

# 油用亚麻主要农艺性状相关性及其关联分析

曹洪勋, 夏尊民\*, 孙宇峰, 宋鑫玲, 李秋芝, 王晓楠

(黑龙江省科学院大庆分院, 黑龙江 大庆 163319)

**摘要:**为了研究影响种子含油率的主要因素,本试验采用随机区组设计,将参试的23个油用亚麻品种的10个农艺性状进行相关分析及灰色关联度分析,结果表明:与种子含油率呈显著正相关的性状有蒴果大小、千粒重和小区产量;呈负相关的有株高、工艺长度。种子含油率与其他9个农艺性状的关联度大小排序为:蒴果大小>单果粒数>株高>千粒重>主茎分枝数>小区种子产量>分茎数>单株蒴果数>工艺长度。蒴果大小和单果粒数反映的是植株潜在增产因子,株高是油用亚麻植株的抗倒伏因子,千粒重、主茎分枝数、小区种子产量为种子产量影响因子,在今后油用亚麻引种及品种选育时应重点关注以上指标。

**关键词:**油用亚麻; 种子含油率; 关联分析

中图分类号: S563.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2019)05-0015-05

## Correlation and Grey Relation Analysis of Main Agronomic Traits of Crown Flax

CAO Hongxun, XIA Zunmin\*, SUN Yufeng, SONG Xinling, LI Qiuzhi, WANG Xiaonan

(Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Sciences, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In order to find out the main factors affecting oil content of seeds, the randomized block design was adopted. Then, the correlation and grey relation analysis of 10 agronomic traits of 23 oil flax varieties were carried out. The results showed that the seed oil content was significantly correlated with capsule size, thousand-grain weight and plot yield, while negatively correlated with plant height and technical length. The results of grey relation analysis showed that the order of relation degree between seed oil percentage and other 9 agronomic traits was capsule size > seed number of single capsules > plant height > thousand-grain weight > branch number of main stems > seed yield in plot > stem number > capsule number of single plant > technical length. Capsule size and seeds number of single grains were potential yield-increasing factors, and plant height was the lodging resistance factor of crown flax, and thousand-grain weight, branches number of main stem and seed yield in plot were the factors of seed yield. In the future, the introduction and breeding of crown flax varieties should focus on the above indicators.

**Key words:** Crown flax; Oil content of seeds; Grey relation analysis

亚麻按照用途可分为纤用亚麻、油用亚麻和兼用型亚麻<sup>[1]</sup>。油用亚麻是重要的油料植物,亚麻籽油是高级的保健油,是目前 $\omega$ -3脂肪酸含量最高的植物油脂<sup>[2]</sup>。不同品种含油率不同,种子产量也有明显差异。油用亚麻的研究以提高种子产量为主要目的,采用因子分析等方法研究农艺性状间的关系。张丽丽等<sup>[3]</sup>采用主成分分析法研

究油用亚麻种质资源,选取方差累计贡献率达80%的前3个主成分对供试材料进行综合评价。杜刚等<sup>[4]</sup>采用因子分析,研究油用亚麻种质资源的变异度,结果表明:将能代表7个性状的前3个因子归类为产量因子、单果种子数因子和株形因子。因子分析能够明确农艺性状间的主次因素,但是研究影响某一性状的主要因素就需要进一步分析。在各类分析方法中,关联分析能够明确系统中各因素之间的主要关系,找出影响最大的因素,并在实际应用中把握主要矛盾<sup>[5]</sup>。申忠宝等<sup>[6]</sup>利用关联度分析对与大豆单株产量相关的8个性状进行分析,结果表明:关联度为0.42的单株粒数与单株产量最为密切,关联度为0.39主茎分枝数

收稿日期: 2018-12-21

基金项目: 省院所基本应用技术专项(ZNJJ2018DQ01)

