亚麻根系活力与主要农艺性状的相关性研究*

牛一川¹, 陈双恩¹, 安建平², 杜汉强¹

(1. 天水农业学校, 甘肃 清水 741400; 2. 天水师范学院生物系, 甘肃 天水 741000)

摘要:对亚麻根系活力与地上部主要农艺性状进行了研究, 结果表明: 亚麻根系的还原强度以枞形期至现蕾期最高, 以后逐渐递减, 其中上段根递减最快, 其次为中段根, 下段根比较平稳。在枞形期和快速生长期, 上段和中段根的还原强度分别比下段根高出 37.78%~84.6% 和 20.40%~45.39%, 进入成铃期, 三段根的还原强度几乎无差异。还原强度与单株果数、单株粒重、单株花朵数呈高度正相关, 与结实率呈负相关, 根系干重的增长符合 Logistic 生长方程, 根系干重与平均增长速率、渐增期增长速率、快增期增长速率呈极显著正相关, 与增长期长短关系不显著, 根系干重与单株果实数, 单株粒重, 单株花朵数呈极显著正相关, 与结实率呈显著负相关。

关键词: 亚麻; 根系活力; 农艺性状; 相关性

中图分类号: S563.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)02-0034-05

亚麻是我国北方地区的主要油料作物之一, 由于亚麻具有耐旱、耐寒和耐瘠的特点, 在我国广大的干旱、半干旱地区已有几百年的栽培历史。亚麻籽粒中含有大量的人体必需的不饱和脂肪酸和维生素 E, 在西方发达国家, 已将亚麻籽的利用拓展到了医疗保健领域。近年来, 我国对亚麻的研究主要集中在新基因型的选育^[1~6]、栽培措施的改良^[7~8]、主要农艺性状^[9~12]和干物质的积累与氮、磷、钾等营养元素的吸收和分配等方面^[13~14], 以提高抗性, 增加产量, 改善品质, 并取得了重要的进展。

根系是植物生命活动中有着重要作用的器官, 它与植物的生长和产量的形成有着密切的关系。人们已经意识到对根系的研究是进一步提高农作物生产力的极具潜力的基础性课题, 近年来开展了一系列的研究, 并取得了一定的进展^[15~16]。但由于植物根系生长的特殊性和根系生理研究手段的局限, 有关植物根系活力方面的研究报道较少^[17]。而有关亚麻根系活力与主要农艺性状间的关系的研究, 目前国内尚未见报道。为此, 我们以亚麻为材料, 研究了根系活力的变化规律及其与主要农艺性状间的关系, 旨在为亚麻的栽培和育种提供依据。

1 材料与与方法

1.1 材料

供试材料亚麻 (*Linum usitatissimum*) 为具有一定代表性的 4 个兼用型, 1 个纤用型和 3 个 F₁ 代亚麻

基因型, 分别是: 天亚 5 号、陇亚 7 号、82(50)、匈牙利 3 号、范呢(纤用型)、范呢 × 82(50)、天亚 5 号 × 范呢、陇亚 7 号 × 匈牙利 3 号。

1.2 试验方法

试验分大田和土柱栽培两部分, 土柱栽培用牛毛毡卷成高 120 cm, 直径 25 cm 的圆筒, 筒内填满土, 供试土取自大田, 掺入少量细沙, 以增强松散性, 施少量有机肥和过磷酸钙, 浇水沉实, 4 月初播种, 每筒定植 10 株。根系活力的测定分别于枞形期、快速生长期、现蕾期、开花期、成铃期进行, 先将筒土充分浸泡, 用水冲洗净根周围的泥土, 在清水中轻轻分开, 从子叶节处截为地上、地下两部分, 把地下部分为等长的 3 段, 试验于 1999~2000 年在甘肃省天水农业学校试验农场进行, 试验土质为黄绵土, 容重 1.15 g/cm³, 0~20 cm 土层内土壤养分含量速效氮 49.7 mg/kg, 速效磷 16.65 mg/kg, 速效钾 88.06 mg/kg, 土壤有机质含量 1.01%。

1.3 根系活力和根系干重增长规律的测定

根系活力的测定采用 TTC 还原法测定不同部位根系活力^[18], 重复 6 次, 取其平均值; 根系干重增长规律的测定: 出苗后 10 d 开始, 每隔 10 d 取 1 次样, 用水洗净, 在 105℃ 下烘 20 min 杀青, 然后在 75℃ 下烘干至恒重, 采用 Logistic 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, 按王信理的划分方法分为: 干物质渐

* 收稿日期: 2005-08-12

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: 牛一川 (1952-), 男, 甘肃通渭人, 高级讲师, 主要从事亚麻栽培与生理研究。

