

亚麻开花结实特性及籽粒干物质积累规律研究

陈双恩, 杜汉强, 普靖

(天水农业学校, 甘肃 清水 741400)

摘 要: 选用具有一定代表性的4个油纤兼用型品种(系)和1个纤用型品种(系), 从始花期开始, 标记每天开的花, 每5天为一期, 标记三期, 其余所有的花归为第四期。开花5天后采收果粒, 测定不同时期、不同部位籽粒干物质积累量, 利用 logistic 生长曲线方程对亚麻不同部位籽粒干物质积累进行了分析, 结果表明: 纤维型亚麻中部果实的籽粒较重, 每果粒数较多, 基部的次之, 上部最轻; 而兼用型亚麻的果粒数, 粒重, 结实率都由基部向上依次降低。单株产量中, 均以中部籽粒所占比重最大。籽粒干物质积累量与平均积累速率, 最大积累速率, 快增期积累速率呈正相关。在所有的品种(系)中, 快增期的增长速率显著高于渐增期和缓增期, 不同部位籽粒的增重不同, 兼用型亚麻基部籽粒增长速率低, 持续时间长, 干物质积累多, 上部籽粒增长速率高, 但持续时间短, 籽粒轻, 而纤用型的虽表现出相同趋势, 但不同部位间差异较小。

关键词: 亚麻; 经济性状; 籽粒干物质; 积累

中图分类号: S563.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0015-05

亚麻是我国北方地区的重要油料作物之一, 在我国栽培已有几百年历史^[1]。由于亚麻具有耐旱、耐寒、耐瘠薄等特性, 在我国干旱、半干旱地区有一定的优势。亚麻油脂中含亚麻酸 50% 以上, 是迄今为止人类最适宜的植物性亚麻酸来源之一^[2]。膳食中摄入适量的亚麻酸对预防心血管疾病、提高视觉功能、促进脑组织发育和提高免疫力都具有重要作用^[3-6]。亚麻籽粒中含有大量维生素 E^[7,8], 保证了亚麻油脂中不饱和脂肪酸不易被氧化, 有效地延长了油脂中亚麻酸的稳定性。长期以来人们对亚麻的研究主要集中在高产、优质和抗性品种的选育和栽培技术^[9-14]等方面。关于亚麻的栽培生理研究较少^[15-17]。

本文就亚麻经济性状和不同部位籽粒干物质积累规律进行了探讨, 旨在为亚麻育种和生产提供依据。

1 材料与方法

供试材料为具有一定代表性的4个油纤兼用型品种(系)和1个纤用型品种(系), 分别为天亚5号、陇亚7号、82(50)、匈牙利3号和范呢(纤用型)。试验于2003~2004年在甘肃省天水农校试验农场进行, 试验地土质为黄绵土, 容重 1.15 g/cm³, 主要养分含量(0~20 cm 土层), 速效氮 49.1 mg/kg, 速效磷 16.13 mg/kg, 速效钾 89.14 mg/kg, 土壤有机质含

量 1.03%。试验采用随机区组排列, 小区面积为 2 m×3 m, 4 次重复, 人工开沟撒播, 播种密度兼用型为 300 万株/hm², 纤用型为 450 万株/hm²。从始花期开始, 选择生长整齐一致、健壮的植株, 标记每天开的花, 每 5 d 为一期, 共标记三期, 其余所有的花归为第四期, (分别用下部、中部、上部和顶部或 1、2、3 和 4 表示各期开花及所结籽粒), 每一期均在开花后 5 d 开始, 每隔 5 d, 采收同期所结果实, 采用人工方法进行剥离, 在 105℃ 下烘 15 min, 然后在 75℃ 下烘干至恒重, 测定不同时期、不同部位籽粒干物质积累量(测定前 3 期, 最后 1 期在成熟时采收), 根据籽粒成熟情况, 前 3 次选 200 颗蒴果, 以后选 100 颗蒴果。

