

大豆含油率的农业气候分析及黑龙江省 大豆含油率的地理分布区划

祖 世 亨

(黑龙江省气象科学研究所)

引 言

大豆做为我国重要的经济作物,以其油份高、质量好,而驰名世界。关于大豆产量的气象条件分析,国内外早有许多研究报导,而关于产品质量方面的研究尚少。由于我国大豆是食油的主要原料,约有40%的大豆用于榨油,出口的大豆也以摄取油份为主,因而研究大豆的含油问题是农业各个学科的重要课题。研究大豆含油率与气候因子之间的关系是农业气象学科的一个理论问题,也是进行大豆品种类型分布及育种区域划分等工作的气候依据。本文用数学分析的方法,研究各地大豆含油率与气候条件的关系;分析著名大豆产区海伦县大豆含油率年际变化的气象条件并对黑龙江省的不同大豆品种在六个不同生态地点含油量的比较进行分析研究,进而对黑龙江省大豆含油率的地理分布作一初步探讨。

资 料

1. 全国各地大豆含油率系调查资料,其材料来源的数量、年代、品种虽不尽一致,但尚可用作一般的趋势分析。

2. 海伦县历年大豆含油率资料,取自海伦县制油厂化验室的风干全样去杂种粒的含油率。品种为当地主栽的绥农一号、绥农三号、丰收十号、丰收十二号等。为了分析准确,使资料具有代表性,均选用四月至七月份加工的大豆实际化验资料,代表上一年大豆的含油率。

3. 黑龙江省各地大豆含油量为黑龙江省农科院1962~1964年在全省各地大豆品种生态试验的完整资料,供试材料为克霜、小黄豆等20个品种。

4. 1980年黑龙江省各县大豆化验品率资料,由黑龙江省粮食局工业处提供。

本文承黑龙江省农业科学院大豆所王彬如、翁秀英研究员审阅指导和热情提供资料,表示诚挚的感谢!

分 析

一、大豆含油率的地域变化

据全国18省代表性品种含油率测定的结果表明，大豆平均含油率为18%，最高21.9%，最低15.1%，吕世霖等（植物杂志77年5月）分析含油率与地理纬度关系如表1。

表 1 大豆含油率与地理纬度

北 纬 (度)	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50
含油率 (%)	17.0—18.3	15.1—18.4	16.2—18.9	15.2—19.5	17.7—21.7	17.4—21.9

一般认为大豆含油率的高低与其地理分布有关，即高纬度地区的大豆含油率较高，低纬度地区的大豆含油率亦较低。这是因为在我国大部分农区大豆生长季的气候条件随纬度的增高而呈线性的变化，如气温、雨量是随纬度的增高而递减，日照、温差则随纬度的增高而增大。地理纬度影响大豆含油率变化只是表面现象，其实质是气候条件的变化影响大豆含油的高低（表2）。

表 2 各地大豆含油率与地理纬度及气候条件*

地 区	纬 度	含 油 率	气 温	降 水	日 照	温 差
	北纬 (度)	(%)	(度)	(毫米)	(小时)	(度)
① 黑 龙 江	45	22.2	18.6	484.8	1330	13
② 吉 林	44	22.1	18.8	553.2	1296	12
③ 辽 宁	42	19—21	20.7	699.4	1180	10
④ 华 北	40	18	22.8	714.4	1250	11
⑤ 长 江	32	16.5	24.6	646.5	880	8
⑥ 湖 南	28	16.2	26.1	735.6	1000	10
⑦ 广 西	23	17.4	27.3	913.1	910	9

* 含油率资料①引自黑龙江省科技情报所1981年大豆会议材料。

③④⑤摘自东北农学院大豆栽培讲义。

②⑥⑦引自植物杂志1977年5期15页。

上述资料均未标注品种，样本数量、年代，只代表各地主要品种含油的平均状况。

气象资料系中国气候图集1951—1960年5—9月平均值。

由表1可见，在全国大范围内大豆含油率有随气温降低而增高，随降水减少而增高，随日照时数增加而增高，随昼夜温差加大而增高的趋势。

统计分析表明，含油率与生育期的气温、降水呈负相关，与日照、气温日较差呈正相关（图1），它们的相关系数分别为：含油与气温 $r_T = -0.94^{**}$ ($\alpha = 0.01$)，含油与降水 $r_R = -0.72^*$ ($\alpha = 0.05$)，含油与日照 $r_S = 0.85^{**}$ ($\alpha = 0.01$)，含油与温差 $r_D = 0.82^*$ ($\alpha = 0.05$)。说明气候凉爽，雨量较少，光照充足，昼夜温差大的气候条件有利于大豆含油的提高。若以 Y 代表含油率， T 代表气温， R 代表降水， S 代表日照， D

