

# 大豆子实产量对群体冠层最佳回归方程的选择

尹田夫

王景文

(黑龙江省农业科学院大豆研究所)

(东北农学院)

## 提 要

本研究根据不同结荚习性大豆田间自然群体的整体的冠层叶量、冠层不同水平叶量及不同形式的植株高度与子实产量的相关关系,运用线性回归、指数回归、幂函数回归及对数回归等四种回归方程进行计算,并结合大豆生长发育特点综合分析比较,认定在大豆鼓粒初期,田间自然群体的整体冠层叶量及冠层不同水平叶量对子实产量的最佳回归方程:均为对数回归方程 $y = a \ln x + b$ ;自然株高(冠层高度)对子实产量的最佳回归方程为幂函数方程, $y = az^b$ 。子实产量随整体冠层叶量和冠层高度的增加而增长的速率并非是一个常数。整体冠层叶量、冠层不同水平叶量的增长效率和冠层高度增产效率均为其回归曲线之切线斜率( $dy/dx$ ;  $dy/dx' dy/dz$ )。

作物数量性状间的相互关系均可用相关或回归等数学方式来表达。但是,作物数量性状间的关系绝不是简单的、纯数学的,而是极其复杂的、多因子的生长分析。不进行作物生长分析,随意采用某种数学模式,可能会失去其生物学意义,而陷于数学游戏。可见,选择最佳的数学模式来表达作物数量性状之间正确关系是十分重要的。本研究根据田间生长的大豆自然群体整体冠层叶量、冠层不同水平叶量、以及不同形式的植株高度与子实产量的相互关系,建立线性回归方程、指数回归方程、幂函数方程以及对数回归方程,同时结合大豆生长分析,试图确定其最佳回归方程,以正确表达大豆群体冠层对子实产量的相互关系,为生物研究的数学化提供参考资料。

## 材 料 与 方 法

本研究选用无限结荚习性,有限结荚习性和亚有限结荚习性大豆共13个品种(或品系)为材料。

试验采用完全随机区组设计。重复三次,五行区,行长6米,行距70厘米,株距10厘米。

于大豆鼓粒初期,从各处理区的中间行连续选取10株,先测定田间自然群体整体冠层高度,即自然株高。然后,于室内测定自然伸展状态的植株高度(伸展株高)。再五等分分层截取整体冠层叶量为冠层不同水平叶量。

本文于1984年1月28日收到

收获后测定子叶痕至主茎顶端的植株高度（主茎高度）和单株子实产量。根据整体冠层叶量、冠层不同水平叶量与子实产量的关系，以及自然株高（冠层高度）、伸展高度（伸展株高）和主茎高度与子实产量的关系。按线性回归方程、指数回归方程、幂函数回归方程及对数回归方程进行对比分析。几种方程式如下：

$$y = a + bx$$

$$y = ae^{bx}$$

$$y = ax^b$$

$$y = a + b \ln x$$

同时计算实测子粒产量与回归估算产量之间的相关系数（ $r$ ），并结合大豆生长分析，确定大豆子实产量对群体冠层之间最佳回归方程。

## 结果和讨论

### 一、子实产量对叶量的最佳回归方程的选择

#### 1. 大豆子实产量对整体冠层叶量回归方程的比较

设  $y_0$  为收获后测得的子实产量， $x$  为大豆鼓粒初期的整体冠层叶量。对于整体冠层叶量与子实产量的相互关系，分别配合线性方程、指数回归方程、幂函数回归方程和对数回归方程，表达式如下：

$$y_1 = 57.7050 + 0.3733x \quad (r_1 = 0.61) \quad (1)$$

$$y_2 = 66.21e^{0.0035x} \quad (r_2 = 0.61) \quad (2)$$

$$y_3 = 9.73x^{0.19} \quad (r_3 = 0.61) \quad (3)$$

$$y_4 = 52.29 \ln x - 147.22 \quad (r_4 = 0.62) \quad (4)$$

其中  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_4$  分别为各回归方程的籽实产量与回归估算产量之间的相关系数。可见，四个相关系数基本相同。由此看来，似乎各式都可以用来表达整体冠层叶量与子实产量间的定量关系。但是，结合大豆生长分析来看，如果以线性回归方程（1）式或指数回归方程（2）来表达其相互关系时，当整体冠层叶量  $x=0$  时，由线性回归方程（1）得：