干物质积累的动态分析利用 Logistic 生长方程进行拟合, 其中 K 为最大生长量上限, a 、 b 为常数, 同时推导出干物质积累参数, 干物质最大积累速率 $R_{\max}$ 、干物质持续积累天数 T , 按照王信理^[18]的划分方法分为: 干物质渐增期、干物质快增期、干物质缓增期三个阶段, T_1 、 R_1 、 T_2 、 R_2 、 T_3 、 R_3 分别表示 3 个阶段的干物质积累持续时间和各阶段积累速率。

2 结果与分析

2.1 不同品种(系)亚麻单株花数和结实率的比较

由表 1 可以看出, 在供试的 5 个品种(系)中, 单株花数存在明显的差异, 以匈牙利 3 号最高, 达

收稿日期: 2010-03-13

基金项目: 甘肃省自然科学基金暨中青年科技基金资助项目(YS991-A21-034)

作者简介: 陈双恩(1973—), 男, 甘肃省清水县人, 实验师, 主要从事亚麻栽培与生理研究。E-mail: tanxcse@163.com。

52.47朵/株,其次为陇亚 7 号,而范呢单株花数最低,仅为 17.23 朵/株。同一品种(系)不同部位的单株花数也存在着较大的差异,除陇亚 7 号从基部向上逐渐增加外,其余几个品种(系)均以中部开花最多,两端较少。

表 1 还表明:不同品种(系)的结实率也存在一

定的差异,范呢品种的结实率最高,为 80.59%,其它品种(系)的结实率 82(50)为 67.77%,匈牙利 3 为 59.90%,天亚 5 号为 58.81%,而陇亚 7 号的结实率最低,仅为 51.40%。同一品种(系)不同部位的结实率由高到低依次为第 1 期、第 2 期、第 3 期和第 4 期,说明结实率随开花的延迟而逐渐降低。

表 1 亚麻不同品种(系)、不同部位开花结实性状

Table 1 The characters of blossoming and bearing seeds in different kinds and parts of flax plants

品种 Variety	开花部位 Position of flower	花朵数/株 Flower number /plant	结实率(%) Seeding rate	果数/株 Number of fruitage /plant	粒数/果 Number of seeds/fruit	粒重/粒 (mg/粒) Seed weight /trunk	粒重/株 (mg/株) Seed weight /plant	果粒重 (mg/果) Seed weight /fruit
天亚 5 号 Tanya No.5	下 Bottom	5.93	92.06	5.46	8.1	7.5	331.60	60.75
	中 Midst	9.76	84.35	8.23	7.8	7.4	474.79	57.72
	上 Top	17.77	54.07	9.61	6.9	6.8	456.69	46.92
	顶 Crown	11.44	26.13	2.99	5.2	5.4	87.41	30.24
	合(平均) Sum(average)	44.91	58.81	26.18	7.7	7.2	1344.49	55.18
陇亚 7 号 Longya No.7	下 Bottom	5.56	91.84	5.11	8.2	6.4	268.28	52.48
	中 Midst	9.46	85.09	8.05	7.8	6.3	395.51	49.14
	上 Top	17.45	52.55	9.17	6.5	5.7	339.88	37.05
	顶 Crown	19.14	21.89	4.19	5.0	4.8	100.66	24.06
	合(平均) Sum(average)	51.62	51.40	26.52	7.1	5.9	1104.33	41.64
82(50) No.82(50)	下 Bottom	5.17	90.30	4.67	6.0	9.1	268.99	57.60
	中 Midst	7.88	83.77	6.60	5.8	9.1	348.76	52.78
	上 Top	9.03	85.61	5.29	5.1	8.5	229.28	43.35
	顶 Crown	4.34	30.62	1.33	4.3	6.8	38.77	29.24
	合(平均) Sum(average)	26.42	67.77	17.88	5.6	8.9	885.79	49.54
匈牙利 3 号 Hungary No.3	下 Bottom	7.08	92.18	6.53	8.0	6.1	318.66	48.80
	中 Midst	110.80	85.53	10.09	7.6	6.0	460.73	45.60
	上 Top	20.08	55.47	11.14	6.4	5.5	391.94	35.20
	顶 Crown	13.50	24.29	3.28	5.0	4.6	75.49	23.00
	合(平均) Sum(average)	52.47	59.90	31.04	7.1	5.7	1246.84	40.17
范呢 Fanny	下 Bottom	3.72	94.36	3.51	8.3	4.2	122.33	34.86
	中 Midst	5.32	90.02	4.97	8.4	4.4	177.22	36.96
	上 Top	6.82	71.80	4.90	8.0	4.3	168.84	34.40
	顶 Crown	6.36	46.24	0.63	7.1	4.0	17.77	28.40
	合(平均) Sum(average)	17.23	80.59	13.84	8.2	4.3	486.16	35.13

