

不同水分条件下大豆干物重 增长的数学模型与应用

高振福 庞振义 武长利

(锦州市气象科学研究所)

摘 要

干物质的积累是作物净光合作用的重要标志,是最终经济产量形成的物质基础。对于某一特定作物品种来说,干物质积累水平主要由环境条件所决定。水分消耗作为大豆最重要的生命过程、生育期内水分供应条件的好坏,必将影响大豆生产力水平的能量和物质转化过程。本研究利用田间试验方法,通过对不同生育期的灌水处理,研究了不同水分条件下大豆干物质重增长的不同动态,它们都表现为S型无动差曲线变化趋势。通过求取五种水分条件下干物重增长数学模型的参数,分别建立了它们的数学模型,从而定量地揭示了大豆干物质积累与水分条件的关系。

通过进一步计算,得到不同水分条件下干物重最大增长率的出现时间分别为88天、93天、95天、96天、96天。所对应的干物质日增量极大值为15.71、11.28、10.12、9.72和8.92克/米²·日。

通过不同水分条件对植株产量的影响的分析,看到大豆营养生长阶段水分保证的重要性。但增长效率即每单位水量增加的植株产量则以花荚期为最高,每10毫米水量可增产2.0%。

水分消耗作为大豆重要的生命过程之一,生育期内水分供应条件必将影响着大豆生产能量和物质转化的过程。我们通过田间试验,研究了不同水分供应条件下大豆干物重增长的数学模型,定量地揭示了大豆干物质积累与水分条件的数量关系,为在大豆栽培中,充分利用有限的自然水分资源,为制定最佳供水方案夺取大豆高产提供依据。

一、试验研究方法及其结果

在试验地平坦、肥力均衡,各种处理同时播种,并进行统一田间管理的基础上,对大豆分别进行五种不同供水处理,使其在营养生长阶段、花荚阶段、鼓粒阶段和全生育期水分供应得到满足。当土壤水分含量低于田间持水量70%时,通过人工灌溉使需水得到满足,其它各生育阶段则只靠自然降水。因此水分不能完全得到保证。这样,各种处理下大豆生长的差异便可视为仅由水分供应条件不同所造成的。水分亏缺的胁迫,主要表现

本文于1985年4月15日收到。

在生长速度的减慢和光合产物积累水平的降低上。因而可从干物质的增长状况寻求水分条件对于干物质增重的影响规律,进而确定出它们之间的数量关系。

试验小区每区8行,行长5米,行距55厘米,三次重复,顺序排列。试材为锦豆6422,4月20日座水播种,出苗后人工手间苗,单株留苗,每亩保苗13000株。

试验当年(1982)大豆生育季节4~9月降水量为312毫米,是个有代表性的水分供应条件较差年份,为在自然条件下进行各种水分控制试验,提供了良好的基础条件。

大豆干物重增长测定,每隔十天取样一次,每次取样10株,经过冲洗、烘干和称

表 1 不同水分条件下大豆干物重增长状况 (克/米²)

Table 1 Soybean dry matter increase under different water supply conditions (g/m²)

Date 日期 (月、日) (M. D.)	供水处理 Irrigation treatment	全生育期 供水 Water supply during whole growth period	营养生长期 供水 Water supply on vegetative growth period	花荚期 供水 Water supply on flower and pod period	鼓粒期 供水 Water supply on pod filling period	对 照 不 供水 Control no water supply
5、21		6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
5、28		14.3	14.3	11.8	11.8	11.8
6、8		32.2	32.2	20.7	20.7	20.7
6、17		59.7	42.8	32.5	32.5	32.5
6、28		109.0	84.8	58.4	58.4	58.4
7、8		221.7	138.0	141.0	141.0	141.0
7、18		335.0	230.0	196.0	180.0	175.0
7、28		454.4	314.5	270.4	247.0	217.6
8、8		640.0	460.0	385.0	340.0	325.0
8、18		756.0	560.0	485.0	435.0	410.0
8、30		804.5	612.5	549.9	515.0	499.9

表 2 不同供水处理大豆水分消耗量

Table 2 Soybean water consumption of different water supply tratments (mm)

Growth period 生育阶段	供水处理 Water supply	全生育期 供水 Water supply during whole growth period	营养生长期 供水 Water supply on vegetative growth pe- riod	花荚期 供水 Water supply on flower and pod period	鼓粒期 供水 Water Supply on pod filling period	对 照 不 供水 Control no water supply
出 苗~开 花 Seedling emergence—flowering		161	139	126	126	126
开 花~鼓 粒 Flowering—pod filling		277	188	153	98	98
鼓 粒~成 熟 Pod filling—maturing		110	89	84	162	33
出 苗~成 熟 Seedling emergence—maturing		548	466	363	386	257