$$y_1 = 57.71$$

由指数回归方程（2）得：

$$y_2 = 66.21$$

从（1）、（2）式所得结果看出，当整体冠层叶量为零时，即  $x=0$  时，大豆植株应形成一定的子实产量。仅仅从纯数学角度来看，方程（1）、（2）式是完全成立的，即方程有解。但是，从大豆生长分析来看，大豆植株没有叶片却能形成子实产量，这种结论显然是荒谬的。众所周知，植物的叶是主要营养器官，是同化  $CO_2$ ，制造有机物的工厂。因此，没有叶的光合作用，大豆就不能生存，当然不可能形成子实产量。因此，用线性回归方程（1）及指数回归方程（2）来表达大豆整体冠层叶量与子实产量间的关系已失去生物学意义。

致于以幂函数回归方程 (3) 式来表达大豆整体冠层叶量与子实产量的关系时, 则可知, 当  $x=0$  时, 则  $y_3=0$ ; 当  $x>0$  时, 则  $y_3>0$ 。

亦即大豆植株没有叶就不能形成子粒产量; 有一定叶量就会相应地有一定子实产量。此结论的前半部分是符合生物学意义的; 后半部分与大豆生长发育的实际情况也不完全符合。

由对数回归方程 (4) 可知, 当整体冠层叶量  $x\geq 1.67$  (克/株) 时, 则  $y>0$ , 即大豆单株叶量只有等于或大于 1.67 克/株时, 方可形成子实产量。因此, 对数回归方程所表达的大豆整体冠层叶量与子实产量之间的关系是符合大豆生长发育的客观情况的。由此可认定对数回归方程为大豆自然群体的整体冠层叶量对子实产量的最佳回归方程, 如图 1。

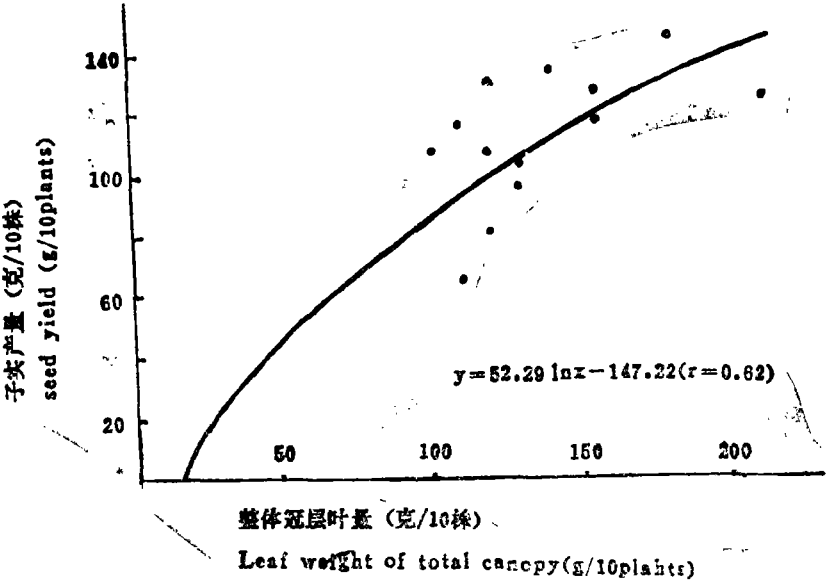


图 1 大豆子实产量对整体冠层叶量的回归曲线  
Fig 1 Regression curve of seed weight on leaf weight of total canopy in soybean

