

# 大豆脂肪含量与生态因子关系的研究<sup>\*</sup>

李卫东<sup>1</sup> 王树峰<sup>1</sup> 卢为国<sup>1</sup> 梁慧珍<sup>1</sup> 耿臻<sup>2</sup> 苑保军<sup>2</sup> 王素阁<sup>3</sup>  
范彦英<sup>3</sup> 杨彩云<sup>3</sup> 刘亚非<sup>4</sup>

(1. 河南省农业科学院棉花油料作物研究所, 河南郑州 450002;  
2. 周口市农科所, 河南周口 466001; 3. 濮阳市农科所, 河南濮阳 457000;  
4. 焦作市农科所, 河南焦作 454151)

**摘要** 2001~2002 年在河南省夏大豆主产区的 5 个试点, 以豫豆 25 号 13 期分期播种的方法, 研究了气象、土壤养分和海拔等 38 个生态因子对豫豆 25 号脂肪含量的关系, 通过逐步回归统计分析, 筛选出与大豆脂肪含量密切相关的 11 个生态因素间的直线或曲线关系。明确了夏大豆鼓粒成熟期较少的日照、较高的均温、较多的降水和较大的昼夜温差以及出苗期较高的均温和花英期较多的降水利于脂肪的积累形成。较高的土壤全氮和钾含量、较低的硫含量有利于大豆脂肪大幅度提高。在本试验 pH 值 6.95~7.89 范围内, 偏碱性土壤利于脂肪的形成。在本试验研究因子范围内, 其它生态因子对大豆脂肪含量无明显影响。

**关键词** 大豆; 脂肪; 生态因子 分期播种

**中图分类号** S 565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2006)02-0127-06

关于大豆脂肪含量与生态条件的研究, 丁振麟 (1965)<sup>[1]</sup> 用 3 个大豆品种在 8 个地点进行试验, 证明脂肪含量与纬度高度相关, 相关系数为 0.9052。1983 年祖世亨<sup>[2]</sup> 的研究证明, 大豆脂肪含量和温度与温差的相关系数分别为 -0.90 和 0.82。韩天富 (1997)<sup>[3]</sup> 研究开花后每天增加 3 小时光照可使脂肪含量显著增加。李铭丰 (2001)<sup>[4]</sup> 以盆栽模拟试验指出, 脂肪含量随光照强度降低而下降, 而蛋白质含量增加, 并指出, 这种关系在鼓粒盛期最为敏感。张敬荣 (1996)<sup>[5]</sup> 等指出开花结荚及鼓粒期各期干旱脂肪含量下降。作者在河南省夏大豆主产区的 5 个地点, 用分期播种的方法, 对大豆脂肪含量与土壤养分因子和大豆主要生育期气象因子关系进行了统计分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 田间试验

用豫豆 25 号为试验材料。于 2001 年和 2002

年在河南省郑州市、濮阳市、焦作市、周口市、正阳县共 5 个试点进行分期播种试验。每试点自每年 3 月 31 日起, 每 10 天播种 1 期, 至 7 月 30 日止, 共 13 期。2 次重复, 顺序排列。6 行区, 南北行向, 行长 5m, 行距 0.4m, 株距 0.133m, 密度 12500 株/667m<sup>2</sup>, 中间 4 行收获计产。

### 1.2 生态因子确定

采用的生态因子有气象因子(日照时数、降水、均温、昼夜温差)、土壤养分(土壤有机质、pH 值、全 N、P、K 和速效 N、P、K)以及各试点海拔、纬度等。各试点气象因子来自河南省气象局。土壤因子中, 速效 N 测定参考文献 6, 有机质测定参考文献 7, 其余项目测定参考文献 8。脂肪含量用 NIR5000 型近红外品质分析仪测定。

### 1.3 统计分析

以因子本身值和平方值为自变量 X, 各试点各播期脂肪含量为 Y, 用唐启义<sup>[9]</sup> DPS 数据处理系统进行逐步回归分析。除去 2001 年报废的 2 样本和 2002 年报废的 19 样本, 2 年 5 试点共计 109 个