重, 最后得到在各种水分条件下大豆干物重增长数值(表1)。

不同处理大豆各生育阶段耗水量由水分平衡方法计算, 结果如表2。

二、干物重增长曲线数学模型的建立与检验

表1数值反映出各种不同供水条件下, 大豆干物重增长的不同动态, 它们的变化趋势都是出苗后干物质缓慢增长, 中期速度加快, 后期又减慢。根据干物重这一变化趋势, 便可以按 Verhulst 的 S 型无动差曲线模型对干物重增长状况进行模拟。

$$M_t = \frac{C}{1 + e^{a+bt}}$$

式中 M_t 为时间 t 时的干物重, e 为自然对数底, t 为出苗后日数。可见, 只要确定其中的参数 a 、 b 、 c , 数学模式即可建立。

从表1干物重测定数据中, 选取等间隔时间的三个干物重 M_1 、 M_2 、 M_3 , 由下式求出 C :

$$C = \frac{2M_1M_2M_3 - M_2^2(M_1 + M_3)}{M_1M_3 - M_2^2}$$

通过对 $M_t = \frac{C}{1 + e^{a+bt}}$ 变换并取对数可得到:

$$\ln\left(\frac{C}{M_t} - 1\right) = a + bt$$

这样, 数学模型便成为简单的一元直线方程形式。利用表1资料按最小二乘法原理, 可求出 a 、 b 。经过计算五种供水处理干物重增长的数学模式为:

$$M_1 = \frac{872.67}{1 + e^{6.32 - 0.07t}}$$

$$M_2 = \frac{715.05}{1 + e^{5.87 - 0.06t}}$$

$$M_3 = \frac{624.45}{1 + e^{6.13 - 0.06t}}$$

$$M_4 = \frac{602.15}{1 + e^{5.88 - 0.06t}}$$

$$M_5 = \frac{586.85}{1 + e^{5.82 - 0.06t}}$$

式中: M_1 ——全生育期得到水分保证的干物重

M_2 ——营养生长期得到水分保证的干物重

M_3 ——花荚期得到水分保证的干物重

M_4 ——鼓粒期得到水分保证的干物重

M_5 ——对照区不供水处理的干物重

通过对已建立的数学模式进行统计检验,五个模式理论计算值与实测值的均方差分别为1.37、2.06、3.92、1.26和2.00 克/㎡。可见,数学模式与实际值有较高的拟合性,均通过了检验,说明数学模式完全适用。

三、该数学模式对研究工作的意义和生产上的应用

1. 该数学模式定量的表示了不同水分条件下,大豆干物重随时间的变化规律。利用这些模式可以准确计算出在不同水分条件下,大豆生育过程中任何时间大豆干物质的累积量。从而可以确切地掌握在不同水分条件下,大豆光合作用产物的累积状况。

2. 利用数学模式可以求算出不同水分条件下,任何一天的干物重增长量,即干物重增长率。

干物质增长在大豆整个生育过程中是一个连续地动态变化过程,在这个变化过程中,每个单位时间内干物质的增长量即增长率也不是一个不变的常量,而是随生育进程而变化的动态变量、通过计算 M_i 对时间 t 的一阶微分,得到五种不同水分条件下干物质增长率的数学表达式:

$$M_1' = \frac{62.83e^{6.32-0.07t}}{(1+e^{6.32-0.07t})^2}$$

$$M_2' = \frac{45.12e^{5.87-0.06t}}{(1+e^{5.87-0.06t})^2}$$

$$M_3' = \frac{40.64e^{6.13-0.06t}}{(1+e^{6.13-0.06t})^2}$$

$$M_4' = \frac{37.09e^{5.88-0.06t}}{(1+e^{5.88-0.06t})^2}$$

$$M_5' = \frac{35.68e^{5.82-0.06t}}{(1+e^{5.82-0.06t})^2}$$

五个数学表达式的直观图形如图1。图中清楚地显示出五种不同水分条件下大豆群体干物重增长率的时间分布状况。它们虽然都是由生长前期的低值逐渐升向高值,达到最大值后迅速降低,整个曲线呈偏态分布型。但这种不同的时间分布状态,对于干物质产量形成的影响作用和单位灌水量的增产效率差异很大(表3)。

表3表明,全生育期得到水分保证的植株产量最高,营养生长阶段得到水分保证的次之。这里充分表明营养生长阶段水分保证的重要性。但灌水增产效率,即每单位水量增加的干物质则以花荚期为最高,每灌10毫米水量可增产2.0%。

3. 计算 M_i 对时间 t 的二阶微分,可求得不同水分条件下,干物质最大增长率的出

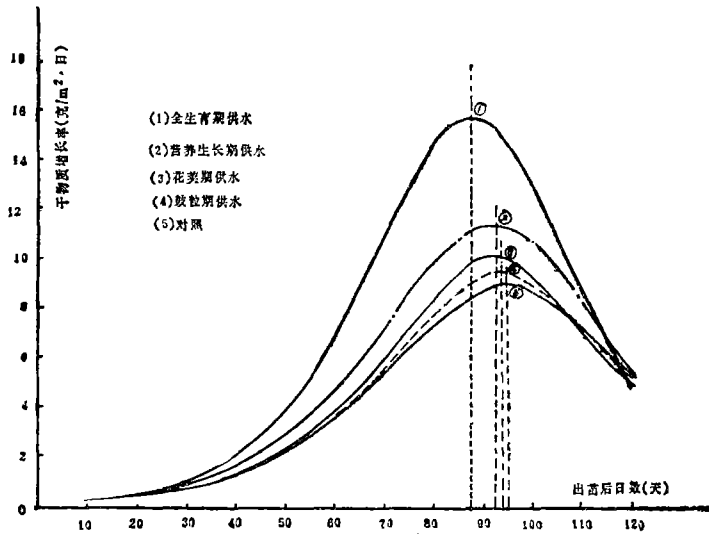


图 1 不同水分条件下大豆群体干物重增长率动态
Fig. 1 The mode of soybean population dry matter increase rate under different supply water conditions

