

南方红壤区冬季亚麻开花期生长发育特性研究

摘 要

从干物质积累、生理特性、营养动态、开花习性、种子发育等方面,研究南方红壤区冬季亚麻开花期的生长发育特征,主要结果如下:

1. 南方红壤区冬季亚麻开花期是亚麻经济产量积累的高峰期,茎高、茎粗、茎重的增长量分别占其总量的 46.25%、24.10%和 63.40%,而亚麻根系和叶片重量呈现出由低到高再逐渐降低的变化趋势,分别于初花期、开花期达最大值,随后因根系发脆断裂,叶片衰老脱落等呈现出负增长。

2. 南方红壤区冬季亚麻开花期氮、磷、钾素营养代谢旺盛,茎秆 N、 P_2O_5 、 K_2O 积累量逐渐增加,根系和叶片中 N、 P_2O_5 、 K_2O 积累量呈低→高→低的变化趋势。亚麻 N、 P_2O_5 、 K_2O 的积累量、积累强度均以茎秆最大,叶片次之,根系最小,其积累量之比为 1:5.12:2.44、1:6.86:4.75 和 1:14.06:2.40。

3. 南方红壤区冬季亚麻开花期间的根系氧化力、活性吸收面积、叶绿素含量的变化幅度不大,叶绿素 a 含量占叶绿素总量的 75.0%以上。纤维束数、单束细胞数、纤维结节数已基本稳定,纤维细胞总数的增长有赖于纤维细胞的侵入生长。亚麻盛花期韧皮纤维细胞发育成熟。

4. 南方红壤区冬季亚麻 3 月下旬开始现蕾,3 月底或 4 月初见花,4 月 10 日前后初花(开花株率 10%以上),20 日左右达开花期(开花株率 50%以上),4 月底达盛花期(开花株率 80%以上),5 月初终花(开花株率 95%以上)。

5. 南方红壤区冬季亚麻单株蒴果数量、蒴果重量、千粒重与含油率随生长发育的推进而不断增加,开花后的前 20 天内增长较快,以后明显变缓,至亚麻盛花期顶蕾的种子发育成熟。

【关键词】 南方红壤区, 冬季亚麻, 干物质积累, 生理特性, 营养特性, 种子发育.

Studies on the growth and developing characteristics of flax sowing in winter in red soil regions of southern china

Abstract

1. The stem heights ,the stem diameters and the stem weights respectively account for 46.25%,24.10% and 63.40% of all during the blooming stage, which is the peak period of the accumulation of the flax economic yield and the key period of bloom and seed , of flax sowing in winter in red soil regions of south china. That is different obviously between the winter flax of south china and the flax of north china. The weights of the root and leaf present the low-high-low variations and get the highest level at first bloom stage and bloom stage, then decreases as the result of the aged plant, the root fracture and leaf senescence. The growing characteristics are basically the same as the north china.

2. At the beginning the bloom, metabolizing N, P, K are rich, and the collection of N, P₂O₅, K₂O is very considerable. In the later period of bloom, P₂O₅, N, K₂O in the stem are still increasing continually while decreasing in root. Compared with the content, the collection and its intensity of N、P₂O₅、K₂O among roots, stems and leaves, stems always take the first place. Then leaves, which followed by roots, the rations are 1:5.12:2.44, 1:6.86:4.75, 1:14.06:2.40.

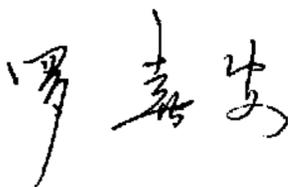
3. the variation of root oxidized ability, active absorbing area, chlorophyll content is not obvious, and the content of chlorophyll is above the 75% of the whole content. The bands of fiber cells, the number of cells per bands, lodges of fiber cells get a stability, and the increase of the number of fiber cells dependents on the invasion of fiber cells. The fiber diameter increases quickly to a steady state in the beginning of bloom in the later bloom period, the cellwalls of fiber cells become thick, in the later April, flax phloem fiber cells mature.

4. the variation of the number of the capsule seeds, seed setting percent is not obvious. Capsules per a plant、bud weights、weights per 1000 seeds and oil ration increase with the procedure of growth, 20 days before the bloom is the rapidest period, then slower down until the blooming stage when the seeds matured. The differentiation of flax buds at the shoots is pretty late; and high temperature may influence it badly. It can lead to the unfertilized anther and the death of bud capsule per plants is always very low.

【 Key Words 】 red soil regions of south china; the winter flax; dry matter accumulation; nutritional characteristics; blooming regularity; seed developing;

独创性声明

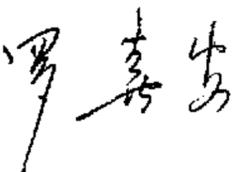
本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得湖南农业大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

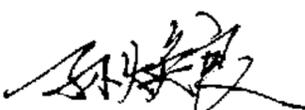
研究生签名：  时间： 2003 年 12 月 1 日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解湖南农业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意湖南农业大学可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名：  时间： 2003 年 12 月 1 日

导师签名：  时间： 2003 年 12 月 10 日

南方红壤区冬季亚麻开花期生长发育特性研究

1 前 言

亚麻(*Linum usitatissimum* L.)为亚麻科(*Linaceae*)亚麻属(*Linum*)的一年生草本纤维作物,它是当今世界的三大纤维作物之一,也是世界五大油料作物之一,目前主要分布在 48~55°N 的高纬度地区。我国北方亚麻引种栽培始于 20 世纪初,现已形成以黑龙江为中心的集原料生产、脱胶制纤、纺织加工、内外贸易、科学研究于一体的亚麻产业化体系,亚麻纤维及其制品已成为我国出口创汇的重要纺织品之一。由于亚麻纺织的产出投入比高,江苏常熟、浙江舟山、安徽铜陵、江西瑞昌、广东深圳、湖南岳阳等地先后新建或由苧麻、棉花纺织厂改建成一批亚麻纺织厂,使我国成为继俄罗斯之后的世界第二大亚麻纺织大国。我国北方亚麻生产长期处于“三低二难”(即单产低、品质差、效益低,种麻难、卖麻更难)的困境,亚麻原料缺口在 50%以上^[1~3],而南方亚麻原料全部依赖进口,严重地影响了我国亚麻产业的持续高效发展。