\* 收稿日期: 2005-11-10

基金项目: 国家科技攻关项目 2004BA525B06; 河南省重大攻关项目 0322010700

作者简介: 李卫东(1947-)男, 研究员, 主要从事大豆育种、资源与区试研究。E-mail: bean@public2.zz.ha.cn

样本。各自变量选进和剔除的标准  $F \geq 3.96$  ( $f_1 = 1, f_2 = n - k - 1 = 80 \sim 100$  时,  $F_{0.05} = 3.96$ )。各偏回归方程以外的其它自变量固定, 令其等于各自平均数。

2 结果与讨论

因变量豫豆 25 号脂肪含量 109 个样本范围为 14.33% ~ 18.87%(表 1), 证明同一大豆品种脂肪含量受环境影响相当大。自变量因子 33 个, 因为地点和播期的不同, 自变量差异很大。变异情况见表 1, 自变量因子的平方值不再列出。

表 1 因变量与自变量统计值  
Table 1 Values of dependent and independent variable

变量 Variable		最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean	标准差 $\sigma$
因变量 Dependent variable	脂肪 Fat (%)	18.87	14.33	17.34	0.867
	1 锰 Mn (mg. kg <sup>-1</sup> )	16.47	0.99	9.02	5.21
	2 铁 Fe (mg. kg <sup>-1</sup> )	41.69	0.87	7.65	12.04
	3 硫 S (mg. kg <sup>-1</sup> )	41.70	5.84	20.30	10.06
	4 氮 Total nitrogen (%)	0.11	0.06	0.09	0.01
	5 磷 Total phosphorus (%)	0.10	0.05	0.07	0.02
	6 钾 Total potassium (%)	1.66	0.83	1.40	0.25
	7 速效氮 Hydrolyzable nitrogen (mg. kg <sup>-1</sup> )	95.76	53.40	77.07	11.86
	8 速效磷 Available phosphorus (mg. kg <sup>-1</sup> )	57.00	8.00	24.47	14.89
	9 速效钾 Available potassium (mg. kg <sup>-1</sup> )	228.50	24.14	130.27	64.64
	10 有机质 Organic matter (%)	2.36	1.01	1.61	0.42
自变量 Independent variable	11 pH	7.89	6.95	7.35	0.26
	12 海拔 Altitude(m)	112.00	46.60	79.83	28.15
	13 纬度 Latitude (o)	35.70	32.60	34.42	1.10
	14 出苗期均温 Mean temperature at emergence(℃)	32.13	13.62	23.38	5.40
	15 出苗期降水 Rainfall at emergence(mm)	161.00	0.00	14.41	27.24
	16 出苗期日照 Sunshine hour at emergence(h)	145.30	3.10	51.01	27.76
	17 幼苗期均温 Mean temperature at seedling(℃)	30.31	15.90	25.34	3.91
	18 幼苗期降水 Rainfall at seedling(mm)	271.70	0.20	57.36	58.08
	19 幼苗期日照 Sunshine hour at seedling(h)	324.10	51.40	173.45	60.93
	20 分枝期均温 Mean temperature at branching(℃)	32.60	23.45	27.17	1.95
	21 分枝期降水 Rainfall at branching(mm)	293.80	0.00	28.35	44.45
	22 分枝期日照 Sunshine hour at branching(h)	252.30	0.00	86.77	51.69
	23 开花结荚期降水 Rainfall at blooming and poding(mm)	271.70	0.00	82.10	67.61
	24 开花结荚期均温 Average temperature at blooming and poding(℃)	30.21	20.32	26.69	1.839
	25 开花结荚期日照 Sunshine hour at blooming and poding(h)	312.60	71.00	185.10	56.97
	26 鼓粒成熟期均温 Mean temperature at seed-filling and maturing(℃)	28.55	13.04	23.72	3.66
	27 鼓粒成熟期降水 Rainfall at seed-filling and maturation(mm)	268.70	1.70	71.31	67.08
	28 鼓粒成熟期日照 Sunshine hour at seed-filling and maturation(h)	595.00	110.80	277.16	86.06
	29 出苗期温差 Difference of temperature at emergence(℃)	17.88	5.23	10.81	2.33
	30 幼苗期温差 Diurnal temperature variation at seedling(℃)	13.94	7.28	10.53	1.69
	31 分枝期温差 Diurnal temperature variation at branching(℃)	14.96	7.05	10.61	1.93
	32 开花结荚期温差 Diurnal temperature variation at blooming and poding(℃)	12.08	7.30	9.67	0.95
	33 鼓粒成熟期温差 Diurnal temperature variation at seed filling and maturing(℃)	12.84	8.26	9.80	0.92