增期、快增期、缓增期³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的时间和阶段积累速率^[19], 成熟后在大田随机选20株室内考种, 重复3次, 计算各性状平均值。

2 结果与分析

2.1 亚麻根系还原强度的动态变化

用单位时间内每克亚麻根系中引起的TTC的

还原量(鲜重)来表示还原强度。表1显示: 亚麻不同生育时期根系还原强度有较大差异, 其中以现蕾前较高。在8个基因型中, 根系还原强度有7个基因型以快速生长期的平均强度最高, 1个基因型以枞形期最高, 但所有基因型在枞形期、快速生长期和现蕾期都比较接近, 变化平稳, 而进入初花期后迅速下降, 其中开花期后下降更迅速, 说明亚麻根系在生育前期有较高的生活力, 后期生活力衰退较快。

表1 亚麻不同时期根系不同部位还原强度参数(mg/100 g)

Table 1 The deoxidization intensity in different parts of flax roots during different development stages

基因型名称 Genotypes		测定时期 Measurement stages					
		枞形期 Seedling	快速生长期 Rapid growth	现蕾期 Budding	开花初期 Initial blooming	开花末期 Final blooming	成铃期 Capsule forming
天亚5号 Tianya No. 5	上Top	5.8976	5.6071	4.9733	3.3209	2.4357	1.5959
	中Midst	4.9898	5.1274	4.4039	2.9736	2.4016	1.5408
	下Bottom	3.4333	3.6747	3.8442	2.8453	2.3116	1.6475
陇亚7号 Longya No. 7	上Top	5.2324	5.0411	4.2471	2.8410	2.1154	1.5408
	中Midst	4.0353	4.1206	3.4276	2.6216	2.1104	1.4639
	下Bottom	3.0437	3.6915	3.1310	2.4022	1.8143	1.4099
82(50)	上Top	4.2624	4.1654	3.6054	2.4961	1.6724	1.1594
	中Midst	3.1573	3.2987	2.8325	2.1334	1.7619	1.1046
	下Bottom	2.3089	2.8251	2.5236	2.0480	1.6903	1.2116
匈牙利3号 Hungary No. 3	上Top	5.7635	5.2672	4.6545	3.1513	2.2268	1.7246
	中Midst	4.8005	4.7370	4.2019	3.0227	2.1976	1.7434
	下Bottom	3.6860	3.8198	3.6376	2.9088	2.113	1.7717
范呢 Fanny	上Top	4.8691	4.4872	3.8536	2.5910	1.7516	1.0935
	中Midst	4.1974	3.8695	3.2385	2.6007	1.7085	1.0098
	下Bottom	3.2468	3.2682	3.0654	2.4806	1.7132	0.9513
范呢×82(50) Fanny×82(50)	上Top	3.8981	4.4695	4.3663	3.0136	2.0872	1.6212
	中Midst	3.7930	4.0908	4.0602	2.9547	2.0806	1.7004
	下Bottom	3.1016	3.2439	3.0338	2.7885	1.8901	1.4339
天亚5号×范呢 Tianya No. 5×Fanny	上Top	4.9511	4.9418	4.6254	3.5854	2.0332	1.6101
	中Midst	4.5870	4.6376	4.4819	3.3085	1.9838	1.5834
	下Bottom	3.3021	4.0817	3.9683	3.0175	1.8629	1.5618
陇亚7号× 匈牙利3号 Longya No. 7× Hungary No. 3	上Top	5.5675	5.3912	5.2254	3.9006	2.2894	1.8158
	中Midst	4.6490	4.8123	4.6049	3.4750	2.2431	1.8316
	下Bottom	3.8614	3.9654	3.9313	3.2052	2.2937	1.8132

不同基因型同一段位之间根系还原强度的平均值也有较大差异; 同一基因型, 根系还原强度上段根最高, 其次为中段根, 下段根最低。

不同段位根系还原强度的动态变化也不相同, 上段根系活力下降早。在8个基因型中, 有7个以枞形期的最高, 以后递减, 中段根多数在快速生长期活力最高, 以后逐渐下降。下段根系还原强度的高峰期多在快速生长期, 只有一个在现蕾期, 所有基因型的不同段位根系的还原强度均在现蕾前最高, 以后逐渐降低, 上段根系的快速递减期多数在现蕾期至开花期, 开花后下降速度减慢, 进入开花末期后又加快, 有的各时期均衡下降, 速度较慢。中段根系的还原强度多在现蕾后快速下降, 下降速度较上段根系平缓, 下段根系的还原强度在开花期迅速下降, 就不

