

# 国外农业科技资料

(47)

—农业气象

沈阳农学院科技情报室编译

1985 · 3

# 目 录

|   |       |
|---|-------|
| 苏联及国外一些国家关于农业气象因子对粮食作物产量影响<br>及其产量预报方法的研究 ..... | ( 1 ) |
| 寒冷多雪地带秋播小麦播种期的可变性 .....                         | (12)  |
| 关于植物对雨水反应的研究 .....                              | (20)  |
| 关于植物对雨水反应的研究 .....                              | (27)  |
| 关于海上危险和特别危险的水文气象现象预报的经济效益 .....                 | (36)  |
| 关于敞开型乳牛舍的辐射热负载及其调节 .....                        | (39)  |
| 马铃薯田反射率的特点 .....                                | (46)  |
| 马铃薯收获期农业气象条件的鉴定和预报 .....                        | (54)  |
| 作物的物质生产与气象 .....                                | (59)  |
| 评定农业气象条件对农业机器和农具工作<br>影响的研究任务及方法 .....          | (66)  |
| 根据日射量推算净辐射量 .....                               | (70)  |
| 关于冷害年7、8月低温分布型的特征 .....                         | (74)  |
| 日本东北地区发生冷害时气象特征的分析 .....                        | (83)  |
| 蒸散量的测定法——水分收支法 .....                            | (89)  |
| 定量鉴定中央黑钙土经济区的气温和降水对豌豆产量形成的<br>影响 .....          | (92)  |
| 柑桔类的寒害及其防御措施 .....                              | (96)  |
| 根据卫星资料鉴定农作物状况 .....                             | (103) |

# 苏联及国外一些国家关于农业气象因子对粮食作物产量影响及其产量预报方法的研究

〔苏〕 E. C. Уланова

## 一、苏联关于农业气象因子对粮食作物产量影响及其产量预报方法的研究

苏联对主要农作物产量与农业气象条件数量关系的研究极为重视，在这些研究的基础上正研制社会主义计划农业所需要的农作物产量预报方法，在地区的农业气候区划时，还应用得到的这些数量关系，来鉴定那里的农业气候资源对某种作物生长的有利程度。现在已经对春小麦、冬小麦、玉米、大麦和荞麦等主要粮食作物的产量与农业气象条件的数量关系及其产量预报方法进行了深入研究。

在上述研究中很注意揭示各种因子的重要性及它们的惰性程度。因此基于惰性因子的应用，在农业气象学中研制农作物产量的长期农业气象预报方法方面新学派正在成长。

所谓惰性因子是指那些决定了目前状况，并对未来的状况保持其很大影响的因子。不是全部问题都能够这样解决，但仍然有很多极重要问题，主要是过去和当前的农业气象条件以很长的预报时效确定着未来状况。

用综合方法进行农业气象因子对农作物产量影响的研究，而确定产量与农业气象

条件关系方程式的数学统计方法是综合方法的基础。同时考虑农作物的生物学特性、生长发育的基本规律，生长状况及生产能力。

这些数量上的预报关系（方程式）是产量农业气象预报方法的科学基础，用这些预报方程式能够以三个月、二个月和一个月的预报时效计算出未来的产量。这些预报关系式是根据农业气象和水文气象站在集体农庄、国营农场、农业研究所的试验站、国家品种试验场的农田上进行的田间试验研究和专题观测结果，及气象台站网的多年观测资料和苏联中央统计局的农作物产量和冬作物死亡面积资料得到的，多因子相关及其方程式是用电子计算机进行相关分析和回归分析确定的。

最近几年，由于电子计算机的应用，大大地增大了这一研究可能性，增加了研究的因子数，并能够转向寻找产量与农业气象条件的多因子相关。找到了可用于不同粮食作物品种，考虑了前作的关系方程式，可用来预报个别农田的产量。此外，为了预报更大地区的产量，根据多个站的平均观测资料得到了一些专用方程，用这些方程可计算出一个地区、州或加盟共和国未来的平均产量。研究是按地带进行的。考虑了这些地带不同的土壤肥力及其气候特点。非黑钙土和黑钙

土地带土壤肥力、水分条件和热状况的不同，决定了农业气象条件影响农作物产量的规律也是不同的。

在这本著作中我们不可能详细地阐述苏联就这个非常重要问题进行的全部研究，研究的问题很多而且很广泛，在这里我们只能简略地介绍有关农业气象条件对粮食作物产量影响的一些研究成果。这些研究成果是用定量指标、关系和方程式表达的。以预报方法的形式加以总结，在实际工作中能用它们

来计算未来的粮食作物产量。

应当指出，适用于春播作物或全部粮食作物的大多数产量预报方法都已经研制出来了。

C. A. Вериго研究了水分条件对粮食作物产量的影响，鉴定了生长和籽粒灌浆不同时期的水分供应。计算了穗和花形成时期不同有效贮水量下粮食作物产量与适宜贮水量下产量的比值（表1）

**表 1 在穗和花形成时期一米深土层内不同有效贮水量下粮食作物产量与适宜贮水量下产量的比值**

| 穗和花形成时期的平均有效贮水量（毫米） |       |       |        |         |         |      |
|---------------------|-------|-------|--------|---------|---------|------|
| 1~25                | 26~50 | 51~75 | 76~100 | 101~125 | 126~150 | >150 |
| 0.18                | 0.46  | 0.70  | 0.86   | 1.00    | 0.74    | 0.68 |

按照M. C. Кулик的方法可鉴定和预报干旱时期春播粮食作物的产量形成条件，这一方法是建立在分析和考虑耕层土壤水分状况、气温高、空气湿度差大这些情况的基础之上的。可用上述方法计算干旱条件下春播粮食作物产量的降低（%）。对春播

粮食作物而言，如果耕层土壤贮水量下降到10毫米以下，就开始了干燥时期，如果贮水量下降到20毫米以下，就开始了干旱时期。可根据干燥和干旱的旬数预报产量的降低（表2）

**表 2 在干旱和干燥旬春播粮食作物产量的降低（%）**

| 生长期的旬    | 按贮水量划分的旬 |     |
|----------|----------|-----|
|          | 干燥旬      | 干旱旬 |
| 第二旬      | 5        | —   |
| 第三旬      | 10       | 5   |
| 第四旬（孕穗前） | 30       | 20  |
| 第五旬      | 20       | 15  |
| 第六旬      | 10       | 5   |
| 第七旬      | 5        | 5   |
| 第八旬      | 5        | —   |
| 第九旬      | —        | —   |

Д. А. Разумова和 Н. Б. Мещанинова研制了哈萨克北部一些州的春小麦产量预报方法。在方法中他们得到了一些产量要素与农业气象条件的定量预报关