有鉴于此,孙焕良等从 1995 开始,进行了亚麻南移冬种研究并获得成功,南方冬季亚麻原茎产量、长麻率、梳成率、纤维强力分别达到 5000kg/hm²、18%、50%和 25kg 左右^[4~5],虽略低于西欧亚麻(6000kg/hm²、20%、60%和 26kg),但明显高于我国北方亚麻(3000kg/hm²、15%、38%和 15~16kg)^[6~7]。亚麻大幅度南移冬种的成功,突破了“南方低纬度地区不能种植亚麻,黑龙江是我国唯一的亚麻适宜产区”^[8]的理论禁锢,为南方省区农业产业结构调整与冬季农业开发闯出了一条新路。1998 年以来,湖南省祁阳县、安乡县、建新农场与云南西畴县、文山县等地已累计推广冬季亚麻 7.5×10⁵hm²,并在亚麻集中产地建成了一批与之配套的小型亚麻纤维加工厂,实现了南方冬季亚麻的规模化种植、脱胶制纤、纺织加工的系列化开发,使亚麻由局限于东北、华北与西北地区的区域性作物,一跃成为继棉花、红麻、苧麻之后的又一种全国性纤维作物。

生产实践证明,我国南方冬季亚麻的产业化开发,具有东北地区无可比拟的土

地资源、产量品质、脱胶制纤、梳纺贸易优势，有利于进一步优化农业产业结构，推动冬季农业开发，促进农民增产增收和农村经济的发展；有利于促进乡镇亚麻脱胶制纤工业的发展，可吸纳大量农村剩余劳力，促进农村经济发展和社会稳定；有利于南方纺织工业结构的调整，培育新的经济增长点，减少我国亚麻原料进口，并最终完全替代进口，提高亚麻行业的整体效益^[9]。然而，起步迟、基础差、规模小的南方亚麻产业，要在国内外激烈的市场竞争中立于不败之地，成为继苧麻之后的又一特色支柱产业，尚有一些重大的理论与技术问题亟待解决，突出表现在南方冬季亚麻存在着结实率较低，种子充实度不够，生活力不强等问题，每年须从黑龙江省调种，亚麻生产成本、特别是种子成本高，没有生产主动权。要进一步促进我国南方冬季亚麻生产的发展，在不断提高纤维产量与品质的同时，必须提高亚麻种子产量与质量，实现南方亚麻的就地留种。

本项目拟在现有的基础上，针对南方红壤区冬季亚麻纤维高产优质与良种繁育中存在的重大技术难题，根据该区冬季亚麻快速生长期(营养生长)与生殖生长(开花结实)同步，即亚麻开花期为其纤维产量形成与种子发育关键时期的特性，从亚麻开花期的形态建成、物质生产、营养吸收、产量积累、花器形成、开花习性、种子发育等方面，研究南方红壤区冬季亚麻开花期的生长发育的基本特征，旨在进一步探明南方红壤区冬季亚麻开花期营养生长、生殖生长的基本规律，明确其结实率不高、充实度不够、发芽率较低的主要原因及其生态机制，为实现南方红壤区冬季亚麻纤维与种子兼收提供理论依据。对于进一步丰富亚麻育种栽培的理论与技术体系，促进该区冬季亚麻产业和冬季农业的发展，均具有十分重要的理论指导与生产应用价值。

2 材料与amp;方法

2.1 盆栽试验设计与amp;管理

试验在中国农业科学院红壤试验站进行，供试品种“范妮”，2002年11月11日播种。取红土红壤的旱地耕层土壤，充分捣细拌匀，等量(14kg)装入上、下内径为30和28cm、深30cm、且装有纱窗布的塑料桶中，每桶播种约200粒，用本土盖种。从亚麻齐苗期开始，间苗2~3次，以叶不搭叶为准，枞形期每桶定苗100株。

2.2 试验样品的制备方法

亚麻见花期开始，每 10d 取样一次，每次取样 5 盆，齐地剪取所有的麻苗，测定株高、叶龄和单株绿叶数；提起用纱窗布包裹的根系及其泥土，在清水中洗净泥沙，除尽杂质以获得干净的亚麻根系；取有代表性的麻株 10 株，切取麻茎中部茎段，用 FAA 液固定保存，供韧皮纤维发育观察；取出部分亚麻鲜根和鲜叶，进行叶绿素含量、根系氧化力、根系体积等测定，其它根、茎、叶、花、果分别烘干称重后，进行 N、P、K 及 Zn、Cu、B、Fe、Mo 等主要营养元素含量的测定。

2.3 主要生理指标的测定

1) 单株叶面积----剪纸称重法；2) 根系体积----排水法；3) 根系活性吸收面积----蘸根法；4) 根系氧化力---- α 萘胺法；5) 叶绿素含量----丙酮、乙醇混合法；6) 纤维离析----硝酸酒精法；7) 纤维发育----光学显微法；8) 全氮----凯氏滴定法、速效氮----碱解扩散法；9) 全磷和速效磷----钼锑抗比色法；10) 全钾和速效钾----火焰光度计法^[10]。

2.4 亚麻开花习性的观察

试验在中国农业科学院红壤试验站进行，供试品种“阿丽亚娜”。1) 单株开花习性----选取 50 个单株，从顶花开放起，逐日记载麻株当日的开花数和开花位；2) 开花日变化----在亚麻开花、始花、盛花期的各一天，每 0.5~1.0h 观测一次，记载开放的花朵数量和部位等；3) 2003 年 4 月 10 日，在亚麻生产田随机定点 4 个，每点 0.25 m²，四周打桩并塑料绳分隔，逐日拔除当天顶花开放的麻株并计录开花株数，直到所有麻株顶花开放完毕。根据亚麻逐日开花株数，计算开花株率、开花强度和生育期等。

2.5 亚麻种子发育的观测

试验在中国农业科学院红壤试验站进行，供试品种“阿丽亚娜”。分别于 2003 年 4 月 10 日、15 日、20 日，在亚麻生产田标定当日顶花开放的麻株各 800 株，用不同色泽的塑料绳系于麻茎上部。从当日开始，每 5 天取样一批，每批 120 株以上，逐株摘取蒴果与花蕾，分别测定蒴果体积(排液法)及花蕾、蒴果、种子重量等。