作者简介: 曹洪勋(1982-),男,农艺师,硕士,从事亚麻育种研究。

通讯作者: 夏尊民,男,研究员级高级农艺师, E-mail: xiazun-min68@126.com

列为第二,主茎节数影响最小。万卫东等<sup>[7]</sup>等用灰色关联度分析方法,研究影响亚麻产量的7个农艺性状,结果表明:产量因子关联度大小顺序为茎粗>初花期>生育期>工艺长度>株高>出麻率>分枝数。目前,与种子含油率相关的农艺性状的关联分析研究鲜有报道,故本文采用相关分析和灰色关联分析研究与含油率相关的农艺性状,探讨影响含油率的重要因子,为高油资源的引种及高油品种选育奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验采用来自不同国家和地区的油用亚麻品种23份。其中来自加拿大的品种2份,中国品种

2份,德国品种2份,俄罗斯(苏联)品种5份,瑞典品种4份,美国品种2份,荷兰品种2份,法国品种2份,其他来源2份。基本信息见表1。

### 1.2 试验方法

采用随机区组试验设计,行长4 m,行距20 cm,区组间距45 cm,每个品种种植3行,3次重复,以国内品种克-420为对照。试验采取大田条播的方式进行,播种密度800粒/m<sup>2</sup>,田间管理同一般大田。

### 1.3 数据采集及处理

在油用亚麻成熟期每个小区随机取20株考种,考察10个主要农艺性状,采用excel统计分析农艺性状平均值(见表1)及关联度计算,利用SAS作相关分析。

表1 参试品种各农艺性状平均值

材料	原产地	株高 (cm)	工艺长度 (cm)	分茎数 (个)	主茎分枝 数(个)	单株蒴果 数(个)	蒴果大小 (mm)	千粒重 (g)	单果粒数 (个)	小区种子 产量(g)	含油率 (%)
200913	加拿大	70.23	48.70	0.57	5.13	16.37	6.35	4.96	7.77	164.00	40.37
74154	阿城	81.47	59.13	0.63	5.07	25.87	6.31	4.01	6.97	126.50	39.96
200102	德国	70.30	42.80	1.03	5.30	26.60	6.72	5.09	8.53	162.80	39.47
74024	苏联	60.30	35.93	1.60	6.77	35.17	6.27	4.40	8.33	150.37	39.40
克-420	中国	66.00	36.90	1.43	4.83	35.83	6.77	5.55	8.13	202.10	39.22
74133	瑞典	65.80	36.30	1.53	5.30	32.30	6.81	5.72	6.80	132.20	38.76
7328	瑞典	64.93	40.07	0.77	5.90	20.00	6.53	4.31	7.63	204.93	38.71
74026	苏联	68.90	45.57	0.80	5.83	27.33	6.31	4.29	8.63	199.35	38.63
201420	美国	75.00	49.93	1.47	4.60	26.07	6.29	4.19	6.80	204.40	38.62
201432	俄罗斯	75.60	50.57	1.07	5.77	32.90	6.06	4.37	6.83	170.13	38.04
200917	欧洲	65.67	38.67	1.37	5.93	33.77	6.72	5.99	7.07	167.43	37.82
74002	苏联	73.80	47.57	0.83	5.60	27.27	6.43	3.98	7.30	152.47	37.47
8938	国外	63.40	35.20	1.13	5.47	25.67	6.61	5.57	5.33	119.20	37.21
201425	荷兰	72.57	50.73	1.73	6.07	27.00	6.20	4.60	5.93	146.50	36.81
74115	瑞典	67.23	43.43	1.63	5.57	34.33	6.36	3.94	7.70	172.60	36.44
8602	法国	77.30	49.63	1.47	4.80	25.30	6.13	3.71	7.60	147.27	36.31
8618	西德	83.63	63.20	1.10	4.77	17.77	5.83	3.54	7.23	83.67	36.15
74134	瑞典	65.77	38.70	0.80	5.20	27.03	6.42	4.36	6.77	113.20	35.97
200744	荷兰	69.07	41.47	1.43	5.73	37.03	6.71	4.53	8.73	200.60	35.46
8603	美国	83.80	63.27	0.87	6.07	18.93	5.75	3.64	6.97	118.30	35.31
201409	加拿大	85.87	65.43	1.47	5.60	19.07	6.14	4.12	8.07	141.90	34.97
8212	法国	86.77	65.87	1.10	5.90	17.33	6.39	4.15	8.47	158.87	34.70
201233	俄罗斯	71.87	46.67	1.00	4.63	18.90	6.04	3.93	8.03	137.20	33.68