2.2 不同品种(系)亚麻单株果数和每果粒数比较

表 1 显示,不同品种(系)亚麻的单株果数(个/株)由大到小依次为匈牙利 3 号(31.04)、陇亚 7 号(26.52)、天亚 5 号(26.18)、82(50)(17.88)和范呢(13.84)。表明不同品种(系)亚麻的单株果数(个/株)存在较大的差异。不同品种(系)相同时期的结

果变幅数较大,第 1 期结果的变幅数为 17.98%,第 2 期和第 3 期分别为 20.68%和 28.66%,以第 4 期的变幅最大,为 46.44%。这说明在亚麻果实分布中,以花期较长的品种(系)中、上部果实所占比重较大,而花期较短的果实分布比较均匀。同一品种(系)的不同部位的单株果数均以第 2 期和第 3 期的

最高,分别占单株果数的 30.35% ~ 37.42% 和 29.59% ~ 36.71%,而第 1 期和第 4 期采收的果实占单株果实的 19.27% ~ 26.12% 和 4.55% ~ 15.80%,说明中部果实在产量构成中起重要作用。

每果粒数也是构成亚麻产量的重要因素之一,不同品种(系)的每果粒数也有一定差异,其中以范呢最高,为 8.2 粒/果,而 82(50)最低,为 5.6 粒/果。同一品种(系)不同部位的每果粒数也不相同,有 4 个品种(系)以第 1 期最高,以第 4 期最低,而范呢则以第 2 期的最高。不同品种(系)、不同部位果粒数的递减幅度不同,花期长的递减幅度大,花期短的递减幅度小(表 1)。

2.3 不同品种(系)亚麻粒重、果粒重和单株粒重的比较

粒重是一个比较稳定的性状,由表 1 可以看出,不同品种(系)的亚麻平均粒重各不相同,其中以 82(50)最高,以范呢最低。同一品种(系)不同部位的粒重也有较大差异,范呢品种(系)第 1 期较低,以第 2、3 期粒重较高,第 4 期最低。其它 4 个品种(系)的第 1、2 期较高,第 3 期粒重迅速下降,第 4 期最低。

不同品种(系)的果粒重也存在较大的差异,果粒重以天亚 5 号最高(55.18 mg/果),以范呢最低(35.15 mg/粒)。同一品种(系)不同部位的果粒重也不相同,范呢品种(系)的中部果粒重较大,而其它 4 个品种(系)果粒重都表现出从下部、中部、上部到顶部逐渐降低的趋势(表 1)。

单株粒重在不同品种(系)之间有较大差异,天亚 5 号最高(1344.49 mg),范呢最低(486.16 mg),同一品种(系)的不同部位单株粒重的差异也较大,所有品种(系)都以中部籽粒较重,但下部粒重较小,而且顶部最小(表 1)。

2.4 籽粒干物质积累动态变化

对 5 个品种(系)不同部位籽粒增重的动态变化采用数学方程模拟,结果符合 logistic 生长曲线方程

$$W = \frac{a}{1 + be^{-kt}}$$
 对方程进行检验,达到极显著水平,并对方程求一阶和二阶导数,得出籽粒增长最大速率出现的时间 T_{max} ,最大增长速率 R_{max} 和籽粒生长曲线上的两个突变点 T_{p1} 和 T_{p2} ,再根据这些参数计算出其他参数。