系式。每穗的小穗数Z与春小麦孕穗前一旬的旬初0—50厘米土层内贮水量 $X_1$ ，及该旬的旬平均气温 $y$ 的相关方程为：

$$Z = 0.04 X_1 - 0.70 Y + 23.7$$

$$R = 0.89$$

方程的适用范围：Z为10~19；X<sub>1</sub>为20~90毫米；Y为12~21℃。

春小麦每穗的粒数Z与孕穗~乳熟期间的总耗水量X，及每穗的小穗数Y的关系式为：

$$Z = 0.04 X + 1.23 Y - 4.3$$

$$R = 0.85$$

春小麦产量u（公担/公顷）与播种~孕穗期间的总耗水量X<sub>1</sub>（毫米），孕穗~抽穗期间的总耗水量X<sub>2</sub>，抽穗~蜡熟期间的总耗水量X<sub>3</sub>的关系可用下列方程式表示：

$$u = 0.017 X_1 + 0.127 X_2 + 0.147 X_3 - 7.4$$

$$R = 0.88$$

A. B. Процеров和K. B. Кириличева研究了春小麦产量与农业气象条件的关系，研制出了产量预报方法，这个方法是建立在春小麦产量与水分供应值V%关系基础上的。V可按下列式计算：

$$V = \frac{W_1 - W_2 + r}{k_1 \Sigma d_1 + k_2 \Sigma d_2} \cdot 100$$

式中：W<sub>1</sub>和W<sub>2</sub>为时期开始和结束时一米深土层内的贮水量（毫米）；r为时期内的降水总量（毫米）；Σd<sub>1</sub>为播种~抽穗期间空气湿度差总和；Σd<sub>2</sub>为抽穗~蜡熟期间空气湿度差总和；k<sub>1</sub>=0.45；k<sub>2</sub>=0.3。

Процеров计算了哈萨克北部一些州春小麦产量与其生长期内个别旬水分供应的关系，可用下面的方程式表示：

$$Y = 0.39 X_1 + 0.29 X_2 + 0.52 X_3 - 0.301 X_4 + 0.253 X_5 + 0.073 X_6 + 0.058 X_7 + 0.058 X_8$$

式中：Y为春小麦产量（公担/公顷）；X<sub>1</sub>，X<sub>2</sub>，……X<sub>8</sub>分别为生长期的第1旬，第2旬……，第8旬春小麦的水分供应（%）；r=0.79。

播种~孕穗正是作物生长和穗分化时

期，这一时期的水分供应对春小麦产量形成起很大作用。对于西西伯利亚和哈萨克北部的大多数州，Кириличева已经得到了州的春小麦平均产量Y与播种~孕穗期间按州平均的水分供应X<sub>1</sub>的关系方程为：

$$Y = 0.24 X_1 - 2.0$$

这种关系的相关系数r=0.86。

春小麦的产量Y与播种~抽穗期间的水分供应X<sub>2</sub>相关更为密切，这种关系同样可用Кириличева得到的方程式表示：

$$Y = 0.26 X_2 - 4.8$$

这种关系的相关系数r=0.95。

许多研究者提出要在考虑农作物蒸腾作用和蒸腾系数的基础上来鉴定其产量形成条件。

A. C. Конторщикова研制了使用蒸腾系数的春小麦产量预报方法。按这个方法平均产量和最高产量与蒸腾量和蒸腾系数的关系可用下式表示：

$$R_{\text{CP}} = \frac{E}{T_{\text{CP}}} - \frac{E}{T_{\text{CP}}} \frac{Z-u}{T_{\text{CP}}}; R_{\text{Макс}} = \frac{E}{T_{\text{Мин}}} - \frac{E}{T_{\text{Мин}}} \frac{Z-u}{T_{\text{Мин}}}$$

式中：R<sub>CP</sub>为平均产量（公担/公顷）；R<sub>Макс</sub>为该作物的最高产量（公担/公顷）；E为整个生长期内的蒸腾量（毫米）；Z为生长期内的总蒸发量（毫米）；u为生长期内该作物之下土壤表面的蒸发量（毫米）；T<sub>CP</sub>为产量为1公担/公顷情况下的平均蒸腾系数（毫米）；T<sub>Мин</sub>为产量为1公担/公顷情况下的最小蒸腾系数（毫米）。

Д. И. Шашко确定了春小麦的生长势与水分条件的关系，他不仅研制出了各主要发育时期1米<sup>2</sup>面积上植物体绝对干重M<sub>n</sub>的预报方法，而且还研制出了生长期末植物体绝对干重M<sub>K</sub>的预报方法。这种关系可用下列方程式表示：

$$M_n = \frac{M_{\text{иЭЛ}}}{100}$$

式中： $M_n$ 为某发育时期内植物体干重的增加值（克/米<sup>2</sup>）； $M_{n-1}$ 为该发育时期初的植物体干重（克/米<sup>2</sup>）； $\Theta$ 为取决于水分条件，根据相关图计算得到的该时期内的生长势； $\Pi$ 为该发育时期的持续时间。植物体最终的绝对干重为各个时期 $M_n$ 的总和。春小麦的籽粒产量约为植物体最终干重（籽粒和秸秆）的35—40%。

按Б. П. Пономарев的方法同样能鉴定春小麦籽粒灌浆期的未来农业气象条件，他确定了穗数，每穗粒数及干粒重与农业气象条件的关系。春小麦每穗粒数 $Z$ 与每穗的小穗数 $X$ ，一米深土层内的贮水量 $Y$ 的关系可用相关系数 $R=0.89$ 和回归方程

$$Z = 2.46X + 0.05Y - 14.9$$

表示。

春小麦的干粒重 $Z$ （克）与籽粒灌浆时期的水分消耗 $X$ 、温度 $Y$ 以及每穗粒数 $U$ 的关系可用相关系数 $R=0.84$ 和回归方程

$$Z = 0.04X - 1.04Y + 0.24U + 42.7$$

表示。

农业气象因子对冬小麦产量影响的研究及产量预报方法的研制，主要是在近十年内进行的。我们已经揭示了黑钙土种植区决定冬小麦产量的基本惰性因子。它们是春季、孕穗期和抽穗期一米深土层内的有效贮水量，越冬后保留下来的茎数，结穗茎数，抽穗期冬小麦的株高等。按其主要发育期全面分析了15个因子72种不同组合对冬小麦产量的影响，确定了冬小麦产量与这些因子的关系方程，研制出了冬小麦产量的长期预报方法，并对这些条件进行了农业气候鉴定。

М. С. Кулик研究了非黑钙土地区的农业气象因子对冬作物产量的影响，他在得到的一系列方程式的基础上，研制出了冬作物产量的长期预报方法，这些方程式考虑了相似年的产量、秋季的生长条件、施肥量、越冬条件、土壤内部径流、春季的热量条件、夏季生长时期的水分条件。

按这个方法编制预报时要用以下的关系方程式：

a) 秋季停止生长后 $Y'_n = Y_a + 0.115 [(X_{1n}X_{2n} - X_{1a}X_{2a})] - 3.607(X_{1n} - X_{1a})$   
式中： $Y'_n$ 为预报的产量（公担/公顷）； $Y_a$ 为相似年的产量； $X_1$ 为施肥量（公担/公顷）； $X_2$ 为秋季日平均气温为5~15°C的日数； $n$ 为预报年的编号； $a$ 为相似年的编号。

b) 冬作物孕穗后

$$Y''_n = Y'_n [1 - 0.01(0.471X_4 + 6.5)] + 0.15(X_{3n} - X_{3a}) - (X_{5n} - X_{5a})$$