## 2 结果与分析

### 2.1 参试品种主要农艺性状相关分析

相关分析能够明确两个农艺性状间的相互关系,是关联分析的基础。试验将9个农艺性状及1

个品质性状进行相关分析获得55对相关系数阵(见表2),对相关系数显著性检验结果表明:种子含油率与蒴果大小、千粒重呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与小区种子产量呈显著正相关( $P<0.05$ );与株高和工艺长度呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与

其他性状相关性差异不显著( $P>0.05$ )。蒴果大小与株高、工艺长度分别呈极显著负相关( $P<0.01$ ),千粒重与株高、工艺长度也分别呈极显著负相关

( $P<0.01$ )。单株蒴果数与蒴果大小、千粒重、分茎数呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与株高、工艺长度呈极显著负相关( $P<0.01$ )。

表2 各农艺性状相关系数

	株高	工艺长度	分茎数	主茎分枝数	单株蒴果数	蒴果大小	千粒重	单果粒数	小区种子产量	含油率
株高	1.0000									
工艺长度	0.9754**	1.0000								
分茎数	-0.1641	-0.1945	1.0000							
主茎分枝数	-0.1871	-0.0799	0.1433	1.0000						
单株蒴果数	-0.5991**	-0.6528**	0.5217**	0.2391	1.0000					
蒴果大小	-0.6264**	-0.6990**	0.1478	0.0283	0.5327**	1.0000				
千粒重	-0.6065**	-0.6473**	0.1965	0.0769	0.4407**	0.7937**	1.0000			
单果粒数	0.0578	0.0686	-0.0415	0.0800	0.0297	0.1045	-0.1880	1.0000		
小区种子产量	-0.3351	-0.3361	0.1438	0.1197	0.3827**	0.4459	0.2160	0.4499**	1.0000	
含油率	-0.4312**	-0.4020**	-0.1778	0.0265	0.3008	0.4171**	0.4482**	-0.0381	0.3298*	1.0000

## 2.2 与种子含油率相关性状关联分析

### 2.2.1 原始数据初值化及各性状绝对差值计算

由于不同品种农艺性状值相差较大,根据可比性、可接近性原则,将表1中的原始数据进行无量纲化处理。设种子含油率为参考数列 $Y_{ij}$ ,调查获得主要农艺性状有株高、工艺长度、分茎数、主茎分枝数、单株蒴果数、蒴果大小、千粒重、单果粒数、小区种子产量、种子含油率,分别设为 $X_i$

(1)、 $X_i(2)$ 、 $X_i(3)$ 、 $X_i(4)$ 、 $X_i(5)$ 、 $X_i(6)$ 、 $X_i(7)$ 、 $X_i(8)$ 、 $X_i(9)$ 和 $X_i(10)$ ,以克-420所在农艺性状为参考数列 $X_{ij}(1)$ 。根据公式 $Y_{ij} = Y_{ij}(k)/Y_{ij}(1)$ , $X_i(k) = X_i(k)/X_{ij}(1)$ ,将原始数据初值化,获得初值化数列。设种子含油率为参数数列 $Y_{ij}(k)$ ,根据表1的数据及公式 $\Delta ij(k) = |Y_{ij}(k) - X_{ij}(k)|$ ,计算得参考数列 $Y_{ij}(k)$ 与 $X_{ij}(k)$ 的绝对差值(见表3)。