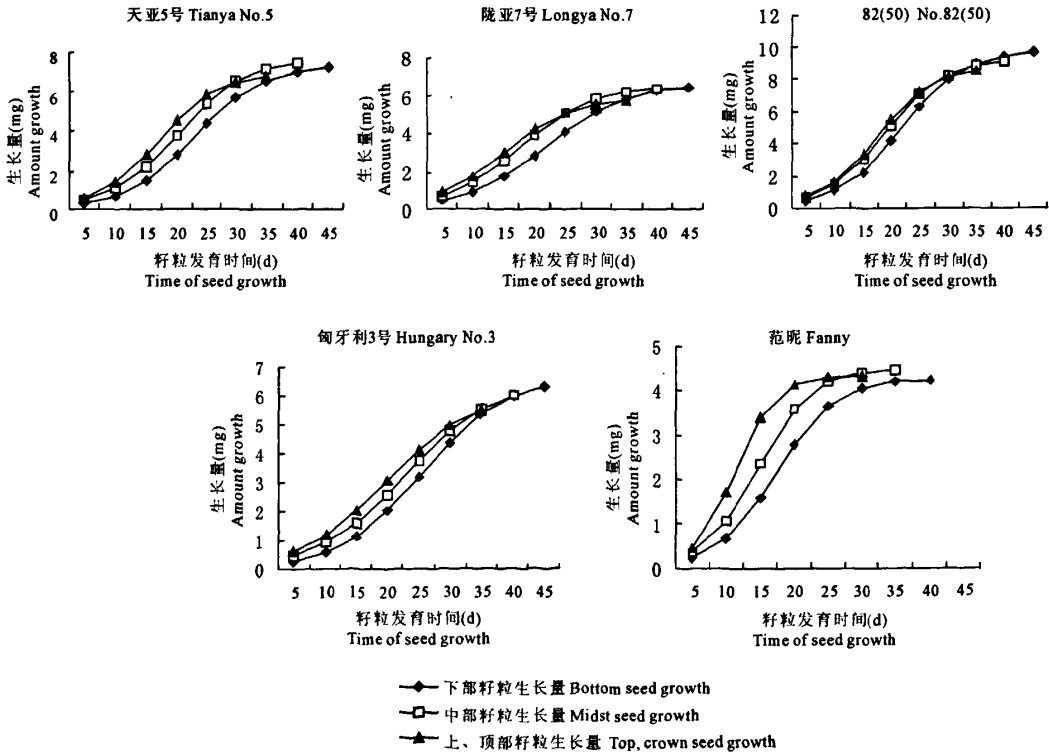


图 1 亚麻不同品种(系)、不同部位籽粒干物质积累过程 Logistic 方程参数

Fig.1 The logistic equation parameter of accumulating process of the seed's dry matter in different kinds and parts of flax

从图 1 中可以看出:同一品种(系)随籽粒形成时期的推迟,从籽粒形成到成熟所经历的时间缩短,

基部籽粒从开花到成熟所经历的时间比中部籽粒和上部籽粒分别延长 3~5 d 和 7~8 d, 平均增长速率、渐增期增长速率、快增期增长速率、和缓增期增长速率, 除匈牙利 3 号外, 都表现出随结实部位增加而升高的趋势, 说明形成晚的籽粒有一个赶超形成早的籽粒的趋势, 但由于时间的差异, 最终还是形成晚的粒重小, 而形成早的粒重大。

不同品种(系)间渐增期、快增期、缓增期所经历的时间差异较大, 下部籽粒渐增期最长的 16.7 d, 最短的 13.2 d, 相差 3.5 d, 中部籽粒最长的 13.7 d, 最短的 9.5 d, 相差 4.2 d, 上部最短的 7.4 d, 最长的 10.8 d, 相差 3.3 d, 快增期分别相差 3.1、5.4、5.0 d, 缓增期分别相差 3.5、7.7、6.2 d, 但各阶段的干物质积累量占全生育期干物质积累量的差异较小。

最大增长速率出现的时间, 不同品种(系)有较大差异, 基部籽粒在开花后的 17.3~25.5 d, 中部籽粒在 14.5~23.3 d, 上部籽粒在 11.3~19.7 d, 同一品种(系)不同部位, 随结实时间的推迟, 最大结实速率来的越早, 所需时间越短。

最大积累速率在不同部位籽粒中比较接近, 82(50)和匈牙利 3 随结实部位上升, 最大积累速率也有所增加, 天亚 5 号和陇亚 7 号则随结实部位上升, 积累速率下降, 范呢则是中间高两头低, 平均积累速率除匈牙利外, 都随结实部位上升而逐渐增加。

