数和纤维细胞的数量呈现逐渐增多直至达到一个最大值之后又变少的趋势变化。

纤维细胞壁的厚度及加厚过程受多基因的共同作用,属于数量性状,因而受气象因子的影响很大。除基部叶位外,其它叶位处,第 IV、V 播期纤维细胞壁的加厚过程主要在纤维细胞发育的前期(现蕾期之前);而第 I、II、III 播期则主要在纤维细胞发育的后期(现蕾期之后)。

晚播的第 IV、V 播期在纤维束数和纤维细胞的数量上要少于前三个播期,在纤维细胞径和纤维细胞腔径上大于前三个播期。各播期均是茎基部纤维细胞数量最少,纤维细胞最大,纤维细胞腔和壁的厚度也大,但播期间没有明显差异。

保证亚麻生育前期适宜的生长条件,满足其营养体的生长需求,是增加亚麻干物质积累量,也就是提高亚麻原茎产量的重要条件。

气象因子对原茎产量的影响表现为规律性的变化。同一品种,不同播期间原茎产量连续两年变化趋势一致,具体表现为,对早熟品种 Viking,第 V、IV、III 播期>第 I、II 播期,而晚熟品种黑亚 14 为第 V、IV、II 播期>第 I、III 播期,但第 II、III、IV 播期间和第 I、II、III 播期间差异不显著。而且,两年间无论是早熟品种还是晚熟品种,在干物质积累量上都表现为第 V 播期最大,即在原茎产量上表现为第 V 播期最高。

亚麻不同生育阶段对气象条件的要求不同,品种间相同的生育阶段表现出极大的相似性,无论是早熟品种 Viking 还是晚熟品种黑亚 14,除快长期外,气象因子对纤维产量的影响趋势均一致。

对于某一品种来说,其纤维的各组分含量对纤维强度和分裂度的影响均表现为相反作用,即对提高纤维强度有利时,一定对分裂度的提高不利。另外,半纤维素含量始终与纤维强度

呈正相关关系，而纤维素含量与可挠度总是呈负相关，果胶质含量对早熟品种和晚熟品种的纤维品质的影响相反。

纤维细胞各解剖性状与纤维强度、可挠度、分裂度之间的关系总是表现出矛盾的一面，也就是说，当纤维的某一解剖性状表现为对纤维强度的提高有利时，一定对可挠度或分裂度的提高不利。

经过两年的试验，综合考虑亚麻的产量和品质情况，在黑龙江省要保持适当比例面积的国内品种以减少产量的波动，早熟高纤品种可以适当晚播，而晚熟品种一定要适当早播。

关键词：亚麻 产量 品质 气象因子 纤维细胞

Study on the Formation of Yield and Quality of Flax Fibre

Abstract

Flax fibre was one of the plant fibres. The process of the differentiation and development of fibre cell was the formation process of the yield and quality. At present, the physiological mechanism of the differentiation and development of fibre cell is not explicit. It is not clear that how does the environmental condition regulate the differentiation and growth of flax fibre and effect the yield and quality of flax fibre, hence, it had not only instructive meaning to other kinds of bast fibre crop but also important meaning to improve the yield and quality of flax fibre by regulating environmental condition.

The study was composed of sowing date experiment and varieties experiment. we adopted Viking (early-mature and high-fibre cultivar) and Heiya14 (late-mature and mid-fibre cultivar) in sowing date experiment and 12 cultivars which were widely used in practice and new cultivars and were introduced from abroad in the experiment of varieties, in order to reveal the objective laws of the development of fibre cell and probe into the influence of the formation of yield and quality by weather factors.

It showed that the development of fibre cell in stem had its own independent stage, occurred orderly with the leaf occurring and had order in time and space at the same time, and also the developmental stage of the single fibre cell overlapped each other in different leaf places.

Lacertus had fixed in initial stage of differentiation of fibre cell, so, it could't change with the developmental process.

The quantities of lacertus and fibre cell increased with moving top of leaf places, then, they arrived the maximum value and declined at last.

The increased process of fibre cell wall was quantity character, controlled by many genes, and was influenced largely by weather factors. Except stem bottom, in other leaf places, the increased process of fibre cell wall thickness in the No. IV、V sowing date was mainly in the early development period, however, that in the No. I、II、III sowing date was mainly in the late developmental period (after visible bud phase).

It was not obvious difference in different sowing date. The quantities of lacertus and fibre cell in the No. IV、V sowing date fewer than those in the other three sowing date, so was the diameter and cavity of fibre cell. In stem bottom, the quantity of fibre cell was the fewest, and fibre cell was the largest and the cavity of cell and the cell wall thickness was large.

It was an important condition to improve dry matter weight and straw yield which ensured adequate growth condition and sufficed growth demand to plant.

Weather factors influenced straw yield regularly. The straw yield of early-mature cultivar

Viking in the No.V、IV、III sowing date higher than that in the No.I、II sowing date in two years,and the straw yield of late-mature cultivar Heiya14 in the No.V、IV、II sowing date higher than that in the No.I、III sowing date ,but it hadn't obvious difference among the No.II、III、IV sowing date and the No.I、II、III sowing date to Heiya14.Furthermore,the dry matter weight appeared that the No.V sowing date was the most to the two cultivars in continous two year,namely, the No.V had the highest straw yield.

It had different requirement in different developmental stage to flax,and the requirement appeared high similarity in the same developmental stage between Viking and Heiya14.It showed that the influence to the fibre yield of weather factors was consistent in all developmental phase except quick-growth phase.

To one variety,it's fibre ingredients content influenced the strength and division degree on the contrary,namely,one ingredient was benefit to strength and disbenefit to division degree at the same time.Otherwise, hemicellulose content showed positive correlation with strength,and cellulose content showed negative correlation with pliability,and pectin content showed contrary action with the fibre quality to early-mature cultivar Viking and late-mature cultivar Heiya14.

The anatomical character of fibre cell influced strength、division degree and pliability contradictorily,that is,when one anatomical character was benefit to strength,and was not benefit to division degree and pliability.

By two year's experiment,we considered that keeping adequate proportional area in national cultivars in Heilongjiang province could reduce fluctuation to yield by considering fully the yield and quality of flax.Early-mature varieties could sow adequate latly,and late-mature varieties could sow adequate early.

Key word:flax yield quality weather factors fibre cell

Candidate:LI Dongmei
Specialty:Crop Science
Supervisor:Prof.LI Ming

目 录

└─┬ 文摘

└─┬ 英文文摘

└─┬ 1 前言

└─┬ 1.1 研究目的和意义

└─┬ 1.2 国内外研究动态

└─┬ 1.2.1 亚麻纤维发育的研究

└─┬ 1.2.2 亚麻纤维品质的研究

└─┬ 1.2.3 亚麻纤维产质量形成及其调控规律研究

└─┬ 1.3 本论文拟解决的问题

└─┬ 2 材料和方法

└─┬ 2.1 试验材料

└─┬ 2.2 试验方案

└─┬ 2.2.1 小区设计与田间管理

└─┬ 2.2.2 取样方法

└─┬ 2.2.3 麻样沤制

└─┬ 2.3 测定项目及方法

└─┬ 2.3.1 田间农艺性状测定

└─┬ 2.3.2 纤维解剖性状观察

└─┬ 2.3.3 纤维化学组分含量测定

└─┬ 2.3.4 亚麻纤维产量指标测定

└─┬ 2.3.5 纤维品质指标测定

└─┬ 2.3.6 生态因子测定

└─┬ 2.3.7 土壤基础肥力

└─┬ 3 结果与分析

└─┬ 3.1 亚麻纤维发育形态观察

└─┬ 3.1.1 不同生育时期亚麻茎横切面解剖性状比较

└─┬ 3.1.2 固定节间茎横截面解剖性状动态

└─┬ 3.1.3 工艺成熟期亚麻不同播期茎中段解剖性状观察

└─┬ 3.1.4 工艺成熟期不同品种亚麻茎中段解剖性状观察

└─┬ 3.2 亚麻原茎产量形成分析

└─┬ 3.2.1 不同播期条件下植株生长动态分析

└─┬ 3.2.2 亚麻原茎产量多重比较

└─┬ 3.3 亚麻纤维产量形成分析

└─┬ 3.3.1 不同播期间纤维含量比较

└─┬ 3.3.2 纤维发育与纤维产量关系分析

└─┬ 3.3.3 气象条件与亚麻纤维产量形成的关系

└─┬ 3.4 亚麻纤维品质形成分析

└─┬ 3.4.1 亚麻纤维结构与纤维品质的关系

└─┬ 3.4.2 亚麻纤维化学组分含量与纤维品质的关系

└─┬ 3.4.3 气象条件对纤维化学组分含量的影响

└─┬ 4 讨论

4.1	关于亚麻纤维发育的几个问题
4.2	关于亚麻纤维产量形成
4.3	关于亚麻纤维品质形成
5	结论
	致谢
	参考文献
	图版
	攻读硕士学位期间发表的学术论文

1 前言

1.1 研究目的和意义

亚麻起源于中亚和地中海地区,美索不达米亚、亚洲和埃及栽培亚麻已有 5000 多年的历史,它是一种重要的经济作物。亚麻纤维是亚麻利用价值最高的部分,也是麻纺工业的重要原料之一,其纤维织物具有美观、凉爽、防菌抑菌、消除静电等独特优点,受到世界各国人民的青睐,目前的国际市场上,尤其在美国、西欧、日本、韩国等发达国家,亚麻制品畅销不衰。

我国现有亚麻纺织企业共 30 多家,每年的纤维需求量为 8—10 万 t,而我国现有的 140 余家亚麻原料企业每年纤维产量仅 4—5 万 t,缺口在 50%以上(王玉富等,2001)。由于很多人对亚麻的用途和经济价值,没有明确认识,我国亚麻制品的内销比重不足生产总产量的 10%(李淑平,1997),由此可见,亚麻的国内外市场潜力极大。

2003 年中国亚麻种植面积达 14.3 万公顷,占世界总种植面积的 29.8%,原茎单产达到 3500 kg/hm²(FAO,2003),长麻率 15%—17%(赵德宝,2001),纤维产量 525kg/hm²以上(王兆木等,2001),而法国、荷兰、比利时等国原茎产量 6700—7500kg/hm²(关凤芝等,2001),长麻率 20%以上,纤维产量 1200—1800kg/hm²(王玉富等,2001),均高于我国。其次,在纤维品质上,中国亚麻纤维强度为 18—21kg,比国外低 7—8kg(李明等,1996)。近几年,新疆和云南等地亚麻生产发展很快,而黑龙江省波动较大,2000—2003 年,连续几年的干旱导致中部老麻区主产区北移。亚麻纤维产量和品质上的欠缺,对提高中国亚麻在国际市场上的竞争能力产生不利影响,成为影响我国亚麻产业健康发展的重要限制因素。

提高纤维产量,改善亚麻品质,核心要明确亚麻纤维的发育规律,明确环境条件对纤维发育的影响规律,因为,纤维生长发育的过程,既是纤维产量的形成过程,也是纤维品质的形成过程。进一步加强亚麻纤维产量形成与调控的研究,不仅能丰富作物栽培理论,而且,能够为中国实现亚麻“优质高产高效”生产提供强大的理论支持。

1.2 国内外研究动态

1.2.1 亚麻纤维发育的研究

1.2.1.1 单纤维形成及发育

从植物学角度,Easu(1956)认为:亚麻韧皮部的纤维起源于形成层或原形成层,在原形成层内纤维起源于纺锤状的原始细胞,庄藜萃(2001)认为初生韧皮纤维来源于原形成层产生的原生韧皮部中胞质浓厚、较大的细胞,而苏联 A. P. 罗卡士(1975)认为初生韧皮部的细胞在生长锥内由原生分生组织分化而来,其中的纤维细胞是从皮层薄壁组织最内层一生长锥里的输导束鞘分化出来的,输导束鞘同形成层的活动之间存在拮抗作用,形成层活动的压迫作用加剧了输导束鞘的活动,使大量韧皮纤维细胞加速形成。

而从结构学角度,亚麻纤维的基本组成是由许多葡萄糖单元连接起来的线形大分子。线

形大分子互相平行,按一定的距离、相位、形状比较稳定的结合在一起,成为结晶态的很细的大分子束—基原纤,由若干根基原纤平行排列,结合在一起,其中粗一点的结晶态的大分子形成微原纤,由微原纤基本平行地堆砌成更粗的大分子束—原纤,最后,由原纤堆砌成纤维(孟繁杰,1998)。

对于纤维细胞的发育,黄静芳等(1994)认为麻类韧皮纤维细胞发育是指其分生形成、伸长增粗、胞壁加厚及原生质体逐渐扩充直至解体消失等一系列生物学动态过程。而武跃通等(1999)认为亚麻韧皮纤维细胞发育经历分生形成(即纤维细胞分裂分化过程)、伸长增粗(表现为细胞体积的扩展)、胞壁加厚(主要表现为胞壁内外巨原纤分别呈横纵向排列)和发育成熟(主要特征为原生质体逐渐消失解体、巨原纤呈纤维轴向排列)四个不可分割的阶段。李桂琴等(1997)也认为亚麻茎的纤维发育随生育进程处于动态变化过程。许多学者还结合亚麻生育期对纤维细胞发育进行阶段划分。关凤芝等(1993)依纤维细胞的特点,把亚麻纤维发育分为纤维细胞形成积累阶段(苗期—开花期结束)、纤维细胞壁增厚阶段(开花—绿熟期)、纤维细胞成熟阶段(绿熟—工艺成熟期)三个阶段。李明等(1996)认为应划分为四个阶段,即纤维细胞分化伸长阶段(出苗—现蕾期)、纤维细胞壁加厚阶段(现蕾期—绿熟期)、纤维细胞成熟阶段(绿熟—工艺成熟期)和纤维细胞老化阶段(工艺成熟期—种子完熟期)。虽然众说纷纭,但能够大致明确纤维细胞的发育进程,也能够看出学者对纤维细胞发育的掌握情况。这些划分虽然各有依据,但亚麻纤维细胞发育是一个连续的生理过程,对于其发育的细节还需进一步的深入研究。

1.2.1.2 束纤维形成及发育

亚麻束纤维在茎横截面上呈环状分布于韧皮部内,每束含单纤维约10—50个。纤维束由纵向显著伸长而两端尖锐的许多纺锤形单纤维构成,其内的单纤维连接方式为:各单纤维末梢处在不同部位和高度上,单纤维两端靠果胶质轴向搭接形成纤维束,纤维束间靠胶质相连(郑晓兰,2001),这既可使每个纤维束变得更加牢固,又保证了从一束过渡到另一束。一些单纤维彼此联络,形成茎内坚牢完整的纤维网(A. P. 罗卡士,1975),这是由于纤维细胞生长时与邻近分裂中的细胞协同生长、同时有顶端侵入生长和滑动进入周围细胞中产生的(李宗道,1980)。另外,当叶子较多时,可以观察到大量的纤维束产生,认为纤维束的形成可能与叶子有关(В.Г.Александров,1932)。曾寒冰(1960)对于群体条件下,不同品种亚麻纤维发育进行了比较详细的观察。对于纤维束在麻株中的分布,一般认为麻株中部纤维束数最多(因品种不同而有一定差异)、纤维细胞直径最大、发育最好。对于这一说法还有待进一步考证。

1.2.1.3 生态因子对纤维发育的影响

亚麻韧皮纤维是其产量构成和纺织利用的基本单位,纤维发育的优劣对纤维产量和品质均产生重要影响。亚麻因品种不同,韧皮纤维发育不同,纤维品质差异很大,表现明显的遗传效应(王学东等,1998;武跃通等,1999)。李明等(2000)研究显示,相对于低纤品种来

说,高纤品种具有相对较厚的韧皮部、纤维层和木质部,较小的髓腔,较粗的单纤维细胞且胞壁较厚。由此推知,较厚的韧皮部和较细的髓腔是出麻率高的重要特点。研究还表明,同一品种,茎的粗细度不同,纤维发育及其产质量也不同。随麻茎增粗,韧皮纤维发育越好,单株纤维产量较高,但若麻茎过粗,韧皮部在麻茎中的比例就变小,髓腔变大,品质降低(贾霄云等,1999;武跃通等,1999)。

但同时,生态因子对纤维发育的遗传表达影响极其显著,研究表明:生态因子不同,亚麻韧皮纤维细胞的形态结构不同,发育情况也就不同,其品质差异很大,表现明显的遗传和生态学效应(武跃通,1999)。一般认为,亚麻茎在冷凉而温度条件徐缓上升、云雾多、光照弱、水分条件达到田间最大持水量80%时,茎内形成大量的单纤维,纤维发育充实,麻茎生长良好(A.P.罗卡士,1975)。如果条件不能达到其生长要求,就会产生低质量的亚麻纤维。如:在长期遮光条件下,麻茎中纤维束结构疏松、细胞间隙大,每个纤维束内单纤维数目减少,单纤维断面为圆形,有较大的内腔,壁有明显的层次且较薄(A.P.罗卡士,1980)。土壤水分含量的显著变化严重影响茎的解剖构造和纤维形成,成为最重要的生态影响因子。西川五郎指出,亚麻茎中纤维细胞数目与纤维含量以土壤持水量50~70%时较高,纤维细胞大小以土壤持水量70~90%较大,木质化细胞百分率则以土壤持水量100%时最低。

播期不同导致亚麻的生长环境差异对纤维细胞的发育也有较大影响,高纬度地区适期早播的麻茎,横断面上单纤维数较多且为多角形、有厚壁,而晚播的麻茎上,单纤维为圆形或椭圆形,细胞腔大、壁薄,且木质化程度很高(黑龙江省农科院经济作物所,1986)。关凤芝等(1999)发现,从亚麻开花期至工艺成熟期,播期是影响纤维细胞数量、长麻率及纤维产量的主要因素,其次是密度。播期过早或过迟,亚麻各项指标均低,纤维细胞总数少,发育不好,纤维强度小,麻号低,品质差。如:张福修等(1997)经长期多次对麻茎上、中、下三部分调查显示,5月2日正常播期的纤维细胞数和群数最多,长麻率最高,为13.8%,与4月15日早播的相近;而6月1日晚播的亚麻,纤维细胞和群数最少,且细胞腔大、壁薄、棱角不明显,长麻率降低1.9—5.4个百分点。由此可见,适期早播是延长麻株生长及纤维发育时间,增加麻株各茎段韧皮纤维细胞数量、提高纤维产质量的有效办法。

1.2.2 亚麻纤维品质的研究

1.2.2.1 纤维细胞三维结构及其与品质的关系

亚麻韧皮纤维细胞的形态结构对纤维产量和品质均产生重要影响,尤其在品质方面。但现有研究对其三维结构与品质形成之间的关系还不十分清楚。亚麻单纤维是一种两端细、中段粗的形态。许多研究者对亚麻纤维的大小有着截然不同的观点:《纺织材料科学》中描述:亚麻单纤维平均直径为50—100 μm 。《纺织词典》中描述亚麻单纤维平均直径为12—17 μm ,与王卫华等(1998)的研究一致。而A.P.罗卡士(1975)编写的《亚麻栽培学》中指出,单纤维断面为20—30 μm 。在单纤维长度方面,A.P.罗卡士认为单纤维长度平均为20—30mm,长的可达120mm以上;蔡连军(1997)阐述亚麻单纤维平均长度10—26mm。亚麻纤维细胞三维结构方面存在多种说法,这可能由于品种、环境条件、取样部位不一致等多方面原因造成的。

亚麻单纤维横断面的形状有很大区别,可从椭圆形到多角形。通常根据生育条件不同,

纤维形状也不同。但从工艺观点看,断面为多角形的纤维质量最好,因为它们能够紧密靠拢,提高纤维强度。但也有人认为,边缘平滑、没有棱角的纤维束的品质更好。这一分歧有待于进一步研究推论。一般认为,单纤维越长,直径越小,空腔越小,壁越厚,纤维越细,它在纤维束内含量越多,且断面为多角形,则工艺纤维强度越大,分裂度大,质量就越好,产量也越高(李宗道,1975)。

1.2.2.2 纤维的微观结构与纤维品质的关系

纤维的微观结构对纤维品质有直接影响,其内部纤维组分的空间结构及排列等与纤维强度、分裂度、可挠度等有直接关系。亚麻纤维同其它纺织纤维一样,是由纤维素大分子经基原纤、微原纤、原纤逐极大体平行排列构成大分子束,半纤维素、木质素等伴生物分布于各级原纤之间及其内部的缝隙和孔洞中(姚穆,1990)。在亚麻每根纤维内,存在着许多结合体结构,主要是由晶区和非晶区构成,同一巨分子可以连续地通过一个以上的晶区和非晶区,二者无明显界面(任志华等,2002),其中纤维素大分子结晶度和取向度是影响纤维性质的主要因素。结晶度越大,取向度越高,纤维强度越大,分裂度也发生很大变化(龙德树等,1999)。研究表明:亚麻纤维的取向度在90%左右、结晶度为60%左右,棉纤维取向度为63%左右,结晶度在49%左右,二者虽然同是纤维素纤维,但亚麻纤维的结晶度和取向度均比棉纤维高许多,导致了亚麻纤维刚性强、弹性差、抱合力较小、上染率低、染色牢度差等问题(姜繁昌,1990;郭雅琳等,2001)。

1.2.2.3 纤维的化学组成与纤维品质的关系

亚麻纤维的工艺质量也取决于其化学成分的含量。亚麻纤维的基本成分是纤维素,还含有较多的半纤维素、果胶质、木质素以及一些含氮物质等。对世界几个主要亚麻种植国家的亚麻纤维的化学分析表明,亚麻化学组分的平均含量为:含水率5.86%、纤维素67.07%、半纤维素15.33%、果胶4.09%、木质素0.99%、脂蜡质1.71%、水溶物4.97%、灰份1.47%(龙德树等,1999)。单独对我国亚麻的化学成分分析发现,国产亚麻主要组分中,木质素含量为6.65%,果胶1.78%(史加强,1999)。由此可见,国产亚麻纤维中木质素含量显著偏高,而果胶的含量则略少于主要亚麻种植国家。这种差异的存在,可能受以下原因的影响,如:品种差异、地域原因、亚麻成熟度、脱胶过程、分析方法等。因此,需要对这种差异进行进一步的研究,找出主要影响因子,为提高纤维品质提供理论帮助。另外,W.H. Morrison III(1999)等应用多种方法对目前生产中具有不同品质的亚麻和纱线样品进行详细分析发现,纤维品质好的样品中含有大量结晶纤维素,但与其它碳水化合物之间的关系还不清楚;纤维品质差的样品中含有大量带有纤维的外皮碎片;品质好坏可能与角质、蜡质含量成反比;由于去除了大量亚麻外皮碎片,所以木质素和芳香类物质不能成为衡量品质好坏的标准。对于这些说法,还有待于进一步验证。

另据报道,亚麻纤维中作为纤维素伴生物的果胶、半纤维素、木质素等的含量越低,则纤维品质越好。木质素含量少的纤维,光泽好、柔软并富有弹性,可纺性及着色性均好(龙

德树等, 1999), 相当数量木质素的存在会导致亚麻纤维手感粗硬、脆性高、弹性差(任志华等, 2002)。郭雅琳等(2001)也报道, 亚麻纤维含有较高数量的木质素、脂蜡质及果胶等杂质, 对染色性能产生不良影响。另外, 灰份对亚麻纤维深加工也构成影响, 灰份中硅酸盐含量增加导致麻茎易折, 纤维脆度加大, 灰份中钙、镁盐主要来自于难溶性生果胶, 果胶物质对长麻率贡献很大, 脱胶过程中, 不应完全除去, 但它的存在使纤维上染率低, 影响纤维的深加工工艺。这些不利因素有待于进一步解决。

1.2.3 亚麻纤维产质量形成及其调控规律研究

1.2.3.1 亚麻纤维产量构成因素及品质指标

亚麻纤维产量等于原茎产量、干茎制成率和出麻率之积。但因它是数量性状, 原茎产量和干茎制成率又与茎粗、工艺长度、株重、植株比重(植株木质部重与韧皮部重的比值)等许多因素有关。潘庭慧等(1996)对亚麻纤维产量构成因素进行分析表明: 植株比重、茎粗对纤维产量的直接和间接作用均呈负效应, 工艺长为正效应, 株重的直接作用为正效应、间接作用为负效应, 且这四个因素中植株比重和茎粗对产量影响最大。由此可见, 降低植株比重和茎粗是提高纤维产量的关键。聂征等(1993)还研究了单株粒重、单株粒数、千粒重、株高、主茎分枝数等5个相关性状对工艺长度的影响, 发现降低单株粒重是提高工艺长度的主要途径。研究显示, 亚麻纤维产量与原茎产量和出麻率显著相关, 提高纤维产量不仅靠增加原茎产量, 更要注重出麻率的提高, 片面追求原茎产量, 必然导致利用晚熟品种, 后期遇雨季而感病害或倒伏减产, 或大量施用氮肥导致出麻率下降, 很难实现增加纤维产量的目的(李明等, 1996)。

纤维品质的主要指标有纤维强度、纤维分裂度和可挠度。纤维强度越大, 能得到越多的梳成麻; 分裂度越大, 纤维束越细, 纤维质量越高; 可挠度大, 柔韧纤维能保持较多的皱褶。另外, 纤维的长度、重度、色泽、成条性、油性、气味等也是品质要求的附属指标。麻号是纤维质量的综合指标, 它表明从某种纤维中能得到多少和得到什么样质量的梳成长麻和短麻。