表3 各性状绝对值之差

$X_i(1)$	$X_i(2)$	$X_i(3)$	$X_i(4)$	$X_i(5)$	$X_i(6)$	$X_i(7)$	$X_i(8)$	$X_i(9)$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0349	0.2906	0.6329	0.0336	0.5724	0.0912	0.1355	0.0739	0.2177
0.2153	0.5835	0.5761	0.0300	0.2971	0.0869	0.2971	0.1621	0.3931
0.0588	0.1535	0.2838	0.0909	0.2640	0.0133	0.0899	0.0432	0.2009
0.0911	0.0309	0.1142	0.3963	0.0232	0.0790	0.2119	0.0203	0.2607
0.0088	0.0045	0.0841	0.1091	0.0867	0.0182	0.0424	0.1518	0.3341
0.0033	0.0987	0.4510	0.2344	0.4289	0.0226	0.2099	0.0482	0.0269
0.0589	0.2499	0.4256	0.2227	0.2221	0.0525	0.2120	0.0769	0.0014
0.1518	0.3686	0.0410	0.0322	0.2571	0.0555	0.2290	0.1482	0.0268
0.1756	0.4005	0.2240	0.2240	0.0517	0.0743	0.1831	0.1294	0.1281
0.0306	0.0836	0.0086	0.2641	0.0219	0.0283	0.1156	0.0951	0.1358
0.1629	0.3338	0.3725	0.2041	0.1943	0.0050	0.2382	0.0574	0.2009
0.0118	0.0051	0.1563	0.1830	0.2325	0.0271	0.0554	0.2928	0.3590
0.1609	0.4363	0.2735	0.3174	0.1850	0.0233	0.1098	0.2088	0.2137
0.0896	0.2480	0.2131	0.2234	0.0291	0.0108	0.2192	0.0180	0.0751
0.2455	0.4194	0.0999	0.0681	0.2196	0.0207	0.2578	0.0091	0.1970
0.3455	0.7910	0.1525	0.0652	0.4258	0.0605	0.2839	0.0320	0.5077
0.0793	0.1316	0.3578	0.1594	0.1627	0.0311	0.1316	0.0849	0.3571
0.1423	0.2196	0.0981	0.2828	0.1294	0.0874	0.0886	0.1700	0.0884

续表 3

X <sub>i</sub> (1)	X <sub>i</sub> (2)	X <sub>i</sub> (3)	X <sub>i</sub> (4)	X <sub>i</sub> (5)	X <sub>i</sub> (6)	X <sub>i</sub> (7)	X <sub>i</sub> (8)	X <sub>i</sub> (9)
0.3694	0.8142	0.2942	0.3557	0.3719	0.0515	0.2444	0.0434	0.3149
0.4093	0.8816	0.1339	0.2677	0.3596	0.0152	0.1494	0.1005	0.1896
0.4093	0.8816	0.1339	0.2677	0.3596	0.0152	0.1494	0.1005	0.1896
0.2302	0.4060	0.1594	0.1006	0.3312	0.0340	0.1506	0.1294	0.1798

2.2.2 农艺性状关联系数及关联度计算

由表3计算得到二级最小差值  $\frac{\min}{i} \frac{\min}{k} \Delta ij_k = 0$ ,

二级最大差值  $\frac{\max}{i} \frac{\max}{k} \Delta ij_k = 0.8816$ , 分辨系数  $\delta$  取 0.5, 根据公式

$$\xi_{ij_k} = \frac{\frac{\min}{i} \frac{\min}{k} \Delta ij_k + \delta \frac{\max}{i} \frac{\max}{k} \Delta ij_k}{\Delta ij_k + \delta \frac{\max}{i} \frac{\max}{k} \Delta ij_k}$$