2.5 不同部位粒重与各参数的相关分析

通过计算与粒重关系较密切的几个参数的相关系数(表 2), 可以看出, 不同部位的粒重与增长期, 平均增长速率, 最大增长速率, 渐增期, 快增期, 缓增期, 渐增期增长速率, 快增期增长速率, 缓增期增长速率均呈正相关, 其中, 平均增长速率, 在所有部位呈显著正相关, 下部籽粒呈极显著水平, 中、上部籽粒呈显著水平。渐增期和快增期下部籽粒积累速率呈显著水平, 缓增期籽粒积累速率达极显著水平, 其余各参数与籽粒均呈正相关但差异不显著。

3 讨 论

亚麻的花期较长, 尤其在水、肥、热量充足的条件下, 表现出不同程度的无限生长习性, 所以不同时期, 不同部位所结果实成熟度很不一致, 主要经济性状差异较大, 同一品种(系)不同部位所结果实, 除范呢外, 随时间的延迟, 粒重、果粒重、果粒数、结实率都有所降。单株所结果数第 2~3 期最多, 单株花朵数则多数是第 3~4 期最多, 只有范呢和陇亚 7 号的第 2、3 期最多。所有品种(系)都是最后开的花结实率最低, 所结籽粒占株粒重的比例最小。因此,

在生产中应注意选育花期较短, 开花整齐一致的或花期虽然较长, 但前期开花较多, 中下部花朵数所占比例较大, 上部花朵数较少的品种(系)。在栽培中, 通过调节播期和水肥管理或生物激素调控等措施缩短花期, 减少无效花朵数, 减少养分消耗, 提高结实率, 促进养分向有效籽粒中的运转和积累, 有利于增粒增重。

表 2 亚麻不同部位粒重与主要参数的相关系数

Table 2 The correlation coefficients between the seed weight of different parts of flax and main parameter

参数 Parameter	下部粒数 Seeds of bottom	中部粒数 Seeds of midst	上部粒数 Seeds of top
积累期 Increase period	0.7306	0.7178	0.6579
平均积累速率 Average increase velocity	0.9745**	0.8925*	0.8802*
最大积累速率 Max increase velocity	0.9420*	0.8106	0.5586
渐增期 Slow increase	0.4479	0.4302	0.7029
快增期 Rapid increase	0.2624	0.2147	0.2911
缓增期 Slower increase	0.4182	0.3515	0.2896
渐增期积累速率 Slow increase velocity	0.8742	0.8773	0.6701
快增期积累速率 Rapid increase velocity	0.9241*	0.8152	0.5596
缓增期积累速率 Slower increase velocity	0.9627**	0.7231	0.8197

$r_{0.05} = 0.878 \quad r_{0.1} = 0.959$

亚麻粒重与籽粒干物质平均积累速率呈显著正相关, 在所有品种(系)中, 快增期的增长速率又显著高于渐增期和缓增期的增长速率, 所以提高平均积累速率和最大积累速率, 并延长最大积累速率持续的时间, 对于粒重的增加具有重要意义。但不同部位的粒重增长不同, 形成早的籽粒积累时间长, 积累速率低, 而形成较晚的籽粒积累时间短, 积累速率高, 也就是后形成的籽粒增重有一个赶超早形成籽粒的趋势, 但由于时间差异较大, 最终还是以早形成的籽粒较重, 所以生产实践中, 应重点选育结实较集中的品种(系), 减少后期所结果实及无效果实, 保证每粒种子有较充足的营养物质供应, 达到籽粒饱满, 提高产量。

参 考 文 献:

[1] 路 颖. 我国亚麻种质资源的研究与评价利用[J]. 中国麻业, 2004, 26(5): 212—216.
[2] Rubbelen G, Downey R K, Shri A A, 著. 孙万仓, 党占海, 安贤惠, 译. 世界油料作物[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1991: 74—103.