1.2.3.2 栽培因子对亚麻纤维产质量的影响

为了探索亚麻高产与优质统一的途径, 许多学者在栽培因子方面作了大量报道。李明(1996; 1997)研究发现, 亚麻品种不同, 对肥料的吸收量不同, 产质量也不同; 亚麻不同生育阶段对N、P、K的需求量呈现动态变化, 且肥料间存在显著的相关现象。亚麻生育前、中期追施氮肥, 有助于韧皮纤维发育, 提高产质量(李明, 1996); 磷肥对提高纤维产量有利(李意坚, 2002)钾对纤维产质量的影响, Opitz和Egglhuber认为, 它在缓解过量氮素的有害作用上表现突出, Fabian认为亚麻对钾的要求并不严格, 利于茎的伸长和纤维形成, 但过大的施用量能引起纤维束和单纤维的畸形, 使单纤维的空腔变大, 赵德宝等(1991)认为钾对提高纤维产质量有利。李彩凤等(1998)指出适量钾肥对亚麻纤维产质量的影响以快长期到现蕾开花期最大, 它能提高与亚麻产质量相关的酶活性, 改善纤维产质量构成因素, 尤其对出麻率的影响达到极显著水平。在注重单一营养元素的同时, 必须注重肥料之间的互作

效应的影响及微肥的使用。张福修等(1997)认为少施氮肥、增施磷钾化肥深施,可改善纤维强度和号数,是纤维高质量的基础;关凤芝等(1999)的试验表明,氮磷钾施用量为 $N1.0+P_2O_53.0+K_2O3.0$ kg/666.7m²,微量元素用量为 Zn700+Cu500+Mo20 g/666.7m² 能够获得高产优质的亚麻纤维;李意坚(2002)试验当每公顷施用纯 N、P、Zn 分别为 56.55kg、113.55kg、14.7g 即总肥量为 200.1kg/hm² 时,亚麻纤维产量最高达 514.7kg/hm²。另外,一些研究还表明,生长调节剂、除草剂等的使用,对纤维产质量也有一定影响。

综上所述,在栽培因子对亚麻纤维产质量的影响方面,应该进行综合分析,寻找出主要影响因素,抓住主要矛盾,改善次要条件,最终实现纤维产质量的提高。

1.2.3.3 脱胶过程对亚麻纤维产质量的影响

亚麻原茎脱胶即破坏纤维束与周围组织的连接,使得韧皮部与木质部易于分离,同时又较少破坏连接单纤维之间的胶质,制取亚麻中的可纺纤维。这一过程对亚麻纤维产质量的优良与否有很重要的影响。目前,生物法脱胶技术在世界各国都得到了很好的改进和应用,尤其在法国、西德、意大利和前苏联等国家收效甚佳。其中,西欧一些亚麻生产国家普遍采用雨露沤麻生产干茎,因为在麻茎湿度为 25% 以下时,麻茎上易于着生一系列微生物菌落来降解茎秆,一般 3—8 周就可以完成沤麻过程(D. L. Easson and R. Molloy, 1996),方法简便可行。雨露沤麻技术的改进,不仅降低了生产成本、缩短了沤麻时间,最重要的是使混合麻率相对提高了 0.5—1 个百分点,长麻率提高 0.9—3.4 个百分点,纤维强度增加 1.2—2.7kg,纤维号提高 2 号(宋宪友, 2000; 吴广文, 2002)。

在生物法脱胶技术中,温水沤麻技术由于具有它独特的优点而受到世界各国的青睐并得到不断改进,例如它可以人为控制技术条件(kozlowski, 1992),如控制温度,以满足微生物繁殖最适宜的条件,能显著缩短果胶分解时间,脱胶均匀,提高纤维品质;便于加入添加物质,以缩短沤麻时间等。基于此,许多研究者在脱胶过程中加入助剂,以缩短沤麻时间,提高麻纤维产量和品质。

早在 20 世纪 80 年代, H. S. S. Sharma 就用 Pectinase 和 Ultrazyme 混合酶制剂以及 Ceraceonyes Sublaevis 脱胶菌粗提酶液进行亚麻脱胶,取得了较好的效果(D. L. Easson and R. Molloy, 1996)。张丽珠、王奉喜(1988)引进原苏联酶制剂“Φ—”酶和“σ—”酶以及丹麦诺沃亚麻酶(Novoflaxme)用于亚麻脱胶发现,诺沃亚麻酶可在 30h 左右完成脱胶,“σ—”酶在 70h—80h 左右完成脱胶,且长麻率和纤维质量均有较大提高;在北爱尔兰,一些农场已经在国家农业部门的指导下,应用与亚麻酶具有相同作用的商业性质的酶制剂进行农业试验(Long, 1995)。

研究者对在温水沤麻过程中,加入人工培养的菌种,以缩短沤麻时间,得到优质纤维方面也进行了大量的研究,已分离筛选出了大量亚麻脱胶菌, Hekinger 发现了金黄丁酸芽孢杆菌(Clodridium Anranliburiam); Weizmann 等从亚麻中分离出嗜果胶芽孢杆菌(Clodridium Pectinorum)(郝利民, 1983); 王立群、关凤芝等(1994, 1995)筛选到枯草芽孢杆菌(Bacillus Subtilis) Ke34 和 Le10, 可使出麻率提高 30% 以上。另外, 黄小龙等(2003)向沤麻水中加入 1.5%—2.0% 的尿素能够显著提高果胶酶活性, 加快了沤麻进程。在我国, 温水沤麻技术

的改进可以使沤麻周期比原来缩短了 30%以上 (刘晓兰等, 2001)。

温水沤麻技术虽然得到了很好的发展和应用, 但是, 由于这种方法浪费大量的热能和劳动力, 在西欧已经很早就放弃了此种方法的应用 (D.L. Easson and R. Molloy, 1996)。

综上所述, 沤麻技术对纤维产质量有着极其重要的影响, 但目前国内生产上, 这种技术上的改进并没有得到很好的应用, 还只是停留在试验阶段。因此, 有必要对沤麻过程进行更细致的研究, 找到沤麻过程中各种菌种与麻茎组成成分之间相互作用的动态变化规律, 明确沤麻过程中菌种的活动与亚麻纤维产质量的关系, 从而为提高亚麻纤维产量和品质, 使沤麻技术能够应用于生产奠定理论基础。

在亚麻站立脱胶方面试验最多的是在亚麻开花中期以后喷施草甘膦, 可使麻茎在喷施后第 3 周湿度下降到 30%以下, 接下来的 4-6 周就会进行脱胶过程 (Harvey et al, 1985)。然而, 这种方法对于喷施草甘膦的时期比较严格, 如果喷施过早会降低纤维产量, 喷施过晚没有效果。所以, 很难应用于生产 (Harvey et al, 1985)。

1.3 本论文拟解决的问题

①通过对不同播期、不同熟期的品种的纤维细胞解剖结构研究, 明确不同气象条件下亚麻纤维发育的规律。

②通过对不同品种, 不同气象条件下亚麻纤维产量形成的分析, 阐明气象条件对纤维产量形成及纤维细胞发育与纤维产量之间的关系。

③通过对不同气象条件下, 不同熟期的品种的纤维组分含量进行分析, 研究气象条件对纤维品质的影响规律。

2 材料和方法

本研究由播期试验和品种试验两部分组成。

2.1 试验材料

播期试验：所选材料为 早熟高纤品种：Viking

晚熟中纤品种：黑亚 14

品种试验所选材料为我省具有代表性的 12 个品种（见表 2-1）

表 2-1 供试品种

Tab. 2-1 Cultivars tested

	高纤品种	中纤品种
2004 年	Viking、Opaline、 Ariane、Ilona、双 8	双 5、双 6、双 7、黑亚 11、 黑亚 12、黑亚 13、黑亚 14

2.2 试验方案

2.2.1 小区设计与田间管理

2003 年预备试验于东北农业大学校内实验站进行，前茬为小麦，试验小区共有 30 个。2004 年试验于东北农业大学香坊实验站进行，前茬为大豆，试验小区共有 88 个。试验采用随机区组设计，四次重复，2003 年预备试验为三次重复，小区面积为 3.6m²，8 行区，行长 3m，行距 0.15m，播种密度 2000 粒/m²。不施肥，取土样进行土壤肥力测定，管理同一般生产田。

两个试验均于工艺成熟期收获，收获后进行晾晒、脱粒、考种、测产、沤制。

2.2.2 取样方法

播期试验两个品种均于 4 月 10 日(I)、4 月 20 日(II)、4 月 30 日(III)、5 月 10 日(IV)、5 月 20 日(V)五个时期进行播种，根据亚麻不同生育时期，即纵形期、快速生长期、现蕾期、开花期、开花后至工艺成熟期、工艺成熟期等进行取样调查，每次每个重复取有代表性植株 10 株，进行农艺性状调查及不同麻茎节位切取茎段。

茎段切取方法为：当株高在 20cm 以下时，取基部子叶痕以上 1cm 左右茎段，当株高在 20cm 以上时，根据长势不同分别取基部、第 50 片叶以上 1cm 茎段、第 70 片叶以上 1cm 茎段、以后每增加 20 片叶处取 1 cm 茎段。），FAA 固定保存，以便进行纤维细胞的切片观察。

品种试验播种时间为 4 月下旬。

2.2.3 麻样沤制

大量样品送往巴彦亚麻厂沤麻，机械制纤；为了准确控制试验温度、时间等环境条件，从而提高试验的准确度，小样采取室内温水沤麻，人工剥麻，均取工艺成熟期麻纤维进行品

质指标测定、纤维组分的化学分析等。

2.3 测定项目及方法

2.3.1 田间农艺性状测定

按生育时期选取有代表性植株 10 株, 进行株高、工艺长度(现蕾期—工艺成熟期)、叶面积(叶面积系数法)、干物质积累(鲜样 105℃ 杀青, 80℃ 烘干)等农艺性状的调查。

2.3.2 纤维解剖性状观察

采用石蜡切片法、徒手切片法制片, 在 Olympus 光学显微镜下镜检, 观察麻茎横切面上纤维细胞发育, 进行茎粗、纤维束数、纤维细胞数的调查并在 DCE-1 数码摄像目镜(宁波新芝科技股份有限公司)下进行纤维细胞直径、纤维细胞腔直径、纤维细胞壁厚度的调查并照相。

2.3.3 纤维化学组分含量测定

参照亚麻纤维化学组分测定方法(FZ/T 30001-92)进行测定。

2.3.4 亚麻纤维产量指标测定

对原茎产量、干茎产量、长麻产量进行称重, 并计算干茎制成率、出麻率。

2.3.5 纤维品质指标测定

纤维强度、可挠度分别采用常州第二纺织机械厂生产的 YG015 型亚麻束纤维强力机、YG962 型亚麻纤维可挠度仪进行测定, 分裂度采用记数法测定。

2.3.6 生态因子测定

降雨量采用雨量计计量, 温度和日辐射量引自黑龙江省气象台的气象资料。

2.3.7 土壤基础肥力

土壤基础肥力的测定方法为: 有机质: 重铬酸钾容量法; 缓效钾、速效钾: 火焰光度计法; 全氮: 半微量凯氏定氮法; 全磷、有效磷: 钼锑抗比色法; 碱解氮: 碱解扩散法; 酸碱度: 酸度计法。

表 2-2 土壤基础肥力

Tab.2-2 Soil fertilizer

年份	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	缓效钾 (mg/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
校内实验站 2003 年	1.45	0.085	0.023	1074.9	101.6	27.3	178.6	7.4
香坊实验站 2004 年	2.18	0.106	0.046	1091.1	126.5	47.4	234.2	7.5

3 结果与分析

3.1 亚麻纤维发育形态观察

亚麻的纤维发育过程也是亚麻纤维产量和品质的形成过程，因此，亚麻纤维发育问题是探讨提高纤维产量和改善纤维品质途径的最基本问题。

3.1.1 不同生育时期亚麻茎横切面解剖性状比较

3.1.1.1 前期解剖性状比较

在枞形期，Viking 基部茎段茎径表现为第 V 播期最大，其它播期没有明显区别；纤维束数第 II 播期稍多一点，而晚播的第 IV、V 播期较少，其中第 V 播期最少；第 I 播期纤胞数最多、纤胞较大、纤胞壁较厚；第 II 播期纤胞数、纤胞径和纤胞腔径最小，纤胞壁较薄；第 III 播期有较大的纤维束数、纤胞数、纤胞径、纤胞腔径和纤胞壁厚的值；第 V 播期纤胞腔径显著高于其它播期。总得看来，在枞形期，各播期间茎径、纤维束数、纤胞径、纤胞壁厚差异不大，但是在纤胞数、纤胞腔径和纤胞壁厚度上有明显区别，表现为第 I 播期纤胞数最多、纤胞壁厚最大；第 V 播期纤胞腔径最大（如图 3-1）。

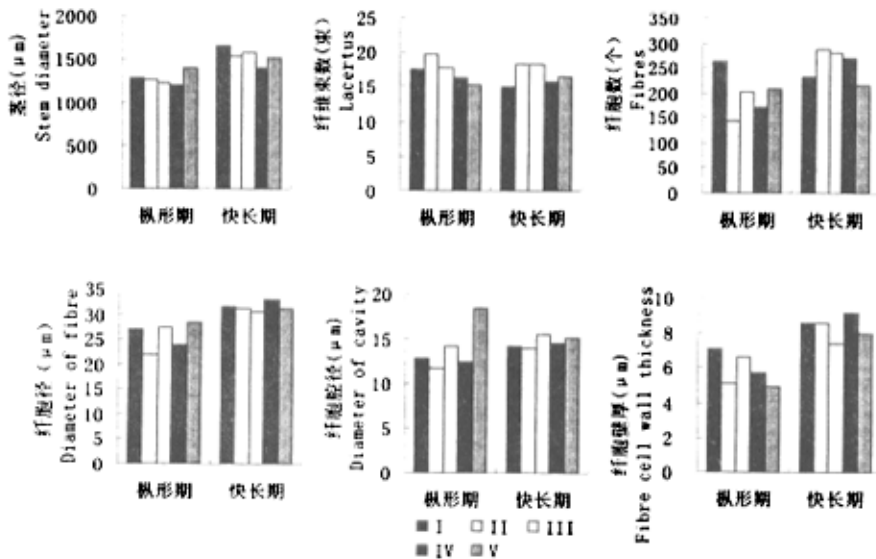


图 3-1 枞形期和快长期 Viking 基部茎解剖性状比较（2004 年）

Fig.3-1 The comparison of anatomical character
in slowly-growth and quick-growth phase of Viking

至快长期，各播期间茎径、纤维束数、纤胞径、纤胞腔径差异不大；纤维细胞数量表现为第 II、III、IV 播期>第 I 播期>第 V 播期；纤胞壁厚表现为第 I、II、IV 播期>第 V 播期>

第 III 播期。由枞形期至快长期，各播期基部茎径、纤维径、纤维壁厚迅速增加，纤维束数变化不大，纤维数除第 I、V 播期外，均表现为增加；除第 V 播期纤维腔径减小外，其它播期均增加，纤维径、纤维壁厚增加（如图 3-1）。

综上可知，由枞形期至快长期，茎基部纤维细胞发育很快，在茎径增粗的同时，迅速进行纤维的径向增大和壁加厚过程。

对于晚熟品种黑亚 14 来说，在枞形期，各播期间茎径、纤维束数、纤维径彼此之间差异不大；第 V 播期纤维腔径最大，纤维壁厚最小，这与 Viking 的变化趋势一致；纤维数表现为第 III 播期最大，第 I、II、III 播期纤维壁厚高于第 IV、V 播期。在快长期，茎径、纤维束数、纤维壁厚各播期间差异不大，第 II、III 播期纤维数最多，第 IV 播期拥有最大的纤维径、纤维腔径和纤维壁厚。由枞形期至快长期，纤维束数变化不大，茎径、纤维数、纤维径、纤维壁明显增加；除第 V 播期外，其它播期纤维腔径均增加，这与 Viking 基本一致（如图 3-2）。

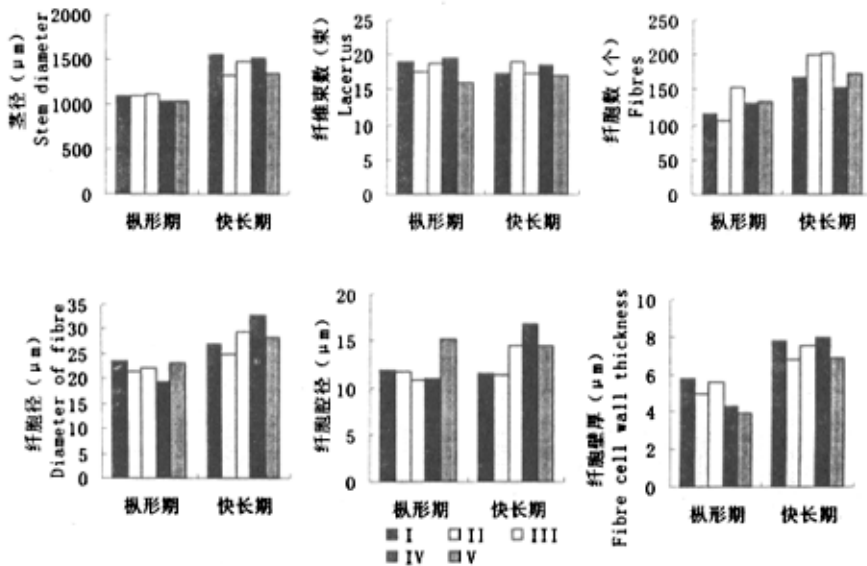


图 3-2 枞形期和快长期黑亚 14 基部茎解剖性状比较（2004 年）

Fig.3-2 The comparison of anatomical character
in slowly-growth and quick-growth phase of Heiya14

3. 1. 1. 2 中期解剖性状比较

现蕾期，不同播期 Viking 茎径表现明显的粗细变化，即从茎基部直至第 90 片叶处逐渐变细，同时各处理间表现为 IV>V>I>II>III。从茎基部至第 50 片叶处，五个播期的纤维束数和纤维细胞数量均急剧增加，而纤维径、纤维腔径和纤维壁厚急剧下降。由第 IV、V 播期来看，从第 50 叶位至第 90 叶位处，茎粗和纤维壁厚呈急剧下降趋势，纤维束数、纤维径趋于平缓，纤维腔径快速上升。从总体上看，在现蕾期对于 Viking 来说，茎基部具有相对很少的纤维束数和纤维细胞数量、纤维大、腔大、壁厚；但到了第 50 片叶位处，茎径变小，纤维束

数和纤胞数增加, 纤胞径、纤胞腔径变大, 纤胞壁变薄; 之后随着叶位的增加, 纤维细胞束数、数量、纤胞径基本保持稳定, 而纤胞腔径急剧增大, 纤维细胞壁厚度急剧减小, 即由第 50 叶位开始, 纤维细胞腔逐渐增大, 壁厚逐渐变薄, 由此推测, 纤维细胞的发育是随时间和空间顺序依次进行的。另外, 各播期第 50 叶位处有最多的纤维束数和纤维细胞数量, 有最小的纤胞径和纤胞腔径, 成为除茎径和纤胞壁厚之外各项解剖性状变化的转折点 (如图 3-3)。

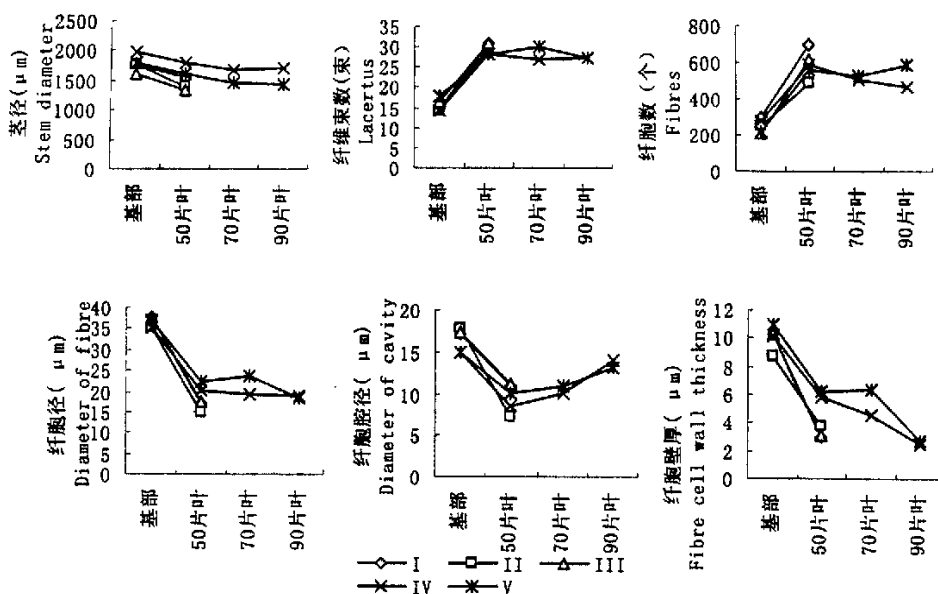


图 3-3 现蕾期 Viking 不同节间处茎解剖性状比较 (2004 年)

Fig. 3-3 The comparison of anatomical character in different internode in visible bud phase of Viking

黑亚 14 现蕾期茎各解剖性状表现出与 Viking 相似的特点, 只是个别播期略有不同。黑亚 14 茎径表现为 $V > IV$, 其它播期无太大区别; 从第 50 叶位到第 70 叶位处, 第 II 播期拥有高于其它播期的纤维束数和纤胞数, 较低的纤胞径和纤胞壁厚; 第 IV 播期的纤维束数直至上升到第 90 片叶处才达到峰值, 第 V 播期在第 50 片叶处和第 90 片叶处均有峰值存在, 但第 90 片叶位处要高于第 50 叶位, 与 Viking 的趋势平缓有所不同。各解剖性状的变化趋势均与 Viking 相差不大 (如图 3-4)。

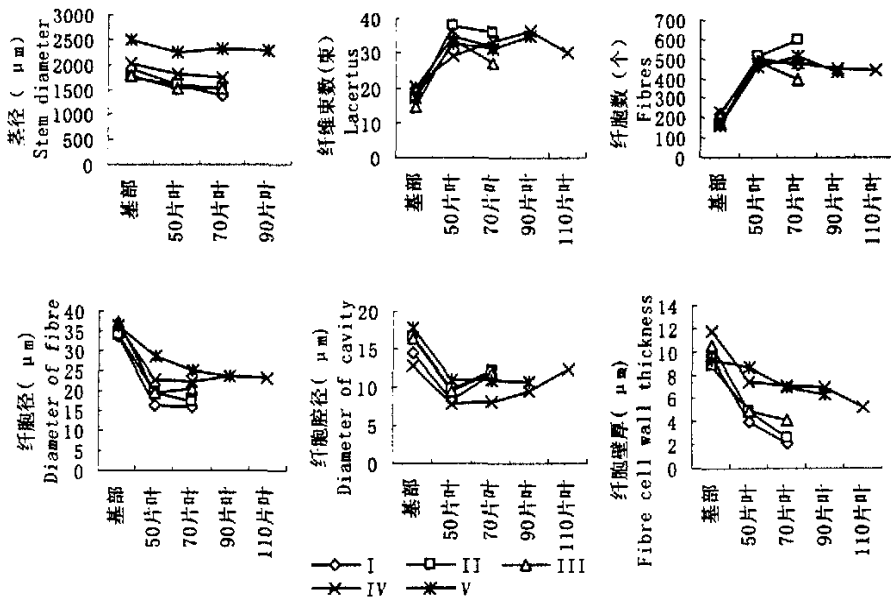


图 3-4 现蕾期黑亚 14 不同节间处茎解剖性状动态变化 (2004 年)

Fig. 3-4 Dynamic change of anatomical character in different internode in visible bud phase of Heiya 14

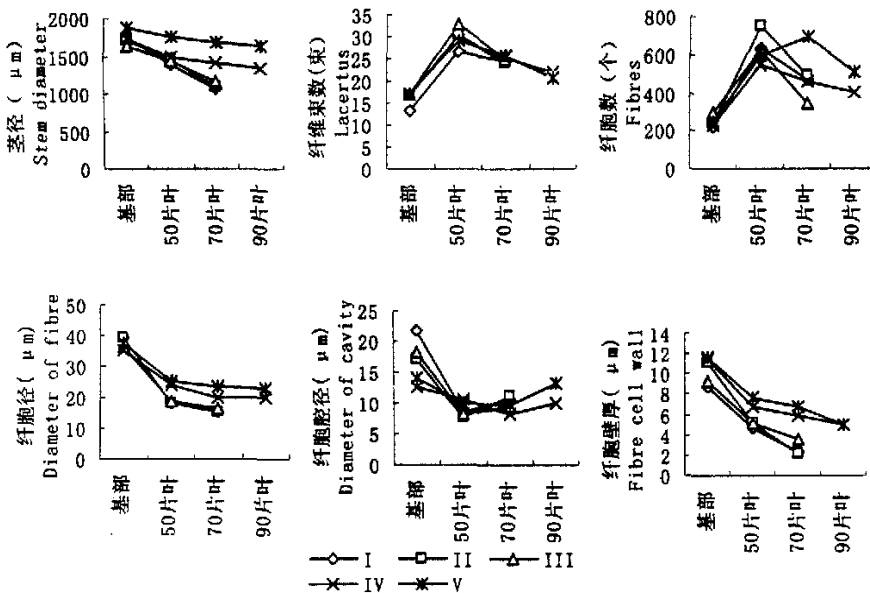


图 3-5 开花期 Viking 不同节间处茎解剖性状比较 (2004 年)