2. 大豆冠层不同水平叶量对子实产量回归方程的比较

大豆冠层不同水平叶对子实产量形成的贡献不同。截取大豆整体冠层为相同厚度五个水平, 然后计算出冠层不同水平叶量与子实产量之间的相关系数, 列于表 1。

表 1 大豆冠层不同水平叶量与子实产量的相关

Table 1. Relationship between leaf weight of different level of canopy and seed yield in soybean

冠 层 水 平 Canopy level	相 关 系 数 correlative coefficient	显 著 水 平 level of significance
1	0.25	—
2	0.56*	<0.05
3	0.56*	<0.05
4	0.41	—
5	0.37	—

表 1 指出整体冠层第二、三水平的相关系数均为  $r=0.56^*$ , 达显著水准。说明大豆自然

群体整体冠层之第二、三水平叶对子实产量的形成作用最大，第四水平次之，第一水平最小。

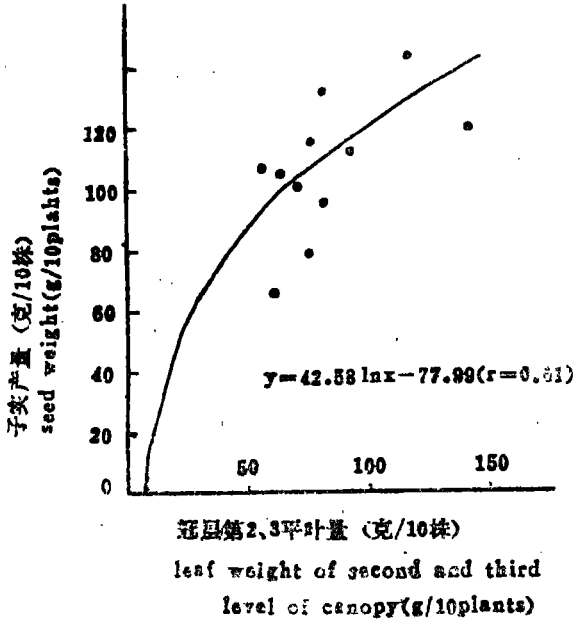


图2 大豆整体冠层第2.3水平叶量对子实产量的回归曲线  
Fig. 2 Regression curve of leaf weight of second and third level of total canopy on seed weight in soybean

( $dy/dx$  及  $dy/dx'$ )。为了说明叶量增产效率随叶量变化而变化的趋势，我们求出回归方程 (4) 与 (5) 的导数，并计算出其与各不同叶量相对应值，再对回归方程 (4) 和 (5) 求导：

$dy/dx=52.29/x$  (6)

$dy/dx'=42.58/x'$  (7)

用 (6) 式和 (7) 式分别计算出对应不同叶量的叶量增产效率，如表 2。由表 2 明显可

表 2 与整体冠层叶量及第二、三水平叶量相应的叶量增长率  
Table 2. Increasing rate of leaf weight between leaf weight of total/canopy and second and third level of canopy

叶量 (克/10株) leaf weight (g/10plants)		20	60	100	140	180
		40	80	120	160	200
叶 量 增 长 率 increasing rate of leaf weight	$dy/dx$	2.6	0.9	0.5	0.4	0.3
		1.3	0.7	0.4	0.4	0.3
	$dy/dx'$	2.1	0.7	0.5	0.3	—
		1.1	0.5	0.4	0.3	—

见，随着冠层叶量的增多，叶量增产效率下降。此乃由于大豆群体冠层叶量增加，叶片

由图 2 可见，大豆整体冠层之第二、三水平叶量之和对子实产量的回归曲线与图 1 大体相似。同理，我们认定了用对数回归方程来表达大豆自然群体冠层第 2、3 水平叶量之和与子实产量的回归关系：  
 $y_3=42.58 \ln x'-77.99$   
 $(r_3=0.61)$  (5)  
 $x'$  为整体冠层第 2、3 水平叶量之和。

为进一步证明认定的回归方程的正确性，需深入研讨叶量与子实产量的关系。由图 1 及图 2 可见，子实产量随叶量增加而增长的速率并不是一个常数。产量随叶量增加而增长的比率，称之为叶量增长效率，即图 1、2 曲线切线的斜率