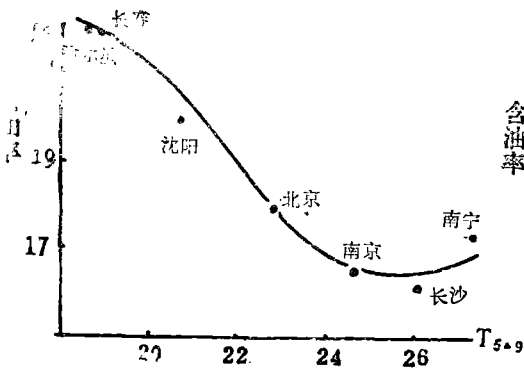


图 1—1 含油率与气温 (°C)

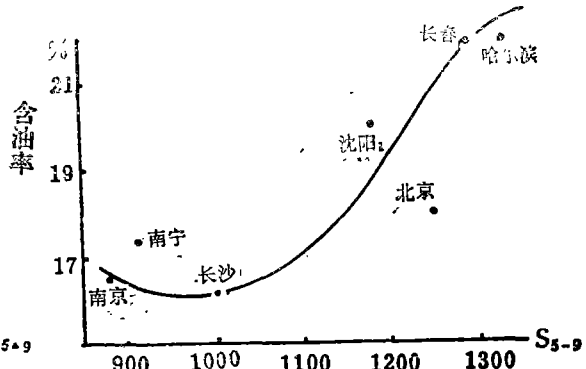


图 1—3 含油率与日照 (小时)

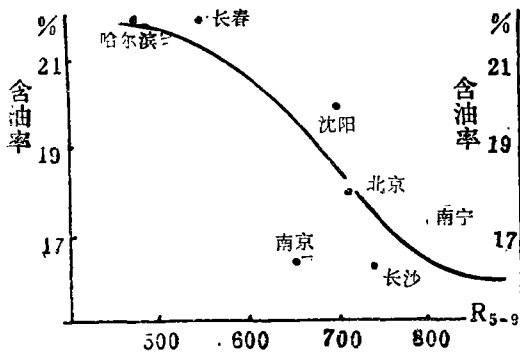


图 1—2 含油率与降水 (毫米)

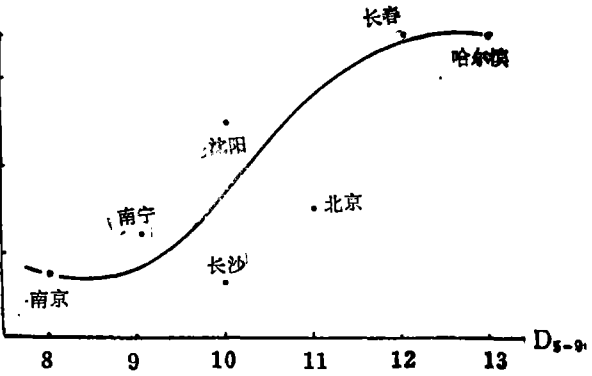


图 1—4 含油率与温差

图 1 含油率与各地气象要素相关曲线

代表温差, 则可建立如下多元线性回归方程式:

$$\hat{Y} = 44.3 - 1.36T + 0.01R - 0.01S + 0.95D \quad (1)$$

$$F = 16.15^{**} (\alpha = 0.01)$$

为得知各气象要素影响含油率的主次关系, 对上式进行各因素偏回归平方和 (P_i) 及其显著性水平 (F_i) 的计算:

$$\begin{aligned} P_1 &= 6.3779 & F_1 &= 11.2843 \\ P_2 &= 2.4365 & F_2 &= 4.1837 \\ P_3 &= 2.2936 & F_3 &= 4.0581 \\ P_4 &= 2.2012 & F_4 &= 3.8946 (\alpha_{0.25} = 3.23) \end{aligned}$$

显著性水平均超过 0.25, 其中 F_1 值较大, 接近 0.05 水平。因此, 气温是影响大豆含油变化的主要因子, 对 (1) 式求 T 的偏微商得: $\frac{\partial Y}{\partial T} = -1.36$