Fig. 3-5 The comparison of anatomical character in different internode in blooming phase of Viking

开花期,随着叶位的增加, Viking 的茎径发生了明显的变化,第 V 播期茎径增粗迅速,超过在现蕾期最大的第 IV 播期成为最大;纤维束数、纤胞数呈现有规律的倒“V”字形,除第 V 播期纤胞数在第 70 片叶处达到最大值外,其它播期均在第 50 片叶处达到最大值;纤胞径在下降到第 50 片叶处后曲线平缓,纤胞腔径呈现“V”字形变化,只是第 IV、V 播期最小值位置在第 70 片叶处,而其它播期在第 50 片叶处,纤胞壁厚度五个播期均呈下降趋势(如图 3-5),与现蕾期变化趋势基本一致。在开花期,晚播的第 IV、V 播期依然有相对较少的纤维束数和纤胞数,有相对较大的纤维细胞,同时,壁的加厚程度要好于前三个播期;在第 50 片叶向上,随叶位的上升,纤维细胞束数和纤胞壁厚减小,除第 V 播期外,纤维细胞数量减少,而纤维细胞径基本一致。前三个播期依然在第 50 叶位左右有良好的纤维发育。

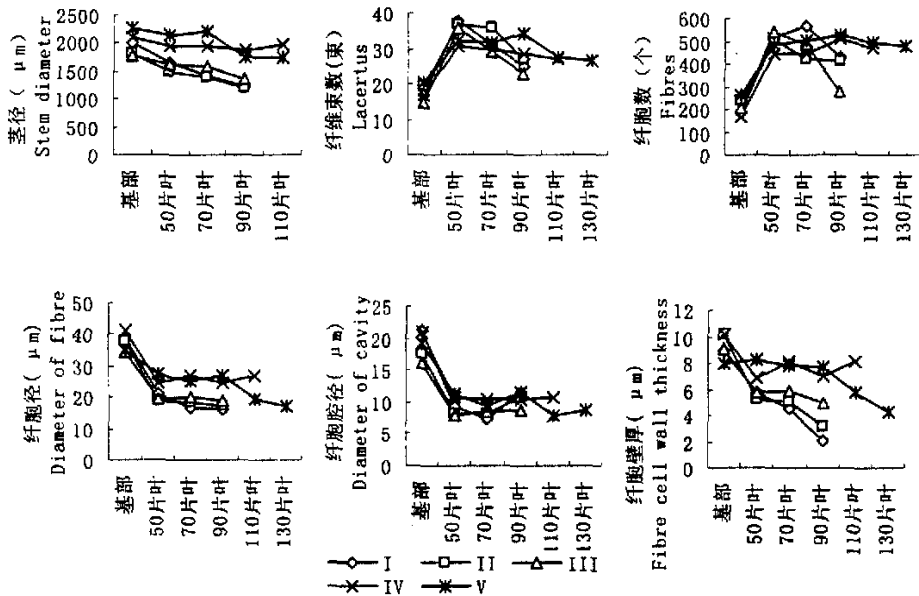


图 3-6 开花期黑亚 14 不同节间处茎解剖性状动态变化 (2004 年)

Fig. 3-6 Dynamic change of anatomical character

in different internode in blooming phase of Heiyi14

晚熟品种黑亚 14 在开花期随叶位的上升,茎径仍呈下降趋势,仍是第 IV、V 播期较大,其中在第 90 片叶处向上茎段,茎径由之前的第 V 播期高于第 IV 播期转变为第 IV 播期高于第 V 播期,其它播期差异不大;纤维束数仍呈现倒“V”字形,只是第 V 播期在第 90 片叶处相对较大,其它播期在第 50 叶位处有最大值,由茎基部至第 50 片叶处,各播期在茎各项解剖性状上表现与前面所述相同,由第 50 叶位处向上茎段,随着叶位的增加,第 I、II、III 播期纤维束数、纤胞数减少(第 II 播期除外),纤胞径、纤胞腔径比较一致,但纤胞壁厚减小;第 IV、V 播期纤维束数、纤胞数变幅很小;第 IV 播期纤胞径、纤胞腔径、纤胞壁厚变化不大;第 V 播期在第 90 叶位之下,纤胞径、纤胞腔径、壁厚基本稳定,而在其之上茎段,越向上,纤胞径、纤胞壁厚越小,由此更加肯定了纤维细胞的发育具有时间和空间性的特点(如图 3-6)。

3.1.1.3 后期解剖性状比较

花后第 8 天 Viking 各节间处茎解剖性状变化规律明确 (如图 3-7), 基部茎径没有明显的差异, 从基部到第 90 片叶变化规律与开花期一致, 纤维束数和纤胞数均表现有规律的倒“V”字形, 纤胞径和纤胞腔径在第 50 叶位以上比较接近, 茎各项解剖性状变化规律与开花期基本一致。表明开花期后一周内植株纤胞性状已基本稳定。

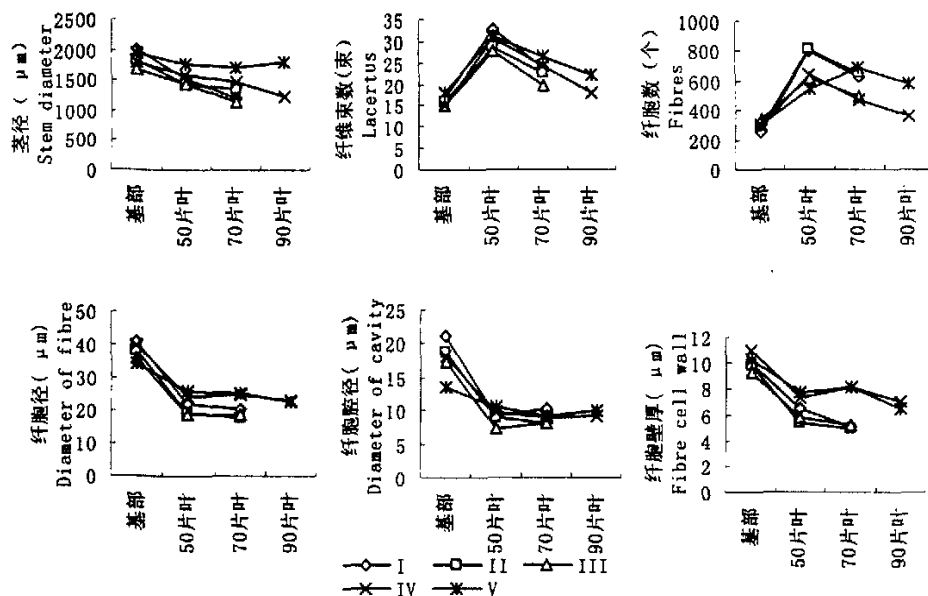


图 3-7 花后第 8 天 Viking 不同节间处茎解剖性状比较 (2004 年)

Fig. 3-7 The comparison of anatomical character in different internode on the 8th day after blooming phase of Viking

花后 9 天, 黑亚 14 各播期从第 50 叶位向上茎段的纤维细胞的解剖性状已达到基本相同, 130 叶位处单纤维细胞的解剖性状已由开花期的小于其它叶位变为与其它叶位处相似, 从而证实了纤维细胞的发育随叶位依次进行, 越向上叶位发育的越晚, 且单纤维有其各自独立的发育阶段 (如图 3-8)。

如图 3-9 所示, 花后第 16 天各播期 Viking 茎径在第 70—90 片叶位间表现为 $V > IV > \text{其它播期}$, 纤维束数和纤胞数依然呈倒“V”字形, 在纤维束数上依然表现为第 50 叶位 $>$ 第 70 叶位 $>$ 第 90 叶位 $>$ 基部, 纤胞数依然是第 50 片叶处最多, 其它性状在第 50 叶位以上茎段已达到与第 50 叶位处基本一致。

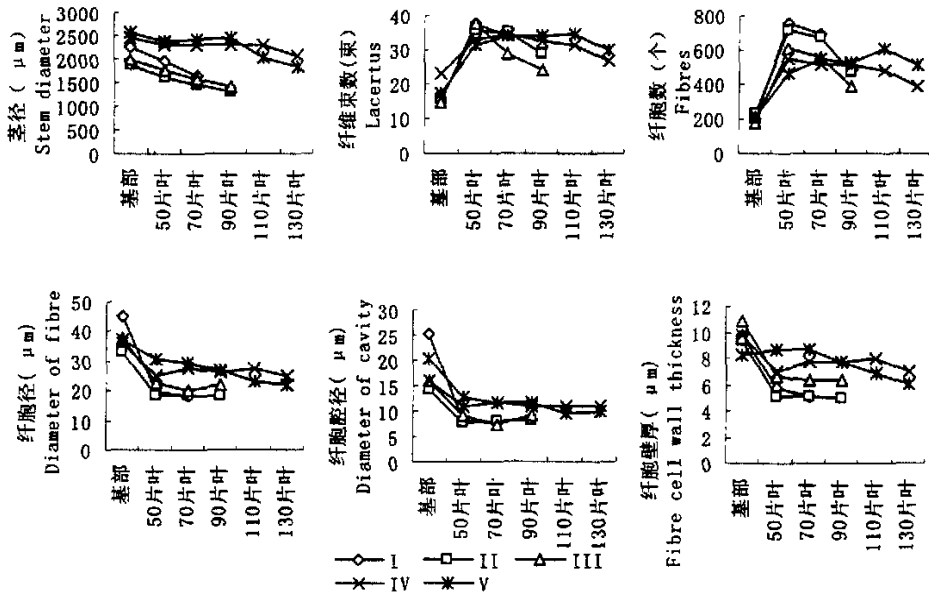


图 3-8 花后第 9 天黑亚 14 不同节间处茎解剖性状动态变化 (2004 年)

Fig. 3-8 Dynamic change of anatomical character in different internode on the 9th day after blooming phase of Heiya14

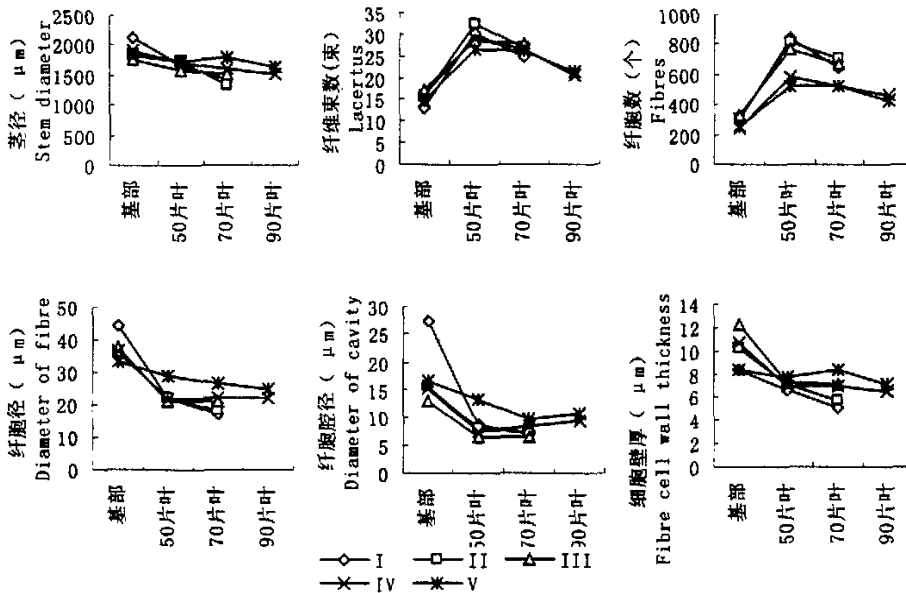


图 3-9 花后第 16 天 Viking 不同节间处茎解剖性状比较 (2004 年)

Fig. 3-9 The comparison of anatomical character in different internode on the 16th day after blooming phase of Viking

花后第 17 天黑亚 14 茎径与上一个时期趋势变化一致,第 I、II、III 播期依然没有太大的差异;第 I、II、III 播期纤维束数变化趋势一致,第 IV、V 播期纤维束数变化比较平缓,说明从第 50 片叶位向上纤维束的数量比较近似,第 IV 播期基部的纤维束数和纤维束腔径均表现为最大,超过了第 V 播期,之后在第 50 片叶以上茎段低于第 V 播期且变化幅度不大,在第 130 片叶处纤维束数、纤维束径、纤维束腔径和纤维壁厚均小于其它叶位(如图 3-10)。

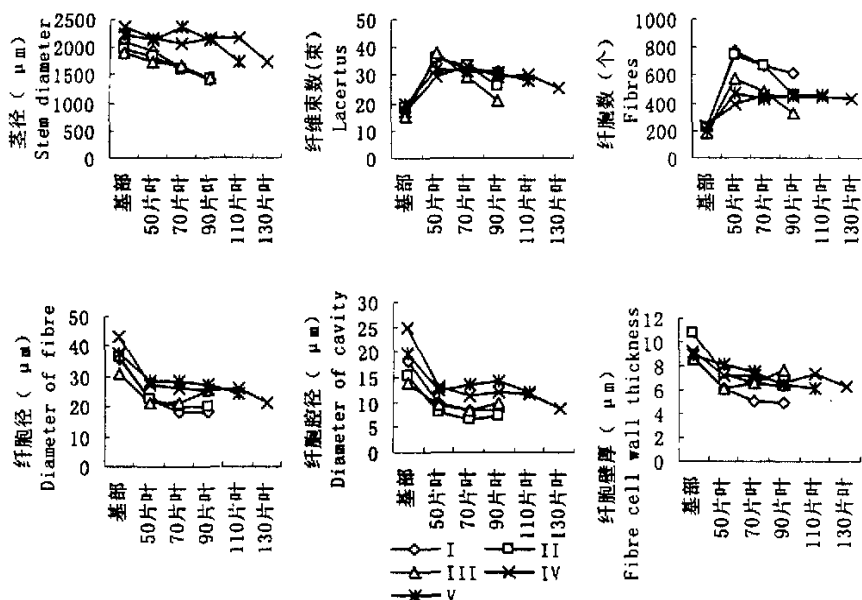


图 3-10 花后第 17 天黑亚 14 不同节间处茎解剖性状比较(2004 年)

Fig. 3-10 The comparison of anatomical character in different internode on the 17th day after blooming phase of Heiya14

工艺成熟期 Viking 茎径没有明显变化,各播期纤维束数、纤维束数变化趋势与前一时期一致,只是第 V 播期第 70 片叶处达到其各节间的最大值,其它播期均在第 50 片叶处有其各自的最大值,第 IV 播期第 70 片叶处也有较大的纤维束数,第 90 片叶处第 IV、V 播期纤维束数均不高(如图 3-11)。从第 50 片叶位以上的茎,纤维束径、纤维束腔径、纤维壁厚比较接近,由于第 IV、V 播期播期较晚,生育时期内有相对比较适宜的生长条件,后期营养生长较旺盛,株高较高,推测这是导致第 IV、V 播期第 70 片叶处也有较多的纤维束数的主要原因。

工艺成熟期黑亚 14 茎径表现为第 V 播期最大,第 IV 播期次之,第 I、II、III 播期近似;纤维束数量第 I 播期呈上扬趋势,第 IV、V 播期由第 50 片叶向上在各项解剖性状上曲线平直,说明第 50 片叶向上茎段的纤维细胞发育已接近一致,即在工艺成熟期,130 叶位处的纤维细胞才发育完成。可见,纤维发育具有其时间上的先后顺序(如图 3-12)。

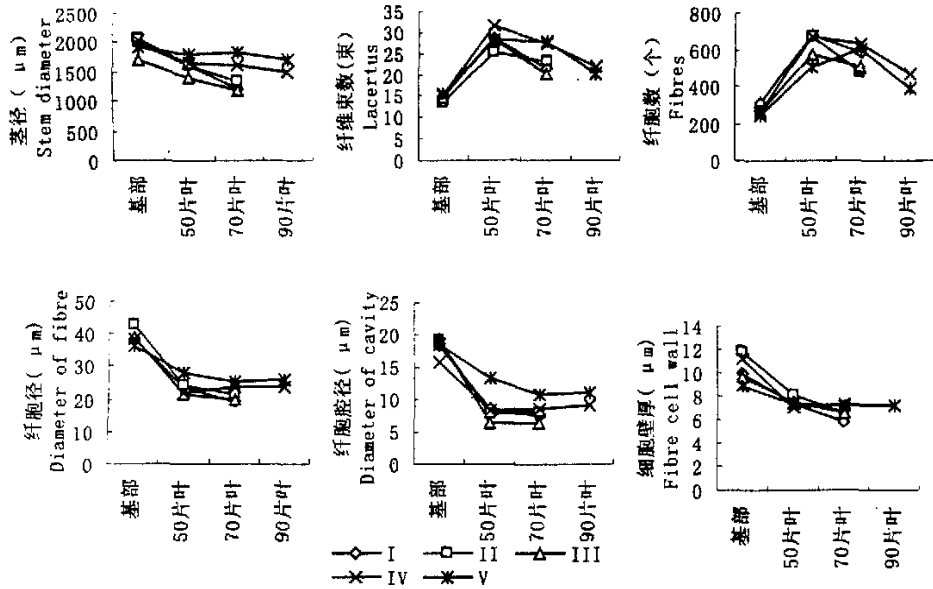


图 3-11 工艺成熟期 Viking 不同节间处茎解剖性状比较 (2004 年)

Fig. 3-11 The comparison of anatomical character in different internode in technical mature period of Viking

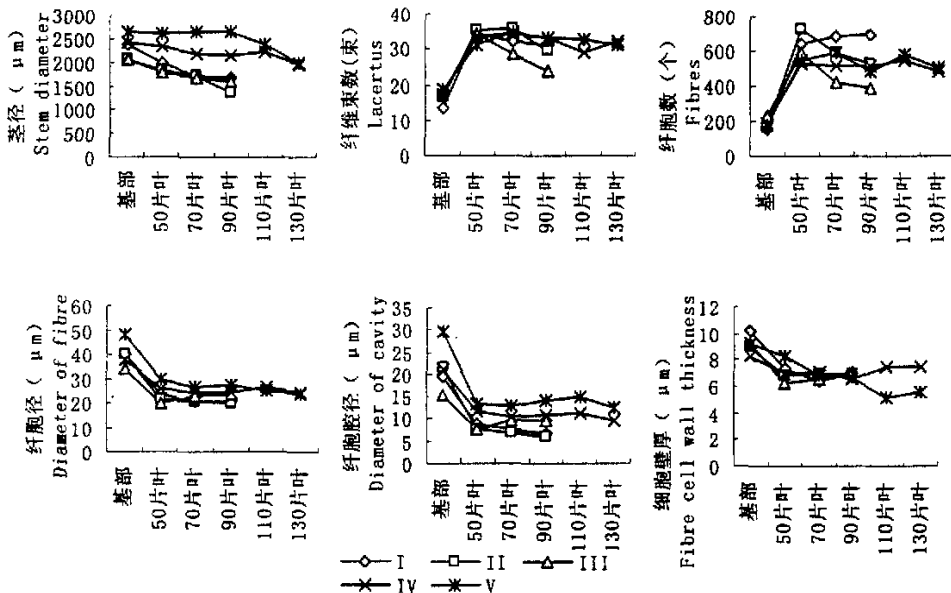


图 3-12 工艺成熟期黑亚 14 不同节间处茎解剖性状比较 (2004 年)

Fig. 3-12 The comparison of anatomical character in different internode in technical mature period of Heiyl 14

一直以来,各播期在第 50 片叶位左右茎段,表现为纤维束数和纤胞数量高于其它叶位处(第 V 播期个别时期除外),同时纤胞径较大、纤胞腔径较小、纤胞壁厚,说明第 50 叶位左右茎段是 Viking 纤维细胞生长发育的最适节位。

3.1.2 固定节间茎横截面解剖性状动态

在茎基部,纤维束数变化幅度很小,说明在枞形期前,基部纤维束数已经确定下来;在全生育期内,茎径随着生育进程的进行逐渐增粗,到现蕾期之后变化幅度较小;纤胞数量变化整体上来看呈上升趋势,但上升幅度很小,推测这可能是已经完成了径向生长的纤维细胞,进行伸长生长的过程中插入到其它纤维细胞的间隙致使茎横截面上纤胞数量的变化,造成纤胞“增多”的表象;而纤胞径、纤胞壁厚度在枞形期至现蕾期阶段增加迅速,其中第 IV、V 播期纤胞壁厚度一直到开花期还在明显增加,之后变幅很小;除第 V 播期外,各播期纤胞腔径在枞形期至开花期迅速增加,之后曲线变化平缓,第 V 播期表现出先减小后增加的趋势;同时,第 V 播期纤胞数量最少(如图 3-13)。

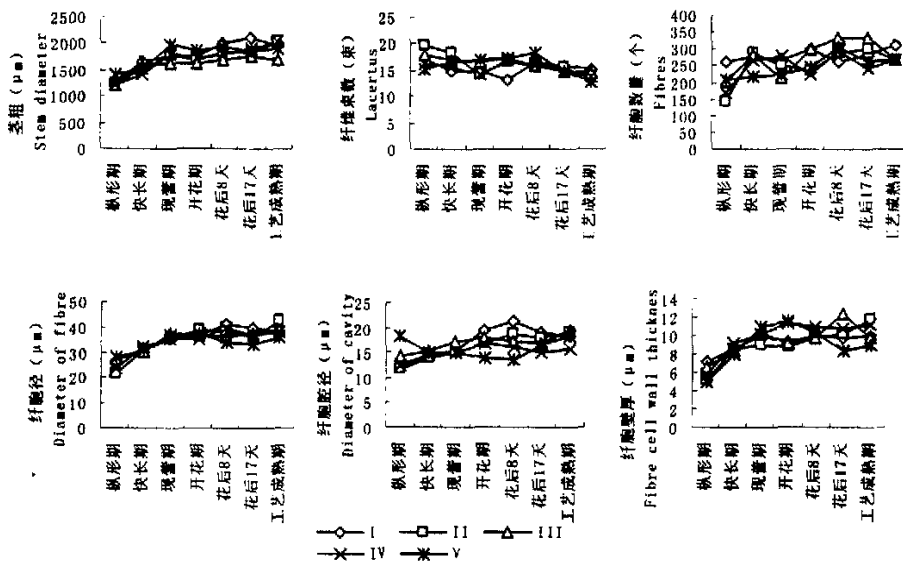


图 3-13 Viking 基部茎解剖性状变化动态 (2004 年)

Fig.3-13 The change of bottom stem anatomical character of Viking

第 50 片叶由现蕾期开始,各播期茎粗、纤维束数保持稳定,第 I、II 播期的纤胞数在开花期后有大幅度的增加,其它播期比较稳定;由现蕾期至工艺成熟期,第 I、II、III 播期在纤胞径和纤胞壁厚度上增速很快,尤其是纤维细胞厚度,而纤胞腔径减小;第 V 播期纤胞径一直呈增加趋势,纤胞壁厚在现蕾至开花期迅速增加,之后保持稳定;第 IV 播期在纤胞径和纤胞腔径上与前三个播期接近,在纤胞壁厚上与第 V 播期变化一致。从图上还可比较直观的看出,在茎径、纤胞径和纤胞腔径上一直表现为第 V 播期最大,而其纤维数量最少,纤胞壁厚在工艺成熟期与其它播期一致。纤维发育在播期间的明显差异,说明环境条件对纤维发育影响很大。但从整体上看,前三个播期第 50 叶位处的纤维细胞在现蕾期之后一直处于快速发

育阶段,而第 IV、V 播期则到开花期之后就几乎不再进行纤维细胞的进一步发育(如图 3-14)。

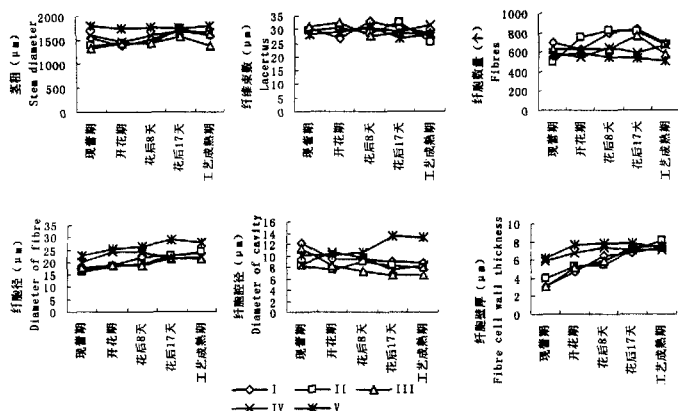


图 3-14 Viking 第 50 片叶位处茎解剖性状变化动态 (2004 年)

Fig.3-14 The change of stem anatomical character on 50th internode of Viking

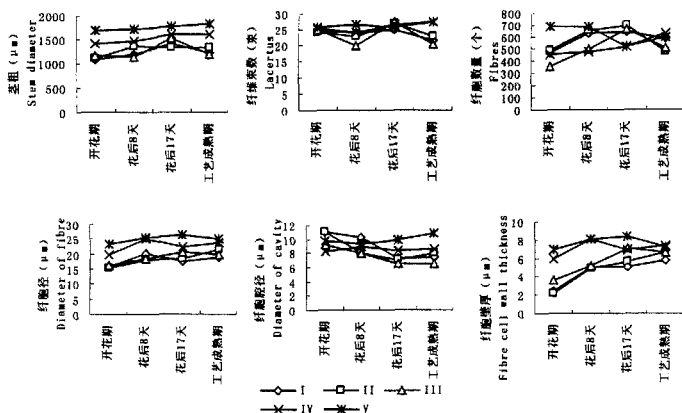


图 3-15 Viking 第 70 片叶位处茎解剖性状变化动态 (2004 年)