- [3] McGandy R R, Hegsted D M. The Role of Fats in Human Nutrition [M]. London: Academic Press, 1975: 211—230.
- [4] Torres I C, Mira L, Ornelas C P, et al. Study of the dietary fish intake on serum lipids and lipoproteins in two populations with different dietary habits[J]. Br Jour Nutr, 2000, 83(4): 371—379.
- [5] Laurizen I, Blondeau N, Heurteaux C, et al. Polyunsaturated fatty acids are potent neuroprotectors [J]. EMBO Jour, 2000, 19(8): 1784—1793.
- [6] Gill I, Valivety R. Polyunsaturated fatty acids, part 2: Biotransformations and biotechnological applications[J]. Trends Biotechnol, 1997, 15: 470—478.
- [7] 赵兴贵, 陈震. 维生素E抗油脂氧化效果研究[J]. 中国油料作物学报, 2002, 21(3): 58—59.
- [8] 安建平, 牛一川. 亚麻籽粒中维生素E积累规律的研究[J]. 兰州大学学报, 2005, 41(4): 39—42.
- [9] 周祥椿, 韩翠云, 张金. 多抗丰产油纤兼用亚麻品种天亚5号的选育[J]. 中国油料, 1995, 17(3): 46—49.
- [10] 李睿先, 王振华. 油纤兼用抗枯萎病亚麻新品种伊亚2号的选育[J]. 中国油料, 1995, 17(2): 24—29.
- [11] 田玉杰, 张文太, 阴玉华, 等. 亚麻新品种“双亚七号”选育研究[J]. 中国麻作, 2000, 22(4): 5—6.
- [12] 田玉杰, 李秋芝, 阴玉华, 等. 亚麻新品种“双亚八号”选育报告[J]. 中国麻业, 2002, 24(5): 6—8.
- [13] 吴光正, 吴季红, 刘印平, 等. 高寒地区亚麻优质高产栽培技术[J]. 中国麻作, 1995, 17(3): 32—33.
- [14] 潘廷慧, 张振福, 李殿一, 等. 亚麻高产栽培措施的研究[J]. 中国麻作, 1997, 19(2): 29—32.
- [15] 杨素梅, 尹江, 米君, 等. 亚麻主要数量性状的相关遗传力及其通径分析[J]. 河北农业科学, 1998, 2(1): 16—18.
- [16] 安建平, 牛一川. 亚麻籽粒中主要脂肪酸和蛋白质积累过程的研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(7): 1308—1311.
- [17] 牛一川, 陈双恩, 安建平, 等. 亚麻根系活力与主要农艺性状的相关性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 34—38.
- [18] 王信理. 在作物干物质积累的动态模拟中如何合理利用 Logistic 方程[J]. 农业气象, 1986, (2): 1—14.

Study on the accumulating rules about seeds dry matter and blooming and bearing fruit of flax

CHEN Shuang-en, DU Han-qiang, PU Jin

(Tianshui Agricultural School, Qingshui, Gansu 741400, China)

Abstract: Four typical dual-purpose type of oil-cilia varieties (strains) and a cilia-use variety (strain) of flax were selected as test materials. From the early flowering season, the blossoming flowers each day were marked, with every five-day as a period, and the marking was done in three periods, while all the other flowers were regarded as the fourth period. The seeds were picked five days after blossoming and measured to find out dry matter accumulation of seeds in different periods and parts. The result of logistic growth curve equation analysis showed that seeds in middle fruit of cilia type flax were relatively heavy, each had more fruit seeds, and the bottom took the second place, while the top was the lightest; However, the fruit seeds of the dual purpose type flax were heavier, and the maturing rate reduced from bottom to top in proper order. As for a single plant, the output of the middle seeds took the largest proportion. The seeds dry matter accumulation and the average accumulation rate, the max accumulation rate, fast developing period accumulation rate were in positive correlation. Among all of the varieties (series), the developing rate of the fast developing period was notably overtop the increasing and the slowly increasing period, the weight increment was different among different parts of seeds, the bottom seeds of the dual purpose type flax had lower developing rate, long continuous time, more dry matter accumulation, while the top seeds had high developing rate, but had short continuous time, and light seeds. However, the cilia-using type had the same trend, but had little difference among various parts.

Keywords: flax; economic character; seed's dry matter; accumulate