即生育期平均气温每降低 1 °C, 大豆含油率提高 1.36%。

二、大豆含油率的年际变化

以黑龙江省著名的大豆产区海伦县为例，分析其大豆含油率的年际变化（表3）。为统计资料方便，将大豆发育阶段粗略地按月份划分如下：六月份——幼苗期，七月份——开花到结荚期，八月份——结荚到鼓粒期，九月份——鼓粒到成熟期。

1. 含油率与气象因子的单相关

计算含油率与各发育阶段平均气温 (T_i)、降水量 (R_i)、日照时数 (S_i)、气温日较差 (D_i) 的相关系数如表4。

表4 大豆含油率与各发育阶段气象要素的相关系数

发育阶段	平均气温	降水量	日照时数	温差
幼苗期	0.25	-0.02	0.47	0.49
开花—结荚期	0.09	-0.31	-0.05	0.25
结荚—鼓粒期	0.19	-0.26	0.39	-0.50
鼓粒—成熟期	0.31	-0.25	0.37	0.39

从表4中看出，①含油率与气温的相关系数各发育期均为正值，与降水量的相关系数

表3 海伦县历年大豆含油率与气候条件

年代	含油率* %	幼苗期				开花—结荚期				结荚—鼓粒期				鼓粒—成熟期			
		T	R	S	D	T	R	S	D	T	R	S	D	T	R	S	D
1969	17.22	17.7	62.3	291.2	13.7	21.1	145.8	254.1	10.3	18.5	262.3	195.7	8.7	12.0	48.7	283.7	12.4
1970	17.56	20.4	48.5	331.0	14.0	21.9	133.5	221.7	9.3	20.2	78.5	292.0	11.3	12.7	79.8	200.4	10.6
1971	16.86	19.8	73.3	319.1	12.0	20.6	30.1	270.9	10.8	18.7	149.8	281.4	11.3	12.8	92.2	201.2	10.8
1972	15.61	16.9	161.7	248.1	11.1	21.1	240.9	258.5	9.3	17.3	127.9	258.3	13.8	11.7	90.4	201.1	9.6
1973	16.93	19.5	68.8	317.3	12.3	22.5	141.6	236.6	9.4	18.9	211.2	261.2	9.3	14.6	26.2	309.4	19.4
1974	16.64	16.6	125.0	209.9	9.7	23.1	138.6	292.0	10.1	19.9	70.3	275.9	10.4	13.3	132.9	178.6	8.8
1975	16.85	19.9	215.9	293.0	11.2	20.8	151.9	260.9	9.4	20.2	91.4	330.7	12.2	13.7	33.9	267.0	12.7
1976	17.05	17.9	93.1	304.3	12.5	22.4	66.7	308.2	12.4	17.6	82.7	282.7	11.6	13.8	6.1	276.9	14.8
1977	17.26	17.5	130.8	249.1	10.8	22.0	147.8	264.8	9.5	19.3	15.6	302.2	12.1	12.9	25.3	288.7	15.1
1978	17.25	20.9	111.1	287.5	13.1	20.8	155.1	285.1	10.8	19.6	47.8	261.9	10.6	13.3	64.0	252.9	12.5
1979	17.54	19.3	142.7	262.1	10.9	21.6	116.7	287.8	10.1	18.8	55.2	274.0	10.2	12.2	96.1	234.7	10.9
1980	16.39	20.3	113.1	231.7	10.8	21.9	47.3	271.1	9.6	21.3	51.6	250.5	11.2	11.3	65.5	197.5	10.6
平均	16.94	18.8	97.2	271.9	12.1	21.7	126.0	267.4	10.1	19.2	103.7	272.2	11.1	12.9	63.8	240.9	12.1

* 含油率为风干种子的含油率

注：T—气温，R—降水，S—日照时数，D—气温日较差。

均为负值,与日照及温差的相关系数为一次负值、三次正值。说明含油率有与降水量成反相关,与气温,日照及温差成正相关的趋势;②各相关系数均很小,都通不过显著性检验,说明大豆含油率与各发育阶段气象因素并非简单的线性相关。