Fig.3-15 The change of stem anatomical character on 70th internode of Viking

在第 70 片叶处,各播期由开花期至花后 17 天在茎粗上变幅很小,但第 IV、V 播期的增加幅度很小;纤维束数基本在两个值之间变化,说明其基本是保持不变的;从开花期至花后 17 天,前三个播期的纤胞数量增加明显;在开花期以后,前三个播期纤胞径和纤胞壁厚增加,

尤其是纤维壁厚,在开花期至花后 17 天时间内,急剧增加,而纤维腔径却急速减小;第 IV、V 播期,在纤维数量、纤维径、纤维腔径上的变化幅度都很小或比较稳定,在纤维壁厚上表现为在开花期至花后 8 天有明显的增加,之后基本不变。从数值上看,晚播的第 IV、V 播期与其它播期差异很大,有明显高于其它播期的茎粗、较少的纤维数量、较大的纤维细胞和壁厚(如图 3-15)。

由此看来,第 I、II、III 播期开花期至花后 17 天是第 70 叶位处纤维细胞的快速发育阶段,而第 IV、V 播期到花后 8 天就已经结束了纤维细胞的发育过程。

在第 90 片叶处,由现蕾期至工艺成熟期,茎径、纤维束数、纤维数量基本不变,纤维径、纤维壁厚增加,尤其是纤维壁厚度在现蕾期至花后 8 天几乎呈线性增加,在花后 8 天至工艺成熟期变化幅度较小,纤维腔径由现蕾期至花后 8 天减小幅度较大,在花后 8 天至工艺成熟期基本保持不变(如图 3-16)。

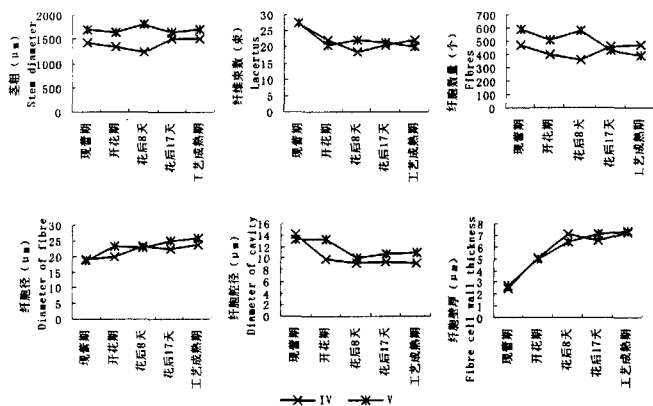


图 3-16 Viking 第 90 片叶位处茎解剖性状变化动态 (2004 年)

Fig.3-16 The change of stem anatomical character on 90th internode of Viking

综上所述,单纤维细胞有其各自独立的发育阶段,在茎上部叶位的发育要晚于下部,但不同一叶位间,随着叶位的增加纤维发育依次进行,表现出明显的时间和空间效应。

对于晚熟品种黑亚 14 来说,各播期茎径直到花后 9 天之后才不再增加;纤维束数基本不变,由枞形期至快长期末,纤维数量增加迅速,之后缓慢增加;枞形期至开花期,各播期纤维径和纤维腔径不断增加,之后比较稳定;纤维壁厚在枞形期至现蕾期迅速增加,而第 V 播期在枞形期至快长期增加迅速,之后变化平缓(如图 3-17)。

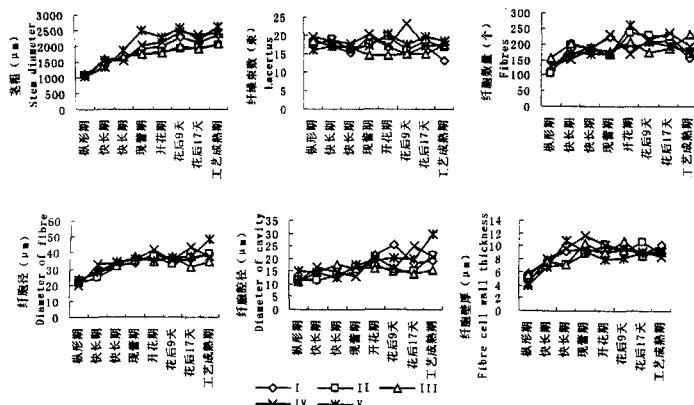


图 3-17 黑亚 14 茎基部解剖性状变化动态 (2004 年)

Fig.3-17 The change of bottom stem anatomical character of Heiya14

由以上变化说明, 晚熟品种黑亚 14 在现蕾期前, 束纤维变化很小, 单纤维却迅速发展, 由于纤维细胞壁的加厚速度小于纤维细胞径向生长速度, 从而出现纤维细胞腔增大的现象。同时还可以看到, 单纤维细胞的径向增粗和纤维细胞壁的加厚过程同步进行。

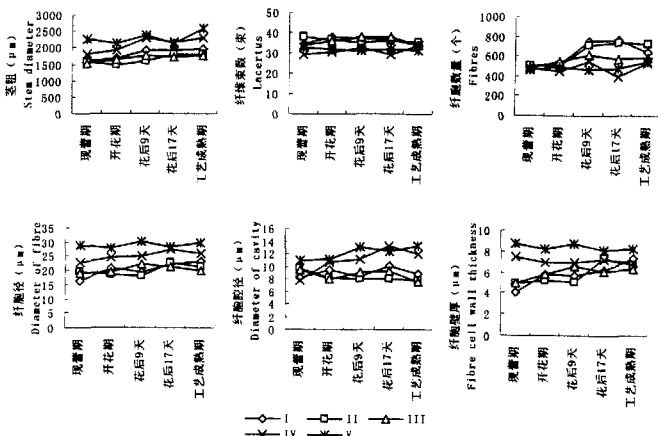


图 3-18 黑亚 14 第 50 片叶处茎解剖性状变化动态 (2004 年)

Fig.3-18 The change of stem anatomical character on 50th internode of Heiya14

在第 50 片叶处, 从现蕾期至花后 9 天, 各播期茎粗均有所增加, 在整个生育期内纤维束数保持不变, 纤维束数在开花期后各播期间变化较大, 具体表现为第 I、II 播期>第 III 播期>第 IV、V 播期, 由现蕾期至花后 17 天期间, 前三个播期的纤维腔径和纤维壁厚明显增加, 尤其是纤维细胞壁的厚度, 增加幅度很大; 而第 IV、V 播期纤维腔径略有增加, 纤维壁厚基本不变; 纤维腔径表现为第 IV、V 播期呈上升趋势, 其它播期变化不大。由此说明, 晚播的亚麻第 50 片叶处处在现蕾期至花后 17 天期间, 虽然纤维细胞还在增大, 但纤维细胞的加厚过程已经基本完成; 而前三个播期则主要进行壁的加厚过程。从茎各解剖性状的大小来比较发现, 第 IV、V 播期与其它三个播期有很大区别, 表现为茎粗最粗、纤维束数和纤维数量最少、纤维腔径、纤维腔径和纤维壁厚最大, 其中第 V 播期在各项解剖性状上都要大于第 IV 播期 (如图 3-18)。

在第 70 片叶处, 茎粗依然表现为 IV、V 播期大于其它播期; 纤维束数保持不变; 纤维腔径略有增加; 对于第 I、II、III 播期来说, 茎粗差别不大, 纤维束数第 III 播期最小, 纤维数量第 I、II 播期最多; 纤维腔径差异不很大, 但第 III 播期>第 II 播期>第 I 播期, 纤维腔径在现蕾期至开花期急剧下降, 之后不再变化, 纤维壁厚在现蕾期至开花期急剧增加, 之后略有上升; 由此说明, 前三个播期在现蕾期至开花期, 主要进行纤维细胞的次生加厚过程, 具体表现为纤维腔径增幅很小, 纤维腔径急剧下降, 纤维壁厚急剧上升。而第 IV、V 播期在纤维数量上依然很少, 纤维腔径大于其它播期, 基本不再变化, 纤维腔径呈快速上升趋势, 纤维壁厚在现蕾期至花后 9 天有所增加, 但增幅较小, 之后基本不变 (如图 3-19)。

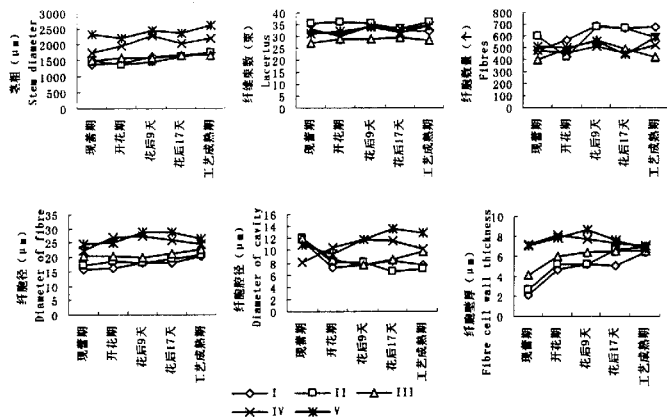


图 3-19 黑亚 14 第 70 片叶位处茎解剖性状变化动态 (2004 年)

Fig.3-19 The change of stem anatomical character on 70th internode of Heiya14

在第 110 片叶处, 第 IV、V 播期茎粗略有增加, 纤维束数和纤维数量在一定范围内波动, 说明其基本不变; 第 IV 播期纤维腔径、纤维腔径和纤维壁厚从开花期至工艺成熟期基本不变, 说明其在开花期之前已经基本完成了纤维的发育过程; 而第 V 播期在开花期至花后 9 天纤维

径增幅较大，之后略有增加，纤维腔径一直保持增加趋势，且增幅很大；纤维壁厚变化不大（如图 3-20）。

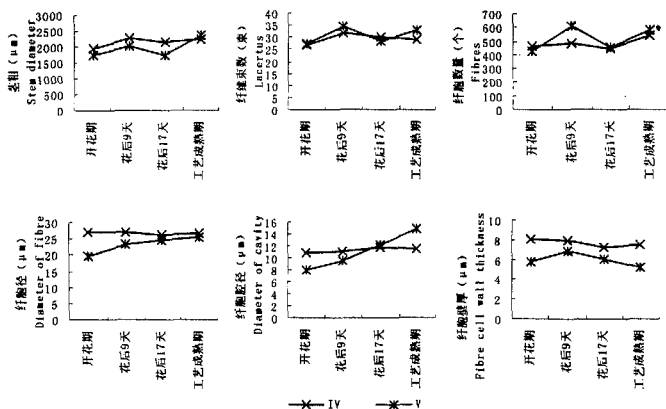


图 3-20 黑亚 14 第 110 片叶位处茎解剖性状变化动态（2004 年）

Fig.3-20 The change of stem anatomical character on 110th internode of Heiya14

综上所述，越晚播种的亚麻其茎粗很粗，但纤维束数和纤维细胞数量很少，纤维细胞很大。

综上所述各时期的比较发现，对于早熟品种 Viking，在同一植株不同叶位间，各播期的茎解剖性状有如下特点：茎径纵向的变化趋势一致，从基部至第 90 片叶处一直是呈下降趋势，各播期茎径大致表现为第 V 播期>第 IV 播期>前三个播期；纤维数量变化呈倒“V”字形，除第 V 播期外，各播期均在第 50 片叶处有最大值，第 V 播期除在现蕾期和花后第 16 天在第 50 片叶处有最大值外，其它时期最大值均在第 70 片叶处，各播期均在基部纤维细胞数量最少，第 50 片叶位左右是早熟品种 Viking 纤维细胞数量最多的茎段；对于过于晚播的亚麻来说，其第 70 片叶位也有较多的纤维细胞束数和数量，由于晚播的亚麻营养生长期较长，推测纤维细胞的发育随营养生长时间的不同有其不同的发育最好茎段，如若延长亚麻的营养生长期，供给其生育期所需的充足营养，其上部茎段处的纤维也会有比较好的发育。不同叶位间，各播期纤维束数均呈倒“V”字形，在第 50 片叶处有最大值，说明第 50 叶位左右茎段纤维束数也最多，播期间表现为，在开花期，第 III 播期多于其它播期，花后 8 天，第 I 播期相对较大，花后 16 天第 II 播期有较大值，工艺成熟期，第 IV 播期纤维束数最多，可见，茎横截面上的纤维束数在不同播期间有一定差异，这种差异归根结底是由于环境条件的变化引起的。纤维腔在现蕾期之后从基部至第 50 片叶处急剧下降，从第 50 片叶处至第 90 片叶处变化平缓，而纤维细胞腔径也表现出同样的趋势，但在现蕾期之前，随着叶位的上升，纤维细胞腔径表现出由小到大的趋势，纤维壁厚表现为由急剧下降最终到达基本与第 50 叶位处持平。由此说明，纤维细胞的发育随叶位依次进行。同时第 50 叶位处拥有最多的纤维束数和

纤维细胞数量, 纤胞径和纤胞壁厚度均不低于其它播期, 虽然晚播的第 IV、V 播期偶尔在第 70 和 90 叶位处也有较高的纤维束数和纤维细胞数量, 但第 50 叶位纤胞各性状只是略小于这两个叶位处的。说明, 第 50 叶位左右茎段是纤维细胞发育的最适节位。

在生育进程中, Viking 固定叶位茎解剖性状表明: 在现蕾期之前, 茎径逐渐增粗, 之后不再变化; 纤维束数一直比较稳定; 茎基部纤维细胞在现蕾期之后不再增大, 纤维细胞壁厚度也基本不再增加, 而从第 50 叶位向上, 纤维细胞的变化在播期间有一定差异, 在第 50 和 70 叶位叶位上, 前三个播期在花后 17 天之后, 纤维细胞不再增大和壁厚度不再增加, 而第 IV、V 播期第 50 叶位在开花期之后, 第 70 叶位在花后 8 天之后, 由此可见, 单个纤维细胞的发育有其独立的阶段, 且不同叶位的纤维细胞的发育互相重叠进行。另外, 从前三个播期与第 IV、V 播期的纤维细胞壁厚度的变化趋势上还发现, 随生育进程的进行, 在现蕾期之后, 各叶位处纤维细胞壁加厚的幅度明显表现为前三个播期大于第 IV、V 播期, 但在工艺成熟期前, 单从纤维细胞壁厚度上比较却表现为第 IV、V 播期大于前三个播期, 由此说明, 晚播的亚麻从纤维细胞形成开始, 壁的加厚过程就迅速进行, 到了生育后期 (现蕾期之后), 纤维细胞的加厚幅度很小; 而前三个播期纤维细胞的加厚过程主要集中在生育后期进行 (现蕾期之后), 到了工艺成熟期, 各播期纤维细胞壁厚度相差不大。

对于晚熟品种黑亚 14 来说, 也表现出与 Viking 相似的规律性, 总体趋势一致, 只是在不同叶位间, 纤维细胞的发育时期稍有不同。

3.1.3 工艺成熟期亚麻不同播期茎中段解剖性状观察

表 3-1 播期试验工艺成熟期茎中部横截面解剖性状比较 (2004 年)

Tab. 3-1 The comparison of stem anatomical character
in technical mature period in sowing date experiment

品种名	播期	茎 径 (μm)	纤维束数 (束)	纤胞数 (个)	纤胞径 (μm)	纤胞腔径 (μm)	纤胞壁厚 (μm)
Viking	I	1737	26	780	21.4	7.2	7.1
	II	1516	33	776	18.7	6.8	6.0
	III	1616	30	758	20.0	8.6	5.7
	IV	1690	28	543	25.1	9.2	8.0
	V	1832	27	554	28.2	12.9	7.7
黑亚 14	I	1942	34	809	20.3	7.6	6.4
	II	2121	37	834	21.3	9.1	6.1
	III	1958	36	585	23.3	9.4	7.0
	IV	2137	32	643	25.7	14.1	5.8
	V	2505	36	440	28.7	14.4	7.1

由表 3-1 可见, 工艺成熟期, 对于早熟品种 Viking, 第 V 播期在茎径、纤胞径、纤胞腔径上都高于其它播期, 其次是第 IV 播期, 而它们的纤胞数量和纤维束数都较少, 前期播种的三个播期纤维数量都高于晚播的播期, 说明晚播的亚麻播期越晚, 其茎粗和纤维细胞越大,

纤胞壁也较厚,但纤维束数和纤胞数量减少,对于正常播种的第 III 播期,除其纤胞壁最薄外,其它性状均位于中间位置。对于早播的亚麻,除其纤维束数较少外,其它解剖性状均较高。

对于晚熟品种黑亚 14 来说,第 IV、V 播期的变化特点与 Viking 第 IV、V 播期的变化特点基本符合,同时前期播种的亚麻纤胞数量很高,但纤胞径、纤胞腔径和纤胞壁厚相对小于晚播的亚麻,这与 Viking 的播期变化特点一致,不同之处在于第 III 播期,晚熟品种黑亚 14 其第 III 播期纤胞数量较少,其它性状几乎位于晚播和早播的亚麻之间。由此看来,无论是早熟品种还是晚熟品种,随着播期的不同,其工艺成熟期茎中段解剖性状有较为一致的特点,即随着播期的进行,茎径逐渐增粗,纤维数量逐渐减少,纤胞径、纤胞腔径逐渐增加(见表 3-1)。

表 3-2 播期试验工艺成熟期茎中部横截面解剖性状多重比较(2004 年)

Tab. 3-2 Multiple comparison of stem anatomical character
in technical mature period in sowing date experiment

品种名	播期	茎径	纤维束数	纤胞数	纤胞径	纤胞腔径	纤胞壁
Viking	I	ab	A	a	c	b	b AB
	II	b	A	a	d	b	c B
	III	ab	A	a	d	b	AB c B
	IV	ab	A	a	b	b	AB a A
	V	a	A	a	a	a	A ab A
黑亚 14	I	c	B	ab	c	b	B ab A
	II	b	B	a	c	b	AB b A
	III	c	B	a	cd	AB	b AB a A
	IV	b	B	a	bc	AB	a AB b A
	V	a	A	a	d	B	a A a A

注: a、b 等小写字母和 A、B 等大写字母分别代表 0.05、0.01 显著水平

由多重比较可以看到,在茎径上,Viking 第 V、IV、III、I 播期间差异不显著,第 I、II、III、IV 播期间差异不显著;纤维束数表现为第 II、III、IV 播期间差异不显著,第 II 与第 I、V 播期间差异显著;纤胞数量上各播期间无显著差异;纤胞径表现为第 V、IV、I 播期间及其与第 II、III 播期间差异显著,第 II、III 播期间差异不显著;纤胞腔径表现为第 V 播期与其它播期间差异显著;纤胞壁厚表现为第 IV、V 播期间差异不显著,第 IV 播期与第 I 播期及第 II、III 播期间差异显著。黑亚 14 表现为第 V 播期茎径最粗,纤维束数无显著差异,第 II 播期纤维细胞数量最多,第 V 播期最少,第 IV、V 播期纤维细胞径和腔径最大,第 I、II、III 播期间纤维细胞径和腔径没有显著差异,第 I、III、V 播期及第 I、II、IV 播期间的纤维细胞壁厚差异不显著,而第 III、V 播期与第 II、IV 播期差异显著(见表 3-2)。

3.1.4 工艺成熟期不同品种亚麻茎中段解剖性状观察

工艺成熟期不同品种亚麻茎中段纤维发育有一定的相似性,但也因品种的不同有所差异,

国内外品种间在茎径、纤维束数、纤维数、纤维径、纤维腔径上差异很大。从总体上看来,双亚号品种之间和黑亚号品种之间在各项解剖性状上有近似性,比较黑亚号品种和双亚号品种发现,黑亚号品种茎各项解剖性状的平均值要高于双亚号品种(见表3-3)。

表 3-3 工艺成熟期不同品种间茎中部横截面解剖性状比较(2004 年)

Tab. 3-3 The comparison of stem anatomical character in technical mature period in cultivars

品种	茎径(μm)	纤维束数 (束)	纤维数 (个)	纤维径 (μm)	纤维腔径 (μm)	纤维壁厚 (μm)
Viking	1468	28	846	18.8	6.3	6.3
Opaline	1553	27	548	22.3	8.1	7.1
Ilona	1953	30	946	21.3	8.0	6.7
Ariane	1826	34	786	19.7	6.8	6.4
双 5	1632	32	790	17.0	6.1	5.4
双 6	1500	32	708	17.3	5.7	5.8
双 7	1590	31	606	19.1	7.1	6.0
双 8	1421	34	678	18.8	6.6	6.1
黑亚 11	1711	33	618	19.3	7.6	5.8
黑亚 12	1737	36	710	18.9	7.1	5.9
黑亚 13	1737	35	733	22.2	8.7	6.8
黑亚 14	1737	37	765	17.3	5.8	5.8

表 3-4 品种间茎中部横截面解剖性状多重比较(2004 年)

Tab.3-4 Multiple comparison of stem anatomical character
in technical mature period in different cultivars

品种	茎径	纤维束数	纤维数	纤维径	纤维腔径	纤维壁厚
Viking	e C	cd BC	ab AB	cd ABC	bc ABC	abc A
Opaline	cde BC	d C	d C	ab AB	a AB	a A
Ilona	a A	bcd ABC	a A	abc ABC	ab ABC	abc A
Ariane	ab AB	ab ABC	abc ABC	abcd ABC	abc ABC	abc A
双 5	bcde ABC	abcd ABC	abc ABC	d C	c C	c A
双 6	de BC	abcd ABC	bcd ABC	cd C	c BC	bc A
双 7	cde BC	abcd ABC	cd BC	abcd ABC	abc ABC	abc A
双 8	e C	ab ABC	bcd ABC	bcd ABC	abc ABC	abc A
黑亚 11	bcd ABC	abc ABC	cd BC	abcd ABC	abc ABC	abc A
黑亚 12	abc ABC	ab AB	bcd ABC	bcd ABC	bc ABC	abc A
黑亚 13	abc ABC	ab ABC	bcd ABC	a A	a A	ab A
黑亚 14	abc ABC	a A	abc ABC	cd BC	c C	bc A

注: a、b 等小写字母和 A、B 等大写字母分别代表 0.05、0.01 显著水平

在茎径上, Ilona、Ariane、黑亚 12、黑亚 13、黑亚 14 较粗, 而 Viking、Opaline、双

5、双6、双7、双8较细；在纤维束数上，表现为Viking、Opaline、Ilona最少，其它品种间差异不显著；在纤胞数量上，Ilona最多，Opaline最少；纤胞径为黑亚13最大，双5最小；纤胞腔径表现为黑亚13最大，双5、双6、黑亚14最小；纤胞壁厚为Opaline最厚，双5最薄（见表3-4）。

3.2 亚麻原茎产量形成分析

3.2.1 不同播期条件下植株生长动态分析

亚麻的原茎产量形成取决于特定环境条件下特定基因型的表达，而叶面积和干物质的动态变化是认识和分析亚麻原茎产量形成的重要指标。

如图3-21所示，不同播期Viking在整个生育期内叶面积变化呈抛物线形状，变化幅度依播期不同有很大差异，表现为第III播期>第II播期>第V播期>第IV播期>第I播期，达到最大叶面积的时间也不相同，第V播期最早，在30天左右达到最大，第II、III、IV播期比第V播期晚10天左右，第I播期最晚，在50天达最大叶面积值，即随播期的不同，叶面积最大值以V>II、III、IV>I的顺序后延。另外，第III播期和第IV播期最大叶面积的持续时间很短，相较于其它播期，表现为刚刚达到叶面积的最大值后，立即以较快的速度降低，尤其是第III播期，在出苗50天之后，叶面积下降幅度很大，表现为早衰现象。

亚麻干物质积累呈“S”形曲线，在最终积累量上表现为第V播期>第III播期>第IV播期>第II播期>第I播期，结合叶面积的变化发现，不同的气象条件下，植株干物质积累量差异显著的原因，主要在于前期营养体光合能力的强弱，第V播期植株生长的前期表现为叶面积的迅速增大，提前于其它播期达到最大的叶面积，且在一定时间段内有所保持。在第V播期的营养生长阶段，有较为充沛的雨量供应和较为适宜的光照等条件，致使其植株高大、茎干粗壮，有利于其根系吸收大量的矿质营养，能够保证地上部的代谢同化作用的充分进行，因此，其生育后期干物质积累量较高。第III播期在后期出现的早衰现象，不利于后期干物质的积累，推测这可能是其干物质积累量小于第V播期的原因之一，第I播期由于在整个生育期内其叶面积较小，前期叶面积的增加比较缓慢，且到达最大叶面积的时间已经到了其生育进程的后期，再加上在器官生长发育的前期，由于较小的叶面积使其长期得不到营养物质的充分供应，此时，又迫于生育期的限制，致使其内部积累的干物质质量较少，这应该是第I播期干物质积累缓慢和快速积累期变短的主要原因（如图3-21）。

表 3-5 Viking 叶面积和干物重回归方程 (2003 年)