3 结果与分析

3.1 南方红壤区冬季亚麻开花期光合产物的积累

3.1.1 亚麻开花期根系重量的增长动态

有关研究认为, 亚麻枞形期根系生长旺盛, 快速生长期已形成强大的根系, 到开花时, 亚麻根系生长逐渐停止。观测结果(表 1)表明, 南方红壤区冬季亚麻见花(3月 30 日)以后, 单株根重呈现出由低到高再逐渐降低的变化趋势, 至开花期(4 月 19 日)达最大值, 此后因根系老熟发脆, 取样时大量断裂等原因又逐渐降低; 根重日均增长量以见花期最大, 呈逐渐降低的规律性变化, 盛花期(4 月 29 日)以后呈负增长; 根冠比(根重/茎叶重)与根重所占比例因麻茎迅速增重、根重变轻而逐步降低。这说明南方红壤区冬季亚麻与北方亚麻一样, 开花期的生长中心已向地上部转移。

3.1.2 亚麻开花期麻茎重量的增长动态

南方红壤区冬季亚麻开花期茎高逐渐增高, 而其增长速度呈现出慢→快→慢的规律性变化。亚麻见花茎高仅 54.60cm, 在不到全生育期三分之一的时间内, 茎高增长量占总量的 41.77%, 开花初期的日均增长量高达 2.0cm 以上。麻茎随茎高增长而增粗, 但增长速度(日均增长量)随生育期推进而逐渐降低, 在其初花期茎粗日均增长 0.380cm/d, 随后迅速降低至 0.19mm/d, 仅为初花期的 50%(表 2)。

表 1 南方红壤区冬季亚麻根重增长动态的测定

Table 1 The root weights of flax sowing in winter in red soil regions of southern china

取样日期 (年.月.日)	根重 (mg/株)	累计增长量 (%)	根重日增长量 (mg/d)	根重占全株干部重 比值(%)	根冠比 (根重/茎叶重)
02.03.30	124.33	82.34	2.364	19.00	0.23
02.04.09	140.08	92.77	1.575	15.64	0.19
02.04.19	151.00	100.00	1.092	13.18	0.15
02.04.29	145.82	96.57	-0.518	12.07	0.14
02.05.09	121.66	80.57	-2.416	10.63	0.12
02.05.19	104.44	69.17	-1.722	9.60	0.11

南方红壤区冬季亚麻单株茎重、茎叶比呈逐步增长的趋势, 茎叶比大体上表现出由低到高再逐渐降低的规律性变化。亚麻见花前 140d 天的生长量 654.43mg, 为其最大生长量的 50.09%; 茎重仅 363.22mg, 占最大生长量 37.60%, 日均增长量

2.794mg/d。亚麻开花结实期的 50d，根系生长量少且呈逐步降低的趋势，而茎重步入高速增长期，直到盛花期后才逐渐变慢，这一阶段亚麻茎重净增 602.89mg，占单株茎量的 62.40%，日均增长量高达 12.058mg/d，为此前的茎重增长总量、日均增长量的 1.66 和 4.32 倍(表 2)。这就说明，亚麻开花期是其经济产量(茎重增长)积累的关键时期。

表 2 南方红壤区冬季亚麻茎高、茎粗与茎重增长动态的测定

Table2 Stem heights, diameters and weights of flax sowing in winter in red soil regions of southern china.

取样期 (年.月.日)	茎 高			茎 粗			单株茎重				
	cm	%	cm/d	mm	%	mm/d	mg/株	累计%	mg/d	占单株%	茎叶比
02.03.30	56.40	53.75	2.042	1.48	75.90	0.380	363.22	37.60	16.167	82.09	2.18
02.04.09	82.41	87.89	2.601	1.67	85.64	0.190	566.42	58.63	20.320	86.55	2.99
02.04.19	92.53	98.68	1.012	1.86	95.38	0.190	835.31	86.46	26.889	93.24	5.23
02.04.29	93.11	99.30	0.058	1.92	98.46	0.006	950.91	98.43	11.560	82.97	8.54
02.05.09	93.68	99.90	0.057	1.94	99.49	0.002	965.07	99.89	0.416	79.88	16.77
02.05.19	93.77	100.0	0.009	1.95	100.0	0.001	966.11	100.0	0.104	84.42	55.75

3.1.3 亚麻开花期叶片重量的增长动态

南方红壤区冬季亚麻单株绿叶数因主茎叶片、分枝叶的分化生长和衰老脱落，呈现出由少至多再逐渐减少的消长规律。亚麻生育后期(3月下旬以后)主茎中下部叶片逐步脱落，分枝叶大量形成，使得单株叶片数继续增长，至4月9日前后主茎叶片数基本稳定，单株叶片数达全生育期的最大值(154.3片/株)，分枝叶占总叶片数的12.05%，4月中下旬主茎叶片迅速脱落，而分枝叶分化速度亦较快，分枝叶所占比例逐步增大(24.74%~26.57%)，单株叶片数虽呈负增长，但仍维持在140片左右，5月上旬主茎叶片大量脱落，单株分枝叶占总叶数的40.0%以上，此后主茎与分枝叶完全脱落。

南方红壤区冬季亚麻开花初期单株叶片重仍有所增长，至始花期(4月9日)达到最大值，此时叶重占单株干物重的20%以上，叶重大于根重，叶根比大于1，日增长量明显低于见花期，但仍维持在2.25mg/d左右。此后，由于叶片的大量脱落，叶重迅速降低，日增长率为负值，占单株干物重与叶根比的比例急剧下降，至亚麻终花期(5月初)叶片已基本脱落(表3)。由此可见，南方红壤区冬季亚麻开花期干物

质积累的中心为麻茎，根重与叶重仅在开花初期有所增长，以后逐步下降，叶重的下降速度又明显高于根重。要提高亚麻的原茎产量(即茎重)和纤维品质，应采取相应的措施，保持较高根系活力，延长叶片的功能期，以增加亚麻的光合时间、光合面积和和光合效率。

表 3 南方红壤区冬季亚麻主茎叶龄、绿叶数、叶重的变化动态

Table 3 The leaf age, number and weights of flax sowing in winter in red sold regions of south china.