2. 含油率与气象因子的非线性相关

将含油率与各发育阶段的气象因子相关图绘出(图2以九月份为例,其余从略)。根据图中点子的散布情况和我们的研究成果表明,大豆含油率与气象因子的关系一般可近似地用抛物线函数表示:

$$\text{即 } y_1 = b_{01} + b_{11}x_1 + b_{21}x_1^2 \quad (2)$$

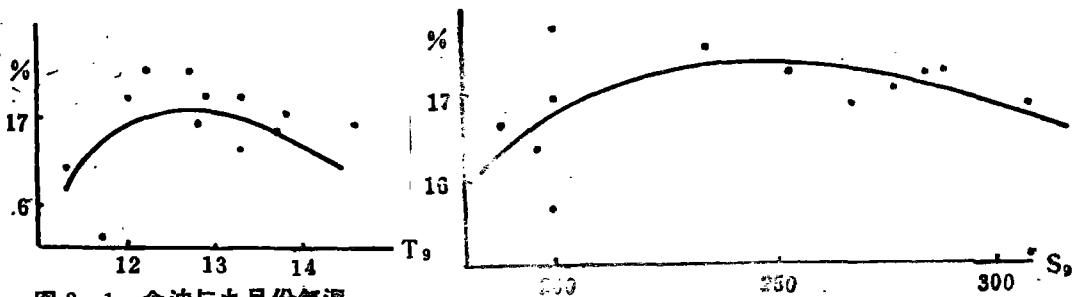


图2—1 含油与九月份气温

图2—3 含油与九月份日照

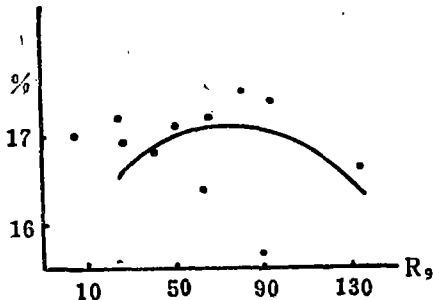


图2—2 含油与九月份降水

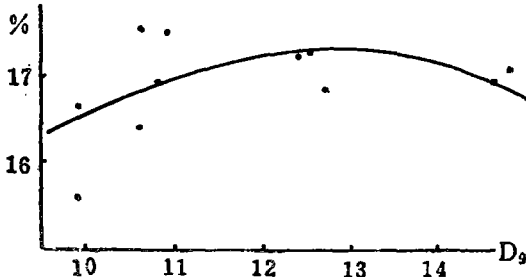


图2—4 含油与九月份温差

图2 含油率与各发育阶段气象因子非线性相关曲线

利用表3资料,计算结果列于表5。由表5可见,

① 从时间上看,显著性通过0.05和0.01信度的,苗期只有一项(S),开花—结荚期有二项(T 、 R),荚结—鼓粒期有三项(T 、 S 、 D),鼓粒—成熟期有三项(T 、 R 、 D)。说明前期气象条件对大豆含油影响较小,后期影响较大,其顺序是八月最大,九月次之,七月再次,六月较小。

② 从要素上看,显著性通过0.05和0.01信度的, T 有三次, R 、 S 、 D 各只有二次,说明各因子中温度对大豆含油的影响最大。

③ 表中相关系数通不过显著性检验的说明关系不密切,方程意义不大。凡通过显著性检验的,二次项系数均为负值($b_{21} < 0$)即曲线向下凹,说明各要素均在一定范围内含油率达最大,高于或低于某一数值时都能使含油率下降。因此,我们可根据抛物线求极值原理,求出含油率最高的光、温、水指标。对(2)式求一阶导数,并令之为零。则:

$$\frac{dy_i}{dx_1} = b_{11} + 2b_{21}x_1 = 0$$

$$\text{移项后 } x_i = -\frac{b_{11}}{2b_{21}} \quad (3)$$

表 5 抛物线方程各项系数、复相关系数(R_i)及显著性(信度 α)检验

发育阶段	x_1	b_{01}	b_{11}	b_{21}	R_i	α	资料年数
幼苗期	T—18.8	17.222	0.068	-0.137	0.45		12
	R—102	16.94	-6.19×10^{-4}	6.4×10^{-4}	0.08		12
	S—272	17.27	1.34×10^{-2}	-2.9×10^{-3}	0.67*	0.05	12
	D—12	16.918	0.2	0.04	0.50		12
开花—结荚期	T—21.9	17.359	-0.066	-0.338	0.67*	0.05	10
	R—142	17.15	-6.82×10^{-3}	-1.09×10^{-4}	0.86**	0.01	11
	S—254	16.85	-8×10^{-3}	3×10^{-3}	0.38		12
	D—10	17.043	0.288	-0.116	0.32		12
结荚—鼓粒期	T—19.6	17.24	-0.044	-0.228	0.69**	0.01	12
	R—114	16.778	-2.57×10^{-3}	3.8×10^{-4}	0.35		12
	S—258	16.687	1.79×10^{-2}	-1.499×10^{-4}	0.59*	0.05	11
	D—10.8	17.202	-0.076	-0.114	0.72**	0.01	12
鼓粒—成熟期	T—12.7	17.136	0.2879	-0.293	0.61*	0.05	12
	R—80	17.48	-5.86×10^{-3}	-2.919×10^{-4}	0.80*	0.05	8
	S—235	17.096	6.4×10^{-3}	-1.2×10^{-3}	0.48		12
	D—11.7	17.18	0.246	-0.09	0.59*	0.05	12