求出 Y<sub>ij</sub> 与 X<sub>i</sub>(k) 在 K 性状上的关联系数 (见表 4)。

表 4 各农艺性状关联系数

X <sub>i</sub> (1)	X <sub>i</sub> (2)	X <sub>i</sub> (3)	X <sub>i</sub> (4)	X <sub>i</sub> (5)	X <sub>i</sub> (6)	X <sub>i</sub> (7)	X <sub>i</sub> (8)	X <sub>i</sub> (9)
0.9266	0.6027	0.4105	0.9292	0.4350	0.8285	0.7649	0.8564	0.6694
0.6718	0.4303	0.4335	0.9363	0.5974	0.8352	0.5974	0.7311	0.5286
0.8824	0.7417	0.6083	0.8290	0.6254	0.9707	0.8306	0.9107	0.6870
0.8288	0.9345	0.7943	0.5266	0.9500	0.8479	0.6753	0.9560	0.6284
0.9805	0.9900	0.8398	0.8016	0.8356	0.9603	0.9122	0.7438	0.5689
0.9927	0.8170	0.4943	0.6528	0.5068	0.9513	0.6774	0.9014	0.9424
0.8821	0.6382	0.5088	0.6643	0.6649	0.8937	0.6752	0.8514	0.9968
0.7439	0.5446	0.9148	0.9319	0.6316	0.8882	0.6581	0.7484	0.9427
0.7152	0.5240	0.6631	0.6630	0.8951	0.8558	0.7065	0.7731	0.7749
0.9350	0.8406	0.9809	0.6253	0.9527	0.9396	0.7923	0.8225	0.7644
0.7302	0.5691	0.5419	0.6835	0.6941	0.9887	0.6492	0.8848	0.6869
0.9739	0.9885	0.7383	0.7066	0.6547	0.9421	0.8883	0.6009	0.5511
0.7326	0.5026	0.6171	0.5813	0.7043	0.9498	0.8006	0.6786	0.6735
0.8311	0.6400	0.6741	0.6636	0.9380	0.9760	0.6679	0.9607	0.8545
0.6423	0.5124	0.8152	0.8662	0.6675	0.9551	0.6309	0.9798	0.6911
0.5606	0.3578	0.7430	0.8712	0.5086	0.8792	0.6083	0.9323	0.4647
0.8476	0.7701	0.5520	0.7344	0.7304	0.9341	0.7701	0.8385	0.5525
0.7560	0.6675	0.8179	0.6091	0.7731	0.8345	0.8327	0.7217	0.8330
0.5441	0.3512	0.5997	0.5534	0.5424	0.8955	0.6433	0.9104	0.5833
0.5185	0.3333	0.7669	0.6221	0.5507	0.9666	0.7469	0.8143	0.6993
0.5185	0.3333	0.7669	0.6221	0.5507	0.9666	0.7469	0.8143	0.6993
0.6569	0.5205	0.7344	0.8142	0.5710	0.9285	0.7454	0.7730	0.7102
0.7669	0.6186	0.6825	0.7222	0.6809	0.9176	0.7282	0.8275	0.7047

根据公式  $r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_{ij(k)}$ , N 为样本数, 分别求得各因素 X<sub>i</sub>(k) 与倒伏级 Y<sub>ij</sub> 的关联度 (见表 5)。从表中可以看出影响种子含油率的主要农艺性状因子顺序为: 蒴果大小 > 单果粒数 > 株高 > 千粒重 > 主茎分枝数

> 小区种子产量 > 分茎数 > 单株蒴果数 > 工艺长度。由此可以看出与种子含油率关联程度最大的是蒴果大小和单果粒数, 这两个性状反映的是植株潜在增产因子; 其次是株高, 它反映的是油用亚麻植株的抗倒伏因子; 第三, 千粒重、主茎分枝数、小区种子产量

为种子产量影响因子,在以后油用亚麻引种及品种选育时应重点关注以上指标。

表5 与含油率相关性状因子关联度及排序

农艺性状	关联度	排序
株高	0.7669	3
工艺长度	0.6186	9
分茎数	0.6825	7
主茎分枝数	0.7222	5
单株蒴果数	0.6809	8
蒴果大小	0.9176	1
千粒重	0.7282	4
单果粒数	0.8275	2
小区种子产量	0.7047	6