取样期 (年.月.日)	叶龄			绿叶数			叶重				
	叶/株	%	片/d	叶/株	%	片/d	mg/株	%	mg/d	占单株%	叶根比
02.03.30	148.5	97.76	0.70	148.5	96.24	0.70	166.88	88.11	2.665	25.50	1.34
02.04.09	151.9	100.0	0.34	154.3	100.0	0.58	189.39	100.00	2.251	21.14	1.35
02.04.19	--	--	--	145.5	94.30	-0.88	159.72	84.33	-2.967	13.94	1.05
02.04.29	--	--	--	138.1	89.50	-0.74	111.40	58.82	-4.832	9.47	0.76
02.05.09	--	--	--	112.5	72.91	-2.56	57.55	30.38	-5.385	5.03	0.47
02.05.19	--	--	--	10.9	7.06	-10.16	17.33	9.15	-4.022	1.59	0.17

3.2 南方红壤区冬季亚麻开花期的生理生化特性

3.2.1 亚麻开花期根系吸收面积与氧化力

作物根系吸收面积，特别是根系活跃吸收面积，是衡量其吸收水分与养料吸收能力强弱的重量标志，是作物根系生理研究的重要指标。研究表明，南方红壤区冬季亚麻开花期的总吸收面积维变化幅度不大，大体上呈现出低→高→低的变化趋势，亚麻开花期(4月中旬)达最大期(13.01 m²/g)，亚麻工艺成熟期(5月初)又逐渐降低。亚麻活跃吸收面积(%)的变化规律与总吸收面积大体相似，根系总吸收面积较大时，活跃吸收面积(%)也较高，两者呈极显著的正相关(r=0.946**)。活跃吸收面积(%)比较稳定，除亚麻盛花期(4月中旬)高达49.22%，工艺成熟期明显较低(17.51%)外，一直保持在接近30%的水平，变化幅度不大(表4)。

根系氧化力是衡量作物根系活力的重要指标，是作物根系活力与生育进程的重要参数。研究表明，南方红壤区冬季亚麻现蕾期(3月下旬)与初花期(4月上旬)，根系氧化力升至全生育期的最高值，达90.0ug/g.hr左右，此后又逐渐下降。据湖南省祁阳县气象局提供的气象资料分析，亚麻根系氧化力与日平均气温呈极显著正相关(0.958**)，说明气温对南方冬季亚麻生长发育的影响，首先表现为根系活力的相应变化(表4)。

表4 南方红壤区冬季亚麻根系体积、吸收面积与氧化力演变的测定

Table 4 The root volume, absorbing area and oxidized ability of flax sowing in winter in red soil regions of southern china

取样日期 (年.月.日)	根系体积 (cm ³ /株)	比表面积 (cm ² /cm ³)	总吸收面积 (m ² /g)	活跃吸收面积 (%)	氧化力 (ug/g.hr)
02.03.30	3834.34	4155.09	12.81	28.75	95.09
02.04.09	4301.86	5583.72	11.56	29.26	52.75
02.04.19	4918.07	3995.99	13.01	49.22	51.34
02.04.29	4504.38	3349.12	10.35	29.31	82.48
02.05.09	3135.18	3155.41	11.29	23.11	71.70
02.05.19	2506.56	1024.76	10.35	17.51	68.22

3.2.2 亚麻开花期韧皮纤维细胞发育规律

亚麻纤维产量的提高有赖于麻茎韧皮纤维细胞数量与单纤维重量的同步增长，亚麻纤维强力、分裂度等主要品质性状亦与影响纤维产量的细胞学因子密切相关。显微观测结果(表5)表明，南方红壤区冬季亚麻开花期茎中部发育表现出四个明显的特征：一是麻株茎中部的纤维细胞分化已经完成，纤维束数已基本稳定，单束纤维细胞数和纤维细胞总数因纤维细胞的伸长生长仍有所增加；二是纤维细胞结节数基本不变，纤维细胞长度仍有较大增长，纤维细胞长度的增长主要表现为节间伸长生长；三是纤维细胞直径和细胞壁厚度增长幅度较大，说明亚麻开花期纤维产量的积累主要表现为纤维细胞直径和细胞壁厚度的增长；四是单束纤维细胞数和纤维细胞总数，纤维细胞长度、直径和胞壁厚度的增长于终花期(4月底)趋于停止，此时的亚麻已工艺成熟。

表5 南方红壤区冬季亚麻韧皮纤维细胞的显微观测

Table 5 Microscope observation of phloem fiber cells of flax sowing in winter in red soil regions of southern china.

取样期 (年.月.日)	纤维细胞 束数(束)	单束细胞 数(个)	纤维细胞 总数(个)	纤维细胞 长度(mm)	单纤维结 节数(个)	纤维细胞 直径(um)	纤维细胞 壁厚(um)
02.03.30	30	13.8	360	35.3	5.1	30.1	5.1
02.04.09	31	14.7	455	41.5	4.8	31.1	6.9
02.04.19	31	16.4	507	45.7	5.1	32.9	7.9
02.04.29	29	18.2	528	47.9	4.9	34.5	8.3
02.05.09	30	18.0	539	48.3	5.1	34.3	8.5
02.05.19	30	17.9	538	47.9	5.0	34.6	8.4

3.2.3 亚麻开花期的叶绿素含量及其组分

叶绿素含量是作物光合生理研究的重要指标，与作物光合作用效率密切相关，对作物产量品质产生重要影响。研究表明，南方红壤区冬季亚麻开花期的总叶绿素大体上呈低→高→低的规律性变化，亚麻见初花期(3月底)相对较低，初花期、开花期和盛花期(4月份)明显增高，终花期(5月上旬)因麻株逐渐老熟，叶片严重黄化等原因，出现明显下降。亚麻开花期间叶绿素 a 含量明显高于叶绿素 b，叶绿素 a 含量占总叶绿素的 75.0% 以上，两者之比维持在 3.0:1.0 左右(表 6)。

表 6 南方红壤区冬季亚麻叶绿素的变化动态
Table 6 The chlorophyll variation of flax sowing in winter
in red soil regions of southern china.