将表 5 中的 b_1 和 b_2 代入 (3) 式, 即可求出大豆含油率达最高值的各发育期光、热、水等气象指标 (表 6)。

例: 幼苗期日照时数指标的求法, 由表 5 知 $x_1 = S - 272$, $b_1 = 1.34 \times 10^{-2}$, $b_2 = -2.9 \times 10^{-3}$

$$\therefore x_1 = -\frac{b_{11}}{2b_{21}}$$

$$\therefore S - 272 = -\frac{1.34 \times 10^{-2}}{2 \times (-2.9 \times 10^{-3})} = 2.3$$

$$S = 274.3$$

即含油率达最高值的幼苗期日照指标为 274.3 小时。

三、黑龙江省大豆产区含油率的地理分布区划

在黑龙江省这一局部范围内, 大豆含油率和气象条件的关系与全国大范围略有不同 (图 8)。

表 6 各发育阶段大豆含油率达最高的气象指标

单位: T (度)、R (毫米)、S (小时)、D (度)

发育阶段	气象指标	历史平均值
幼苗期	S=274	272
开花—结荚期	T=21.8	21.4
	R=112	144
结荚—鼓粒期	T=19.5	19.5
	S=317.7	254
	D=10.3	10.5
鼓粒—成熟期	T=13.2	12.7
	R=70	79
	D=13.1	11.7