式中： $Y''_n$ 为未来的产量（公担/公顷）； $Y'_n$ 为秋季停止生长后计算得到的产量； $X_3$ 为恢复生长之后具有中等温度（5—10°C）的天数； $X_4$ 为春季新茎的缺苗率（%）； $X_5$ 为由于土壤内部径流氮素流失引起的产量降低（公担/公顷）。

А. Р. Константинов研制的方法，考虑了秋冬和春夏时期农业气象条件的影响，能够用来计算冬小麦的产量。方法中获得了相关图，并采用了逐步消元法。

В. П. Дмитренко为预报冬作物的产量提出了下列公式：

$$y = y'(1-P) \left[ 1 - \left( \frac{K - K_0}{K_0} \right)^2 \right] m(H, T)$$

式中： $y'$ 为最高产量（公担/公顷）； $P$ 为春季作物的平均缺苗率； $K$ 为平均分蘖数； $K_0$ 为适宜分蘖数； $m(H, T)$ 是反映气象条件对产量的影响，并包括该年值与这些量的适宜值差异在内的函数。可是，要计算这个函数很复杂而且繁琐，此外，因子的适宜值现在也不完全了解，这样就难以用上式来预报产量。

在最近几年，Р. С. Мкртчян研制了可用于亚美尼亚、马斯洛夫斯克和哈萨克斯坦共和国条件下的冬小麦产量预报方法；这些方法考虑了土壤贮水量和作物状况等主要惰性因子。

Ю. И. Чирков进行了揭示玉米产量与农业气象条件关系方面的研究工作,使得他能够研制出玉米产量的长期预报方法。这个方法是建立在考虑作物叶面积(为作物光合势的表征),有效贮水量、粒用玉米种植区的热量供应基础上的,得出玉米籽粒产量与抽穗~乳熟时期0~50厘米土层内有效贮水量及叶面积的关系最为密切。无论是叶面积大,而有效贮水量不足,还是在叶面积不大的情况下贮水量充足,都不能保证高产。只有这两个因子相结合玉米才能高产。0~50厘米土层有效贮水量大于60~70毫米是果穗的诸产量要素形成和有机物质积累的最适宜条件。当这一土层的贮水量少于20毫米,气温又很高(白天的几个小时高于30℃)时,有30~40%已形成的花器官要枯死。建立方程时水分资源用的是普遍进入抽雄期的那一旬0~50厘米土层内的贮水量与这一时期内的降水量之和。

玉米叶面积在5000~8000米<sup>2</sup>/公顷范围内,玉米籽粒产量Y与水分资源X的关系方程为:

$$Y = 0.121X + 6.1$$

$$r = 0.80$$

叶面积在9000~16000米<sup>2</sup>/公顷范围时,其关系方程为:

$$Y = 0.19X + 7.8$$

$$r = 0.81$$

叶面积在17000~24000米<sup>2</sup>/公顷范围时,关系方程为:

$$Y = 0.26X + 10.27$$

$$r = 0.82$$

因为多数农业气象台站不观测叶面积,所以叶面积要根据作物的高度来计算,作物高度普遍进行观测。一株作物的平均叶面积y(厘米<sup>2</sup>)与作物的平均高度X(厘米)的关系方程式为:

$$y = 36.94X - 1632.8$$

$$r = 0.84$$

有了一株作物叶面积的资料S<sub>1</sub>,就能够按下式计算出1公顷作物的叶面积:

$$S = \frac{S_1 m}{100000}$$

式中:m为作物密度。

用水分资源和叶面积预报草原地带的玉米籽粒产量取得了很好效果,这是因为在那里水分是玉米生长的限制因子。对于湿润地带和粒用玉米种植区北部边界的一些地区而言,采用了综合指标,这些指标还考虑了热量状况。在这种情况下玉米未来的产量Y(公担/公顷)是根据一组曲线计算得到的,形式为 $y = (-aX^2 + bX + c)Kt$ 的方程式可用这组曲线来确定。方程的系数取决于群体叶面积的大小;X为0—50厘米土层的有效贮水量;Kt为温度订正系数。

Чирков研制出的上述玉米产量与农业气象条件之间的数量关系,还适用于农业气候区划。

生长期内的热量供应对于喜温作物产量形成有着重要意义。Ф. Ф. Давитая研制出了农作物生长期内热量供应的长期预报方法。这一方法是建立在春季气温稳定通过10℃的日期(D)与正个生长期内大于10℃的积温Σt之间稳定的相关关系基础之上的。例如,在列宁格勒条件下这种关系可用下列方程表示:

$$\Sigma t = -18.25D + 2759$$

相关系数 $r = -0.74$ 。气温通过10℃后再过两个月,关系更为密切,相关系数增加到-0.90,方程为:

$$\Sigma t = -18.60D + 1813$$

Давитая研制出了用于苏联不同地带一些类似的方程。用这些方程能够以很长的预报时效(为几个月)计算出不同农作物未来的热量供应状况。并根据不同的播种期确定出作物成熟的可能性。

Н. З. Иванова—Зубкова在考虑开

花一成熟时期作物的水份供应和气温的基础上，研制出了荞麦籽粒产量的预报方法。

在开花的6旬平均气温为17—20℃情况下回归方程为

$$y = 0.054X + 3.4$$

式中： $y$ 为州平均的荞麦籽粒产量(公担/公顷)； $X$ 为开花一成熟时期作物的水份供应(毫米)。作物的水份供应是指开花时期耕层土壤贮水量(毫米)与开花一成熟时期的总降水量之和。

近几年来，Н. Н. Желта和А. Н. Полевой研究了农业气象条件对春大麦产量的影响，Л. С. Чернышева研究了气象条件对水稻产量的影响，Ф. Н. Коган研究了气象条件对粮食作物产量的影响。

目前苏联正在进行研制农作物产量数学模式方面的研究工作(В. П. Дмитренко、Ю. А. Хваленский、О. Д. Сиротенко)。建成这些模式就能够根据农业气象条件，更详细地研究作物干物质积累的进程以及粮食作物的生产能力。正如О. Д. Сиротенко在总结中指出的那样：最近10—15年苏联对作物生存环境中能量和物质交换过程的研究，以及在此基础上建立农业植物群落生产过程的理论方面获得了很大成功。在农作物群体中热量和物质交换过程的数学模拟，生产过程的农业气象学观点的数学模拟，及建立“天气—产量”综合动力模式方面也取得了很大成就。

苏联在农作物群体的热量和物质交换过程的数学模拟方面取得的最重要的成果可归纳为以下几条：

1. 研制出了植被辐射状况的数学模式，这个模式是以植被中辐射能转换方程为基础的，在植被中是和在水平均匀、各向异性的浑浊层状介质中的情形相似的。找到了计算向上和向下的光合有效辐射、同化辐射和近红外辐射通量方程的近似解法(Ю. К. Росс、Т. А. Нильсон)。

2. 研制出了计算垂直辐射通量的简化的半经验公式(Х. Г. Тооминг、Ю. К. Росс)。

3. 首次实际准确地列出了计算植被中空气运动特征的闭合方程组。运动方程中引进了描述茎、叶阻力的项，茎和叶的阻力是与空气局部速度的平方成比例的。在乱流能量平衡方程中引进了相当于在平均通量与植被因子相互作用下产生的脉动效应的项。该闭合方程组使用了交换系数、乱流耗散量和乱流能量之间的Колмогоров关系式，混合方法与叶子的密度有关。