由逐步回归筛选出的多元回归方程为:  $\hat{y} = 7.001 + 0.818X_6 - 1.3922X_{10} + 1.5941X_{11} + 0.0378X_{14} + 0.0017X_{23} - 0.3994X_{26} + 0.0041X_{27} - 0.0162X_{28} + 0.1560X_{33} - 0.0016X_{36} + 396.0632X_{37} + 0.0126X_{59} + 0.000015X_{61}$  ( $v_1 = 1, v_2 = 93$  时, 逐步回

归剔除标准  $F_{0.05} = 3.96$ ; 多元方程 F 值 = 32.5275,  $v_1 = 13, v_2 = 94$  时  $F_{0.01} = 2.32$ , 复相关系数  $R = 0.9036$ )。

由表 2 可见, 入选的 11 因子 13 个系数中, 脂肪含量与出苗均温 ( $r(y, 14) 0.2503$ )、开花结荚期降水

( $r(y, 23) 0.2180$ )、鼓粒成熟期均温( $r(y, 26) - 0.2498$ )和鼓粒成熟期温差( $r(y, 33) 0.2054$ )偏相关系数为显著, 其余均达极显著水平。

鼓粒成熟期的均温、降水、日照和昼夜温差都被选入多元回归方程, 本期是大豆籽粒形成时期, 气象因子对于大豆籽粒脂肪含量影响很大。由表 3 可见, 对于脂肪含量影响幅度按大小依次是鼓粒成熟期日照(2.718%)、鼓粒成熟期均温(1.924%)、鼓粒成熟期降水(1.097%)、鼓粒成熟期温差(0.714%)。

由偏回归图 1a 和图 1b 可见, 鼓粒成熟期日照

和鼓粒成熟期均温与脂肪是曲线关系, 总的趋势是较少的日照、较高的均温有利于脂肪含量的提高。鼓粒成熟期降水(图 1c)和鼓粒成熟期温差(图 1d)与脂肪含量均为直线关系, 较多的降水和较大的温差有利于脂肪含量的积累。出苗期均温和花荚期降水图对于脂肪含量的影响幅度分别为 0.699%和 0.462%(表 3), 与脂肪含量都是直线关系(图 1b、图 1c), 出苗期较高的均温, 花荚期较多的降水有利于脂肪含量的形成。

表 2 脂肪含量与诸因子偏相关

Table 2 Partial correlation of fat and eco-physiological factors

偏相关系数 Partial correlation coefficient	偏相关 Value of partial correlation	t 检验值 t-test value	显著水平 p p-value	偏相关系数 Partial correlation coefficient	偏相关 Value of partial correlation	t 检验值 t-test value	显著水平 p p-value
$r(y, 6)$	0.3957	4.1993	0.00006	$r(y, 28)$	-0.5092	5.7670	$\leq 0.00001$
$r(y, 10)$	-0.4991	5.6146	$\leq 0.00001$	$r(y, 33)$	0.2054	2.0456	0.04353
$r(y, 11)$	0.6261	7.8258	$\leq 0.00001$	$r(y, 36)$	-0.7830	12.2709	$\leq 0.00001$
$r(y, 14)$	0.2503	2.5199	0.01339	$r(y, 37)$	0.6118	7.5383	$\leq 0.00001$
$r(y, 23)$	0.2180	2.1773	0.03191	$r(y, 59)$	0.3164	3.2503	0.00159
$r(y, 26)$	-0.2498	2.5149	0.01357	$r(y, 61)$	0.3700	3.8816	0.00019
$r(y, 27)$	0.3388	3.5092	0.00069				