取样期 (年.月.日)	总叶绿素 (mg/g)	叶绿素 a		叶绿素 b		叶绿素 a/b
		(mg/g)	占总叶绿素%	(mg/g)	占总叶绿素%	
02.03.30	0.202	0.155	76.73	0.047	23.27	3.30
02.04.09	0.346	0.274	79.19	0.072	20.81	3.81
02.04.19	0.323	0.270	83.59	0.053	16.41	5.09
02.04.29	0.356	0.265	74.43	0.091	25.27	2.91
02.05.09	0.156	0.118	75.64	0.038	24.36	3.11
02.05.19	0.108	0.081	75.00	0.027	25.00	3.00

3.3 南方红壤区冬季亚麻开花期的养分吸收特性

3.3.1 亚麻开花期的氮素吸收与分配

南方红壤区冬季亚麻根系、茎秆、叶片的 N 素吸收与分配呈相似的变化趋势，开花期前表现为由低到高的规律性变化，此后由于叶片黄化脱落、根系老熟、茎秆黄熟老化，特别是亚麻开花结实等原因而迅速降低。所不同的是：

① 根系的平均含 N 量 15.69mg/g，略高于茎秆而明显低于叶片，根系平均含 N 量仅为叶片(36.00 mg/g)的 43.58%，根系、茎秆、叶平均含 N 量之比为 1:0.95:2.29。

② N 素积累量(mg/株)不同----以茎秆最大，叶片次之，根系最小，三者之比为 1:5.12:2.44，说明茎秆是亚麻开花期氮素分配中心；

③ N 素积累高峰期不同----叶片、根系、茎秆分别于亚麻初花期(4月上旬)、开花期(4月中旬)、盛花期(4月下旬)达高峰期；

④ 亚麻开花期间 N 素积累量的变化幅度不同----叶片降幅较大，根系较小，分别于 4 月中旬、下旬呈现出负增长，而茎秆大幅度增加(表 7)。

表 7 南方红壤区冬季亚麻 N 素吸收与分配特征

Table 7 The absorption and allocation of nitrogen of flax sowing in winter in red soil regions of southern china

取样日期 (年-月-日)	根 系			茎 杆			叶 片		
	含 N 量 (mg/g)	积累量 (mg/株)	积累强度 (mg/d)	含 N 量 (mg/g)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)	含 N 量 (mg/g)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)
02-03-30	13.66	2.1957	0.0530	15.74	5.7013	0.1751	30.21	5.0414	0.3056
02-04-09	14.72	2.0620	0.0134	13.84	7.8393	0.6001	49.53	9.3805	0.4339
02-04-19	16.58	2.5036	0.0442	16.06	14.5678	0.6729	39.46	6.3026	-0.3078
02-04-29	14.45	2.1071	-0.0397	17.44	15.2716	0.0704	34.27	3.8176	-0.2485
02-05-09	15.02	1.8273	-0.0279	11.84	11.4264	-0.3845	26.52	1.5262	-0.2291
平均值	15.69	2.1391	0.0086	14.98	10.9613	0.2268	36.00	5.2134	-0.0092

3.3.2 亚麻开花期的磷素吸收与分配

从表 8 可知，南方红壤区冬季亚麻开花期根系、茎杆、叶片的 P_2O_5 含量、积累量与积累强度较低，大体上呈现出低→高→低的规律性变化，根系与茎杆的 P_2O_5 含量相当，均明显高于叶片(0.20mg/g)，三者之比约为 3:3:1。根系、叶片 P_2O_5 的积累量茎杆最高，叶片次之，根系最低，分别为 0.084、0.576 和 0.399，其比值为 1:6.86:4.75。亚麻开花期的 P_2O_5 积累强度的变化趋势与 N 素相同，茎杆 P_2O_5 积累强度为一较小的正值，叶片与根系均为负值。说明亚麻开花期磷素分配与代谢中心亦在麻茎。

表 8. 南方红壤区冬季亚麻 P_2O_5 素吸收与分配特征

Table 8. The absorption and allocation of P_2O_5 of flax sowing in winter in red soil regions of southern china

取样日期 (年-月-日)	根 系			茎 杆			叶 片		
	P_2O_5 含量 (%)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)	P_2O_5 含量 (%)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)	P_2O_5 含量 (%)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)
02-03-30	0.08	0.0099	-0.0002	0.04	0.145	-0.0157	0.22	0.367	-0.0012
02-04-09	0.05	0.070	-0.0029	0.08	0.453	0.0308	0.20	0.379	0.0012
02-04-19	0.06	0.091	0.0021	0.09	0.752	0.0299	0.18	0.287	-0.0092
02-04-29	0.05	0.073	-0.0018	0.10	0.951	0.0199	0.25	0.279	-0.0008
02-05-09	0.07	0.085	0.0012	0.06	0.579	-0.0372	0.17	0.098	-0.0181
平均值	0.62	0.084	-0.0004	0.07	0.576	0.0055	0.20	0.399	--0.0042

3.3.3 亚麻开花期的钾素吸收与分配

南方红壤区冬季亚麻开花期根系、茎秆、叶片的 K_2O 含量、积累量与积累强度变化幅度均较小，但波动比较明显。叶片与茎秆的 K_2O 含量相当，分别为 4.45 mg/g 和 4.11mg/g，均明显高于根系(1.77mg/g)，根系、茎秆、叶片 K_2O 含量之比为 1:2.51:2.32。亚麻根系、叶片 K_2O 的积累量茎秆最高，叶片次之，根系最低，其比值为 1:14.06:2.40，分别为 3.3798、0.5762 和 0.2403，为 N 素的 1.58、0.05 和 0.05，为 P_2O_5 的 40.23、0.98 和 0.60。亚麻开花期的 K_2O 积累强度的变化趋势与 N、 K_2O 素相同，茎秆 K_2O 积累强度为一较小的正值，叶片与根系均为负值(表 9)。

表 9 南方红壤区冬季亚麻 K_2O 素吸收与分配特征

Table 9 The absorption and allocation of K_2O of flax sowing in winter in red soil regions of south china

取样日期 (年-月-日)	根 系			茎 秆			叶 片		
	K_2O 含量 (%)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)	K_2O 含量 (%)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)	K_2O 含量 (%)	积累量 (mg/株)	吸收强度 (mg/d)
02-03-30	2.22	0.2760	-0.0045	5.01	1.8197	0.0051	4.94	0.8244	0.0084
02-04-09	1.74	0.2437	-0.0032	3.98	3.0303	0.1211	4.06	0.9689	-0.0056
02-04-19	1.83	0.2763	0.0033	5.35	4.4689	0.1439	4.18	0.6676	-0.0101
02-04-29	1.33	0.1939	-0.0082	4.09	3.8892	-0.0560	3.66	0.4077	-0.0260
02-05-09	1.74	0.2117	0.0018	3.82	3.6866	-0.0203	3.69	0.2124	-0.0195
平均值	1.77	0.2403	-0.0022	4.45	3.3798	0.0388	4.11	0.5762	-0.0106