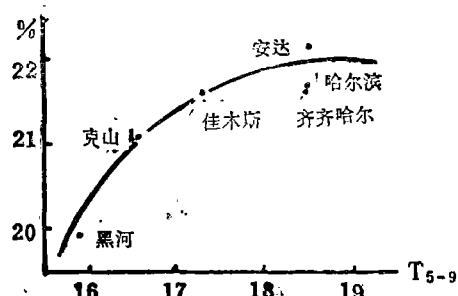


图 3—1 含油与气温

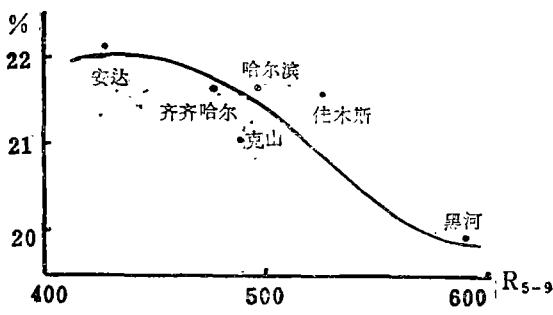


图 3—2 含油与降水

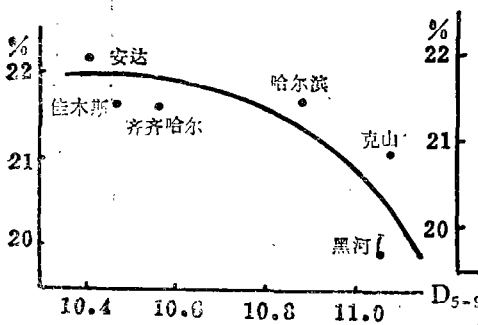


图 3—3 含油与日照

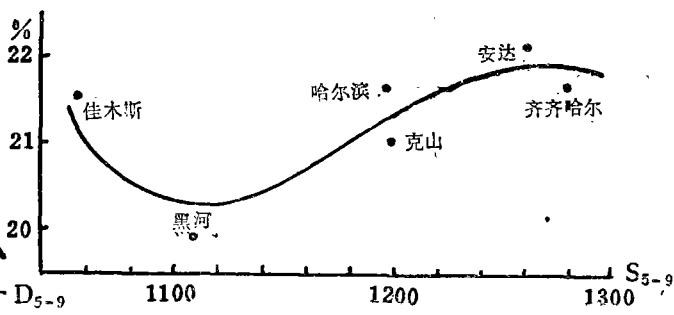


图 3—4 含油与温差

图 3 黑龙江省各地大豆含油率与气象因子的关系

表 7 黑龙江省不同大豆品种在不同生态条件下含油率的比较

地 点	含油率* y (%)	纬 度 (度 分)	海拔高度 (米)	肥 力	生育期 (5—9 月) 气象条件				\hat{y}
					T (度)	R (毫米)	S (小时)	D (度)	
哈 尔 滨	21.65	46	141.5	中等偏上	18.5	488.5	1198.2	10.88	21.62
安 达	22.16	46 24	150	盐 碱 土	18.5	426.4	1261.9	10.4	21.99
佳 木 斯	21.60	46 49	61.2	较 肥 沃	17.3	524.7	1057.7	10.46	21.28
克 山	21.06	48 04	236.7	中 等	16.6	489.3	1199.1	11.08	20.56
黑 河	19.92	50 15	170.7	沿江农区	15.9	591.3	1108.1	11.06	20.46
齐 齐 哈 尔	21.63	47 20	147.4	较 瘠 薄	18.5	478.4	1280.6	10.66	22.06
平 均	21.34				17.5	499.8	1184.3	10.74	

* 哈尔滨、安达、佳木斯、克山为20个品种1962—1964年共三年平均含油率；黑河、齐齐哈尔为1962—1963年共二年平均含油率。气象资料为对应年份的平均值。

这里我们试用黑龙江省农科院1962—1964年在全省六个气象条件不同的代表点上共20个大豆品种生态试验的完整资料 (表 7)，进行与气象条件的对比分析计算，得出大豆含油率与气温及日照成正相关，与降水及温差成反相关，其相关系数为 $r_T=0.88^*$

$(\alpha=0.05), r_R=-0.91^{**}(\alpha=0.01), r_S=0.65, r_D=-0.77。$

回归方程式为: $\hat{y} = 18.9247 + 0.444 T + 0.0036 R + 0.0023 S - 0.9234 D$ (4)
全相关系数 0.76

表 8 黑龙江省各县多年平均含油率及1980年含油率距平值

县 份	多年平均含油		1980年 含 油 距 平	县 份	多年平均含油		1980年 含 油 距 平	县 份	多年平均含油		1980年 含 油 距 平
	%	距 平			%	距 平			%	距 平	
宾 县	21.50	1.66	-0.69	佳木斯	20.38	0.54		密 山	19.63	-0.21	0
杜 蒙	21.27	1.43		宝 清	20.37	0.53	-0.39	拜 泉	19.62	-0.22	0.64
哈尔滨	20.99	1.15	0.74	方 正	20.15	0.31	-0.89	东 宁	19.55	-0.29	-0.71
五 常	20.96	1.12	-0.60	青 冈	20.12	0.28		富 裕	19.53	-0.31	
虎 林	20.91	1.07	-0.27	依 兰	20.11	0.27		尚 志	19.50	-0.34	
集 贤	20.86	1.02	-0.02	鸡 西	20.10	0.26		铁 力	19.43	-0.41	
富 锦	20.82	0.98	-0.15	木 兰	20.09	0.25	0.30	罗 北	19.39	-0.45	0.79
勃 利	20.81	0.97	-1.2	庆 安	20.08	0.24	0.24	延 寿	19.26	-0.58	0.56
呼 兰	20.73	0.89	1.16	绥 化	20.00	0.16		爱 辉	19.24	-0.60	1.76
安 达	20.71	0.87	-0.13	依 安	19.91	0.07		北 安	19.22	-0.62	0.16
齐齐哈尔	20.69	0.85	0.35	宁 安	19.91	0.07	0.23	逊 克	19.12	-0.72	-0.41
克 东	20.65	0.81	0.31	桦 南	19.89	0.05	-1.51	嘉 荫	18.90	-0.94	
明 水	20.65	0.81		望 奎	19.82	-0.02	0.21	讷 河	18.87	-0.97	0.7
巴 彥	20.64	0.80	0.57	通 河	19.81	-0.03	0.08	绥芬河	18.84	-1.00	
阿 城	20.60	0.76	0.62	克 山	19.80	-0.04		林 口	18.72	-1.12	-0.56
肇 州	20.58	0.74	1.27	肇 东	19.78	-0.06	0.24	穆 稷	18.53	-1.31	
双 城	20.60	0.71	0.56	汤 源	19.75	-0.09	-0.7	伊 春	18.15	-1.69	-0.29
兰 西	20.53	0.69	0.33	牡丹江	19.75	-0.09	0.71	嫩 江	18.05	-1.79	0.13
绥 化	20.51	0.67		龙 江	19.73	-0.11	-0.19	呼 玛	17.69	-2.15	-0.37
泰 来	20.51	0.67		饶 河	19.68	-0.16	0.63	五 营	17.03	-2.81	
肇 源	20.50	0.66	1.03	林 甸	19.67	-0.17		孙 吴	15.90	-3.94	-0.39
海 伦	20.46	0.65	0.22	甘 南	19.64	-0.20					