Tab.3-5 Regression equation on leaf area and dry matter of Viking

	播期	拟合方程	决定系数	F-Test	显著水平 p
叶面积	I	$Y = -22.9039 + 1.3370 * X - 0.012596 * X * X$	0.883	18.9	0.005
	II	$Y = -25.8629 + 1.8931 * X - 0.021106 * X * X$	0.9008	22.7	0.003
	III	$Y = -30.9187 + 2.3809 * X - 0.027310 * X * X$	0.9289	32.7	0.001
	IV	$Y = -24.6425 + 1.9952 * X - 0.025201 * X * X$	0.8529	14.5	0.008
	V	$Y = -6.2068 + 1.2506 * X - 0.018201 * X * X$	0.7082	7.3	0.02
干物重	I	$Y = 2.1858 / (1 + \exp(9.4723 - 0.206889X))$	0.8431	16.1	0.004
	II	$Y = 3.9034 / (1 + \exp(5.1132 - 0.106263X))$	0.9826	169.1	0.000
	III	$Y = 3.9346 / (1 + \exp(6.2684 - 0.156266X))$	0.9922	379.9	0.000
	IV	$Y = 3.7979 / (1 + \exp(5.0590 - 0.123037X))$	0.8576	18.06	0.003
	V	$Y = 4.5582 / (1 + \exp(4.7654 - 0.129028X))$	0.9217	41.2	0.0001

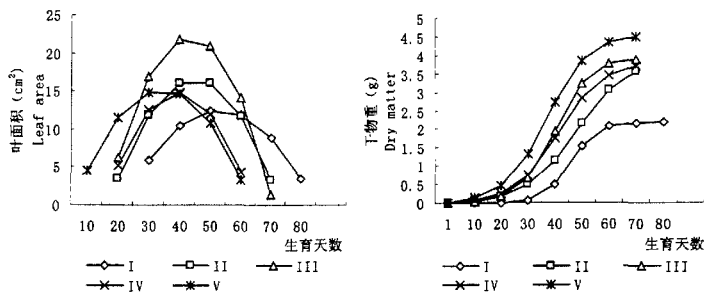


图 3-21 不同播期 Viking 叶面积和干物重回理论变化曲线 (2003 年)

Fig.3-21 Theoretical curve on leaf area and dry matter of Viking in different sowing date

对于晚熟品种黑亚 14, 不同播期之间的差异明显小于早熟品种, 第 V 播期前期的叶面积高于其它播期, 因此其干物质积累较多, 但由于生长后期叶面积的较快下降, 对干物质的积累也有一定的影响, 第 II 播期拥有高于其它播期的最大叶面积, 且后期叶面积减小幅度小于其它播期, 因此干物质积累较多, 第 III 播期在生长前期叶面积稍低于第 IV 播期, 后期稍高于第 IV 播期, 最终的干物质积累较为相似, 第 I 播期由于生育前期叶面积的增加较慢, 最大叶面积的时间较晚, 因此, 尽管在后期叶面积减小幅度小于其它播期, 也不能弥补前期的不足, 干物质积累量还是相对较小。不同播期干物质的积累表现为第 V 播期>第 III 播期>第 IV 播期>第 II 播期>第 I 播期, 这与早熟品种 Viking 的变化一致 (如图 3-22)。

表 3-6 黑亚 14 叶面积和干物重回归方程 (2003 年)

Tab.3-6 Regression equation on leaf area and dry matter of Heiya14

	播期	拟合方程	决定系数	F 值	显著水平
叶面积	I	$Y = -50.1161 + 2.4276 * X - 0.020002 * X * X$	0.6963	9.2	0.009
	II	$Y = -44.5301 + 2.7552 * X - 0.026207 * X * X$	0.8363	17.9	0.002
	III	$Y = -28.8429 + 2.1179 * X - 0.020979 * X * X$	0.8067	14.6	0.003
	IV	$Y = -21.7969 + 1.8486 * X - 0.019512 * X * X$	0.8696	23.4	0.0008
	V	$Y = -22.8409 + 2.0837 * X - 0.022221 * X * X$	0.9075	49.1	0.0000
干物重	I	$Y = 4.7931 / (1 + \exp(7.6873 - 0.135737X))$	0.8827	33.9	0.0001
	II	$Y = 7.5896 / (1 + \exp(6.6132 - 0.118888X))$	0.9625	102.7	0.0000
	III	$Y = 6.2776 / (1 + \exp(4.7926 - 0.085572X))$	0.9343	56.8	0.0000
	IV	$Y = 5.7944 / (1 + \exp(4.9892 - 0.102691X))$	0.9877	320.5	0.0000
	V	$Y = 8.0048 / (1 + \exp(3.8434 - 0.073603X))$	0.9225	65.5	0.0000

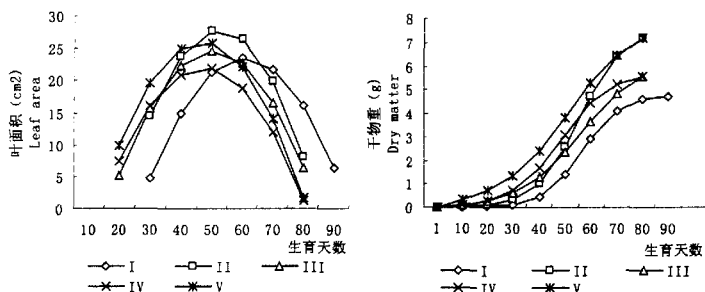


图 3-22 不同播期黑亚 14 叶面积和干物重理论变化曲线 (2003 年)

Fig.3-22 Theoretical curve on leaf area and dry matter of Heiya14 in different sowing date

综可见,对于晚熟品种来说,由于生育时期的延长,生长前期和后期的叶面积对干物质积累的贡献率都较大,但相比较而言,还是前期的影响要大于后期。

2004 年播期试验中, Viking 的各播期叶面积变化和干物质积累与 2003 年有所不同,叶面积的变化明显表现为第 V 播期>第 IV 播期>第 III 播期>第 I 播期>第 II 播期,最终的干物质积累表现为第 V 播期>第 III 播期>第 I、IV 播期>第 II 播期,第 III 播期在生长后期叶面积降低缓慢,维持在相对较高的水平,因此后期的干物质积累较多,第 I、II 播期叶面积变化相似,但第 I 播期前期叶面积要高于第 II 播期,因此,表现为干物质含量高于第 II 播期,第 IV 播期前期叶面积较大,但干物质积累量却较少,这是由于在其生育中期,严重的干旱导致叶面积的急剧下降,并影响到其植株的光合能力,致使干物质的积累量显著降低(如图 3-23)。

表 3-7 Viking 叶面积和干物重回归方程 (2004 年)

Tab.3-7 Regression equation on leaf area and dry matter of Viking

	播期	拟合方程	决定系数	F 值	显著水平
叶面积	I	$Y = -22.4602 + 2.1787 * X - 0.026583 * X * X$	0.9339	21.2	0.02
	II	$Y = -11.6239 + 1.3975 * X - 0.016146 * X * X$	0.7925	11.5	0.009
	III	$Y = -21.2175 + 2.1217 * X - 0.024581 * X * X$	0.9457	34.8	0.003
	IV	$Y = -34.3750 + 3.0252 * X - 0.035843 * X * X$	0.8467	19.3	0.001
	V	$Y = -24.0186 + 3.2359 * X - 0.042653 * X * X$	0.8262	14.3	0.005
干物重	I	$Y = 5.1134 / (1 + \exp(5.7539 - 0.160909X))$	0.9614	62.3	0.0003
	II	$Y = 4.1295 / (1 + \exp(4.9981 - 0.146678X))$	0.9741	131.9	0.0000
	III	$Y = 6.7184 / (1 + \exp(3.6246 - 0.081449X))$	0.8057	14.5	0.003
	IV	$Y = 5.5266 / (1 + \exp(4.1683 - 0.099584X))$	0.9828	228	0.0000
	V	$Y = 6.5385 / (1 + \exp(4.9214 - 0.145636X))$	0.9350	50.4	0.0001

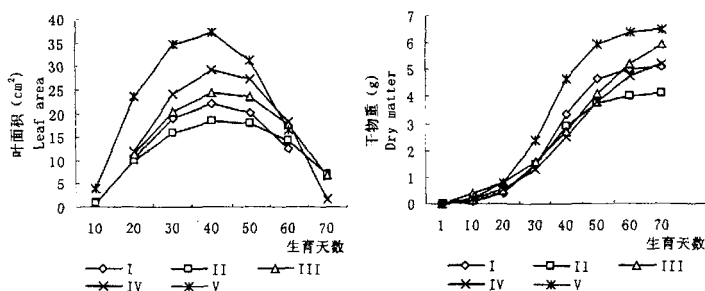


图 3-23 不同播期 Viking 叶面积和干物重理论变化曲线 (2004 年)

Fig.3-23 Theoretical curve on leaf area and dry matter of Viking in different sowing date

2004 年黑亚 14 干物质积累表现为第 V 播期>第 IV 播期>第 I 播期>第 II 播期>第 III 播期, 这是由于 4 月底到 5 月中旬, 有充沛的降雨, 满足了前两个播期幼苗生长所需的条件, 而 5 月下旬到 6 月中旬的干旱对黑亚 14 的第 III 播期影响很大, 其最大叶面积在几个处理中最小, 而且下降迅速, 导致干物质积累最少, 而第 IV、V 播期, 由于播期较晚, 植株正处于旺盛生长阶段, 加上 6 月下旬以后降雨充沛, 而土壤肥力较高, 充足的水分使土壤中的矿质营养元素溶解, 以质流的方式快速转移到根系, 造成植株营养过剩, 植株高大, 茎干软弱, 出现倒伏现象, 导致其后期叶面积下降迅速, 影响到后期的干物质积累和纤维的发育, 在干物质的积累上表现为后期曲线平直, 没有增大的迹象。由此可见, 气象条件对于亚麻的生长发育和产量形成的重要性不容忽视 (如图 3-24)。

表 3-8 黑亚 14 叶面积和干物重回归方程 (2004 年)

Tab.3-8 Regression equation on leaf area and dry matter of Heiya14

	播期	拟合方程	决定系数	F 值	显著水平
叶面积	I	$Y = -30.7193 + 2.3286 * X - 0.019817 * X * X$	0.7494	8.97	0.016
	II	$Y = -38.0238 + 3.0328 * X - 0.030885 * X * X$	0.9619	75.8	0.0001
	III	$Y = -31.8814 + 2.6962 * X - 0.028467 * X * X$	0.9163	38.3	0.0002
	IV	$Y = -39.6266 + 3.4704 * X - 0.032833 * X * X$	0.7758	10.4	0.011
	V	$Y = -39.8183 + 4.0565 * X - 0.042474 * X * X$	0.8987	31.04	0.0003
干物重	I	$Y = 11.3941 / (1 + \exp(4.2950 - 0.082291X))$	0.9865	256.5	0.0000
	II	$Y = 11.1090 / (1 + \exp(3.9537 - 0.069666X))$	0.9943	615.9	0.0000
	III	$Y = 7.1252 / (1 + \exp(4.7760 - 0.103071X))$	0.9709	133.3	0.0000
	IV	$Y = 10.7021 / (1 + \exp(5.5928 - 0.120647X))$	0.9942	602.6	0.0000
	V	$Y = 14.6000 / (1 + \exp(5.4635 - 0.116385X))$	0.9919	490	0.0000

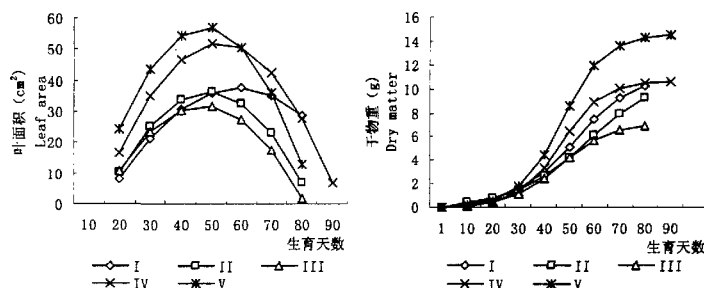


图 3-24 不同播期黑亚 14 叶面积和干物重回理论变化曲线 (2004 年)

Fig.3-24 Theoretical curve on leaf area and dry matter of Heiya14 in different sowing date

综合以上观察可得, 当植株叶面积达到最大之前, 植株同化产物主要供给叶片, 以保证叶片的增大, 当叶面积达到最大值后, 叶片将自身合成的同化产物大量供给正在生长的部位, 用于器官建成。因此, 干物质积累最快速的时期并不是叶面积最大的时期, 而是叶面积达到最大值之后的时期, 且前期叶面积的大小对后期干物质的积累影响很大。

由此可见, 生育前期是提高干物质含量的关键时期, 保证亚麻生育前期适宜的生长条件, 满足其前期营养体的生长需求, 是增加亚麻干物质积累量, 提高亚麻原茎产量的重要条件。

3.2.2 亚麻原茎产量多重比较

亚麻原茎产量是纤维产量形成的基础, 不同的播期条件下, 造成亚麻生育时期内有不同的环境条件, 因此, 原茎产量有所不同。对于早熟品种 Viking, 2003 年和 2004 年的原茎产量差异较大, 在 2003 年, 第 I、II 播期与第 III、IV、V 播期原茎产量达到极显著水平, 而

在 2004 年, 第 I、II 播期与第 III、IV、V 播期差异极显著, 第 II、IV、V 播期间差异极显著, 但两年的原茎产量从数值上看均表现为 $V>IV>III>II>I$ 的变化规律, 由此分析, 对于早熟品种, 播期越晚, 原茎产量越高 (见表 3-9)。

表 3-9 不同播期 Viking 原茎产量多重比较

年份	处理	均值	5%显著水平	1%极显著水平
2003 年	Viking (V)	2906	a	A
	Viking (IV)	2449	a	A
	Viking (III)	2379	a	A
	Viking (II)	1513	b	B
	Viking (I)	1428	b	B
2004 年	Viking (V)	6419	a	A
	Viking (IV)	5146	b	B
	Viking (III)	3793	c	C
	Viking (II)	2673	d	D
	Viking (I)	2304	d	D

对于晚熟品种黑亚 14, 其两年的原茎产量也有不同, 2003 年第 V 播期与第 I、III 播期差异显著, 其中, 第 V 播期与第 I 播期差异极显著, 第 II、III、IV 播期间差异不显著, 第 I、II、III 播期间差异不显著, 第 II、IV、V 播期间差异不显著, 2004 年, 第 II、IV、V 播期与第 I、III 播期差异显著, 其中, 第 IV、V 播期与第 I、III 播期差异极显著, 第 II、IV、V 播期间差异不显著, 这与 2003 年相同, 第 II 播期与第 I、III 播期差异显著, 这与 2003 年有所不同, 主要原因是年际间是由于年际间气象因子和两年的土壤基础肥力的不同引起的, 但从数值上看, 原茎产量的变化很有规律, 两年均表现为 $V>IV>II>III>I$ (见表 3-10)。

表 3-10 不同播期黑亚 14 原茎产量多重比较

年份	处理	均值	5%显著水平	1%极显著水平
2003 年	黑亚 14 (V)	3970	a	A
	黑亚 14 (IV)	3559	ab	AB
	黑亚 14 (II)	3179	abc	AB
	黑亚 14 (III)	2912	bc	AB
	黑亚 14 (I)	2319	c	B
2004 年	黑亚 14 (V)	6824	a	A
	黑亚 14 (IV)	5841	a	A
	黑亚 14 (II)	5518	a	AB
	黑亚 14 (III)	3568	b	B
	黑亚 14 (I)	3568	b	B

从两年试验的原茎产量还可以看出, 早熟品种处理间产量差异较大, 其最高产量是最低

产量的 2 倍以上, 而晚熟品种差异相对较小, 不到 2 倍, 显示其对环境的适应能力较强。

3.3 亚麻纤维产量形成分析

3.3.1 不同播期间纤维含量比较

2004 年, 早熟品种 Viking 纤维含量的多重比较表明, 第 I 与第 II 播期, 第 II 与第 III 播期间差异不显著, 第 I、III、IV、V 播期间差异显著, 其中第 I、II 播期与第 IV、V 播期差异达到极显著水平; 黑亚 14 第 III 播期与第 II、IV、V 播期间差异显著, 第 I、III 播期及第 II、IV、V 播期间差异不显著, 五个播期间的差异均没有达到极显著水平 (见表 3-11)。

表 3-11 不同播期处理下纤维含量的多重比较 (2004 年)

Tab.3-11 Multiple comparison of fibre percent in different sowing date

Viking				黑亚 14			
处理	均值	5%显著水平	1%极显著水平	处理	均值	5%显著水平	1%极显著水平
I	0.278	a	A	III	0.158	a	A
II	0.267	ab	A	I	0.150	ab	A
III	0.240	b	AB	II	0.145	b	A
IV	0.194	c	BC	IV	0.143	b	A
V	0.156	d	C	V	0.140	b	A

由此可见, 播期对早熟品种和晚熟品种纤维含量的影响有很大差异, 对早熟品种的影响较大, 但是, 由于晚熟品种第 IV、V 播期后期出现严重倒伏现象, 影响了花序的发育和种子的形成, 因此, 纤维含量没有明显下降, 这应该是晚熟品种播期间纤维含量差异不显著的原因。

3.3.2 纤维发育与纤维产量关系分析

由表 3-12 可以看到, 在播期试验中, 茎径对 Viking 和黑亚 14 的纤维产量和长麻率的影响均不显著, 但规律一致, 即茎粗越粗, 纤维产量越高, 而长麻率下降; 对于早熟品种 Viking 来说, 茎中部的纤胞数、纤胞束数与纤维产量和长麻率均呈负相关, 而纤胞径、纤胞腔径和纤胞壁厚与纤维产量和长麻率均呈正相关, 其中, 纤胞数与纤维产量呈显著负相关, 由此看来, 对于早熟品种 Viking 来说, 随着气候条件的改善, 纤维产量的提高, 其纤维发育主要表现为细胞个体的发育较好, 纤维细胞增大, 同时, 纤维细胞数量减少, 结构疏松, 导致长麻率下降。但是, 由黑亚 14 的数据发现, 除茎径外, 各项解剖性状对其纤维产量和长麻率的影响均与 Viking 相反, 这可能与早熟品种和晚熟品种的自身特性有关, 也可能与黑亚 14 后期倒伏有关, 因为植株倒伏会引起纤维细胞的特性发生改变, 从而导致纤维产量和品质的降低。在品种试验中, 除纤胞数与纤维产量呈正相关外, 其它各项均与之呈负相关, 而长麻率与茎径、纤胞数、纤维束数呈负相关, 与纤胞径、纤胞腔径和纤胞壁厚呈正相关。由此可见, 亚麻纤维产量和长麻率具有明显的遗传学效应, 随着品种的不同而有很大差异, 同时受环境条件的影响也很大, 在不同的环境条件下, 纤维发育表现为数量遗传学性状, 因此, 要增加

亚麻的纤维产量和长麻率要视其品种类型,采取不同的调控措施。

表 3-12 工艺成熟期茎中部解剖性状与亚麻纤维产量相关分析 (2004 年)

Tab.3-12 Correlation analysis of anatomical character of middle part of stem and fibre yield in technical mature period

	r	茎径	纤维束数	细胞数	细胞径	细胞腔径	纤维壁厚
Viking	纤维产量	0.413	-0.355	-0.879*	0.715	0.676	0.574
	长麻率	-0.090	-0.043	-0.421	0.137	0.082	0.167
黑亚 14	纤维产量	0.074	0.399	0.625	-0.382	-0.245	-0.482
	长麻率	-0.089	0.133	0.757	-0.579	-0.477	-0.434
品种	纤维产量	-0.244	-0.476	0.372	-0.091	-0.012	-0.159
	长麻率	-0.271	-0.496	-0.083	0.331	0.258	0.360

3.3.3 气象条件与亚麻纤维产量形成的关系

植物的遗传性对其性状表达具有决定性的作用,但同时又与环境条件密切相关,环境条件反过来也可以影响遗传基因的表达,因此,加强环境条件对植物性状的影响规律研究,就显得尤为重要。

在亚麻的一生中,纤维产量的形成随着植株的生长而不断的进行,因此,它也是一个连续的动态过程,由于不同的生育时期内气象因子的差异,导致植株在农艺性状和纤维发育、纤维结构等方面有很大的不同,最终导致纤维产量的显著差异,为了详细分析气象因子对亚麻纤维产量形成的影响规律,分别对进行播期试验的 Viking 和黑亚 14 各生育时期内降水(X1)、积温(X2)、日照时数(X3)与其纤维产量进行回归分析。建立相应的回归方程如下(见表 3-13):

表 3-13 Viking 不同生育时期内气象因子与纤维产量的关系 (2004 年)

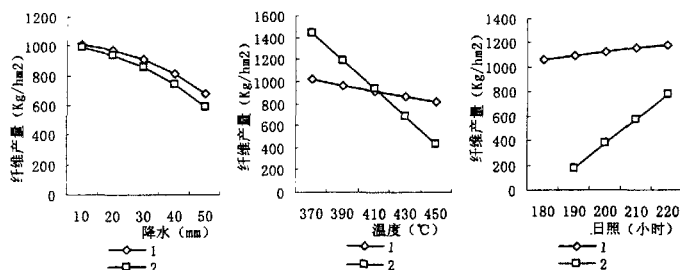
Tab.3-12 The relationship of weather factors and fibre yield in different phases of Viking

生育时期	回归方程	相关系数 R	F- test	显著 水平 P	最高纤维 产量 (kg/hm ²)	降水 (mm)	温度 (℃)	日照时数 (h)
苗期	Y=1003.917-0.1765X1*X1	0.998	93.05	0.076	1393	46.9	374	208
	-0.2438X1*X2+0.5182X1*X3							
快长期	Y=-1033.61-2.629X2+41.52X3	0.9997	529.6	0.03	1689	14	117	146
	-0.1422X3*X3							
现蕾-开花期	Y=1195.536-11.839X3	0.998	137	0.06	1050	113	267	81
	+0.0137X1*X3+0.03186X2*X3							
成熟期	Y=1519.999-13.88X1	0.99786	78	0.08	1446	98	669	167
	+0.03397X1*X2-0.0576X1*X3							

为了分析各个生态因子对纤维产量的影响程度,对回归方程采用降维分析方法,分别在试验范围内在最小和最大值固定其它因子,对另一因子与纤维产量之间作图,观察单一因子

对纤维产量的影响规律。

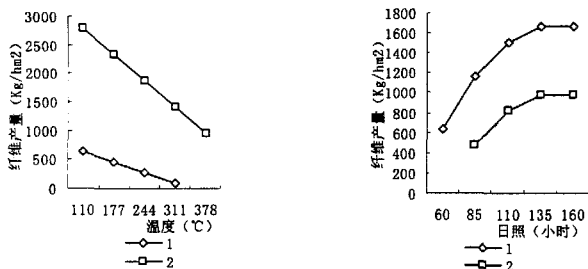
由图 3-25 可以看到, 在苗期一枞形期, 当其它因子处在试验范围内的最小或最大值时, 降水与纤维产量呈二次曲线关系, 即随着降水的增加, 纤维产量逐渐减小; 随着温度的增加, 纤维产量线性减小, 尤其在降水和日照在最大值时, 减小幅度很大; 随着日照的增加, 纤维产量有所上升, 当降水和温度处在试验范围内最大值时, 增加很快。由此可见, Viking 在苗期一枞形期, 对水分和温度的需求不太高, 相对来说, 需要较多的日照时数, 也可以说, 此时期, 日照的延长对后期纤维产量的增加有益。



$$\begin{aligned}
 1: Y &= -0.1765X^2 + 2.33X + 1003.9 & 1: Y &= -2.58Y + 1976.1 & 1: Y &= 5.49X3 + 16.79 \\
 (Y=374.3, X3=180.6) & (X=10.6, X3=180.6) & (X=10.6, Y=374.3) \\
 2: Y &= -0.1765X^2 + 0.49X + 1003.9 & 2: Y &= -12.6Y + 6098.4 & 2: Y &= 26.74X3 - 5005 \\
 (Y=440.3, X3=208.1) & (X=51.6, X3=208.1) & (X=51.6, Y=440.3)
 \end{aligned}$$

图 3-25 Viking 苗期一枞形期气象因子与纤维产量的关系 (2004 年)

Fig.3-25 The relationship of weather factors and fibre yield in shooting—slowly growth phase of Viking



$$\begin{aligned}
 1: Y &= -2.629Y + 943.2 (Y=117) & 1: Y &= -0.1422X3^2 + 41.52X3 - 1341.2 (X3=59.9) \\
 2: Y &= -2.629Y + 1993.7 (X3=150.9) & 2: Y &= -0.1422X3^2 + 41.52X3 - 1900.4 (Y=378.7)
 \end{aligned}$$

图 3-26 Viking 快长期气象因子与纤维产量之间的关系 (2004 年)

Fig.3-26 The relationship of weather factors and fibre yield in quick—growth phase of Viking

到了快长期,随着温度的升高,Viking的纤维产量表现出线性减小,尤其是当日照最小时,纤维产量很小;而随着日照的升高,纤维产量表现出抛物线式增加,到达日照时数为135小时,纤维产量达最大值,以后到160小时也不再增加,可见,对于快长期,较低的积温和适宜的日照时数,有利于后期纤维产量增加(见图3-26)。

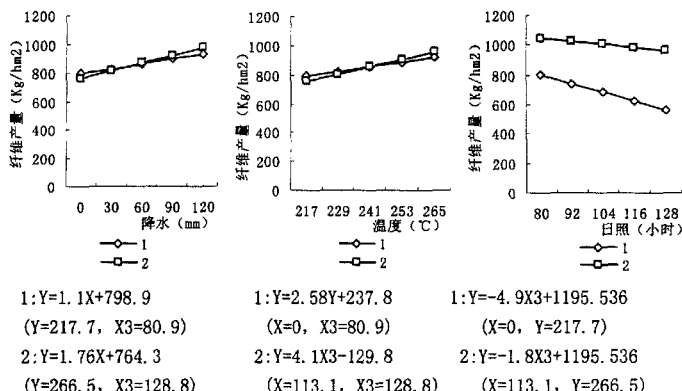


图 3-27 Viking 现蕾—开花期气象因子与纤维产量的关系 (2004 年)