3.4 南方红壤区冬季亚麻开花期的生殖生长特性

3.4.1 南方红壤区冬季亚麻的花药发育

南方红壤区冬季亚麻于 3 月下旬进入现蕾期，主茎叶片分化完毕，麻茎生长速度明显加快，生长点下弯，麻茎顶端变圆，逐步膨大形成花蕾。主茎顶端现蕾的同时，自下而上长出多个分枝，形成花序并相继现蕾。亚麻主茎花蕾较大，分枝花蕾相对较小，其现蕾顺序为自上而下，自里向外交替进行，大致秩序为主茎花蕾→中部一级分枝花蕾→上部及下部一级分枝花蕾→二级分枝花蕾→三级分枝花蕾。南方冬季亚麻现蕾期也是其快速生长的始期，在其开花初期麻株生长发育更快，二级、三级分枝逐渐现蕾，营养生长的与生殖生长高峰期吻合，是南方冬季亚麻不同于北方亚麻的一个显著特征。

亚麻幼嫩花蕾呈圆球形，外由多片幼叶包裹，可见花蕾直径 1.0mm 左右，成熟花蕾 7.0~10.0mm，因品种特性、着生部位的差异而不同，生长旺盛的麻株顶蕾较大，弱小麻株的分枝花蕾较小。花蕾的外观形态与花药、花粉发育密切相关。据观测，当花蕾 2.0~2.5mm、花药 0.3~0.4mm 时，花粉母细胞进入四分体期，在其早期尚未形成核，后期可见明显的细胞核；花蕾 3.0~3.5mm、花药 0.5~0.6mm 时进入单核中央期；花蕾 4.0~6.0mm、花药 0.7~0.9mm 时，细胞核被挤压靠近细胞壁，进入单核靠边期；花蕾 6.5~7.5mm、花药 1.0~1.5mm 时，花药母细胞进行一次不对称的有丝分裂，形成大小不等的生殖核和营养核，进入双核期，此时的花瓣由白色变为淡蓝色；花蕾 8.5~9.5mm、花药 1.5mm 以上、花瓣蓝色或深蓝色时，花药的生殖核一分为二，进入 1 个营养核和 2 个生殖核的三核期，并进一步发育为成熟的花粉粒(表 10)。

表 10 南方红壤区冬季亚麻花蕾形态与花药发育、开花的关系

Table 10 The relation between the bud morphodge and anther developing of flax sowing in winter in red soil regions of southern china

花蕾大小(mm)	花药大小(mm)	花萼色泽	花瓣色泽	花药色泽	花药发育
2.0~2.5	0.3~0.4	黄绿	未形成	淡黄	四分体期
3.0~3.5	0.5~0.6	黄绿	白色	淡黄	单核中央期
4.0~6.0	0.7~0.9	淡绿	白色	淡黄	单核靠边期
6.5~7.0	1.0~1.5	绿	淡蓝	淡蓝	有丝分裂期
6.5~7.5	1.5~2.0	绿	淡蓝	淡蓝	双核期
8.0~8.5	2.0	深绿	蓝色	淡紫	三核期
9.0~10.0	2.0	深绿	深蓝	深蓝	花药成熟期

3.4.2 影响南方冬季亚麻的开花习性

南方红壤区冬季亚麻单株开花顺序与花蕾一致，最先现蕾的最先开花。亚麻花蕾一般是在清早早晨 3~4 时迅速增大，花冠逐渐变大，清晨 5~6 时开始开花，8~10 时开花最旺盛，11~13 时花瓣开始凋萎脱落，17~18 时花瓣完全脱落。阴雨天开花数量明显减少，开花与花瓣凋萎时间明显推迟，一般 7~8 时开始开花，11~12 开花最多，17~18 时尚有花瓣未凋萎者。

亚麻单株从初花到终花一般需要 20 天左右，受气候条件的影响较大，如“阿丽亚娜”品种 2002 年因开花期间阴雨天较小，21 天结束开花，2003 年阴雨天较多，

开花延续到 42 天。分枝与主茎顶端的花开放间隔时间 1~4 天，同一分枝同一天内可开放 2 朵以上。亚麻单株的开花强度呈现出由少到多，再逐渐减少的规律性变化，如“阿丽亚娜”和“范妮”开花延续期间内，顶花开放后的最前 7 天和最后 7 天开花量均较少，开花中期 15 天内开花强度最大，占总开花量的 70~90%(表 11)。

表 11 南方冬季亚麻群体开花习性的观测
Table 11 The mass bloomy regularity of flax sowing in winter in red soil regions of southern china

观测项目	观 测 期 (月/日)									
	4/10	4/11	4/12	4/13	4/14	4/15	4/16	4/17	4/18	4/19
累计开花株数(株)	11	39	75	134	201	322	384	473	571	670
累计开花株率(%)	0.47	1.66	3.19	5.70	8.55	13.70	16.33	20.12	24.29	28.50
开花强度(株/d. m ²)	5.5	14.0	18.0	29.5	33.5	60.5	31.0	44.5	49.0	49.5
开花期特征	见花期					始花期				
观测项目	观 测 期 (月/日)									
	4/20	4/21	4/22	4/23	4/24	4/25	4/26	4/27	4/28	4/29
累计开花株数(株)	767	862	973	1077	1186	1291	1396	1508	1597	1686
累计开花株率(%)	32.62	36.67	41.39	45.81	50.45	54.91	59.38	64.14	67.93	71.71
开花强度(株/d. m ²)	48.5	47.5	55.5	52.0	54.5	52.5	52.5	56.0	44.5	44.5
开花期特征	开花期									
观测项目	观 测 期 (月/日)									
	4/30	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7	5/8	5/9
累计开花株数(株)	1763	1830	1912	2008	2091	2169	2236	2290	2328	2351
累计开花株率(%)	74.99	77.84	81.33	85.41	88.94	92.26	95.11	97.41	99.02	100.00
开花强度(株/d. m ²)	38.5	33.5	41.0	48.0	41.5	39.0	33.5	27.0	19.0	11.0
开花期特征	盛花期					终花期				

注：调查面积 $8 \times 0.25 = 2.0 \text{ m}^2$ 。品种“阿丽亚娜”，观测地点为中国农业科学院红壤试验站(湖南祁阳)。

亚麻为高密度作物，田间密度高达 1000 株/m²以上。由于种子质量、土地条件、播种技术、肥水管理等方面的差异，麻株生长发育的差异较大，导致了亚麻群体内单株间现蕾开花时间的相应变化。“阿丽亚娜”(2003)群体开花习性观测结果(表 11)表明，亚麻开花强度呈现出由少到多再逐渐减少的规律性变化，其峰值不是特别明显，开花最旺盛的时期，开花强度仅 50 株/m² × d 左右。亚麻见花期后，4~5 天达