由于试验点（6个）过少，试验因子（4个）较多，因此方程的 F 值较小，通不过检验，显著性较差，但方程拟合情况很好（表 7 第十栏）平均误差 0.008，可见方程实际检验效果良好，有代表性，可以应用。

将全省各地气象资料代入（4）式，即可求出各地的平均含油率（表 8），将高于平均值（19.84）的划为高油分区，低于平均值的划为低油分区（图 4）。

由图 4 可见，高油分区主要分布在松嫩平原和三江平原的大部分地区，低油分区主要分布在大、小兴安岭两侧、张广才岭两侧以及牡丹江半山区、松嫩平原西北部、三江平原东部地区。

上述区划是根据气候资源的多年平均状况计算的，由于气候的年际变化不同，各地

大豆含油率也将随之变化, 比较1980年各地大豆化验品率距平与用多年资料计算的含油率距平可见, 由于1980年松嫩平原气候条件较好, 高油分区北推至嫩江、北安、铁力一线, 但从整体看, 1980年的实况与区划情况还是很相近的 (图5)。

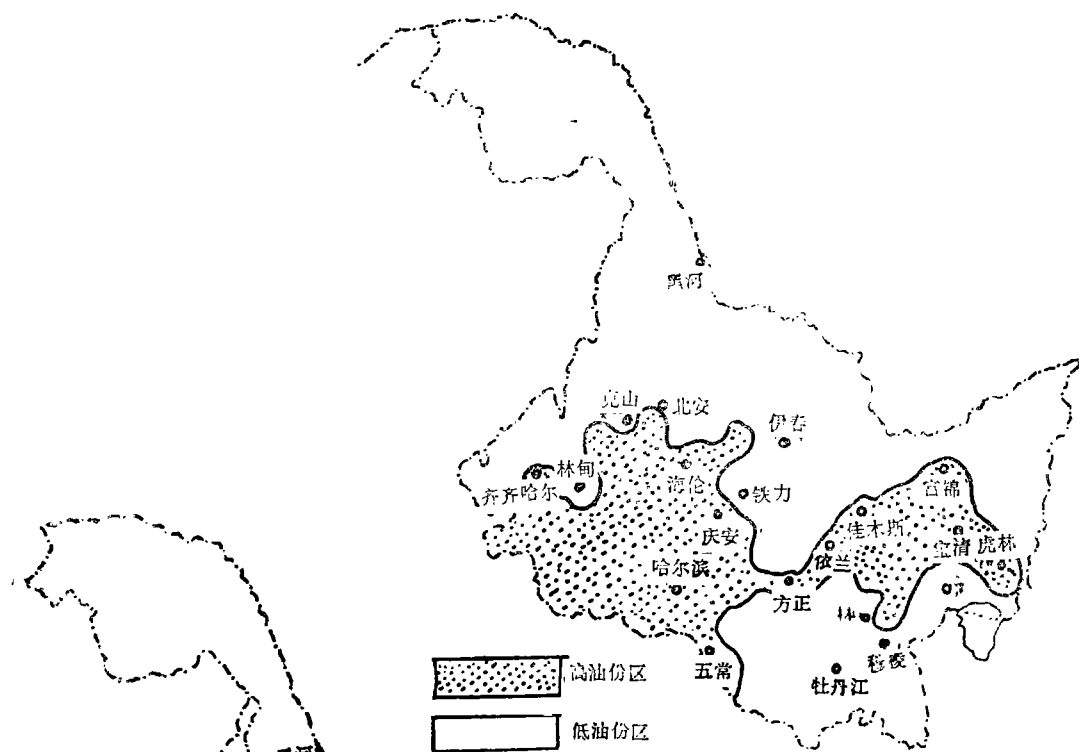


图4 黑龙江省大豆含油率地理分布区划

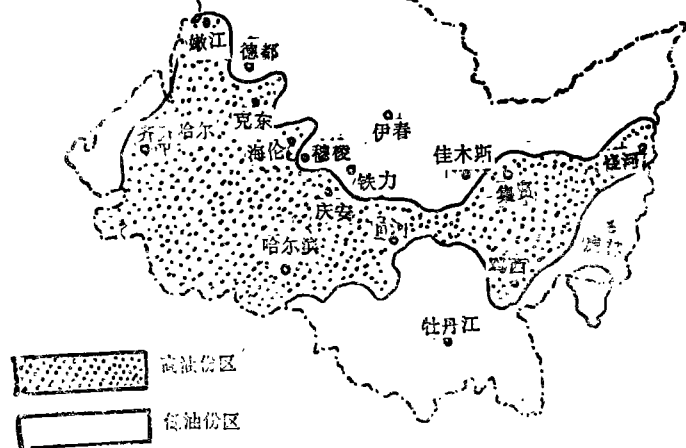


图5 黑龙江省1980年大豆含油化验品率距平

结 论 与 讨 论

一、上述研究表明，大豆含油率与气象条件关系十分密切，从全国大范围看，含油率与气温、降水成反相关，与温差、日照时数成正相关，这同含油率与地理纬度成正相关的结论是一致的。但是这个结论并不是绝对的，需要讨论的有以下两点：

第一，关于含油率与温度及温差的关系在黑龙江省这一局部范围内，大豆含油率与气温不是反相关，而是正相关，与温差不是正相关而是反相关，因而大豆含油率与纬成反相关， $r = -0.8267$ 。这里我们有如下两点理由可以解释。一是因为黑龙江省地处高寒，气温较低，而且纬度越高夜间温度越低，气温日较差也越大，尤其春（5月）秋（9月）两季温度更低，当温度低到一定程度后，对脂肪的形成就产生不良影响。所以温度越低，气温日较差越大，含油率就越低。二是黑龙江省北部地区，大豆生育期过短，影响醅类向脂肪转化的进程，导致含油率下降。所以尽管黑龙江省北部地区气温低，温差大，但含油率并不比南部地区高。因而全国大豆含油最高的并不在气温最低，温差最大的黑龙江北部高纬地区，而是在气候凉爽，温度还不特低的黑龙江省南部至吉林省中部地区。

第二，关于含油率与降水的关系，从地域上看大豆含油率与降水量成反相关的结论在全国主要农区和黑龙江省都是适用的。因为各地的多年平均降水量并未少到影响含油率下降的程度。但是从海伦县的含油率年际变化上可以看出，并不是雨量越少的年份含油量越高，而是成抛物线型关系。例如海伦县大豆开花结荚期的最适雨量为 112 毫米，过多或过少都能使含油率下降。

二、预测大豆含油率是评价大豆质量的重要方面。根据气象条件提前预报大豆含油率可为国民经济计划和外贸出口等部门制定计划时提供参考依据。本文提出的公式（2）可做为大豆含油率的时间预报模式，公式（4）可做为大豆含油率的空间预报模式。当然这仅仅是初步探索，影响含油率的其它因子很多，尚须进一步深入研究。

三、根据气象条件研究大豆含油率的地理分布区划，可为大豆育种工作者在进行品种类型分布及育种区域划分时，提供一个粗浅背景，以加强育种工作的针对性。