4. 研制出了植被气象状况的固定模式(М. И. Будыко、Л. С. Гандин、А. И. Будаговский、Г. В. Менжулин、М. Л. Асатуров)。乱流热传导方程和水汽乱流扩散方程是该模式的基础。这些方程的来源项描述了植物体的要素与周围空气间的热量和水分交换。闭合方程组吸收了植物体要素的热量平衡方程，边界条件是 $Z = H$ 和 $Z = 0$ 的水平面( $Z$ 为纵坐标、 $H$ 为作物高度)。对于一系列重要部分的情况得到方程组的分析解，用数值试验法研究了这一方程组。最近表达并研究了关于计算农作物群体气象状况问题的不固定方案(О. Д. Сиротенко)。提出的模式不只限于考虑近地层空气中的热量和水分交换过程，而且包括了根所在的土层。这个模式能够计算实际需要的10天内群体水热状况的指标。

生产过程农业气象观点的数学模拟方面已经取得了下面一些最重要的成果：

1. 在植被辐射状况数学模拟工作的基础上，建立了植被生产能力和光合作用的静态模式，在这个模式中主要是注意鉴定植被立体结构对光合作用的影响，并鉴定了叶子方向对总光合作用的影响(Ю. К. Росс)。表述了普通生态学的原则，这些原则包括了营养生长期里植物群落与外界环境相适应，以达到最大生产能力(Х. Г. Тооминг)。



研制出了光合作用和光呼吸的数学模式，模式考虑了二氧化碳浓度，叶子的逸散阻力及一系列生物化学过程（А. X. Лайск）。

2. 研制了植被中总光合作用的基本理论，包括不只考虑辐射因子，而且考虑了植被中不同高度二氧化碳浓度的变化对光合作用的影响。得到了非线性微分方程，该方程将植被中的二氧化碳浓度与一系列对其有影响的要素联系起来。实际上，这一方程是植被中总光合作用理论的基础（М. И. Будыко、Л. С. Гандин）。

建立农业植物群落生产过程的动力模式是巨大的综合性问题，解决这个问题需要综合植物群落生物物理学方面的全部知识。目前建立这种模式的工作才刚刚开始，Ю. К. Росс探讨了在这方面取得的成就和遇到的困难。

仅就以上列举的理论研究上的成就，现在也已经能够为了农业气象的目的建立生产过程的简化的半经验的模式方案——“天气—产量”综合动力模式。这个模式与С. Т. Wit、R. Brouwer等人建立的模式有共同的特点：不同的是首次组成了闭合的微分方程组，并将群体的叶、茎、根和生殖器官生物量动态曲线的计算问题简化为对这个方程组求积分（О. Д. Сиротенко）。

模式是由11个基本方程和大量的附加关系式组成的。11个基本方程可分为两个彼此密切联系的亚组。第一个亚组（模式的气象组）是由乱流热传导方程、植被叶间水汽的乱流扩散方程及茎和叶的热量平衡方程组成的。根所在土层内的水、热传递过程是用准线性的热传导方程和水分传递方程来描述的。植物根吸收的水分是用水分传递方程的专项来描述的。风速剖面和乱流交换系数的计算已经参数化：用简化的半经验关系式代替了Г. В. Менжулин微分方程（А. П. Бойко）。积分上述方程组能够计算出植被内部

及其根所在土层水文气象要素的范围，同时使用了作物上方的标准化气象参数值，而且土壤的物理性质和群体的结构（叶和根的面积及它们的空间分布）被认为是已知的问题。既然在生长和发育过程中群体的结构如同群体之上的天气条件一样是变化的，那么，经过相等的时间间隔对于气象亚组要重复进行计算（由于方案不同，时间间隔可为1到8小时）。将气象亚组得到的资料放到模式的第2个亚组——生物学亚组中去。

生物学亚组是由下列六个方程组成的：  
群体植物物质平衡方程：

$$\frac{dM}{dt} - \frac{1}{\varepsilon} \int_0^H \Phi(Z, t) dZ - (R_0 \varphi M + R_R \frac{dM}{dt}) \quad (1)$$

式中：M为单位面积群体的总干生物量；t为时间；ε为气体交换系数；Φ(Z, t)为Шапатья—Лайск叶的光合作用函数。此函数表示了光合作用与光合有效辐射的吸收强度、CO<sub>2</sub>浓度、叶温、根所在土层的土壤水势这几个外界要素的关系；H为植物的高度；R<sub>0</sub>和R<sub>R</sub>为系数；φ为温度系数。方程（1）括号里的部分是描述呼吸过程的，它是由支持呼吸（与M成正比）和生长呼吸（与 $\frac{dM}{dt}$ 成正比）组成的。

群体内CO<sub>2</sub>平衡方程为

$$\int_0^H \Phi(Z, t) dZ - \varepsilon \left( \varphi_1 R_0 M_1 + R_R \frac{dM_1}{dt} \right) - F_0 - F_H$$

式中：M<sub>1</sub>为群体地上部的总干生物量；φ<sub>1</sub>为地上部分生物量的温度系数；F<sub>H</sub>和F<sub>0</sub>为通过群体上界和下界的CO<sub>2</sub>通量。

其余的四个方程形式相同：

$$\frac{d m_p}{dt} = a_p(t) \frac{dM}{dt} \quad (3)$$

式中：m<sub>p</sub>为植物不同器官的生物量；a<sub>p</sub>(t)为某具体作物的生长函数，被认为是已知的。

用提出的初始条件积分方程组（1）～

(3), 能够得到函数 $m_p(t)$ 一群体个别器官生物量时间进程曲线。当 $t$ 为蜡熟对应的时间时函数 $m_p(t)$ 的值就是生物学产量, 即最终的计算结果。

可以预计: 解决了缺少确定方程参数的实验资料的难题之后, “天气—产量”动力模式可作为制定从农业气象角度考虑的大范围作业方案的基础。

## 二、国外一些国家关于农业气象因子对粮食作物产量影响及其产量预报方法的研究

国外一些国家关于农业气象因子对粮食作物产量影响的研究, 基本上是在最近20年内进行的。主要是注意研究了太阳辐射、气温、降水的影响, 因为许多国家没有或者只组织了极少数站观测土壤贮水量。苏联完成的研究工作特点是相当完备, 因为苏联的农业气象工作者拥有广大站网的土壤湿度资料。国外一些国家要和苏联相比, 在制定粮食作物产量预报方法方面的研究工作发展是很慢的(特别是长期预报)。美国、加拿大、东德、日本和印度作了一些这方面的工作。

美国和加拿大在С. Стесь, О. Стинсон, Л. Джонс, У. Форман(1957年)、Д. Томас, Т. Армя, Е. Кокс(1962年)、Л. Томпсон(1962年)、В. Джонсон和К. Вендель(1964年)、Г. Вильямс和Г. Робертсон(1964年)、Р. Харт和Г. Бартон(1965年)、В. Байер和Г. Робертсон(1968年)、Г. Вильямс(1972年)等人的著作中阐述了气象因素对小麦产量影响的一些研究结果。