Fig.3-27 The relationship of weather factors and fibre yield in bud phase—blooming phase of Viking

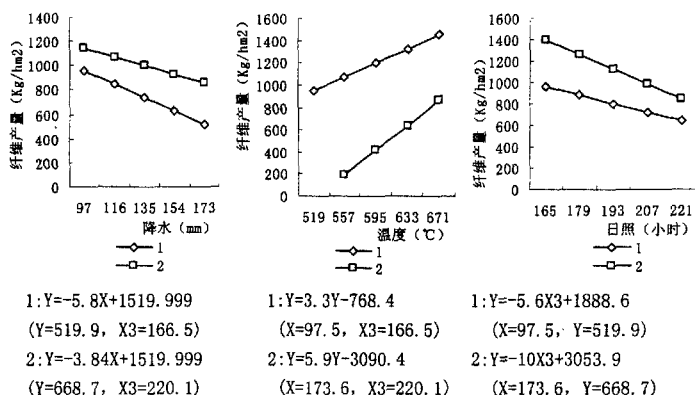


图 3-28 Viking 成熟期气象因子与纤维产量之间的关系 (2004 年)

Fig.3-28 The relationship of weather factors and fibre yield in mature period of Viking
 现蕾开花期,是亚麻一生中最重要的一个时期,此时期将完成由营养生长向生殖生长的

转变,同时涉及干物质的再分配问题。由图 3-27 可以看出,此时期,随着降水和温度的增加,纤维产量均表现为线性增加;只有当降水和温度都处在最大值时,纤维产量随着日照的增加略有减少,在降水和温度都最小时,纤维产量随着日照的增加变化比较平缓。由此时期的回归方程可以看到,在这一时期,各因子的互作效应对纤维产量的形成起着至关重要的作用,其各气象因子的相互协调能够大大地增加纤维的产量,尤其是充足的降水和积温对 Viking 纤维产量的形成很有利。

成熟期,只有温度的升高对纤维产量有利,降水和日照的增加均使纤维产量线性减小,可见,温度对工艺成熟期纤维产量的形成起着关键性的作用(见图 3-28)。

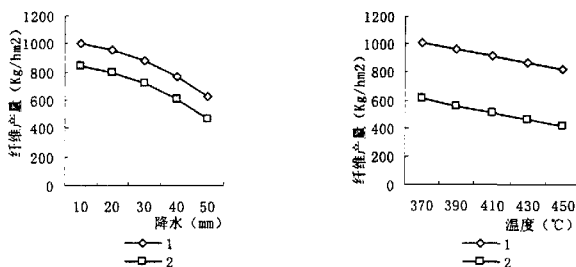
综上所述, Viking 不同生育阶段对气象条件的要求不尽相同,现蕾期之前,对日照时数的要求较为敏感,之后对日照时数的要求减小,对温度的要求升高,在现蕾开花期对降水有较高的要求。从其苗期—工艺成熟期,各气象因子对纤维产量的影响表现为以现蕾开花期为分界点,降水表现为减小(苗期—现蕾期)增加(现蕾开花期)—减小,温度表现为减小—增加(现蕾开花期)—增加,日照表现为增加—减小(现蕾开花期)—减小。

对于晚熟品种黑亚 14,其各生育时期的气象因子与纤维产量之间也符合线性或二次曲线关系(见表 3-14)。对表 3-14 中的方程进行降维分析,可以探讨不同生育阶段单个因子与纤维产量形成的关系。在苗期—现蕾期,降水量与纤维产量之间表现为二次曲线关系,随着降水量的增加,纤维产量呈二次曲线形状减小,而当温度处在试验的最大值时,其纤维产量要小于温度较低时的纤维产量,即温度升高也同时导致纤维产量的降低,可见,在 2004 年,黑亚 14 在苗期—现蕾期时所处的降水量和温度已经多于其所需的最适的量,已经对后期的纤维产量起到了负面的影响(见图 3-29)。

表 3-14 黑亚 14 不同生育时期内气象因子与纤维产量的关系(2004 年)

Tab. 3-14 The relationship of weather factors and fibre yield in different phases of Heiya14

生育时期	回归方程	相关 系数 R	F— test	显著 水平 P	最高纤维 产量 (kg/hm ²)	降水 (mm)	温度 (°C)	日照时数 (h)
苗期—现蕾期	$Y=1918.87-2.4X_2-0.158X_1 \times X_1$	0.9347	6.917	0.126	1003	10.6	374	181
快长期	$Y=-55.26+3.96X_3$ $+0.0019X_2 \times X_2-0.0217X_1 \times X_3$	0.9999	18516	0.005	1654	0.1	630	241
现蕾—开花期	$Y=488.3+3.27X_2$ $-0.078X_3 \times X_3+0.0087X_1 \times X_2$	0.9999	3589	0.01	1179	113	313	90.4
工艺成熟期	$Y=791-0.047X_1 \times X_1$ $+0.016X_1 \times X_2-0.019X_1 \times X_3$	0.9993	243	0.047	1304	104	813	182



$$1: Y = -0.158X^2 + 1020.6 \quad (Y = 374.3)$$

$$1: Y = -2.4Y + 1901.1 \quad (X = 10.6)$$

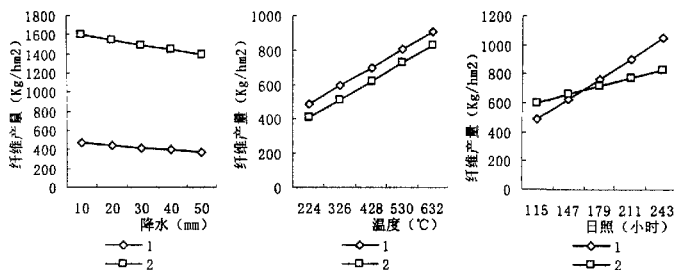
$$2: Y = -0.158X^2 + 862.2 \quad (Y = 440.3)$$

$$2: Y = -2.4Y + 1498.2 \quad (X = 51.6)$$

图 3-29 黑亚 14 苗期—枞形期气象因子与纤维产量的关系 (2004 年)

Fig.3-29 The relationship of weather factors and fibre yield in shooting—slowly growth phase of Heiya14

由图 3-30 发现, 快长期降水对黑亚 14 后期的纤维产量的影响只是略有降低, 影响幅度较小, 而温度的增加则使纤维产量表现出明显的增加趋势, 日照时数的增加在温度和降水量都处于最大值时, 对纤维产量几乎没有太大的影响, 而在温度和降水量都处于最小值时, 明显增加纤维产量, 说明在快长期, 黑亚 14 对各气象因子的量要求较多, 这一时期保证其生长所需的充足的降水、温度和日照对后期纤维产量的形成具有重要意义。



$$1: Y = -2.52X + 499.5$$

$$1: Y = 0.0019Y^2 + 403.5$$

$$1: Y = 3.96X_3 + 40.5$$

$$(Y = 224.5, X_3 = 115.9)$$

$$(X = 0.1, X_3 = 115.9)$$

$$(X = 0.1, Y = 224.5)$$

$$2: Y = -5.24X + 1654.6$$

$$2: Y = 0.0019Y^2 + 27.94$$

$$2: Y = 0.34X_3 + 699.1$$

$$(Y = 630.1, X_3 = 241.3)$$

$$(X = 166.6, X_3 = 241.3)$$

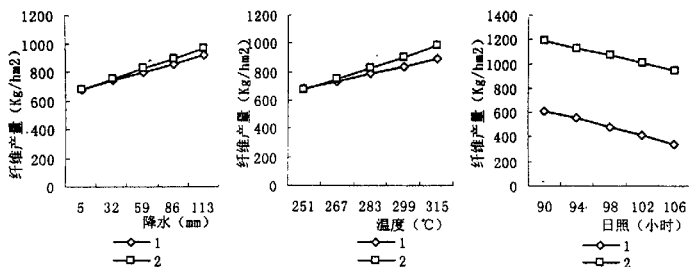
$$(X = 166.6, Y = 630.1)$$

图 3-30 黑亚 14 快长期气象因子与纤维产量之间的关系 (2004 年)

Fig.3-30 The relationship of weather factors and fibre yield in quick—growth phase of Heiya14

到了现蕾开花期, 降水和温度的增加都使纤维产量略有增加, 而日照的增加则使纤维产量呈现出减小的趋势, 由此可见, 2004 年在黑亚 14 现蕾开花期, 日照量已经超过了植株生

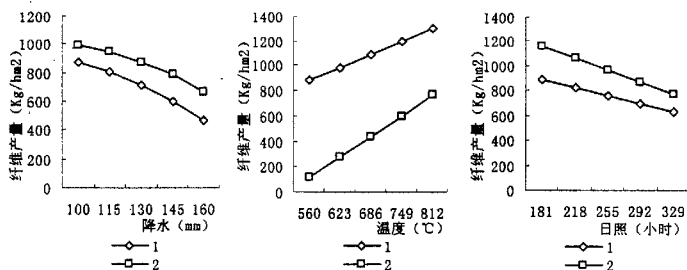
长所需的最适量, 其对黑亚 14 后期的产量形成起到了不利影响 (见图 3-31)。



$$\begin{aligned}
 1: Y &= 2.19X + 672.9 & 1: Y &= 3.3Y - 149.1 & 1: Y &= -0.078X^2 + 1321.1 \\
 (Y &= 251.4, X = 90.4) & (X &= 4.9, X = 90.4) & (X &= 4.9, Y = 251.4) \\
 2: Y &= 2.72X + 643.3 & 2: Y &= 4.25Y - 379.9 & 2: Y &= -0.078X^2 + 1819.4 \\
 (Y &= 312.9, X = 105.5) & (X &= 113.1, X = 105.5) & (X &= 113.1, Y = 312.9)
 \end{aligned}$$

图 3-31 黑亚 14 现蕾—开花期气象因子与纤维产量的关系 (2004 年)

Fig.3-31 The relationship of weather factors and fibre yield in bud phase—blooming phase of Heiya14



$$\begin{aligned}
 1: Y &= -0.047X^2 + 5.52X + 791 & 1: Y &= 1.64Y - 57.6 & 1: Y &= -1.95X^2 + 1216.5 \\
 (Y &= 560.6, X = 181.5) & (X &= 102.6, X = 181.5) & (X &= 102.6, Y = 560.6) \\
 2: Y &= -0.047X^2 + 6.76X + 791 & 2: Y &= 2.5Y - 1377.8 & 2: Y &= -3.0X^2 + 1671.96 \\
 (Y &= 812.9, X = 328.8) & (X &= 158.4, X = 328.8) & (X &= 158.4, Y = 812.9)
 \end{aligned}$$

图 3-32 黑亚 14 成熟期气象因子与纤维产量之间的关系 (2004 年)

Fig.3-32 The relationship of weather factors and fibre yield in mature period of Heiya14

至成熟期, 降水量与纤维产量之间表现为二次曲线关系, 即随着降水量的增加, 纤维产量显著减小, 日照时数的增加也对纤维产量起到了减小的作用, 只有温度的增加对纤维产量的增加起线性增加的作用 (见图 3-32)。

从苗期—工艺成熟期,各气象因子对纤维产量的影响趋势,降水表现为减小—增加(现蕾开花期)—减小,温度表现为减小—增加(快长期)—增加,日照时数表现为增加(快长期)—减小(现蕾开花期)—减小。

综合 Viking 和黑亚 14 各生育期气象因子与纤维产量的关系发现,无论对早熟品种还是对晚熟品种,三个气象因子对二者的纤维产量形成的影响规律一致,即降水表现为减小—增加—减小,温度表现为减小—增加—增加,日照时数为增加—减小—减小,而且,温度和日照在对纤维产量形成的影响上总是呈相反的趋势,单从降水上来看,其对纤维产量均以现蕾开花期为分界点,现蕾开花期前和其后,降水的增加对纤维产量的形成均起阻碍作用,而现蕾开花期则有利于纤维产量的形成,可见,从降水的角度来说,降水的多少是现蕾开花期纤维产量形成的关键气象因素;而对于温度和日照来讲,虽然对两个品种的纤维产量形成的影响趋势相同,但分界点不同,即早熟品种 Viking 以现蕾开花期为分界点,而晚熟品种黑亚 14 则以快长期为分界点。

由此可见,气象因子对纤维产量的影响表现出随生育时期的进行而变化的特点,同时熟期不同的品种间有一定差异。

3.4 亚麻纤维品质形成分析

3.4.1 亚麻纤维结构与纤维品质的关系

亚麻纤维细胞的数量,纤维细胞发育的好坏直接影响到纤维的产量和品质,因此,有必要对纤维细胞的性状与亚麻纤维的产量和品质的关系进行分析。

由表 3-15 可见,对于早熟品种 Viking 来说,茎粗、纤胞径、纤胞腔径与各品质指标均呈正相关,纤胞数呈负相关,纤维束数和纤胞壁厚与纤维各品质指标的关系正好相反,即纤维束数与纤维强度呈正相关,纤胞壁厚与之呈负相关,纤维束数与可挠度、分裂度呈负相关,而纤胞壁厚与之呈正相关,其中,纤胞壁厚与分裂度呈极显著正相关,可见,对于 Viking 来说,提高分裂度的途径主要在于对纤胞壁厚的调控。

表 3-15 工艺成熟期茎中部解剖性状与纤维品质的相关分析(2004 年)

Tab. 3-15 Correlation analysis of anatomical character of middle part of stem and fibre quality in technical mature period

品种	茎径	纤维束数	纤胞数	纤胞径	纤胞腔径	细胞壁厚
Viking	可挠度	0.750	-0.612	-0.479	0.548	0.718
	纤维强度	0.065	0.088	-0.186	0.156	-0.282
	分裂度	0.537	-0.548	-0.777	0.730	0.397
黑亚 14	可挠度	0.504	-0.013	-0.968**	0.861*	0.726
	纤维强度	-0.813*	-0.038	0.682	-0.737	-0.625
	分裂度	-0.659	-0.241	0.538	-0.722	-0.774

对于晚熟品种黑亚 14,其纤胞结构与品质的关系与 Viking 有很大不同,其纤维束数与品质指标呈负相关;纤胞数与可挠度呈极显著负相关,与纤维强度和分裂度呈正相关;其它

性状与三个品质指标的关系极为一致,均表现为与可挠度呈正相关,与强度和分裂度呈负相关,其中,纤维径与可挠度相关达显著水平(见表 3-15)。

由以上结果可得,在不同播期处理中,无论是早熟品种 Viking 还是晚熟品种黑亚 14,纤维各性状与可挠度的关系一致,除去纤维束数,纤维其它结构性状与两个品种的纤维强度和分裂度的作用相反。

通过纤维发育来对纤维品质进行全面的提高有很大困难,因此,有必要对纤维束的分化发育方面进行进一步的研究。从播期的角度看,早熟品种适当晚播,有利于增加茎径,减少纤维数,增大纤维细胞个体的大小,更有利于纤维品质总体改善,而晚熟品种适当早播,可以避免茎秆过于粗大,增加纤维数量,减少纤维细胞个体的大小,特别是避免因倒伏带来的不利影响,有利于纤维品质的总体改善。

3.4.2 亚麻纤维化学组份含量与纤维品质的关系

由表 3-16 可见,在播期试验中,除果胶质外,半纤维素、纤维素、木质素与早熟品种 Viking 的可挠度均呈负相关,果胶质和木质素与纤维强度呈负相关,半纤维素和纤维素与纤维强度呈正相关,各成分对分裂度的影响与对纤维强度的影响正好相反。从晚熟品种黑亚 14 来看,果胶质、纤维素、木质素的增加均不利于可挠度的提高,而果胶质、半纤维素、木质素的增加对纤维强度的提高起促进作用,同时不利于分裂度的提高,纤维素增多不利于纤维强度的提高,而有利于分裂度的提高。

表 3-16 纤维组份含量与纤维品质的相关分析(2004 年)

Tab.3-16 Correlation analysis of fibre ingredients content and fibre quality

品种	品质指标	果胶质	半纤维素	纤维素	木质素
Viking	可挠度	0.036	-0.263	-0.567	-0.567
	纤维强度	-0.457	0.625	0.092	-0.137
	分裂度	0.637	-0.792	-0.353	0.379
黑亚 14	可挠度	-0.153	0.041	-0.057	-0.060
	纤维强度	0.298	0.389	-0.530	0.606
	分裂度	-0.747	-0.172	0.519	-0.309
品种	可挠度	0.544	-0.091	-0.652*	0.539
	纤维强度	0.341	0.108	-0.178	0.142
	分裂度	0.442	0.225	-0.704**	0.573*

不同品种间纤维组份对品质的影响与播期试验不同,果胶质和木质素均与纤维的品质指标呈正相关,纤维素呈负相关,其中,木质素与分裂度呈显著正相关,纤维素与可挠度呈显著负相关,与分裂度呈极显著负相关,半纤维素的增加会减小可挠度同时有利于纤维强度和分裂度的提高(见表 3-16)。

综上所述,纤维组份含量与纤维品质的关系与品种的遗传特性有关,同时受到环境条件的影响很大,但对于某一品种来说,其纤维的各组份含量对纤维强度和分裂度的影响均表现为相反作用,即对提高纤维强度有利时,一定对分裂度的提高不利。另外,半纤维素始终与

纤维强度呈正相关关系，而纤维素与可挠度总是呈负相关，果胶质对早熟品种和晚熟品种的纤维品质的影响相反。

3.4.3 气象条件对纤维化学组分含量的影响

由表 3-17 可见，气象因子对纤维的化学组分含量的影响均没有达到显著水平，同时，各气象因子对早熟品种 Viking 和晚熟品种黑亚 14 化学组分含量的影响也有很大差异。对于 Viking 来说，降水量的增加不利于半纤维素含量的提高，但对其它成分的提高有利，而温度的升高有利于木质素的积累，却对其它成分的积累起不利作用，日照时数的增加不利于果胶质含量和纤维素含量的增加，但有利于半纤维素和木质素含量的提高。对于晚熟品种黑亚 14，降水的增加对果胶质和半纤维素含量的增加不利，对纤维素和木质素有利，温度的提高对半纤维素和纤维素含量起不利作用，日照时数则对纤维素和木质素含量的提高起不利作用。

表 3-17 气象因子与纤维组分含量的相关分析 (2003 年)

Tab.3-17 Correlation analysis of weather factors and fibre ingredients content

品种	化学组分	降水	温度	日照时数
Viking	果胶质	0.31	-0.25	-0.1
	半纤维素	-0.69	-0.57	0.6
	纤维素	0.05	-0.43	-0.34
	木质素	0.28	0.50	0.28
黑亚 14	果胶质	-0.58	0.28	0.67
	半纤维素	-0.65	-0.2	0.45
	纤维素	0.25	-0.57	-0.41
	木质素	0.67	0.71	-0.44

综上所述，气象条件对纤维的化学组分含量的影响规律性不很明显，这可能是由于品种间熟期（包括晚熟品种晚播倒伏）的差异或是脱胶过程的影响等多种原因造成的，因此需要经过长期多次的试验和深入的研究，才能得出准确的结论。

4 讨论

4.1 关于亚麻纤维发育的几个问题

对于亚麻纤维的发育规律问题,前人作了大量的研究工作,早在1953年,Easu就指出,当纤维细胞的初生壁完成其面积的增大以后,开始次生壁的沉积加厚,当顶端的生长还未结束时,中间部分已经完成伸长,开始形成次生壁,纤维细胞壁的加厚并不与纤维的伸长一致,细胞壁要增厚的部分先变薄,在这里相应的细胞腔就增大;Ivanova等于1972年又指出,亚麻纤维的形成在其生长的极早期(直至花芽出现),到开花前完成。纤维细胞的增厚过程,在开花前开始,速度较慢,开花后特别是在接近工艺成熟期,增厚速度加快;曾寒冰于1981年又提出群体条件下,纤维的生长规律,即麻茎的下、中和上部亚麻茎中的纤维依次分化生长,与亚麻的生育期协调一致,在单纤维的生长过程中,其直径随生育进程而增大,这一最大值(下部在现蕾期,中上部在开花期),而后到成熟期略有下降,纤维腔直径逐步下降,纤维壁厚度增加至成熟期最大。在目前,研究者对亚麻纤维发育及栽培因子与亚麻纤维发育之间的关系问题进行了大量的研究(如胡镇修等,1996;关凤芝等,1993、1999;武跃通等,1999;李明等,2000),试图寻找有关亚麻纤维发育及其与环境条件之间关系的客观规律,但鉴于调查的不够详细、全面,缺乏系统性的研究,并没有得出超出前人的建设性的结论。

本试验对不同播期条件下,在黑龙江省具有代表性的早熟品种和晚熟品种不同生育期内的纤维细胞的生长动态作了系统全面的调查和分析,结果表明:

无论是早熟品种Viking还是晚熟品种黑亚14,亚麻束纤维细胞的发育随叶位的依次发生而有顺序的进行,没有明显的阶段划分,各叶位处单纤维细胞的发育互相重叠,具有明显的时间和空间顺序。这与前人提到的纤维细胞的发育与亚麻的生育期一致有所不同。对于纤维细胞壁的加厚过程,各播期间有很大差异,具体表现为:在生育进程中,两品种第I、II、III播期在现蕾期之后的壁加厚速度远大于第IV、V播期,而第IV、V播期的纤维细胞壁厚度要大于前三个播期,由此说明,晚播的第IV、V播期亚麻的壁加厚过程主要在纤维细胞发育的早期;而第I、II、III播期则主要在纤维细胞发育的后期,但当到达工艺成熟期时,各播期纤维细胞壁的厚度虽然具有一定差异,但与之前的时期相比,相差很小,推测纤维细胞壁的厚度和其加厚过程受多基因的共同作用,因而受环境条件的影响很大,至于如何调控及与哪些遗传基因有关则需要进一步的研究。

从纤维解剖性状上还可以看到,基部纤维细胞由于分化较早,纤维细胞径向增大和壁的加厚等过程的进行也较早,在开花期之前,就已经全部完成,因此在开花期之后一直保持稳定,各播期均在茎基部纤维细胞数量最少,纤维细胞很大,纤维细胞腔和壁的厚度也大,但播期间没有明显差异(见图版1、2)。

茎基部的纤维束数在整个生育期都比较稳定,同时在新生叶位处也是如此,推测纤维束数在纤维细胞的分化初期就已经确定下来,因此不会随生育进程的进行而发生变化,而B.Г.Александров于1932年指出纤维束的形成是叶子作用的结果,在叶子很多的条件下能产生大量的纤维束,且它们之间还有许多连结在一起,这一观点有待于进一步的试验来证实。

另外,同一麻株随叶位的上移,茎截面中纤维束数和纤维细胞的数量呈现逐渐增多直至

达到一个最大值之后又变少的趋势变化,即在第 50 片叶位左右表现为纤维细胞束数和数量最多(见图版 3、4),尤其对于早熟品种 Viking,表现非常直观,对于过于晚播的第 IV、V 播期的亚麻来说,其第 70 片叶位或第 90 片叶位左右茎段也有较多的纤维束数和纤维细胞数量,这是由于第 IV、V 播期播种较晚,在生育中后期阶段有较为充沛的降雨和光照等条件,加之土壤肥力较高,因此有充足的营养物质供应,致使第 50 叶位和第 70 叶位左右茎段的纤维细胞发育较好,由此也说明纤维细胞发育受环境条件的影响非常大。

茎径虽然不是纤维细胞的解剖性状,但它与纤维细胞的发育有着密不可分的关系,с.м.Авиrom (1952)、АВзАйцева (1964) 以及其它研究者已经指出在比较粗的茎秆里,次生木质部发育得更强烈,而初皮束和纤维也就更粗大和更粗糙,单纤维的数量在一定范围内随着茎秆粗度的增加而增加,纤维束的数量与茎的粗细没有多大关系。本试验中各叶位处的茎径总体上表现为第 V 播期最粗,其次是第 IV 播期,其它三个播期差异不大。这主要是由于环境条件的差异引起的,第 V 播期的亚麻在其生育期内有优于其它播期的环境条件,对于早播的亚麻,在环境条件得到大大改善之前,就已经进入了生长的后期阶段,仅存的绿色器官虽然能够充分利用良好的环境条件,但也因接近衰老和为数很少而不能为植株的后续生长带来实质性的转变,而晚播的亚麻,在其生长的旺盛阶段,即 6 月下旬—7 月份,有充足的降雨,温度适中,因此,植株生长良好,干物质积累较多,表现为茎秆粗大。

环境条件对纤维发育的影响很大。在本试验中,在全部生育期内可以观察到,早熟品种 Viking 的各项纤维细胞的解剖性状有较为稳定的规律性,而晚熟品种则相对较乱,曲线的波动很大,非常清晰的规律性变化很少,这主要是由于晚熟品种由于生育时期较长,在不同的生育阶段,经历的环境条件差异很大,导致植株为了适应环境条件的变化而调节自身的代谢过程,最终导致不同代谢产物的量有很大差异,可能在某一个时期对于某一同化产物的合成很有利,就会致使纤维细胞积累的这种同化产物较多,造成不同叶位处纤维细胞个体发育的差异很大,因此会表现出曲线比较凌乱的现象。