### 3 讨论

#### 3.1 农艺性状相关系数讨论

从相关分析结果上看,油用亚麻种子含油率与蒴果大小、千粒重呈极显著正相关( $P<0.01$ ),相关系数分别为0.4171和0.4482;与小区种子产量呈显著正相关( $P<0.05$ ),相关系数为0.3298;与株高和工艺长度呈极显著负相关( $P<0.01$ ),相关系数分别为-0.4312和-0.4020;蒴果大小、千粒重与株高、工艺长度分别呈极显著负相关,相关系数分别为-0.6264、-0.6990、-0.6065、-0.6473。从数据上初步判断影响种子含油率的正向因子为蒴果大小和千粒重,负向因子为株高和工艺长度。

#### 3.2 关联分析讨论

农艺性状的相关性分析不能明确与含油率的相关程度,只是粗略反映正向相关还是负向相关,为了进一步研究影响种子含油率的主因子,采用关联分析法研究农艺性状与种子含油率的关联度,结果表明:与种子含油率相关的农艺性状关联度的排列顺序为:蒴果大小>单果粒数>株高>千粒重>主茎分枝数>小区种子产量>分茎数>单株蒴果数>工艺长度。从结果上看与含油率关联度最大的为蒴果大小,最小的为工艺长度。蒴果大小反映出种子的大小,单果粒数反映出单株的结实能力,体现油用亚麻增产的潜力;株高排在第三位,是一个与倒伏相关的因子,株高越高,越容易倒伏,材料的倒伏直接影响种子产量。同时株

高与含油率呈负相关,说明株高越高单株蒴果数越少,结实潜力越低,含油率越低。千粒重、主茎分枝数与小区种子产量反映出产量因子,分茎数与单株蒴果数反映的是播种密度及出苗的程度,工艺长度虽然与含油率呈负相关,但却是次要的因子。李建增等<sup>[8]</sup>认为千粒重、单果粒数,单株蒴果数和粗脂肪含量是构成油用亚麻产油量的重要性状,本文的研究结果与其具有一致性。若要筛选高含油率的材料,应以蒴果大、单果粒数多、千粒重大、植株矮化抗倒伏为主要目标。

#### 3.3 展望

油用亚麻种质资源评价及新品种选育工作中,以往只是关注提高种子产量,通过筛选单株蒴果数多,单株种子产量高、千粒重大的品系,高经济价值性状研究较少。在近几年的研究中,种子品质性状与农艺性状的相关性研究较多<sup>[9]</sup>,亚麻种子中 $\alpha$ -亚麻酸、 $\Omega$ -3不饱和脂肪酸、木酚素、油酸、亚油酸等指标成为研究热点,通过研究其与农艺性状的关联特性,从而找出影响其含量的农艺性状因子,为新品系田间选育及特异性油用亚麻资源筛选提供理论依据及数据支撑。

#### 参考文献:

- [1] 张雪,徐立群,王庆峰,等.不同用途亚麻的研究进展[J].东北农业科学,2018,43(5):16-20.
- [2] 杨野全.亚麻籽油抗氧化及降血糖功效的研究[D].长春:吉林大学,2016.
- [3] 张丽丽,刘晶晶,乔海明,等.从俄罗斯引进亚麻种质资源的农艺性状评价[J].中国油料作物学报,2017,39(5):698-703.
- [4] 杜刚,王家银,杨若菡,等.外引油用亚麻品种资源农艺性状的多元统计分析[J].西南农业学报,2016,29(4):770-774.
- [5] 陶永峰,张胜华,李文璟,等.基于层次分析和灰色关联分析的评价模型在卷烟多点加工质量评价中的应用[J].中国烟草学报,2017,23(1):43-49.
- [6] 申忠宝,王建丽,潘多锋,等.大豆单株产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].中国农学通报,2012(33):75-77.
- [7] 万卫东,曾林,宋云飞,等.纤维亚麻品种产量相关因素的灰色关联度评价[J].安徽农业科学,2014,42(14):4218-4219,4221.
- [8] 李建增,杨若菡,吴学英,等.外引油用亚麻品种资源鉴定与评价[J].西南农业学报,2017,30(10):2210-2217.
- [9] 王立新,成慧娟,张娣,等.粒用高粱主要农艺性状的相关和通径分析[J].吉林农业科学,2015,40(5):31-33.