始花期(开花株率 10%), 约 2 周时间达开花期(开花株率 50%), 3 周左右达盛花期(开花株率 80%), 4 周前后达终花期(开花株率 95%)。

3.4.3 南方红壤区冬季亚麻的种子发育规律

南方红壤区冬季亚麻开花后, 单株蒴果数量与蕾果(花蕾+蒴果)重量不断增加, 花后 20 天左右基本稳定, 此后仍继续现蕾开花, 蕾果重量有所增加, 因气温过高(晴天中午气温接近 30℃), 造成花粉败育与花蕾死亡, 座果率很低, 单株蒴果数增长较少, 这是南方冬季亚麻良种繁育中必须研究解决的问题。亚麻实测蒴果种粒数、实粒数与结实率变化不大。亚麻开花初期种子千粒重增长较快, 至开花 20 天前后趋势于稳定; 种子含油率增长趋势与千粒重相似, 开花后 25 天左右接近其最大值(表 12)。

表 12 南方红壤区冬季亚麻蒴果发育的观测
Table 12 The capsule developing of flax sowing in winter
in red soil regions of southern china

开花后 天 数	单 株				单 果			种 子		
	蒴果数 (个)	蒴果数 (%)	蕾果重 (mg/株)	蕾果重 (%)	种粒数 (粒/果)	实粒数 (粒/果)	结实率 (%)	蒴果 颜色	千粒重 (mg)	含油率 (%)
5	1.38	26.09	4.24	20.93	8.51	5.71	67.10	淡绿	1268.78	23.17
10	2.54	48.02	7.16	35.43	8.92	6.62	74.22	绿色	2267.15	25.66
15	3.59	67.86	11.43	56.56	8.88	6.89	77.59	深色	3278.03	29.89
20	4.32	81.66	14.56	72.04	8.59	5.98	69.61	黄绿	4563.97	36.45
25	5.05	95.46	17.72	87.68	8.79	6.99	79.52	黄绿	4732.42	39.09
30	5.22	98.68	19.91	98.52	8.81	6.79	77.07	黄色	4745.51	42.13
35	5.29	100.00	20.21	100.0	8.76	6.88	78.54	黄色	4697.59	42.04

注: 种子体积为千粒种子的测定值。

4 结 论

4.1 南方红壤区冬季亚麻的干物质积累与分配特征

南方红壤区冬季亚麻开花期间, 茎高、茎粗、茎重的增长量分别占其总量的 46.25%、24.10%和 63.40%, 是亚麻经济产量积累的高峰期, 也是其开花结实的关键时期, 这是我国南方冬季亚麻不同于北方亚麻的显著特征之一。南方红壤区冬季亚麻开花期间根系、叶片重量呈现出由低到高再逐渐降低的变化趋势, 分别于亚麻初花期、开花期达最大值, 随后因麻株老熟, 根系发脆断裂, 叶片衰老脱落等呈现出负增长, 这与北方亚麻生长特征基本相同。

4.2 南方红壤区冬季亚麻的氮、磷、钾的吸收与分配

南方红壤区冬季亚麻开花初期氮、磷、钾素营养代谢旺盛，N、P₂O₅、K₂O 积累量明显增加，开花中后期茎秆 N、P₂O₅、K₂O 积累量继续增长，而根系、叶片则逐步下降。亚麻开花期的根系、茎秆和叶片的 N、P₂O₅、K₂O 含量、积累量、积累强度均以茎秆最大，叶片次之，根系最小，其积累量之比为 1:5.12:2.44、1:6.86:4.75 和 1:14.06:2.40。

4.3 南方红壤区冬季亚麻的生理特征与纤维发育规律

南方红壤区冬季亚麻开花期间的根系氧化力、活性吸收面积、叶绿素含量的变化幅度不大，其中，叶绿素 a 含量占叶绿素总量的 75.0%以上。纤维细胞束数、单束细胞数、纤维结节数已基本稳定，纤维细胞总数的增长有赖于纤维细胞的侵入生长。亚麻开花前期的纤维直径迅速增长并趋于稳定，开花中后期的纤维细胞壁继续加厚，至 4 月底，亚麻韧皮纤维细胞发育成熟。

4.4 南方红壤区冬季亚麻单株与群体的现蕾开花习性

南方红壤区冬季亚麻 3 月下旬开始现蕾，3 月底或 4 月初见花，4 月 10 日前后初花(开花株率 10%以上)，20 日左右达开花期(开花株率 50%以上)，4 月底达盛花期(开花株率 80%以上)，5 月初终花(开花株率 95%以上)。亚麻单株开花延续时间长达 30 天左右，见花期后 4~5 天达始花期，约 2 周、3 周、4 周达开花期、盛花期和达终花期。

4.5 南方红壤区冬季亚麻种子发育与含油率变化规律

南方红壤区冬季亚麻单果种子总粒数、实粒数与结实率变化不大；单株蒴果数量、蒴果重量、千粒重与含油率随生长发育的推进而不断增加，开花后的前 20 天内增长较快，以后明显变缓，至亚麻盛花期顶蕾的种子发育成熟。亚麻分枝花蕾分化发育较晚，受高温(30℃左右)的影响，造成花粉败育与花蕾死亡，座果率很低。

5 讨 论

5.1 南方红壤区冬季亚麻花期营养生长特性与纤维高产优质问题

南方红壤区冬季亚麻于晚稻收获后的 10 月底或 11 月初播种，第二年 3 月下旬现蕾见花，亚麻营养生长期达 140 天左右，比我国北方亚麻延长近 100 天。由于南方冬季气温较低，亚麻生长缓慢，生长量有限，亚麻现蕾开花期约 45 天的时间，亚麻茎高、茎粗、茎重的增长量分别占其总量的 46.25%、24.10%和 63.40%，亚麻营养生长与生殖生长的高峰期吻合。要提高南方红壤区冬季亚麻的经济产量与纤维品质，必须加强田间肥水管理，创造适宜亚麻生长发育的条件，在提高光合效率的同时，促进光合产物向麻茎转运，满足其韧皮纤维发育对养分的需求。