综上所述,纤维细胞的发育虽然有其本身的遗传特性,但同一品种不同播期间纤维细胞发育的巨大差异说明环境条件的影响不容忽视,从本试验及前人的研究(张福修等,1997)都表明,晚播的亚麻纤维细胞的数量和纤维束数变少,由于纤维细胞的伸长生长是一种与邻近分裂中的细胞协同生长、同时有顶端侵入生长和滑动进入周围细胞的过程,因此,纤维细胞的伸长生长也会导致纤维细胞数量的变化,由此分析,环境条件对晚播亚麻纤维束数和纤维细胞数量的影响最终是影响纤维细胞的分化还是伸长呢?如果说纤维束数在细胞分化时就已经确定下来,那么,就一定影响了纤维束数的分化,由此推测,也影响了纤维细胞数量的分化。

虽然本研究对不同环境条件下纤维细胞的形态学变化作了详细的调查分析,但要进一步揭示纤维细胞的分化发育规律,还需要进行多方面的深入研究,目前,棉纤维形成过程中的一些表达基因已经被克隆出来,但对其是否就是调控纤维形成的基因还没有被证实,纤维细胞的分化发育、纤维细胞壁的次生加厚等过程到底受哪些基因调控,如何调控,形成纤维细胞的大分子物质的聚合和排列又受哪些基因的调控等问题仍不清楚。另外,生长调节物质对纤维细胞的形成有什么样的影响?如何影响?在生理学角度,纤维细胞壁形成的理论依据是酸生长学说,那么,这种生理过程的进行与 C、N 代谢又有什么样的联系?这些问题的解决

需要分子生物学方法与生理生化分析相结合,从纤维细胞的形成过程和组成成分入手,对纤维组分的代谢途径及纤维细胞形成和发育的不同进程中哪些基因大量表达、哪些代谢产物显著增多或减少,尤其是糖含量的变化等情况进行深入的分析。

4.2 关于亚麻纤维产量形成

植物在生长发育的过程中,通过吸收和同化作用将摄入体内的各种元素转化为对有机体形态建成和生长发育有用的次生代谢物质,从而完成其生活史,其中对人类有利用价值部分的量就是通常所说的产量。对于不同作物来说,其产量的形成是不同的。

亚麻纤维产量的形成主要取决于原茎产量和纤维所占的比例,而原茎产量的形成归根结底是干物质的积累过程,干物质的积累又与叶面积的大小密不可分,纤维细胞的发育则与代谢关系紧密,对于植物来说,其一生中要不断的与外界进行物质和能量的交换,即代谢作用,外界环境的改变会引起植物体内代谢活动的变化,从而导致代谢产物的含量变化,因此,环境条件对纤维产量的形成也就起着至关重要的作用。

本试验从原茎产量形成和纤维发育部分对纤维产量的形成作了细致的调查研究。

对于原茎产量的形成,从叶面积和干物质积累的动态变化上看,叶面积变化呈抛物线形,这与徐丽珍等(1993, 1998)的研究一致,但不同播期不同熟期其达到最大值的时间不同,持续时间也不一致。例如:早熟品种 Viking 在 2003 年第 V 播期达到最大叶面积的时间最早,在第 30 天左右,且持续时间较其它播期长,第 II、III、IV 播期比第 V 播期晚 10 天左右,第 III 播期虽然有高于第 V 播期的叶面积,但其叶面积最大值持续时间较短,第 I 播期最晚,在第 50—60 天有较为稳定的叶面积值,即随播期的不同,叶面积最大值以 V>II、III、IV>I 的顺序后延;其干物质变化呈“S”形曲线,在最终积累量上表现为第 V 播期>第 III 播期>第 IV 播期>第 II 播期>第 I 播期,而 2004 年 Viking 叶面积的变化明显表现为第 V 播期>第 IV 播期>第 III 播期>第 I 播期>第 II 播期,最终的干物质积累表现为第 V 播期>第 III 播期>第 I、IV 播期>第 II 播期,即同一品种年际间的变化也不一致,晚熟品种黑亚 14 表现出同样的不规则变化;同时,无论是早熟品种还是晚熟品种其干物质的积累总是在叶面积达到最大值之后才显著增加。

可见,生育前期叶面积的大小和达到最大值的时间及较大叶面积的持续时间是后期干物质积累的关键,保证亚麻生育前期适宜的生长条件,满足其前期营养体的生长需求,是提高亚麻干物质含量,也就是提高亚麻原茎产量的重要条件。同一品种不同年际间叶面积和干物质的变化不同也说明环境条件对亚麻生长具有很大的影响。前人研究指出,出麻率对纤维产量形成起到重要作用(李明, 1996),本研究发现,随着播期的推迟,原茎产量呈上升趋势,但是与此同时,其纤维含量呈下降趋势,这在早熟品种中表现十分明显,而晚熟品种由于晚播倒伏,其纤维含量波动较小,但长麻率明显下降。

播期对原茎产量的影响表现为规律性的变化。因为从数值上看,同一品种,不同播期间原茎产量年际间变化趋势一致,即对于早熟品种 Viking 来说,连续两年原茎产量的变化趋势都为第 V 播期>第 IV 播期>第 III 播期>第 II 播期>第 I 播期,而晚熟品种黑亚 14 为第 V 播期>第 IV 播期>第 II 播期>第 III 播期>第 I 播期。从差异显著性上来看,对早熟品种 Viking,第 V、IV、III 播期>第 I、II 播期,而晚熟品种黑亚 14 为第 V、IV、II 播期>第 I、III 播期,

但第 II、III、IV 播期间和第 I、II、III 播期间差异不显著。而且，两年间无论是早熟品种还是晚熟品种，在干物质积累上都表现为第 V 播期最大，即在原茎产量上表现为第 V 播期最大，这是因为晚播的亚麻具有适于生长的良好气象条件，即雨量、温度和光照均能满足其生长发育的要求，因此，植株自身的生理生化作用得以充分进行。

由于气象条件的差异引起亚麻年产量波动很大，研究者也对气象因子与原茎产量形成之间的关系问题作了一些研究，徐丽珍、周以贤（1992）针对黑龙江省兰西县多年的气象条件与亚麻的原茎产量之间作了比较详细的分析，认为气象条件是影响亚麻产量形成的主要因素，降雨、温度、日照等气象因素在亚麻各生育时期的分配及其对产量的影响很大，降雨量与亚麻产量呈不显著正相关（ $r=0.3259$ ），随降雨量的增多产量也随之增加，亚麻原茎的产量直接依赖于生长初期和中期的降水，从 5 月中旬—7 月中旬，每亩增加 1.0 毫米的降雨量，每亩可增加原茎产量 0.13—1.002 公斤，7 月中旬直至黄熟期，如果发生降水，起到的作用恰好相反，使亚麻减产，此期每增加 1.0 毫米的降水最多每亩可减产 0.45 公斤。亚麻全生育期积温多，生育中期日照较少，水分充足，气温偏低，是亚麻增产的主要影响因子。

倪禄（1981）也结合黑龙江省自然降水规律亚麻一生需水特点为：从出苗—抽穗期末，对水分需求很小，从快速生长期到开花期，对水分需求极为敏感。日平均温度高（尤其是对早期发育阶段）、长日照、光强度高及降雨量多（尤其对后期生长）对洋麻植株生长有利，提高纤维产量，但这些条件有的是相互矛盾的（Garcia A.C.; Asico P.M., 1964）。气象条件对纤维含量的影响很大，在水分不能保证时，纤维含量少，麻茎号数不高，改善水分状况后，株高和纤维含量都有所增加，原茎号数几乎提高一倍（Bapueba A.A. 等，1979）。

本研究就气象条件对亚麻纤维产量的影响方面进行细致的分析发现，无论对早熟品种还是对晚熟品种，在试验范围内，三个气象因子降水、温度和日照时数对二者的纤维产量形成的影响规律一致，即降水表现为减小—增加—减小，温度表现为减小—增加—增加，日照时数为增加—减小—减小，而且，温度和日照在对纤维产量形成的影响上总是呈相反的趋势，单从降水上来看，其对纤维产量均以现蕾开花期为分界点，现蕾开花期前和其后降水的增加对纤维产量的形成均起阻碍作用，而现蕾开花期则有利于纤维产量的形成，可见，此时，降水的多少是现蕾开花期纤维产量形成的关键气象因素，这与倪禄的观点有所不同，这是因为快长初期亚麻对降水的需求较小，而在现蕾期或是快长后期才对水分需求增多的缘故；对于温度和日照来讲，虽然对两个品种的纤维产量形成的影响趋势相同，但分界点不同，即早熟品种 Viking 以现蕾开花期为分界点，而晚熟品种黑亚 14 则以快长期为分界点。

另外，除快长期外，品种间相同的生育阶段表现出极大的相似性，因为当其它条件处在试验范围内时，分析单一因素对纤维产量的影响发现：无论是早熟品种 Viking 还是晚熟品种黑亚 14，除在快长期气象因子对纤维产量的影响不一致外，其它生育阶段，气象因子对纤维产量的影响趋势均一致。早熟品种 Viking 在快长期，随着温度的升高，纤维产量表现出线性减小，而随着日照的升高，纤维产量表现出抛物线式增加，到达日照时数为 135 小时，纤维产量达到最高，之后比较稳定，不再增加；晚熟品种黑亚 14，降水对成熟期的纤维产量的影响幅度较小，而温度的增加则使纤维产量表现出明显的增加趋势，日照时数的增加在温度和降水量都处于最小值时，对纤维产量几乎没有太大的影响，而在温度和降水量都处于最大值时，明显增加纤维产量。

由此可见,气象因子对纤维产量的影响表现出随生育时期的进行而变化的特点,同时品种熟期不同有一定差异。从两年结果看,根据黑龙江省气候特点,早熟品种应适当晚播,而晚熟品种要适当早播才能获得较好的产量和品质。近几年由于气候的影响,黑龙江省中部老麻区萎缩,亚麻产区“北移”,其中一个重要原因就是大量种植适应性较差的国外品种,同时,没有调整相应的播种时间,导致连年减产,影响了企业和农户的经济效益,使亚麻生产出现巨大波动。

在纤维产量形成方面,本研究针对环境条件与纤维产量形成的关系问题作了细致的分析,至于纤维产量形成的生理机制问题,如干物质的合成、转运、分配、积累以及同化物的代谢途径等问题还需要进一步研究。

4.3 关于亚麻纤维品质形成

关于纤维品质,陈国平等(1996)指出,棉纤维品质性状受遗传控制,其品质能否达到或保持遗传上的潜在限度,则由环境条件决定,即纤维组含量与纤维品质的关系与品种的遗传特性有关,同时受到环境条件的影响很大。同一品种的亚麻在单纤维壁厚和纤维强度之间表现出稳定的相关性,已经查明,可挠度决定于纤维的化学成分(с.м.Авиром, 1952; М.Т.Трашенко, 1963),也决定于纤维的长度、粗细和形状,可挠度较高的纤维它的单纤维比较长,比较细且形状像个多面体,横切面是圆形的、粗大的纤维的可挠度降低(А.Р.罗卡士, 1980),无论是本国还是外国的亚麻品种韧皮部纤维束呈不大的椭圆形或正切滑轮形与边缘平滑、没有棱角的纤维束比较起来纤维质量比较好,在茎的横切面为比较整齐的多边形且外接圆直径不大的亚麻纤维比单纤维为厚壁的、内部透孔很小的亚麻纤维质量更好一些(李宗道, 1980)。根据纤维结构进行分级,品质好的纤维束外形较一致,很少不规则,多数呈辐射延长,有些是方形或长方形,而且很少相互连结(Maiti R. K., 1979),但本试验表明:纤维各性状对纤维品质的影响规律比较明显,即对纤维强度与可挠度、分裂度之间的关系问题总是表现出矛盾的一面,也就是说,通过纤维发育来对纤维品质进行全面的提高有很大困难。

Н.А.Орджни(1962)认为由纯纤维素形成的韧皮纤维束构成的纤维有很好的柔软性。本试验中,纤维组含量与纤维品质的关系与品种的遗传特性有关,同时受到环境条件的影响很大,但对于某一品种来说,其纤维的各组分含量对纤维强度和分裂度的影响均表现为相反作用,即对提高纤维强度有利时,一定对分裂度的提高不利。另外,半纤维素始终与纤维强度呈正相关关系,而纤维素与可挠度总是呈负相关,果胶质对早熟品种和晚熟品种的纤维品质的影响相反。

亚麻的纤维品质形成规律十分复杂,它既受到基因型的决定,又受到环境条件、栽培措施的影响,还受到脱胶过程和成熟度等的影响,这是亚麻作物不同于其它粮食作物、经济作物的一个重要原因。Easson(1996)指出,脱胶是生产优质亚麻纤维的关键环节。在本试验中,气象条件对纤维的化学组分含量的影响规律性不很明显,这可能是由于品种间的差异或是脱胶过程的影响等多种原因造成的,因此需要经过长期多次的试验和深入的研究,才能得出准确的结论。

5 结论

5.1 亚麻植株茎上纤维细胞的发育有其各自独立的阶段，其发育随叶片的依次发生而有序的进行，具有明显的时间和空间顺序，同时，不同叶位间的单个纤维细胞发育阶段互相重叠。

5.2 纤维束数在纤维细胞的分化初期就已经确定下来，因此不会随生育进程的进行而发生变化。同一麻株随叶位的上移，纤维束数和纤维细胞的数量呈现逐渐增多直至达到一个最大值之后又变少的趋势变化。

5.3 纤维细胞壁的厚度及加厚过程受多基因的共同作用，属于数量性状，因而受气象条件的影响很大。除基部叶位外，其它叶位处，第 IV、V 播期纤维细胞壁的加厚过程主要在纤维细胞发育的前期（现蕾期之前）；而第 I、II、III 播期则主要在纤维细胞发育的后期（现蕾期之后）。

5.4 晚播的第 IV、V 播期在纤维束数和纤维细胞的数量上要少于前三个播期，在纤维细胞径和纤维细胞腔径上大于前三个播期。各播期均是茎基部纤维细胞数量最少，纤维细胞最大，纤维细胞腔和壁的厚度也大，但播期间没有明显差异。

5.5 保证亚麻生育前期适宜的生长条件，满足其营养体的生长需求，是增加亚麻干物质积累量，也就是提高亚麻原茎产量的重要条件。

5.6 气象因子对原茎产量的影响表现为规律性的变化。同一品种，不同播期间原茎产量连续两年变化趋势一致，具体表现为，对早熟品种 Viking，第 V、IV、III 播期>第 I、II 播期，而晚熟品种黑亚 14 为第 V、IV、II 播期>第 I、III 播期，但第 II、III、IV 播期间和第 I、II、III 播期间差异不显著。而且，两年间无论是早熟品种还是晚熟品种，在干物质积累量上都表现为第 V 播期最大，即在原茎产量上表现为第 V 播期最高。

5.7 亚麻不同生育阶段对气象条件的要求不同，品种间相同的生育阶段表现出极大的相似性，无论是早熟品种 Viking 还是晚熟品种黑亚 14，除快长期外，气象因子对纤维产量的影响趋势均一致。

5.8 对于某一品种来说，其纤维的各组分含量对纤维强度和分裂度的影响均表现为相反作用，即对提高纤维强度有利时，一定对分裂度的提高不利。另外，半纤维素含量始终与纤维强度呈正相关关系，而纤维素含量与可挠度总是呈负相关，果胶质含量对早熟品种和晚熟品种的纤维品质的影响相反。

5.9 纤维细胞各解剖性状与纤维强度、可挠度、分裂度之间的关系总是表现出矛盾的一面，也就是说，当纤维的某一解剖性状表现为对纤维强度的提高有利时，一定对可挠度或分裂度的提高不利。

5.10 经过两年的试验，综合考虑亚麻的产量和品质情况，在黑龙江省要保持适当比例面积的国内品种以减少产量的波动，早熟高纤品种可以适当晚播，而晚熟品种一定要适当早播。

致 谢

从这本文论起笔然后经过反复推敲到最终完成，我的心中一直充满着沉甸甸的感动，这里面包含着导师三年来对我的关心、指导和培养，凝聚着导师的智慧和辛勤的汗水，展现了导师对科学事业孜孜不倦、严谨求实的工作精神，也透射着导师对待生活对待事物的宽厚平和、虚怀若谷的品德，所有这些都是我学习的榜样，也将激励我在今后的学习或工作中不断进取。三年研究生学习期间，在导师的指导下，无论是我的理论水平还是实践技能，都有了质的飞跃。在生活中，导师给予了我无微不至的关怀和帮助。在此论文即将完成之际，我向我的导师致以最衷心的感谢和最真挚的敬意。

感谢研究生部马凤鸣教授和各位老师以及作物栽培学与耕作学学科各位老师在过去三年对我的培养、鼓励、关心和帮助。

感谢我的师兄付兴，师姐孙羽，师弟贾新禹、于琳以及 2000 级邢天秋、吴贵城，2001 级杜社玲等同学给予我的帮助与支持。

感谢我的家人多年来对我无私的奉献、理解、支持和鼓励。

最后对所有曾帮助过我的人表示最衷心的感谢和最真诚的祝福。

参考文献

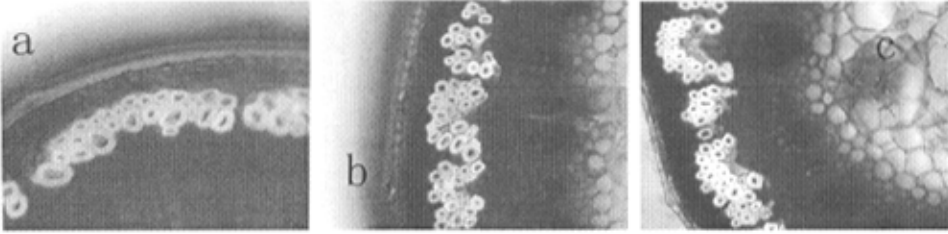
1. 蔡连军, 1997 年, 亚麻短纤维化学处理后可纺性分析, 黑龙江纺织, 4: 6-7
2. 陈国平, 沈新莲, 周宝良, 顾立美, 陈松, 黄俊麒, 阮锡根, 1996, 高强纤维棉花种质系的纤维品质初探, 江苏农业科学, 第 1 期, 25-27
3. 陈良兵, 李永起, 2004. 棉花纤维发育的分子研究进展, 分子植物育种, 第 2 卷, 第 1 期, 105-111
4. 关凤芝, 徐丽珍, 王玉富, 刘燕, 1996, 主要栽培因子对亚麻纤维发育规律的影响初探, 黑龙江农业科学, 第 6 期, 9-12
5. 郭雅琳, 赵明, 黄故, 林福海, 2001 年, 亚麻纤维的结构性能对染色性能的影响, 大连轻工业学院学报, 20 (1): 67-69
6. 郭雅琳, 赵玉萍, 林福海, 2002 年, 亚麻的化学组成和微观结构对染色性能的影响, 化学通报, 6: 407-410
7. 胡镇修, 潘昌立, 孙焕良, 冷鹃, 1996 年, 播种期对南方春季亚麻生长发育的影响, 中国麻作, 18 (4): 18-20
8. 贾宵云, 武月通, 刘富强, 1995 年, 亚麻植株干物质积累及株高增长规律, 内蒙古农业科技, 4: 12-13
9. 贾宵云, 武月通, 燕铃, 乌日根, 石金莲, 1999 年, 不同生态因子对亚麻韧皮纤维发育及品质的影响, 内蒙古农业科技, 08, NO. 4
10. 江洁, 刘晓兰, 郑喜群, 1997, 化学助剂在亚麻脱胶工艺中的应用, 齐齐哈尔轻工业学院学报, 13 (3)
11. 李彩凤, 李明, 王克荣, 1997, 提高纤维亚麻产量和品质的途径, 中国麻作, 19 (4): 19-21, 12
12. 李彩凤, 李明, 王克荣, 1998, 钾对亚麻纤维产量和品质影响机理初探, 东北农业大学学报, 29 (1): 21-26
13. 李明, 1996 年, 亚麻原茎及纤维产量与不同生育期氮、磷、钾吸收量的相关分析, 中国麻作, 18 (2): 37-39
14. 李明, 陈克农, 2000 年, 高纤亚麻品种茎的解剖构造特点
15. 李明, 李彩凤, 刘月辉, 杨学, 张振福, 1996 年, 4 个新引进亚麻品种的农艺性状分析, 种子, 第 6 期
16. 李明, 王克荣, 1996 年, 亚麻韧皮纤维生长发育阶段划分的探讨, 中国麻作, 18 (1): 29
17. 李学鹏, 田玉杰, 李振伟, 阴玉华, 李秋芝, 1994, 纤维用亚麻品种资源的生育期与生长动态和经济性状研究, 中国麻作, 16 (2): 8-10
18. 李学鹏, 田玉杰, 李振伟, 阴玉华, 李秋芝, 1994 年, 纤维用亚麻品种资源来源与经济性状的研究, 中国麻作, 16 (3): 6-8

19. 李学鹏, 田玉杰, 阴玉华, 李秋芝, 关向军, 1995 年, 纤维用亚麻优良品种资源的筛选, 中国麻作, 17 (2): 16-18
20. 李宗道编著, 1980 年, 麻作的理论与技术, 第 1 版, 上海科学技术出版社
21. 刘晓兰, 江洁, 郑喜群, 1998, 亚麻酶法脱胶工艺的研究, 齐齐哈尔大学学报, 14 (2)
22. 刘晓兰, 郑喜群, 江洁, 王秀香, 周春霞, 2001, 亚麻脱胶新工艺的初步研究, 微生物学杂志, 第 21 卷第 3 期
23. 刘秀晖, 苏碧桃, 秦淑琪, 1997, 高分子表面活性剂对亚麻化学脱胶的影响, 西北师范大学学报, 33 (4)
24. 龙德树, 杨传强, 曾宪庆, 谢林, 1999 年 6 月, 亚麻和胡麻纤维的性能研究, 纺织学报, 136-139
25. 路颖, 张福修, 王玉富, 关凤芝, 王殿奎, 乔广军, 刘燕, 杨学, 1997, 不同亚麻品种纤维质量对比试验总结, 中国麻作, 19 (3): 30-31, 33
26. 倪禄, 1981, 亚麻适期播种可提高产量和品质, 中国麻作, 第 1 期, 47-48
27. 聂征, 陈甫堂, 林春腾, 1986, 亚麻十个农艺性状的相对遗传进度、相关分析和通径分析, 中国油料, 第 1 期
28. 潘庭慧, 张振福, 李殿一, 刘宝东, 徐丽珍, 周以贤, 1997, 亚麻高产栽培措施的研究, 中国麻作, 19 (2): 29-32
29. 潘庭慧, 张振福, 李殿一, 徐丽珍, 周以贤, 1996, 亚麻纤维产量构成因素的分析, 中国麻作, 18 (3): 29-31
30. 潘庭慧, 张振福, 李殿一, 周以贤, 1996, 亚麻干物质积累与氮磷钾吸收分配的研究, 中国麻作, 18 (1): 34-36
31. 任志华, 于永玲, 2002 年, 影响亚麻纤维弹性的因素及其提高方法, 大连轻工业学院学报, 21 (3): 228-231
32. 阮锡根, 江泽慧, 陶灵虎, 2001 年, 用结晶学的观点研究纤维植物细胞壁的结构及形成机理, 东北林业大学学报, 29 (2)
33. 史加强, 1999, 亚麻纤维理化性能对染色机理的影响, 纺织学报, 21 (1)
34. 宋宪友, 2000, 提高雨露沤麻品质技术的研究, 中国麻作, 第 22 卷第 2 期
35. 孙焕良, 祁秀明, 1994, 苧麻韧皮纤维发育规律研究, 中国麻作, 16 (3): 13-16
36. 孙焕良, 赵立宁, 傅仓生, 郝宏京, 1997, 苧麻韧皮纤维细胞超微结构研究, 中国麻作, 19 (1): 4-6
37. 王立群, 关凤芝, 张福修, 赵德宝, 徐丽珍, 宋宪友, 果瑞平, 1994, 亚麻微生物脱胶技术的研究, 东北农业大学学报, 25 (2): 182-185
38. 王卫华, 洪华, 吴运, 1998 年, 苧麻纤维与亚麻单纤维平均直径的比较, 现代商检科技, 8 (3): 33-34
39. 王学东, 崔琳, 胡宝忠, 1998 年, 不同品种亚麻纤维发育特点的研究, 东北农业大学学报, 29 (3): 311.313
40. 王学东, 李明, 刘秀梅, 2000 年, 不同品种亚麻叶片表面结构的扫描电镜观察, 中国麻作, 22 (2): 4-5, 22