注: 6: 钾(Total potassium); 10: 有机质(Organic matter); 11: PH; 14: 出苗期均温(mean temperature of emerging); 23: 花荚降水(Rainfall at blooming and podding); 26: 鼓粒成熟均温(Mean temperature at seed filling and maturity); 27: 鼓粒成熟降水(Rainfall at seed filling and maturity); 28: 鼓粒成熟日照(Hours of sunlight at seed filling and maturity); 33: 鼓粒成熟温差(Diurnal temperature range at seed filling and maturity); 36: 硫 2(S<sub>2</sub>); 37: 氮 2(Square total nitrogen); 59: 鼓粒成熟均温 2(Square mean temperature at seed filling and maturity); 61: 鼓粒成熟日照 2(Square Hours of sunlight at seed filling and maturity)。

在土壤因素中也是在所有因子中全氮含量对于脂肪含量的影响最大(图 1e), 对脂肪含量的影响幅度为 3.367%(表 3), 较高的土壤氮含量有利于大豆脂肪大幅度提高。本试验中全氮含量与速效氮含量相关系数为 0.3547( $v = 107$  时,  $r_{0.01} = 0.254$ ), 达极显著, 增施氮肥增加大豆对氮素的吸收是提高大豆脂肪含量的有效措施。土壤因素中的硫是所有因子中对于脂肪含量的影响第二位的因子, 对脂肪含量的影响幅度为 2.789%(表 3), 硫与脂肪是曲线关系(图 1f), 在本试验硫含量 5.84 ~ 41.7mg/kg 范围内, 较低的硫含量利于脂肪的形成。土壤有机质含量对脂肪含量的影响幅度为 1.879%(表 3), 有机质含量与脂肪含量是直线关系(图 1g), 在本试验有机质含量 1.01% ~ 2.36% 范围内, 较低的有机质含量利于脂肪的形成。这与前人结论不一致, 原因是有机质含量范围不够大, 最低值为 1.01%, 不够低, 并且试点仅 5 个, 可靠性不够, 需进一步研究。土壤 pH 值对脂肪含量的影响幅度为 1.51%(表 3), pH

值与脂肪是直线关系(图 1h), 在本试验 pH 值 6.95% ~ 7.89% 范围内, 偏碱性土壤利于脂肪的形成。土壤全钾含量对脂肪含量的影响在土壤因子中最小, 幅度为 0.679%(表 3), 钾与脂肪是直线关系(图 1g), 在本试验全钾含量 0.83% ~ 1.66% 范围内, 较高的土壤全钾含量利于脂肪的形成。

在本试验其它 22 个未入选的生态因子变异范围内的变异, 不会对脂肪含量的形成造成影响。

将本试验各自变量因子对于脂肪形成的最佳值即最大贡献值代入多元回归方程, 得到的脂肪理论含量高达 26.30%(表 3), 将各自变量因子对于脂肪质形成的最低值即最小贡献值代入, 得到脂肪理论含量为 8.47%(表 3), 两者差异为 17.830%。证明环境因子对脂肪质含量造成的变异非常大。同时也表明优质栽培技术措施, 可保证和提高品种的脂肪含量。对于气象因子的影响, 可通过区划将高脂肪品种种植于适宜区, 以发挥高脂肪品种的优势。