表 3 不同水分条件下大豆植株产量及灌水增产效率

Table 3 Plant dry weight of soybean under different water supply condition and effect of irrigation

项 目 Item	供水处理 Water supply	全生育期 供水 Water supply during whole growth period	营养生长期 供水 Water supply on vegetative growth period	花 荚 期 供水 Water supply on flower and pod period	鼓 粒 期 供水 Water supply on pod filling period	对 照 不 供水 Control no water su- pply
相对植株产量(%) Relative yield of dry weight plant(%)		143	129	119	114	100
与对照耗水量差(mm) Difference of water consumption with control (mm)		293.0	211.8	96.9	129.0	—
每10mm水增产率(%) Yield increase rate per 10mm water supply (%)		1.5	1.4	2.0	1.1	—

现时间和干物质日增长量的极大值。

经计算,五种水分供应条件下干物质增长率极大值出现的时间分别为88天、93天、95天、96天、96天。它们所对应的干物质最大日增量分别为15.71、11.28、10.12、9.27和8.92克/㎡·日。干物质增长率接近最大值时,干物质积累的最快,植株体内生理活动最旺盛,这时环境条件对大豆生育的影响最大,大豆生育对水分供应好坏的反应也最敏感,这就是大豆的需水临界期。这个时间随水分条件而异,全生育期得到水分保证的出苗后88天即可达到极大值,营养生长期得到水分保证的则为93天。而对照处理水分得不到保证的要在出苗后96天才达到极大值。但成熟时间却基本相同。这就是说,只有在水分得到保证的情况下,极大值出现日期至成熟日期之间的间隔日数才能得到延长,使其具有足够的鼓粒时间。据 Buttery (1970) 的研究,种子产量的较大差异,与豆粒发育时间的长短有直接关系。因此,要想获得大豆高产,就要保证有足够的鼓粒时间,这就必须保证其全生育过程的水分供应。同时也告诉我们,大豆营养生长期水分供应的重要性,只有在大豆营养生长期有良好的水分供应,才能为形成经济产量准备充实的营养体。

不同水分条件下大豆干物重增长规律的研究,从作物生理方面向我们提供了大豆生产管理中充分利用有限水分资源,制定最佳供水方案的一个理论依据,对最终经济产量的形成,夺取大豆丰产具有十分重要意义。

参 考 文 献

- [1] F. S 达莫塔, 1981, 《大豆与天气》气象出版社38—56页
- [2] 杨永岐, 1983, 《农业气象中的统计方法》气象出版社72—75页,
- [3] 丁希泉, 1978, 《回归分析在农业科学中的应用》吉林省农科院情报所 95—97 页
- [4] D·B·Egli, 1975, 《Canadian Journal of Plant Science》Vol.55, No1 215—219
- [5] H. N 夏拉波夫, 1963, 《植物的化学作用与气候》科学出版社 10—29 页。

STUDIES ON MATHEMATICAL MODELING FOR SOYBEAN DRY
MATTER INCREASE UNDER DIFFERENT WATER
SUPPLY CODITION AND IT'S USE

Gao Zhenfu Pang Zhenyi Wu Changli
(*Institute of Meteorological Science of Jinzhu City*)

Abstract

Accumulation of dry matter is an important indicator of crop net photosynthesis and the base for producing final economic yield. For a certain crop variety, the level of dry matter accumulation is mainly due to environmental conditions. Since water consumption is most important life process of soybean plants, water supply will surely influence energy and matter translation process of soybean productivity level. The present study applied in field experiment and irrigation treatment in different growth period for the purpose of the different trends of soybean dry matter increase under different water supply condition. It's proceeding trend showed S pattern motionless-difference curve. Their mathematical model have been established respectively, through computing the parameters of mathematical model of dry matter increase under five kinds of water supply condition. Therefore the relationship between soybean dry matter accumulation and water supply condition has been explained.

Through computing, the time of occurrence of maximum dry matter increase rate obtained under different water supply conditions were 88, 93, 95, 96, and 96 days, respectively, and its corresponding maximum dry matter increase amount per day were 15.17, 11.28, 10.12, 9.72 and 8.9g/m². day.

According to the analysis of effect of different water supply condition on plant weight yield, it may be seen that water supply is very important during vegetative growth stage. Because the plant weight yield increase per unit water supply was highest during flowering and podding setting stage, 10mm water supply could increase yield by 2.0%, so the increase efficiency was the highest at flowering and podding stage.