同区段还原强度的下降速度来看, 上段根系下降迅速, 其次为中段根系, 下段根系的下降速度最慢。在枞形期和快速生长期, 上段根系和中段根系的还原强度比下段根系分别高出37.78%~84.6%和20.40%~45.39%; 进入成铃期后, 上、中、下3段根系的还原强度几乎无差异, 甚至有的下段根的高于中段和上段, 这种变化趋势可能除与根系的分化早晚有关外, 还与它们所处的土壤环境条件有关。

2.2 亚麻根系还原强度与主要经济性状的关系

对以上8个基因型不同时期、不同部位亚麻根系还原强度与各主要性状进行相关分析, 从表2可以看出: 不同时期根系还原强度与单株果数、单株粒重、每果粒数、单株花朵数均呈正相关, 其中与单株果数、单株粒重、单株花朵数呈显著或极显著正相

关,与单株结实率呈负相关。

表2 亚麻不同时期、不同部位根系还原强度与主要农艺性状的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between main agronomical characters and deoxidization intensity of flax in different parts of roots during different development stages

时期和部位 Growth stage and part	果数/株 Capsules /plant	粒数/株 Seeds/plant	粒重/粒 Seed weight /trunk	粒重/果 Seed weight /capsule	粒数/果 Seeds/ capsule	花朵数/株 Flowers/ plant	结实率 Seeding ratio
枞形期 Seedling	0.667	0.559	0.278	0.028	0.557	0.609	-0.341
快速生长期 Rapid growth	0.816	0.762	-0.284	0.358	0.499	0.787	-0.596
现蕾期 Budding	0.774	0.807	0.060	0.325	0.538	0.711	-0.429
开花初期 Initial blooming	0.753	0.767	-0.273	0.229	0.556	0.698	-0.578
开花末期 Final blooming	0.837	0.873	0.012	0.435	0.285	0.790	-0.649
成铃期 Capsule forming	0.944	0.941	0.016	0.365	0.186	0.899	-0.706
上部Top	0.8610	0.8309	-0.1669	0.2507	0.3862	0.7651	-0.6238
中部Midst	0.8934	0.9360	-0.0003	0.4516	0.3189	0.8544	-0.7037
下部Bottom	0.8094	0.7633	-0.3188	0.1503	0.5353	0.7393	-0.5337
全株根 Whole roots	0.7077	0.8091	-0.2480	0.2315	0.4995	0.7741	-0.5830

注 Note: $r_{0.05} = 0.707$, $r_{0.01} = 0.834$

不同部位根系还原强度与单株果数、单株粒重呈显著正相关,与每果粒数、每果粒重呈正相关,但不显著,与结实率呈负相关,但不显著,相对来说,上、中部根系对各性状的影响较大,而下部根系的影响较小。

2.3 根系干重的动态变化

在所测定8个亚麻基因型中,根系干重在出苗后的30 d内增加较慢,中期生长迅速,后期增长较慢。根据测定结果,进行方程模拟,结果符合Logistic

生长曲线方程 $W = \frac{a}{1 + be^{-kt}}$,对方程求一阶导数和二阶导数,分别得一级参数和二级参数(表3),对各参数变化进行分析可以看出,不同基因型之间,根系干重的平均增长速率(R)、最大增长速率(R_{max})、渐增期增长速率(R_1)、快增期增长速率(R_2)、缓增期增长速率(R_3)有较大差异,但各阶段积累干物质质量占全生育期总量的比值却十分接近。

表3 亚麻根系干重增长过程的方程参数与阶段参数

Table 3 Logistic growth-equation of the dry weight of roots

项 目 Item	天亚5号 Tianya No.5	陇亚7号 Longya No.7	82(50)	匈牙利 3号 Hungary No.3	范呢 Fanny	范呢× 82(50) Fanny× 82(50)	天亚5号× 范呢 Tianya No.5 ×Fanny	陇亚7号× 匈牙利3号 Longya No.7× Hungary No.3
K (mg)	416.07	416.40	392.70	450.80	234.50	400.61	429.90	466.25
A	100.24	94.31	121.20	81.47	53.78	99.10	94.52	75.05
B	0.0822	0.0820	0.0976	0.0728	0.0796	0.0902	0.0819	0.0802
T_{max} (d)	56.1	55.4	49.2	56.3	50.0	50.9	55.5	53.8
R_{max} (mg)	8.5503	8.5362	9.5819	8.8244	4.6166	9.0339	8.8022	9.3483
T (d)	100	110	90	100	90	100	100	100
R (mg/d)	4.0500	3.7273	4.2667	4.4000	2.5000	3.9400	4.2000	4.5300
T^1 (d)	40.0	39.4	35.7	39.4	33.5	36.4	39.5	37.4
R^1 (mg/d)	2.1937	2.2355	2.3316	2.4138	1.4778	2.3287	2.3022	2.6310
T^2 (d)	32.1	32.1	27.0	33.7	33.1	29.2	32.2	32.9
R^2 (mg/d)	7.4936	7.4857	8.4003	7.7263	4.0913	7.9208	7.7177	8.1931
T^3 (d)	27.9	38.5	27.3	26.9	23.4	34.4	28.3	29.7
R^3 (mg/d)	2.7493	2.8643	2.7089	3.1420	1.7126	2.2656	2.8525	2.8636