Л. Томпсон(L. M. Thompson)研究了天气条件对具有黑钙土和栗钙土的美国五个州的春小麦产量的影响, 绘制了每个州1935—1961年的产量变化曲线图, 分析了产

量随着生产技术的改进而增长以及依天气条件而变化的情况。回归分析结果表明, 计算产量时, 非线性方程的准确性高。最后他提出了春小麦州的平均产量( $Y$ )与8~3月的总降水量( $X_1$ )、以及全州的4月、5月、6月、7月的平均降水和平均气温(分别用 $X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$ 表示)的相关二次方程式。

В. Джонсон(W. Johnson)、К. Вендель(C. Wendell)的著作中提出了春小麦和冬小麦的产量距平 $\Delta Y$ 与平均土壤贮水量的距平 $\Delta X$ 的数量关系式。这种关系可用方程 $\Delta Y = a_1 \Delta X$ 表示, 式中 $a_1 = 2.74$ ,  $r = 0.82$ 。

Г. Вильямс(G. D. Williams)和Г. Робертсон(G. W. Robertson)根据降水资料研制了加拿大高草原春小麦产量的预报方法。他们得出的结论是: 春小麦的产量与土壤湿度的关系比与降水的关系更为密切。因此, 他们提出先根据降水鉴定土壤湿度, 然后再依照相应的回归方程来估算每个州最大概率的产量。

$$\hat{Y} = C_0 + C_1 X + C_2 X^2$$

在这个方程中

$X = b_1 Md + b_2 Rd_1 + b_3 Rd_2 + b_4 Rd_3$   
式中:  $X$ 为根据降水计算的土壤有效湿度(估计的);  $Md$ 为根据播种前休闲期的降水计算出的土壤贮水量;  $Rd_1, Rd_2, Rd_3$ 为粮食作物区5、6、7月的降水量;  $C_1, C_2, b_1, b_2, b_3$ 为回归系数。这些系数及 $C_0$ 对于每个粮食作物区都要分别计算。这个方法依照加拿大农业部的要求研制的。

在Р. Харт(R. H. Hart)和Г. Бартон(G. W. Burton)的著作中得到了燕麦、黑麦和小麦的产量与降水、气温和太阳辐射的关系。产量与总降水量的相关系数为0.3~0.6; 与太阳辐射的相关系数为0.2~0.4; 与积温的相关系数为0.4~0.6; 与成熟期的相关系数为0.4~0.5; 得出了单相关和复相

关方程式。

В. Байер (W. Baier) 和 Г. Робертсон (G. W. Robertson) 研究了春小麦产量与土壤贮水量、降水量、最高和最低气温的关系。得到产量与土壤贮水量的关系最为密切 ( $r=0.84$ )，确定这种关系用的是多元线性回归方程。贮水量是播种~分蘖、分蘖~抽穗、抽穗~蜡熟这几个发育时期的平均值。

Г. Вильямс (G. D. Williams) 根据加拿大42个大的产麦区1952—1966年春小麦产量资料和65个气象站的气象资料确定出数量模式、即春小麦产量 $y$ 与5月以前的前期21个月降水量 $C$ 、5月降水量 $R_5$ 、6月降水量 $R_6$ 、7月降水量 $R_7$ 、以及这些月份的蒸发量 $\epsilon_5$ 、 $\epsilon_6$ 、 $\epsilon_7$ 的相关方程：

$$y = a_0 + a_1 C + a_2 C^2 + a_3 R_5 \epsilon_7 + a_4 R_5 \epsilon_6 + a_5 R_6 R_7 + a_6 R_5 R_7 + a_7 C R_7 + a_8 R_5 R_6 + a_9 C R_6 + \sum_{m=5}^{m=5} (b_{m1} R_m + b_{m2} \epsilon_m + b_{m3} R^3 m + b_{m4} \epsilon^2 m + b_{m5} R_m \epsilon_m)$$

式中： $a_1, a_2, \dots, a_9, b_{m1}, b_{m2}, \dots, b_{m5}$ 为回归方程的系数。

西欧各国大多数情况下土壤水分是充足的，因此侧重于研究了光合作用、肥料、气温、各发育时期的持续时间对粮食作物产量的影响。例如荷兰和英国认为使用生长期内叶子获得的总辐射资料较好，一些荷兰作者，在相关计算中使用了最高产量资料而不是平均产量资料，以便在现有的经济条件下得到与“潜势产量”的比值。

荷兰的К. Вит (C. T. Wit) 和 Р. Брувер (R. Brouwer) 借助于人工气候室，考虑了辐射、温度、作物营养，在土壤水分最适宜的情况下，研制了粮食作物的“生长模式”。

西德Х. Бауман (H. Baumann) 和 Ф. Вебер (F. Weber) 确定了燕麦产量与6个最有意义的因子的关系，即3月中旬~4月上旬的平均气温、7月上旬平均气温、12月~1月的冬季降水量、3月下旬~4月下旬的降水量、6月的候正温度距平的平均值。

Р. Пфау (R. Pfau) 进行了类似的研究工作，他用确定对产量形成最有利和最不利年份之间统计学上最有作用的差别的方法，选择了回归系数。

东德在分析气象因素对粮食作物产量影响的时候，也采用了数理统计方法，并考虑了发育期的间隔。

К. Цилльман (K. Zillmann) 研制了蒂罗夫州冬黑麦产量预报方法。其它地区用这种方法时，必须做相应的修正。预报是在抽穗时编制，这是基于对产量来说起决定作用的是生长始期~抽穗这段时期里的气象因素。预报内容的第一部分是分析秋季气象因子的影响，然后评定越冬的损失（如果植株死亡率 $>10\%$ ，那么此方法就不能使用了），这里所说的生长始期是指平均气温通过 $5^\circ\text{C}$ 那一候的始日（这一候称之为“第一营养生长候”）。从第一生长候到抽穗这个生长阶段共分四个时期、然后再对各时期按候分析气温和降水距平，最后按考虑了这些距平的关系图求算冬黑麦未来的产量。

Е. Гоффманн (E. Hoffmann)、Е. Багн (E. Bahn) 和 Г. Вюрфель (H. Dorfel) 研究了春大麦产量与气象因素的关系，他们将大麦生长期分为三个时期：1) 播种~出苗；2) 出苗~抽穗（营养生长期）；3) 抽穗~蜡熟（生殖生长期）。对每个发育期都计算了持续时间、总降水量和积温。春大麦产量与积温和持续时间的回归方程为：

$$X_0 = 0.3173X_{51} - 0.3215X_{31} - 0.4199X_{52} + 0.7656X_{32}$$

式中： $X_0$ 为产量； $X_{51}$ 为营养生长期的持续时间； $X_{31}$ 为营养生长期的积温； $X_{52}$ 为生殖生长期的持续时间； $X_{32}$ 为生殖生长期的积温。

斯堪的纳维亚诸国同样也试图用统计学方法来确定春播作物与气象条件的关系。Вик确定了春大麦、春小麦和燕麦的最适宜温度值和降水量。挪威6—8月在所研究的时

期内平均气温为12.2~16.1°C。当平均温度为14.0~14.5°C时产量最高。经研究认为：小麦比燕麦更耐高温。当温度下降时大麦的产量要比燕麦的产量下降的快。对于相应的降水研究，有5—8月总降水量的资料(168—649毫米)。对粮食作物的各品种说来，降水量为400毫米时产量出现了最高值。