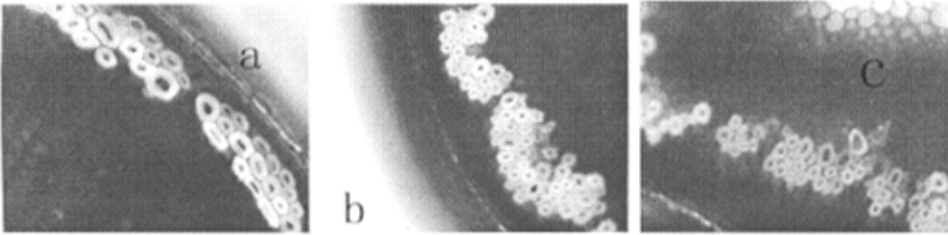
41. 吴昌斌, 孙洪涛, 苑志辉, 宋淑敏, 徐艳芹, 1997 年, 亚麻韧皮部的化学组成及果胶的结构, 中国麻作, 19 (3): 38-40, 45
42. 吴广文, 2002, 亚麻鲜茎雨露沤制技术的初步研究, 中国麻业, 第 24 卷第 2 期
43. 武月通, 贾育云, 1999 年, 亚麻韧皮纤维的形成与相关因子研究, 内蒙古农业科技, 10, NO. 5
44. 夏尊民, 1997 年, 我国纤维用亚麻病虫害研究现状, 中国麻作, 19 (1): 36-37
45. 徐丽珍, 1998, 高产纤维用亚麻生育规律的研究, 中国麻作, 20 (3): 22-24
46. 徐丽珍, 1998, 亚麻的生长特性、光合特性及光合特性与原茎产量的关系, 中国麻作, 第 20 卷第 2 期
47. 徐丽珍, 周以贤, 1992, 气象因素对亚麻产量的影响, 中国麻作, (4): 22-25
48. 徐丽珍, 周以贤, 张福修, 关凤芝, 赵德宝, 宋宪友, 1993, 纤维亚麻亩产 350 公斤原茎产量结构与生理参数初探, 中国麻作, (2): 27-29, 34
49. 杨佑明, 徐楚年, 2003, 棉纤维发育的分子生理机制, 植物学通报, 20 (1): 1-9
50. 曾寒冰, 1981 年, 亚麻, 作物栽培学 (孙凤舞主编), 东北农学院教材
51. 张福修, 关凤芝, 路颖, 王殿奎, 王玉富, 乔广军, 刘燕, 1997 年, 改进栽培技术提高亚麻纤维品质, 黑龙江农业科技, NO. 1
52. 周瑞阳, 1992, 苧麻茎形与产量及纤维细度关系的初步研究, 中国麻作, (3): 22-27
53. 庄馥萃, 2001 年, 植物纤维和纤维植物, 生物学通报, 36 (11): 16-18
54. A. P. 罗卡士主编, 1975 年, 亚麻栽培, 第 1 版, 卫德林译
55. K. Easu 著, 1973 年, 植物解剖学, 李正理译, 第 1 版, 上海人民出版社
56. A. C. Garcia, P. M. Asico, 1964, Philippine J. Agr. 26, No1-2, 79-91
57. Akin. DE, Morrison III. WH, Rigsby. LL, Evans. JD, Foulk. JA., 2003, Influence of Water Pre-soak on Enzyme-retting of Flax, Industrial Crops and Products, 17(3)pp. 149-159
58. Aloni R., 1987, Differentiation of vascular tissues, Annu Rev Plant Physiol, 38: 179~204
59. Barley, C. 2002, Analysis of the Flax Fibres Tensile Behaviour and Analysis of the Tensile Stiffness Increase, Applied Science and Manufacturing 33A (7) p. 939-48
60. D. Lindsay Easson and Roisin Molloy, 1996, Retting — a Key Process in the Production of High Value Fibre from Flax, Outlook on Agriculture, Vol. 25, No. 4, 235-242
61. Easson, D. L and Long, F. N. J., 1992, Pre-harvest retting of flax with glyphosate. In: sharma, H. S. S. and Van Sumere, C. F. (eds), The Biology and Processing of Flax.
62. Easson, D. L. and Molloy, R., 1995, A review of developments in the storage and retting of flax, Agricultural Research Institute of Northern Ireland 68th Annual Report, 1994-1995, pp. 42-49
63. Harvey, B. M. R. Spence, L. Crothers, S. H. Oct, 1985, Pre-harvest retting of flax with glyphosate: effect of growth stage at application on uptake, translocation and efficacy of glyphosate. Annals of Applied Biology. [London : Association of

- Applied Biologists] v. 107 (2) p. 263-270
64. Ivanova, 1972, Stem anatomy in different cultivar of fibre flax, Field crop abstract. 6042
65. Kozlowski, R. 1992, Retting of flax in Poland. In: Sharma, H. S. S. and Van Sumere, C. F. (eds), The Biology and Processing of Flax. M P publications, Belfast, pp. 251-259
66. Long, F. N. J. 1995, Alternative Flax Production Systems, Progress Report, Department of Agriculture for Northern Ireland, Belfast.
67. Nancy G. Dengler, 2001, Regulating Of Vascular Deveopment . J Plant Growth Regul 20:1-13
68. R. K. Maiti, 1979, Economic Botany, 33No. 1, 79-87
69. Roni Aloni , 2001, Foliar and Axial Aspects of Vascular Differentiation: Hypotheses and Evidence, J Plant Growth Regul 20:22-34
70. WH Morrison III, DE Akin, DS Himmelsbach and GR Gamble, 1999, Chemical, microscopic, and instrumental analysis of graded flax fibre and yarn, Journal of Science of Food and Agriculture, 79:3-10
71. Yong-Bi Fu, Gordon G. Rowland , Scott D. Duguid, and Ken W. Richard, 2003, Plant Genetic Resources, Crop Science , 43:1510-1515

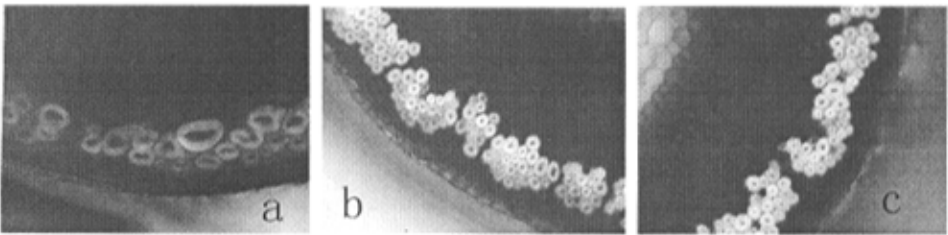
图 版



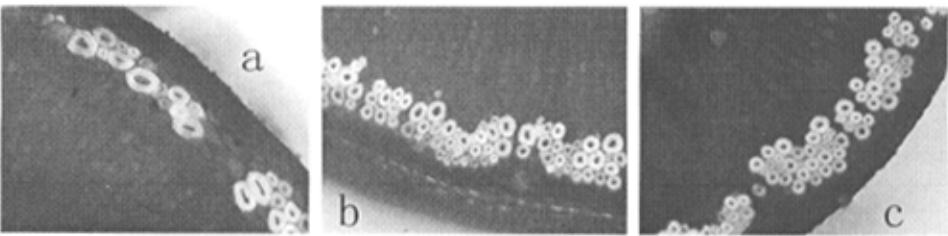
第 I 播期 (a-c)



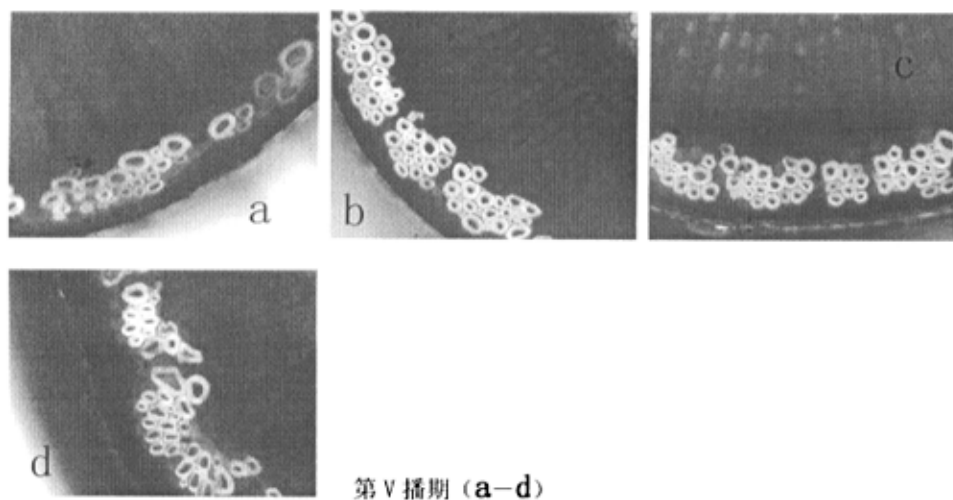
第 II 播期 (a-c)



第 III 播期 (a-c)



第 IV 播期 (a-c)

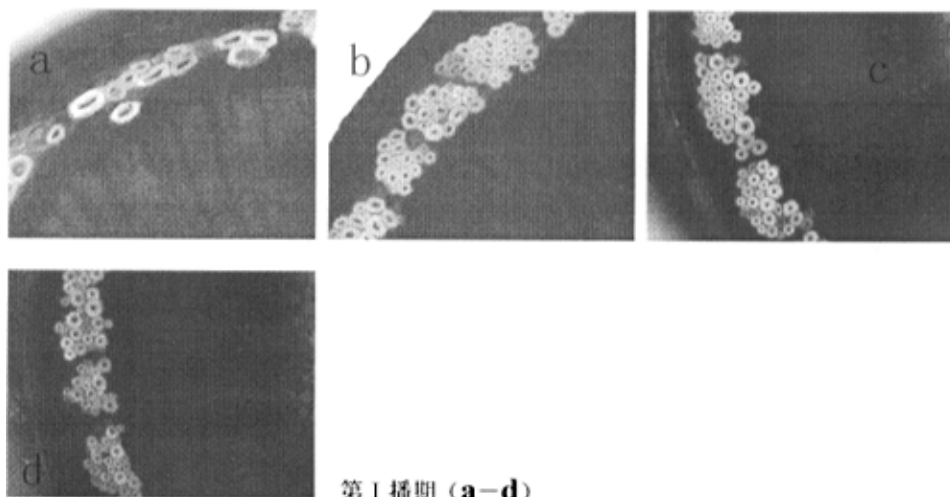


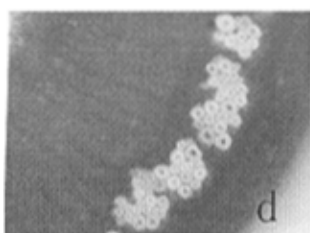
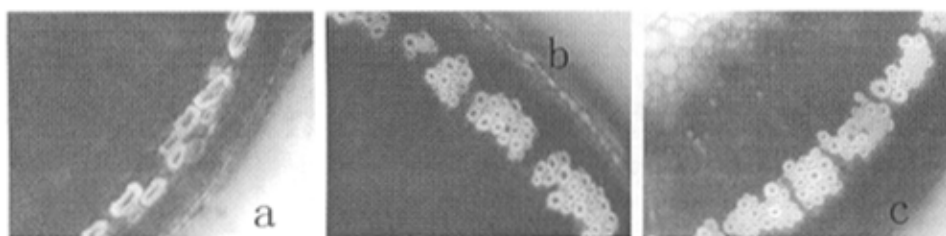
图版 1 2004 年不同播期 Viking 工艺成熟期不同叶位间茎横截面显微照片

a: 基部叶位 b: 第 50 叶位 c: 第 70 叶位 d: 第 90 叶位

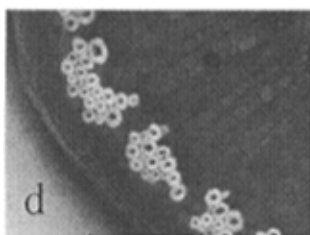
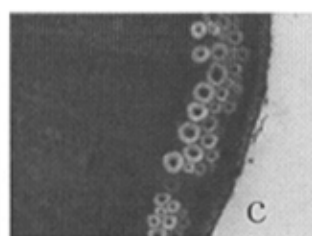
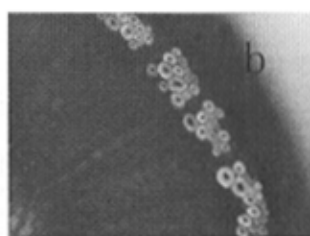
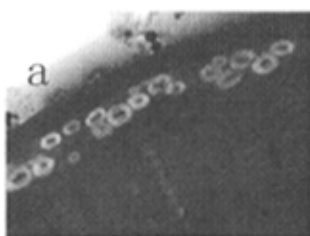
Plate1 Microphotos on stem cross section of Viking in technical mature period in different leaf places in 2004

a: bottom leaf places b: the No. 50th leaf places c: the No. 70th leaf places
d: the No. 90th leaf places

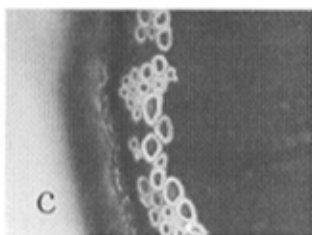
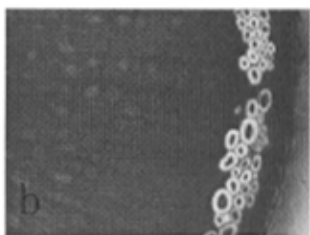
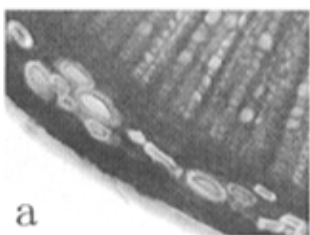


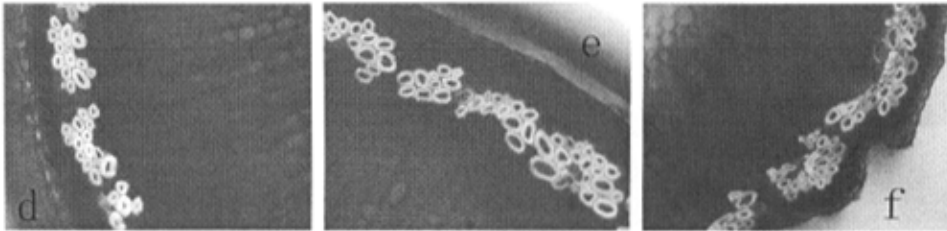


第 II 播期 (a-d)

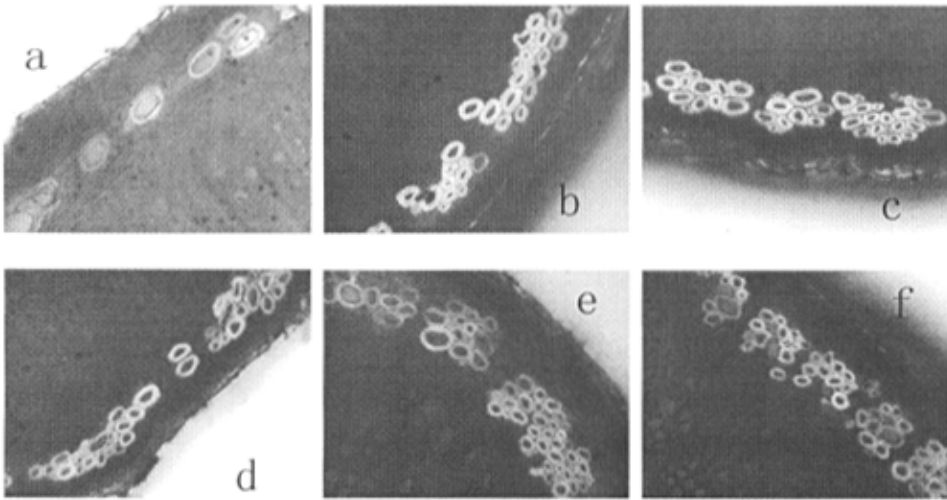


第 III 播期 (a-d)





第 IV 播期 (a—f)

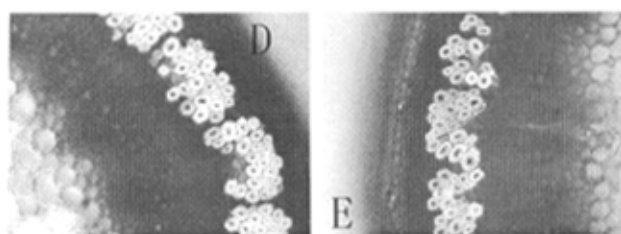
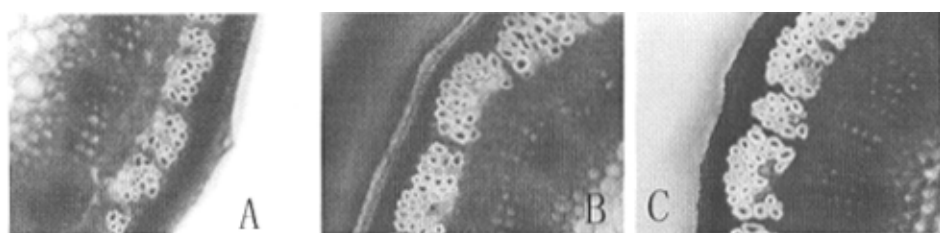


第 V 播期 (a—f)

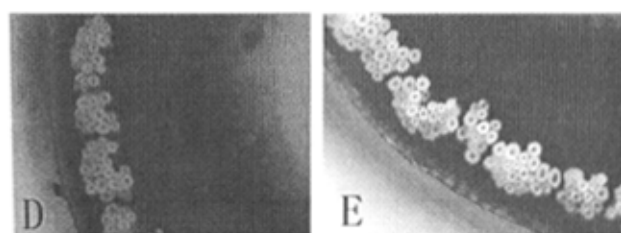
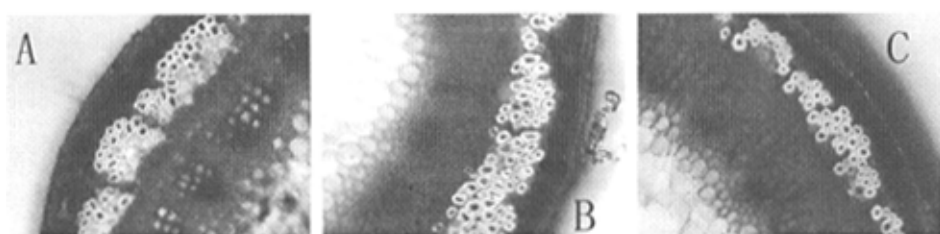
图版 2 2004 年不同播期黑亚 14 不同叶位间茎横截面显微照片

a: 基部叶位 b: 第 50 叶位 c: 第 70 叶位 d: 第 90 叶位 e: 第 110 叶位 f: 第 130 叶位
Plate2 Microphotos on stem cross section of Heiyl4 in technical mature period in different leaf places in 2004

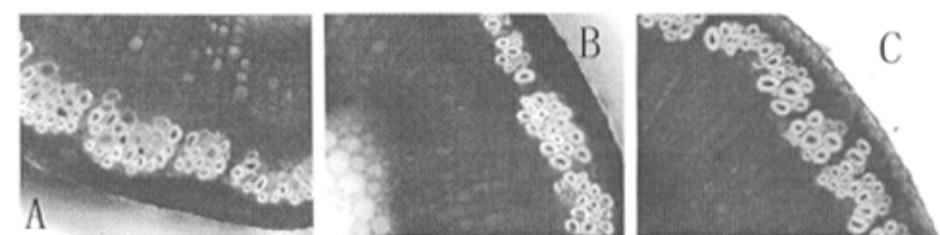
a: bottom leaf places b: the No. 50th leaf places c: the No. 70th leaf places
d: the No. 90th leaf places e: the No. 110th leaf places f: the No. 130th leaf places

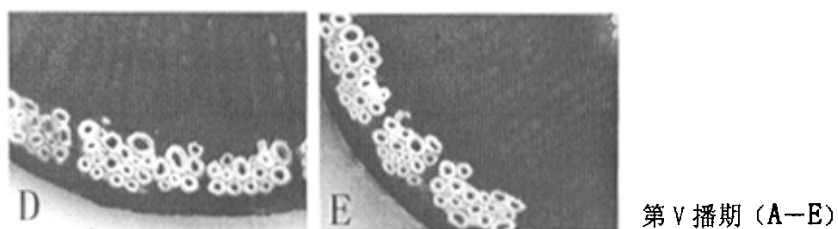


第 I 播期 (A-E)



第 III 播期 (A-E)





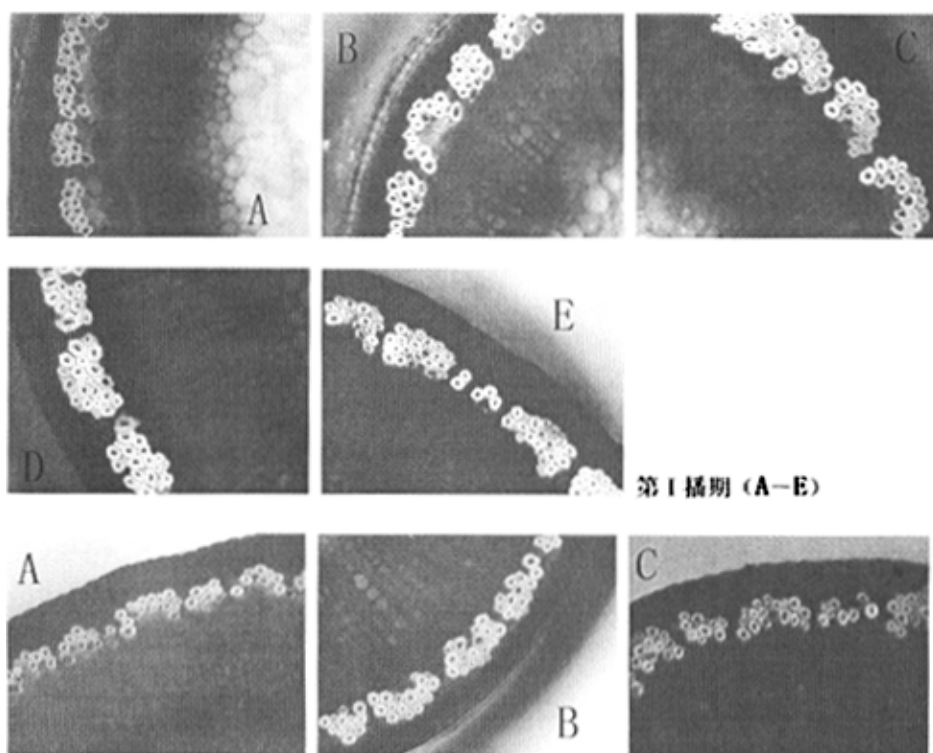
图版 3 2004 年 Viking 不同播期第 50 叶位不同生育时期茎横截面显微照片

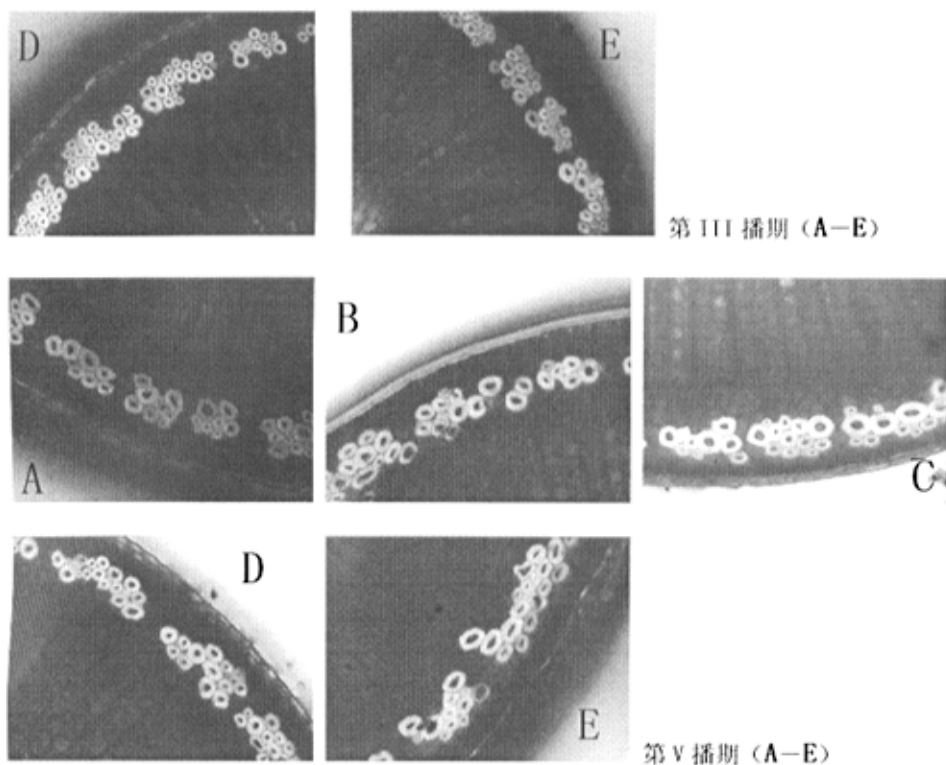
A:现蕾期 B: 开花期 C:花后 8 天 D:花后 16 天 E:工艺成熟期

Plate3 Microphotos of the No.50th leaf place on stem cross section of Viking in different growth stages in 2004

A:visible bud phase B: blooming phase C:the No.8th day after blooming phase

D: the No.16th day after blooming phase E:technical mature phase





图版 4 2004 年黑亚 14 不同播期第 50 叶位不同生育时期茎横截面显微照片

A:现蕾期 B: 开花期 C:花后 9 天 D:花后 17 天 E:工艺成熟期

Plate4 Microphotos of the No. 50th leaf place on stem cross section of Heiyal4 in different growth stages in 2004

A:visible bud phase B: blooming phase C:the No.9th day after blooming phase

D: the No.17th day after blooming phase E:technical mature phase

攻读硕士学位期间发表的学术论文

1. 李冬梅, 李明, 付兴, 贾新禹, 于琳, 黑龙江省亚麻化控栽培技术体系的研究, 中国麻业, 2005 年第 3 期
2. 付兴, 李明, 李冬梅, 孙羽, 亚麻纤维特点与产量品质关系研究进展, 中国麻业, 2004 年第 2 期