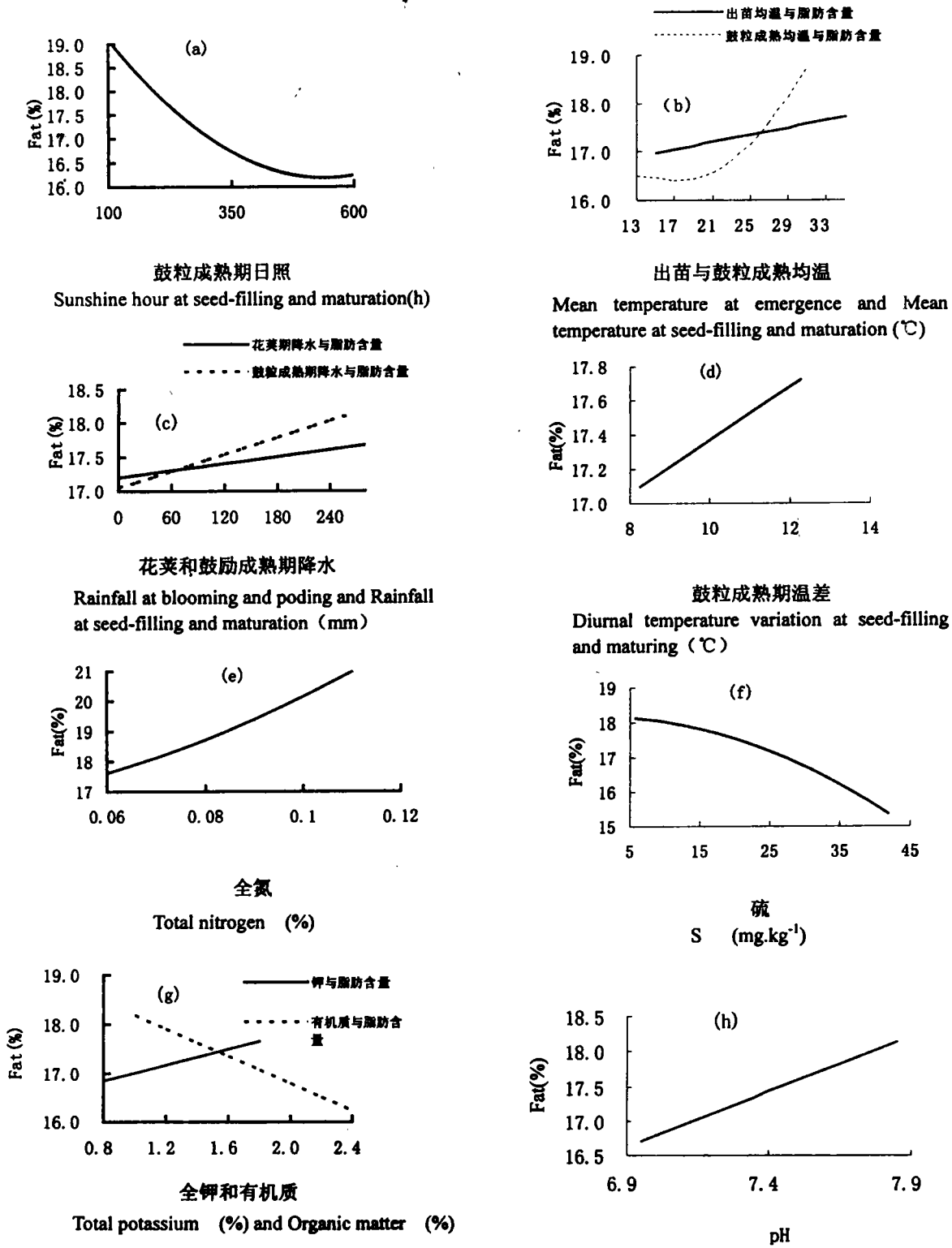


图 1 脂肪含量与生态因子偏回归图

Fig. 1 Profiles of partial regression between fat and eco physiogixal factors

表 3 自变量对因变量脂肪的贡献  
Table 3 Contribution of dependent variable to fat

变量 Variable	最大 Max	最小 Min	脂肪差异 Fat difference( %)
脂肪含量 Fat ( %)	26. 30%	8. 47%	17. 830
氮 Total nitrogen ( %)	0. 11	0. 06	3. 367
硫 S ( mg. kg <sup>-1</sup> )	5. 84	41. 7	2. 789
鼓粒成熟期日照 Sunshine hour at seed filling and maturation( h)	110. 80	595. 00	2. 718
鼓粒成熟期均温 Mean temperature at seed filling and maturing( °C)	28. 55	13. 04	1. 924
有机质 Organic matter ( %)	1. 01	2. 36	1. 879
pH	7. 89	6. 95	1. 498
鼓粒成熟期降水 Rainfall at seed filling and maturation( mm)	268. 70	1. 70	1. 097
鼓粒成熟期温差 Diurnal temperature variation at seed filling and maturing( °C)	12. 84	8. 26	0. 714
出苗期均温 Mean temperature at emergence( °C)	32. 13	13. 62	0. 699
钾 Total potassium ( %)	1. 66	0. 83	0. 679
花荚期降水 Rainfall at blooming and poding( mm)	271. 70	0	0. 462