东南欧和东欧各国在研究气象条件对粮食作物产量的影响时，也采用了相关回归分析方法，并考虑了作物发育期的持续时间。

捷克的B.Чермак(1967年)研究了四个地区4月份气温X对冬小麦产量y的影响，并得出方程：

$$y = -3.93 + 0.474X$$

$$r = 0.71$$

y与4月降水为负相关( $r = -0.1 \sim -0.8$ )；y与5月和6月降水为正相关( $r = 0.18 \sim 0.42$ )；y与7月份降水再次为负相关( $r = -0.27 \sim -0.42$ )。

据B.Певнома(1969年)研究，在出苗~孕穗时期降水总量达到120毫米以下时，小麦的产量也增加。

保加利亚研究了各个土壤气候区的气象因素(降水、空气和土壤湿度)对粮食作物产量的影响。研究时也采用了相关分析方法。研制出了冬小麦产量和生长期降水总量的相关关系式。最适宜的月降水总量为50~120毫米。降水总量在120毫米以上时就过剩了。

波兰的И.Кутера(1965年)确定了采用具有相同农业技术措施的固定农田上冬黑麦的产量与降水的关系。当5月份某一旬的降水总量为20—50毫米时，冬作物产量高。冬黑麦产量y随5月份总降水量X的增加而增加。当降水量为30—110毫米时这种关系可用直线方程  $y = 0.0718X + 19.50$  表示。

И.Кутера(1968年)还研究了燕麦产量与6月中、下旬总降水量的关系，而一旬最适的需要量是20~45毫米。当6月中、下旬的

降水量为30~150毫米时燕麦产量y与这两旬降水量的关系可用对数方程式  $y = 20.12 \log X - 19.13$  表示。

亚洲国家中主要是日本和印度进行了气象因子对粮食作物产量影响的研究。

日本研究了气象因子对水稻产量的影响，1963年Саго(佐藤)在他关于九州地区晚熟品种水稻产量与生长期天气条件关系的著作中得出这样的结论：在营养生长期的两个月(7—8月)内气温适宜(27°C)，9—10月(成熟时期)日照持续时间长就可保证水稻高产。据此Саго提出水稻产量预报方程：

$$y = 9.0 + 0.21s + 25.41e^{-4.32(t-27.2)^2}$$

式中：t为7—8月平均气温；s为9—10月总日照时数。

Ханиу(1965年)推出了下列水稻产量预报方程：

$$y = s[4.14 - 0.13(21.4 - t^2)]$$

式中：y为产量(公斤/10英亩)，也称之为“成熟的气象指数”；s为抽穗后40天内的总日照时数；t为同一时期的平均气温。方程中所用的产量是超过平均产量的值。这些数值是根据在日本各州灌溉地的实验结果得到的。

Мурата(1968年)提出了预报日本相应地区早熟品种水稻产量(公斤/10英亩)的方程式，组成方程时是将气温作为影响水稻产量的主要因子加以考虑的。方程为

$$y = st_1(21.95 - 0.72t_2)$$

式中：s为8月和9月的日平均太阳辐射值(卡/厘米<sup>2</sup>·日)；t<sub>1</sub>为8月和9月的平均气温。

Кавасаки和其它一些人(1965年)提出了在最多分蘖期预报水稻产量的方程式：

$$y = Le^{\frac{-5500}{T}} \times e^{-0.0225(T-22.5)^2} \times e^{\frac{-300}{Q}}$$

式中：T为抽穗盛期后10天的平均气温；Q为这一时期的平均太阳辐射值(卡/厘米<sup>2</sup>·日)；

L为系数，此系数取决于技术水平和田间条件。田间试验的结果  $L = 214$ 。

Мунакага (栋方, 1967年) 得到了下列预报粮食作物产量的方程式:

$$y = LA^v \frac{N}{N + 50000} \frac{S}{S + 500} F(L, B, T)$$

式中:  $y$  为产量 (克/米<sup>2</sup>);  $N$  为 1 米<sup>2</sup> 面积上的小穗数;  $S$  为抽穗盛期后 30 天的平均太阳辐射 (卡/厘米<sup>2</sup>·日);  $F(L, B, T)$  为该 30 天内与茎重、叶重 (克/米<sup>2</sup>) 及平均气温有关的变量;  $L$  主要是随土壤耕作方法而变化的系数,  $A^v$  为常数。

日本八个地区的试验站都进行了水稻产量预报方法的研究工作。例如中国地区试验站得出如下方程式:

$$y = (294.7H - 1.2723Te^{0.00093t}) \cdot 10^{-3} \\ W + 353$$

式中:  $y$  为产量 (克/米<sup>2</sup>);  $T$  为褐色水稻成熟时期的天数;  $H$  为太阳辐射总量;  $t$  为水稻成熟时期的平均气温;  $W$  为抽穗盛期作物地上部分的干物质重量 (克/米<sup>2</sup>)。上述方程式对预报平原地区晚熟水稻的产量是非常适用的。

印度在 Кин (1940年)、А. Маллик (1960年)、М. Гангопадхия и Р. Саркер (1964年) К. Рамамурти и Д. Бенардж<sup>И</sup> (1966年) 的著作中研究了天气条件 (主要

是降水、各生育期的降水分布和气温) 对小麦产量的影响。得出了小麦产量与上述因素的相关方程式。例如 Гангопадхия и Саркер 根据印度不同地区 5 个站 15 年的资料, 用统计方法得到了小麦产量  $y$  与小麦生长各时期的降水分布 ( $a^1, b^1, c^1, d^1, L^1$  和  $f^1$ ) 的相关方程式, 对于尼普亥德站方程为:

$$y = 33.3653a^1 + 129.4836b^1 + 399.699 \\ 4c^1 - 12.1895d^1 + 3334.5233L^1 - 933.6088f^1; \\ R = 0.802$$

播种前三周的附加降水对于种子发芽和出苗的作用是有利的, 但分蘖时期过多的降水是不利的, 而整个营养生长阶段的附加降水是有利的, 因为它能够促进作物的生长。

非洲多数国家还没有获得用数量指标表示的气象因素对粮食作物产量影响方面的研究成果, 仅乌干达研制了预报玉米产量 (蒲式耳/英亩) 的公式, 是用玉米产量与 4~8 月降水量关系的指数函数来表示的。非洲的许多国家感兴趣的不是农作物的产量预报, 而是收获期预报。

译自 《АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ》 1975 年 22~41 页

译者: 杨继武

校者: 仇振标

# 寒冷多雪地带秋播小麦播种期的可变性

北海道立上川农业试验场

国井辉男

## 一、前 言

北海道的小麦播种面积，1981年由1973年的8300公顷迅速的增加到106000公顷（表1），几乎达到占国内小麦播种面积的 $\frac{1}{2}$ ，在此小麦面积中，大体上高产而又与其他作物争劳力少的秋播小麦，1981年秋播小麦面积达到了道内小麦总面积的93%。