相互遮掩，冠层光截获率逐渐降低，光合生产率下降，影响子实产量的形成。

二、大豆子实产量对不同形式株高最佳回归方程的选择

大豆植株高度佐佑群体冠层结构，影响产量结构的形成。本研究采用的三种不同形式的植株高度，即主茎高度、自然株高、伸展高度与子实产量间的相关系数列于表3。表3表明，自然株高（冠层高度）与子实产量之间的相关系数达显著水准( $r=0.58^*$ )。

表3 大豆三种形式株高与子实产量相关

Table 3. Relationship between three kinds of plant height and seed yield

株高类型 type of plant height	相关系数 corrective coefficient	显著水平 level of significance
主茎高度 height of main stem	0.4	—
冠层高度 canopy height	0.58*	<0.05
伸展高度 extended height	0.47	—

由此可说明在研究大豆冠层结构和大豆株形改良等方面，应以自然株高（冠层高度）为佳。为选择子实产量对自然株高的最佳回归方程，对比配制了线性回归方程，指数回归方程，对数回归方程和幂函数回归方程：

$y_6=5.27+1.27Z$  ( $r_6=0.58$ ) (8)

$y_7=41.5e^{0.0115Z}$  ( $r_7=0.58$ ) (9)

$y_8=103.4\ln Z-345.94$  ( $r_8=0.57$ ) (10)

$y_9=0.998Z^{1.063}$  ( $r_9=0.58$ ) (11)

其中Z为大豆鼓粒初期的自然株高（冠层高度） $y_n$ 为成熟后的籽实产量。

由以上四种方程的实测产量与回归估算产量间的相关系数绝对值基本相同。但是上述四个方程并非都可以用来表达冠层高度与子实产量间的关系。

从线性回归方程（8）和指数回归方程（9）可知，当自然株高  $Z=0$  时，由（8）式得：

$y=5.27$

由（9）式得：

$y=41.5$

根据（8）、（9）式计算结果可以看出，当自然株高（冠层高度）为零时，它们仍具有一定的子实产量，这显然已失去生物学意义。由（10）式得知，当  $Z=28.3(\text{cm})$  时，则

$y>0,$

即开始形成产量。

当  $z<28.3$  时, 则:  $y\leq 0$  即没有产量形成。此结论是由于供试材料所决定。

由幂函数回归方程 (11) 式得知:

当  $z=0$  时, 则:  $y=0$

当  $z>0$  时, 则:  $y>0$

即没有株高, 就没有产量; 有一定株高就会有一定产量。

例如, 当  $z=0$  时, 则:  $y=0$

当  $z=10$  时, 则:  $y=1.16$

因此, 选择幂函数回归方程 (11) 式表达子实产量与冠层高度的定量关系是比较合理的。图 3 曲线则描述了二者间的定量关系。

为进一步证明自然株高的增产效率随冠层高度而变化之趋势, 需求出回归方程 (11) 的导数 ( $dy/dz$ ), 并计算出其与各不同冠层高度相对应的数值。对回归方程 (4)、(5) 微分得:

$dy/dz=1.016z^{0.063} \quad (12)$

将计算出的自然株高增产效率列于表 4。

由方程 (12) 和表 4 表明, 在一定生态类型基础上, 大豆品种自然株高越高, 其增产效率也越大。

通过比较分析, 认定子实产量对自然株高 (冠层高度) 的最佳回归方程: 为幂函数回归方程

即,  $y=az^b$

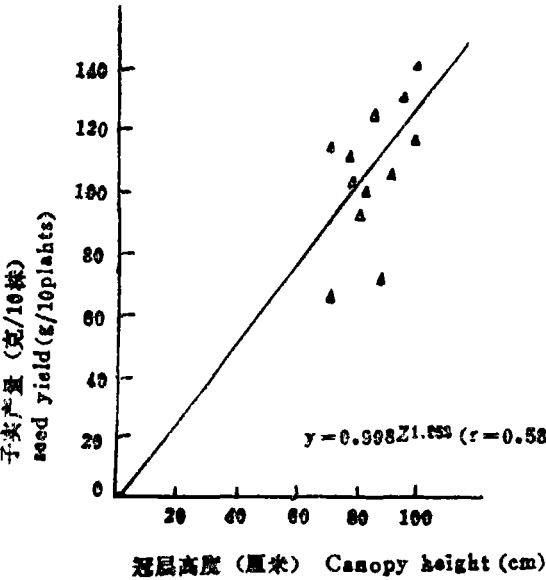


图 3 大豆子实产量对冠层高度 (自然株高) 的回归曲线  
Fig. 3 Regression curve of seed yield on canopy height in soybean

表 4 自然株高增产效率与株高的关系  
Tabl 4. Relationship between increasing yield rate of natural plant height and plant height

自然株高 (cm)	10	30	50	70	90
natural plant height	20	40	60	80	100
增产效率 (%)	1.16	1.24	1.28	1.30	1.33
increasing yield rate	1.21	1.26	1.29	1.32	1.34

## 参 考 文 献

- [1] 尹田夫, 1982, 大豆冠层透光性的研究, 东北农学院学报, № 2, P.93—102
- [2] 尹田夫, 1983, 大豆模拟株型的研究, 作物学报, Vol. 9, № 3, P.205—211
- [3] 王景文, 尹田夫, 1982, 大豆株型的数学模式与冠层中光的垂直分布, 东北农学院学报, № 3, P.1—9
- [4] 赫欣先, 1983, 关于北方夏大豆株型结构问题研究报告, 大豆科学, Vol. 2 № 1, P.49—57
- [5] 王滔, 孙淑燕, 陈存来, 1983, 大豆叶—莢关系与产量的研究初报, 大豆科学, Vol.2, № 1, P.67—74
- [6] 渡边义胜, 1944, 最小二乘法及统计, 丸善株式会社
- [7] 藤田外次郎, 1933, 数学公式 (附要项与上“诸表”), 山海堂出版社

## SELECTION FOR OPTIMUM REGRESSION EQUATION OF SEED YIELD ON PLANT MORPHOLOGICAL CHARACTERS IN SOYBEAN

yin Tian-fu

(*Soybean Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences*)

Wang Jing-wen

(*Northeast Agricultural College*)

### ABSTRACT

This study is conduct to fit the optimum regression equation of seed yield on plant morphological characters in soybean, basing upon relationship between leaf weight of total canopy in soybean natural population' leaf weight of different levels of field soybean canopy and seed yield, and relationship between three types of plant height (height on main stem' canopy height and expansive plant height) and seed yield, four kinds of regression equation, i. e. linear regression' exponential regression' power regression and logarithm regression have been fit under field growth condition. At a time, relative correlation coefficients between seed yield and regression estimate yield has been estimated. The results pointed out that optimum regression equation of seed weight of soybean on leaf weight of total canopy and leaf weight in different level of canopy are logarithm regression equation:  $y = a \ln x + b$ .

the optimum regression equation of seed weight on natural plant height (canopy height) is power regression equation:  $y = az^b$ .

the results also indicated that the increasing rate of seed weight

which is increased with leaf weight of total canopy and natural plant height is not a constant. The increasing rate of seed weight in leaf weight of total canopy. leaf weight of different level of canopy and natural plant height are tangent slope of its curves respectively.

## 启 事

本刊编辑部, 出售《大豆科学》1、2 卷合订本 (精装) 只收工本费, 每本 5.50 元 (邮寄费在内) 欲购者, 请予先来信联系, 我们将按先后顺序, 给予答复。得到可订购答复后再寄订购费给我们。现还有几十本, 数量不多, 请速联系。另外, 3 卷合订本, 也可预订。

来信请寄: 哈尔滨市南岗区学府路 50 号

黑龙江省农业科学院《大豆科学》编辑部

电 话: 62495、63495 转《大豆科学》编辑部

《大豆科学》编辑部