3 讨论

经两年在河南省大豆主产区的 5 试点, 用豫豆 25 号 13 期分期播种的试验方法, 证明同一大豆品种脂肪含量受环境影响相当大。

通过本试验对 109 个样本大豆脂肪含量与生态因子逐步回归统计分析, 筛选出与大豆脂肪含量密切相关的 11 个生态因子间的直线或曲线关系。11 个因子按对于脂肪含量的影响幅度最大为 3. 56% (表 3), 最小为 0. 462%。按影响大小依次是全氮、硫、鼓粒成熟期日照、鼓粒成熟期均温、有机质、pH 值、鼓粒成熟期降水、鼓粒成熟期温差、出苗期均温、钾、花荚期降水。

本研究明确了夏大豆鼓粒成熟期较少的日照、较高的均温、较多的降水和较大的昼夜温差利于脂肪的积累形成。出苗期较高的均温和花荚期较多的降水利于脂肪的积累形成。较高的土壤全氮和钾含量、较低的硫含量有利于大豆脂肪大幅度提高。在本试验 pH 值 6. 95 ~ 7. 89 范围内, 偏碱性土壤利于脂肪的形成。在本试验研究因子范围内, 其它生态因子对大豆脂肪含量无明显影响。

本文与前人研究的不同之处是在前人的基础上

对于光、温、水气象因子与脂肪含量的关系精确细化到出苗、幼苗、分枝、开花结荚、鼓粒成熟等主要生育期, 并引进了昼夜温差、土壤肥力等重要因子, 而且将各因子对于脂肪含量的影响数量化, 同时比较了各生态因子对脂肪含量的影响程度。

参 考 文 献

1 丁振麟. 气候条件对于大豆化学品质的影响[ J] . 作物学报, 1965, 4( 4): 313 - 320  
2 祖世亨. 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[ J] . 大豆科学, 1983, 2( 4): 266 - 276  
3 韩天富, 王金陵, 杨庆凯, 等. 开花后光照长度对大豆化学品质的影响[ J] . 中国农业科学, 1997, 30( 2): 47 - 53.  
4 李铭丰. 光照变化对大豆脂肪、蛋白积累的影响[ C] . 第七届全国大豆学术讨论会论文摘要集, 2001: 164  
5 张敬荣. 开花至鼓粒期干旱对大豆籽粒化学品质影响[ J] . 大豆科学, 1996, 1: 84 - 90  
6 中科院南京土壤研究所. 土壤理化分析[ M] . 北京: 科学出版社, 1981  
7 刘酉开. 土壤农化常规分析方法[ M] . 北京: 科学出版社, 1984  
8 中国土壤学会土壤农业化学分析方法[ M] . 北京: 中国农业科技出版社, 1999  
9 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[ M] . 北京: 中国农业出版社, 1997

## EFFECTS OF ECOLOGICAL FACTORS ON SOYBEAN FAT CONTENT

Li Weidong<sup>1</sup> Wang Shufeng<sup>1</sup> Lu Weiguo<sup>1</sup> Liang Huizhen<sup>1</sup> Geng Zhen<sup>2</sup> Yuan Baojun<sup>2</sup>  
Wang Suge<sup>3</sup> Fan Yanying<sup>3</sup> Yang Caiyun<sup>3</sup> Liu Yafei<sup>4</sup>

(1. *Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002*; 2. *Zhoukou Agricultural Institute, Zhoukou 466001*; 3. *Puyang Agricultural Institute, Puyang 457000*;  
4. *Jiaozuo Agricultural Institute, Jiaozuo 454151*)

**Abstract** The soybean cultivar Yudou No. 25 was sown at different dates in 5 locations of Henan Province in 2001 and 2002. One hundred and nine samples of soybean fat content and 38 ecological factors were received. The stepwise regression was used to screen the correlated factors, which significantly affected fat content of soybean. Results showed that: the less sunshine hours, higher mean temperature, more rainfall and higher diurnal temperature variation from seed filling to maturing were better for fat accumulating, and higher mean temperature it emerging, more rainfall in blooming and poding were suitable for fat accumulating; the higher total nitrogen and total potassium, lower sulfur were fit for fat forming; in the range of pH 6.95 to 7.89, higher pH 7.89 was the best value for fat forming; the fat content would not be affected by rest ecological factors in the range of this test.

**Key words** Soybean( *Glycine max* L.); Fat; Ecological factors; Date of planting experiments