过去，北海道小麦的种植多半是被栽培在少雪而积雪期为120天左右的十胜、网走地区。近年来，随着稻作改种，小麦作为水改

旱的主要作物，以石狩、空知及上川的北海道中部为中心，其播种面积得到了迅速的发展，若包括这些地区旱作，全道小麦播种面积的一半移到北海道中部地区。像这样的道中部的的水田地区与过去北海道的麦作地区的十胜、网走相比，秋季湿润，积雪早，而且积雪期也长，达到150天以上的年份并不少。为了在这样的多雪地区安全地栽培秋播小麦，必须考虑严重影响其生产的阻碍因子冬枯的防御措施（见图1）。

表1 北海道小麦播种面积的变迁

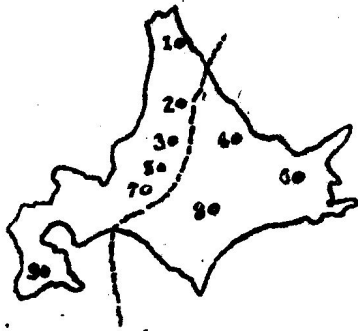
| 收 获 年 份 | 播 种 面 积<br>(公顷) | 其 中 水 改 旱   |                  | 每10a产量 (kg) |
|---------|-----------------|-------------|------------------|-------------|
|         |                 | 面 积<br>(公顷) | 播 种 面 积 率<br>(%) |             |
| 1973    | 8,300           | 258         | 3.1              | 268         |
| 1974    | 15,000          | 1,030       | 6.9              | 273         |
| 1975    | 23,100          | 1,290       | 5.6              | 239         |
| 1976    | 23,900          | 1,430       | 6.0              | 310         |
| 1977    | 28,200          | 2,480       | 8.8              | 283         |
| 1978    | 42,700          | 10,800      | 25.3             | 332         |
| 1979    | 62,800          | 20,785      | 33.1             | 404         |
| 1980    | 87,600          | 32,600      | 37.2             | 321         |
| 1981    | 106,000         | 43,310      | 39.9             | 210         |
| 1982    | 102,500         | 38,300      | 37.4             | 326         |

统计调查事务所调查

根据过去许多的报导，作为冬枯对策，可以归纳为（1）育种防除、（2）化学防除及（3）栽培防除，其中关于栽培防除方面，播种期、施肥量等已有许多研究。尤其

关于播种期，依靠早播保证植株生长势，即保证体内养分积累能忍受雪下消耗那样的生育期间是必要的。按此研究成果进行了试验，认为秋播小麦在北海道多雪地区的适宜播

种期为9月上旬，现正在推广。



| 号 码 | 农 试 名 | 土壤冻结地带     |      |
|-----|-------|------------|------|
|     |       | 积雪期间       | 积雪天数 |
| 1   | 天 北   | 11.27~4.20 | 145  |
| 2   | 上川旱作  | 11.18~4.24 | 158  |
| 3   | 上 川   | 11.24~4.14 | 142  |
| 4   | 北 见   | 12.5~4.15  | 132  |
| 5   | 原 原 种 | 11.28~4.14 | 138  |
| 6   | 根 钏   | 12.22~4.7  | 107  |
| 7   | 中 央   | 12.3~4.8   | 128  |
| 8   | 十 胜   | 12.11~4.13 | 124  |
| 9   | 道 南   | 12.11~3.29 | 109  |

图 1. 道立农业试验场的分布及关于雪的调查 (1972~1981年平均)

但是，为了保证秋播小麦安全栽培的播

表 2. 道立上川农业试验场旱作科 (士别市) 对雪的调查

| 积 雪 初   | 次 数    | 积 雪 期   | 次 数 | 出 现 比 率 |
|---------|--------|---------|-----|---------|
| ~11月10日 | 6      | 150天以下  | 11  | 45.8%   |
| ~ 20日   | 8      | 151~155 | 3   | 12.5    |
| ~ 30日   | 8      | 156~160 | 1   | 4.2     |
| ~12月10日 | 3      | 161~165 | 3   | 12.5    |
| 12月11日~ | 1      | 166~170 | 4   | 16.7    |
|         |        | 170天以上  | 2   | 8.3     |
| 平 均     | 11月21日 | 153天    |     |         |

## 二、产量性状随播种期变化的变化

关于秋播小麦的播种期与子实产量间的

种期，在另一方面确定旱田轮作上存在着易受前茬作物限制的大问题 (见图 2)。由此点出发，对有关地区秋播小麦播种期的可变动性进行了探讨。

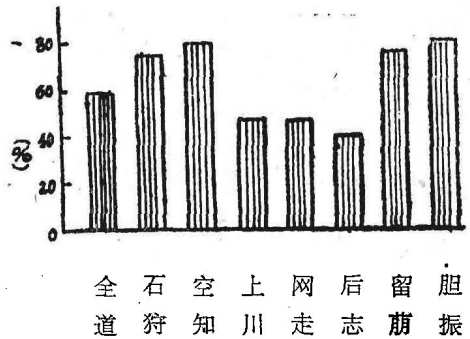


图 2. 1979年水改旱田上秋播小麦重茬比例 (道农务部)

进行探讨时，资料几乎是引用北海道立上川农业试验场旱作科的成果，有时还使用了上川支厅在管区内的现场调查资料。道立上川农业试验场旱作科位于旭川市偏此50公里的士别市，这里夏季温暖，冬季严寒多雪，属于典型的大陆性气候，关于降雪的情况列于表 2。

关系如图 3 所示，因晚播而造成明显减产。

现以子实产量 = 穗数 × 1 穗粒数 × 粒重作为小麦的产量构成来分析与播种期之间的相关性时 (见图 4)，因播种期延迟穗数虽

有明显地减少，

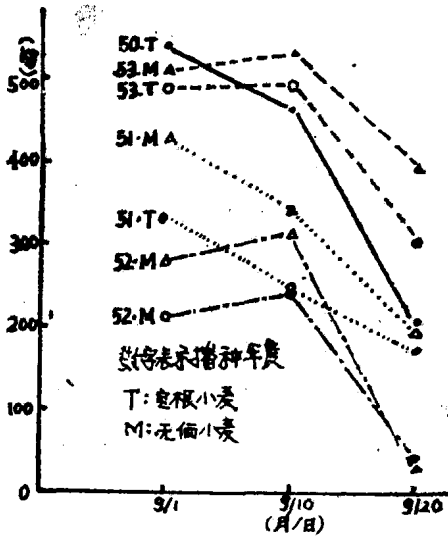


图 3. 播种期与每10a子实重 (上川)

但每穗的粒数及粒重的变化却不大，尽管播种期有所变动，不过大体是直线经过的。这种现象，可以理解为因穗数减少使个体间竞争变小，弥补了由于晚播所造成的影响。由图 5 分析在上川农业试验场旱作科所作全部试验的穗数与子实产量的关系时，穗数与子实产量虽说具有高度的正相关，但不