南方红壤区冬季亚麻开花初期的根系活性吸收面积较大，根系氧化力较高，即活性较强，叶绿素含量维持在较高水平，根系与叶片重量的增长速度较快，促进了麻茎生长及其韧皮纤维发育。但是，南方红壤区 4 月份的气温较高(晴天中午达 30℃左右)，不适宜亚麻的营养生长，加之该区土壤“粘、酸、旱、板、瘦”，保水保肥能力差，难以满足冬季亚麻营养生长与开花结实的高峰期对肥水条件的要求，易造成亚麻根系过早衰老，叶片提早脱落，功能期缩短，出现“高温逼熟”，在连续多日无雨时，可见亚麻绿叶大量的现象。因此，要进一步提高南方冬季亚麻的经济产量与纤维品质，应根据南方红壤区的气候与土壤条件的主要特点，加强亚麻花期肥水管理技术的研究。

南方红壤区冬季亚麻花期氮、钾营养代谢旺盛，N、K₂O 的积累量成倍地增长，虽然亚麻开花后期根系、叶片的 N、K₂O 积累量有所下降，但茎秆和麻株的积累量明显增加，过大于亚麻现蕾开花前的吸收量，开花初期约 20 天内 N、K₂O 的积累量接近于现蕾开花近 5 个月的 2.0 倍。肥素三要素中，N 吸收积累最多，K₂O 次之，P₂O₅ 最小。因此，亚麻花期施肥应以适量补充速效性氮肥和淋溶性较强的钾肥为主。

5.2 南方红壤区冬季亚麻生殖生长特性与种子高产优质繁育问题

南方红壤区冬季亚麻从 3 月底或 4 月初现蕾见花，至 5 月中旬采收种子，历时约 45 天，与欧洲和我国北方亚麻生殖生长期基本相同。亚麻 3 月下旬和 5 月上旬现蕾开花较少，4 月份现蕾开花数约其总量的 85%以上，但亚麻现蕾开花除受连续多日阴雨的影响外，没有非常明显的峰值。亚麻顶花的座果率较高，二级和三级分

枝的座果率低得多。成功座果的花蕾，如外界条件适宜，蒴果和种子发育正常，也会因短期高温干旱天气的影响，出现蒴果、种子外观形态正常的空秕，不结实或结实率极低，当前湖南祁阳亚麻留种田的种子产量尚不足 20kg。

南方红壤区冬季亚麻发育正常的蒴果和种子，单果种粒数、千粒重、含油率的变化规律与北方亚麻相似：在蒴果发育早期的 25 天左右，千粒重与含油率几乎呈几何级数增长，随后的 20 天时间内仍有缓慢而微小的增长量。这段时间恰好是亚麻开花结实与经济产量(麻茎重量)增长的高峰期，也是南方红壤区多雷阵雨和大风天气的多发期，因麻茎机械组织不够发达，麻株密度大，中上部叶片数量多，迎风面积大，加上不断现蕾结实，造成亚麻“头重脚轻”和倒伏。这是导致南方红壤区冬季亚麻良种繁育失败和原茎产量大幅度降低的主要原因，要实现南方亚麻的就地留种，提高亚麻种子产量和质量，有必要进行适当稀植、化学控高和时空调节——如良种繁育基地的选择与播种期的调节等，降低亚麻的高度和田间密度，避开亚麻开花结实期的高温和多雨天气。要提高南方冬季亚麻纤维产量，则应采取相应的措施控制现蕾开花的数量。也就是说，要进一步提高南方冬季的产量、品质和效益，最好是推行纤维生产与种子生产的分离。

参 考 文 献

- [1] 王玺斌. 中国亚麻纺织工业的现状与发展趋势[J]. 麻纺织技术, 1998, 21(1): 1~4.
- [2] 吴相利. 黑龙江亚麻基地布局研究[J]. 经济地理, 1993, 13(6): 164~168.
- [3] 中国纺织总会. 亚麻纺织行业“九五”计划和2010年长远规划[J]. 麻纺织技术, 1998, 21(1): 5~7.
- [4] 孙焕良, 潘昌立, 张木祥等. 南方春季亚麻研究与开发的浅见[J]. 中国麻作, 1995, 17(1): 1~3.
- [5] 孙焕良, 冷鹏, 胡镇修等. 湖南春季亚麻引种栽培的初步研究[J]. 中国麻作, 1995, 17(3): 12~15.
- [6] 孙焕良, 胡镇修, 潘昌立等. 湖南春季亚麻纤维形态结构与理化性能研究[J]. 中国麻作, 1998, 20(1): 13~15.
- [7] 胡镇修, 蒋晓峰. 湖南祁阳冬闲稻田亚麻引种栽培研究初报. 红壤丘陵区农业综合发展研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002, 145~148.
- [8] 李宗道. 麻作的理论与技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980.
- [9] 周文新, 孙焕良, 郭清泉, 等. 我国南方亚麻产业化发展刍论[J]. 农业现代化研究, 2001, 22(1): 7~10.
- [10] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992.

致 谢

本研究是在导师孙焕良教授悉心指导下完成的，论文从项目的选题、设计、实施到论文撰写和修改，每一个环节都倾注了恩师大量的心血。三年来，导师以其高尚的人格、渊博的学识、严谨的学风，对学生言传身教，令我终生受益。在此，我向孙老师表示衷心的感谢。

在学习和论文研究过程中，得到了农学院王灼华书记、院长王国槐教授、副院长陈光辉副教授、崔国贤教授的大力支持和帮助。农学院学生工作组同事周燕老师在工作上给予大力支持，使我有进一步学习深造的时间和精力。研究生处处长卢向阳教授、副处长李阿利副教授、肖静老师、向平安老师、胡新喜老师均给予了热情的支持。在此，特向他们表示衷心的感谢。

在论文的研究过程中，还得到了中国农业科学院红壤试验站徐明岗教授、王伯仁副研究员、秦道珠老师、高菊生老师、申华平老师、李冬初老师及其它工作人员的帮助，得到了湖南农业大学苎麻研究所李罗先同志等的大力帮助，谨此致谢。

我还要感谢我的家人，几年来，他们在物质上和精神上给了我极大的鼓励、关怀和帮助，使我顺利完成了学业。

最后，对给予关心过我、鼓励过我、支持过我的领导，对参加本文评议、评阅所有专家和同仁表示衷心的感谢！

罗喜安

2003年10月

作者简介

姓 名：罗喜安

性 别：男

出生年月：1963.2

籍 贯：湖南 邵东

主要经历：

1980.9~1984.7 湖南农业大学农学专业学习，获农学学士学位。

1984.7~ 湖南农业大学农学院工作，副院长，副书记。