2.4 亚麻根系干重与主要经济性状的关系

通过根系增长量与干物质积累期、平均增长速率、最大增长速率、渐增期的长短、渐增期生长速率、快增期增长速率、缓增期长短、缓增期增长速率相关分析可以看出(表4),亚麻根干重增长量与以上各性

状均呈正相关,与快增期长短呈负相关,其中以平均增长速率、最大增长速率、渐增期的长短、渐增期增长速率、快增期增长速率、缓增期增长速率等性状呈极显著正相关。

表4 根系干重增长与主要参数的相关系数

Table 4 The correlation coefficients between the increase of dry weight of roots and main parameters

项目 Item	根系增 长期 Increase period	平均增 长速率 Average increase velocity	最大增 长速率 Maximum increase velocity	渐增期 Gradual increase period	快增期 Rapid increase period	缓增期 Slow increase period	渐增期 速率 Gradual increase velocity	快增期 速率 Rapid increase velocity	缓增期 速率 Slow increase velocity
<i>r</i>	0.577	0.958**	0.931**	0.757*	-0.044	0.433	0.967**	0.930**	0.912**

注 Note: $r_{0.05}=0.707$, $r_{0.01}=0.834$

在所有基因型中,渐增期占全生育期的35.8%~40.0%,而生长量只占全生育期的22.0%~24.48%,快增期占全生育期的29.2%~36.8%,生长量占生育期的58.61%~60.19%。缓增期占全生育期的26.0%~35.0%,生长量占生育期的17.81%~19.91%,说明亚麻根系干重的增长主要在生育前期,其中以出苗后的35~65 d的一个月内生长最快,因此,要使亚麻根系发达,必须在生育前创造良好环境条件。

2.5 亚麻根系干重与主要农艺性状的相关分析

对8个基因型根系干重与各主要性状进行相关分析,从表5中看出,根系干重与单株果数、单株粒重、单株花朵数呈极显著正相关,与单株结实率呈显著负相关,根系干重与根系还原量对主要农艺性状的影响基本一致,由此可见,发达的根系对单株果数和单株粒重的影响很大,但与结实率呈极显著关系,这可能是根系发达的基因型开花数较多,有较强的无限生长习性。

表5 根系干重与主要农艺性状的相关分析

Table 5 The correlation coefficients between dry weight of roots and main agronomic characters

项目 Item	果数/株 Capsules /plant	粒重/株 Seed weight /plant	粒重/粒 Seed weight /trunk	粒重/果 Seed weight /capsule	粒数/果 Seeds/ capsule	花朵数/株 Flowers /plant	结实率(%) Seeding ratio
<i>r</i>	0.879**	0.932**	0.429	0.526	-0.086	0.869**	-0.885**

注 Note: $r_{0.05}=0.707$, $r_{0.01}=0.834$

3 讨论

研究表明:亚麻根系还原强度的高峰多在生育前期至现蕾期,开花期已迅速下降,而小麦、玉米等多在开花期达到高峰,以后开始下降^[20~22],相比之下,亚麻根系活力下降较早,这可能与亚麻根系木质化过程较早有关,从试验中可以看出:亚麻根系活力衰退较早,停止生长较晚,即使进入成铃期,下段根系仍能保持一定活力。

亚麻根系干重的变化符合 Logistic 生长曲线方程,在现蕾期前虽然是以根系生长为中心的时期,但总生长量少,所以根系干重增长缓慢,进入快速生长期以后,随光合产物的增加,根系干重迅速增加,进入生育后期,尽管根系干重增长缓慢,但并未完全停止生长,即使进入成熟期,其干重仍有所增加,这主要与亚麻的生长习性有关,有些基因型表现出较明

显的无限生长习性。

本试验中根系还原强度、根系干重与单株与结实率呈中度或高度负相关,主要原因是根系发达的基因型花朵数多,有较明显的无限生长习性,所以其结实率较低。

参考文献:

- [1] 周祥春,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.
- [2] 宋宪友,关灵芝,王玉富,等.纤维亚麻新品种黑亚15号选育报告[J].中国麻业,2004,26(2):53-55.
- [3] 米君.油纤兼用型亚麻种间杂交技术研究[J].河北农业科学,2004,8(3):20-24.
- [4] 李今兰,金硕祚,张基德,等.亚麻新品种“延亚1号”选育报告[J].延边农学院学报,1994,16(1):65-68.
- [5] 田玉杰,李秋芝,阴育华,等.亚麻新品种“双亚8号”选育报告[J].中国麻业,2002,24(3):6-8.
- [6] 田玉杰,张文太,阴育华,等.亚麻新品种“双亚7号”选育报告

- [J]. 中国麻作, 2000, 22(4): 5-6.
- [7] 吴光正, 吴季红, 刘印平, 等. 高寒地区亚麻高产优质栽培技术[J]. 中国麻作, 1995, 17(3): 23, 33.
- [8] 潘廷慧, 张振福, 李殿一, 等. 亚麻高产栽培技术研究[J]. 中国麻作, 1997, 19(2): 29-32.
- [9] 刘燕, 王玉富, 关风芝. 亚麻主要农艺性状与单株出麻率关系的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2001, (5): 25-26.
- [10] 聂征, 施杏春, 谭晶荣, 等. 亚麻主要农艺性状间的灰色关联度分析[J]. 宁夏农学院学报, 1994, 15(1): 1-6.
- [11] 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.
- [12] 李明, 李彩凤, 刘月辉, 等. 4个新引进亚麻品种的农艺性状分析[J]. 种子, 1996, 6: 46-47.
- [13] 潘廷慧, 张振福, 李殿一, 等. 亚麻干物质积累与氮磷钾吸收分配的研究[J]. 中国麻作, 1996, 18(1): 34-36.
- [14] 李明, 李彩凤, 刘月辉, 等. 氮素水平对亚麻茎解剖结构及产量形成影响的研究[J]. 黑龙江农业科学, 1997, (4): 19-22.
- [15] Feldman I J. Regulation of root development [J], *Ann Rev Plant Physiol*, 1984, 35: 223-242.
- [16] Kramer P J. Water Relation of Plant [M]. New York: Academic Press, 1983. 113.
- [17] 斯琴巴特尔, 吴红英. 不同逆境对玉米幼苗根系活力及硝酸还原酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 19(2): 67-70.
- [18] 牛俊义, 杨祁峰. 作物栽培学研究方法[M]. 兰州: 甘肃民族出版社, 1998.
- [19] 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, (1): 14.
- [20] 杨青华, 高尔明, 马新明. 砂姜黑土玉米根系生长发育动态研究[J]. 作物学报, 2000, 26(5): 587-593.
- [21] 宋家平, 庄恒扬, 陈后庆, 等. 不同土壤紧实度对棉花根系生长的影响[J]. 作物学报, 1997, 23(6): 719-726.
- [22] 王志芬, 陈学留, 余美炎, 等. 大田冬小麦根系吸收活力的空间分布及其变化动态的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 354-360.

Analysis on correlation between root vigor and main agronomic characters of flax

NIU Yi-chuan¹, CHENG Shuang-en¹, AN Jian-ping², DU Han-qiang¹

(¹. Tianshui Agricultural School, Qingshui, Gansu 741400, China;

². Department of Biology, Tianshui Teacher's University, Tianshui, Gansu 741000, China)

Abstract: The experiment was conducted to determine the correlation between root vigor and main agronomic characters of flax. The results indicated that the deoxidization intensity of roots was the highest during seedling to budding stage of flax, and then it reduced gradually; the deoxidization intensity in the upper part of roots reduced fast, in the middle part was following, and in the lower part was rather stable. During the seedling to budding stage, the deoxidization intensity of the upper part and middle part of roots were higher than that of the lower part by 37.78%~84.6% and 20.40%~45.39%, respectively; however, during capsule forming stage, the deoxidization intensity of the three parts of roots were almost the same. The deoxidization intensity was positively correlated to the number of capsules per plant, seed weight per plant and number of flowers per plant, and negatively correlated to the seeding ratio. The increase of dry weight of roots accorded with logistic growth-equation. The dry weight of roots was significantly positively correlated to the average increase rate, the increase rate at gradual increasing stage and the increase rate at fast increasing stage, but not significantly correlated to the length of growth period; it was significantly positively correlated to the number of capsules per plant, seeds weight per plant and number of flowers per plant, and negatively correlated to the seeding ratio.

Key words: flax; root vigor; agronomic characters; correlation