综上讨论认为，大豆含油率受气候条件的影响很大，与日照时数的正相关关系基本可以肯定；与温度与降水的反相关关系是因地区而有局限性的；与温差的关系也随不同地区的温度情况而改变。

结 语

影响大豆含油率的因素颇多，气候条件只是其中主要因素之一，由于气候条件在当前是难以人为控制和改变的，因此研究大豆含油率与气候的关系意义很大。本文根据气

象条件进行大豆含油率的时空变化分析, 因受资料 and 水平所限, 所得结果均有进一步深入研究的需要。

TNE AGROCLIMATIC ANALYSIS ON TNE OIL CONTENT OF
SOYBEAN AND ITS GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION
IN HEILONGJIANG PROVINCE

Zu Shiheng

(Metecrological Institute of Heilongjiang Province)

Abstract

The investigations on the relationship between oil content of soybean and climatic factors are the basic theoretical problem in agrometeorology and are the climatic foundation on the study of geographical distributions of the types of soybean cultivars. In this paper the relationship between the oil content of soybean and climatic conditions in all parts of the province were investigated by means of mathematical analysis. The results clearly showed that there was positive correlation between the oil content of soybean and the duration of sunshine. The negative correlation between oil content and air temperature and precipitation is limited for certain region. The positive correlation to the diurnal range of temperature is changed with temperature.

The author has further compared the oil content of various cultivars of soybean under six ecological conditions and studied the regional distribution of the oil contents of soybean in Heilongjiang province.