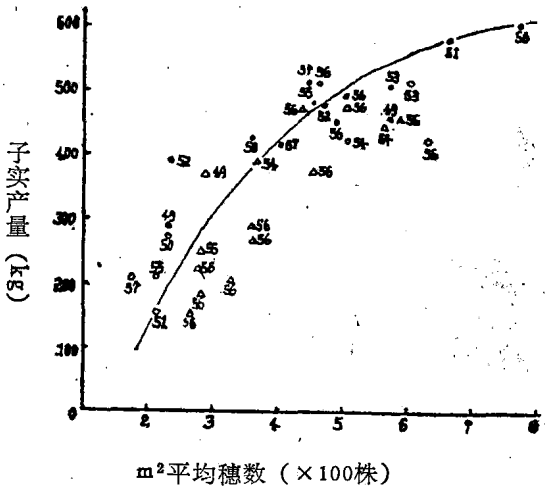


图 5. 每平方米穗数与每10a子实重量的关系

(倪尻小麦，49年~生检、栽培、现址)

能用一次回归方程进行说明。也就是说，虽

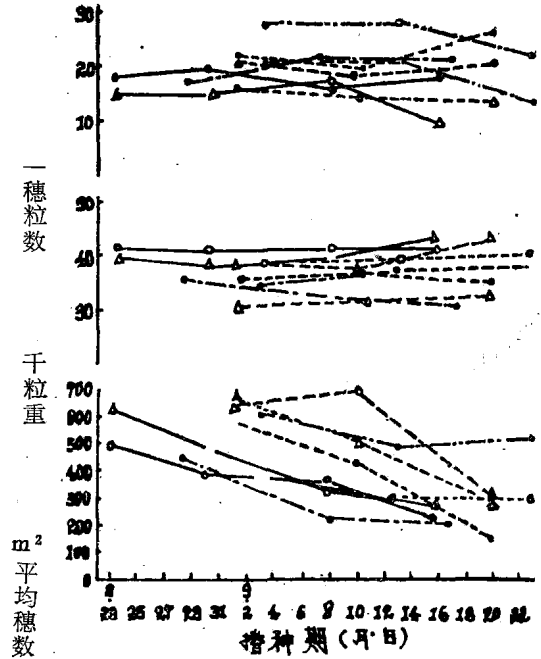


图 4. 播种期与产量因素的变化 (上川旱作科) (图例同图 3)

然穗数在某一程度(本图几乎是600株/m<sup>2</sup>)的范围内子实产量呈直线增加，但在此以上便成平衡状态，这说明穗数增加与每穗粒数及粒重减少之间为负的关系，此乃前述的附加证明。因此，可以毫无夸张地说秋播小麦由于播种期的变动引起产量性状的变化，主要是由于穗数增减所决定的，在这里将针对播种期与穗数的关系加以讨论。

此穗数，当然又由茎数多少所影响。在士别市附近的33处农家田间，在越冬前后对同一个地方进行了调查，将其与穗数的相关性表示于图 6 及图 7。都获得了有意义的正相关，而越冬后的茎数与穗数之间的关系比越冬前更加明显。这是因为秋播小麦与其它作物不同，所谓的越冬过程处在生育期之中而受到危害，即冬季损伤的多寡对产量影响很大的缘故。

因此，若简单地说，为了确保穗数是在于保证越冬后的茎数，为达此目的，一要保



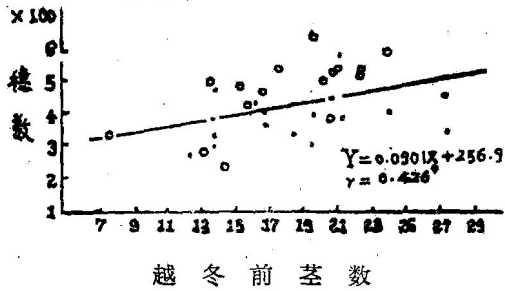


图6. 越冬前茎数与穗数 (棵/m<sup>2</sup>)

证秋季的茎数，二要提高小麦越冬茎的百分率。

另一方面，也要考虑如何由越冬后的茎数来提高有效茎的百分率。据许多文献报道，有效茎数以主茎及秋季的一次分蘖为主，二次、三次分蘖的可靠性就小了，所以采用追肥和叶面撒布等措施虽然有助于每穗粒数和粒重的提高，但对穗数的影响却很小。

在上述的前提下，若忽略生育量与冬季损伤的关系来看播种期与产量性状时，便成为三段论法，可以认为秋季的茎数便成为决定产量的重要因子。由此观点出发，来研究

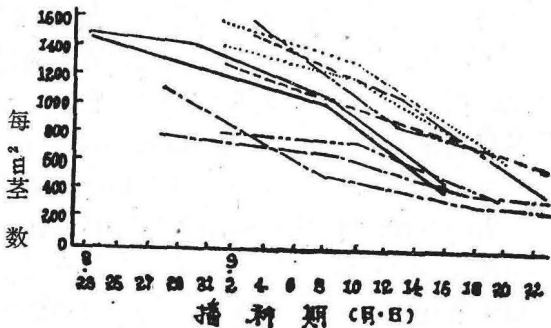


图8. 播种期与秋季(越冬前)的每m<sup>2</sup>茎数(上川旱作科)(图例同图3)

表3.

播种期与耕作可能日数

| 目标播种期   | A    | B    | C    | D    | A+B  | A+BC | B+CD | C+D  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|         | 8.6候 | 9.1候 | 9.1候 | 9.3候 |      |      |      |      |
| 耕作可能日数* | 3.36 | 2.24 | 2.12 | 2.23 | 5.60 | 7.72 | 6.64 | 4.40 |

\*降水量3~5mm; 当日不播种, 6~10mm; 当日及翌日不播种, 11~20mm; 第二日前不播种, 21mm以上; 第二三日前不播种。1958~1982年25年的调查)

播种期与秋季的茎数的关系时(见图8), 当然越晚播秋季的茎数越减少。假设将穗数保证为600棵/m<sup>2</sup>时, 即使将越冬茎和有效茎比率取做100%, 由图8可看出, 9月15日以后播种的由于茎数不足不算以外, 两者都取80%时, 必须在9月10日以前播种, 可以认为由产量性状来看播种期的变动性时, 上川北部的可变性是很小的。

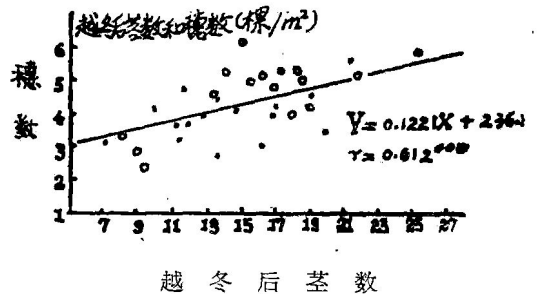


图7. 越冬后茎数与穗数 (棵/m<sup>2</sup>)

### 三、适宜播种期的气象条件

如前所述, 如果忽略因年份不同而发生与被害程度不同的冬季损伤, 那么保证秋季的茎数便可控制子实产量。为此, 推测出最好在9月10日前进行播种。关于支配这个播种期的气象条件, 在土别市近郊那样重粘土地带(包括水田改旱田)降水量的多少对作业影响很大。由此出发, 根据过去的气象资料和从事实际耕种作业的农业技术员的意见等, 对降水量与作业可能日数制做了一个假定模型, 将对应每个不同半旬播种适期的耕作可能日数列于表3。