

冬小麦生长和产量形成与气象条件 关系及其动态模拟的研究*

以河南省黄淮平原冬小
麦中、低产地区为例

汪永钦 王信理 刘荣花

(河南省气象科学研究所)

提 要

本文以能量转换和物质循环的观点,根据大量的田间试验及气象资料,对河南省黄淮平原中、低产地区冬小麦生长和产量形成与气象条件的定量关系及其时空变化特点作了分析,并指出了小麦群体内部光合有效辐射(PAR)的垂直分布特征;群体中存在着一个对PAR的强烈削弱层,它随着小麦生育期的后延而升高。依该地区小麦干物质积累不同特点,作者提出了早播、适播、迟播和受冻害四种生长型。

在前人研究的基础上,作者提出了“冬小麦农业气象计算机模拟模型”(WWACSM),它由发育期、叶面积系数及光合生产三个一级子模式和若干个二级子模式组成;并结合河南省黄淮平原小麦生产实践,对其中某些子模式作了探索和改进,为进一步发展该地区小麦的商品生产提供了气象依据。

一、引 言

1983—1986年连续三个年度,我们在河南省黄淮平原(32°23′—36°22′N, 110°21′—116°39′E)冬小麦中、低产地区9个分期播种试验点,系统地测定了小麦群体干物质生产和产量形成的一些主要参数,气象因子和麦田小气候条件。结合各地近37年来历年的气象资料,小麦产量、生育期及农业部门其他田间资料,用常规统计学与系统分析和动态模拟相结合的方法,分析了该地区冬小麦生长和产量形成与气象条件的定量关系。

二、主要气象因子对该地区小麦生长和 产量影响的时空变化特点。

1. 区划及关键气象因子

采用模糊聚类方法,根据该地区31个站点与冬小麦产量形成关系密切的9类气象因子,建立样本间的模糊等价关系矩阵($\lambda=0.9995$ 水平集),把本区划为3个冬小麦气候生态区(图1)。然后在每个区各选1—2个有代表性的试验点,通过积分回归和逐步回归等

* 本文于1987年12月24日收到,1989年12月9日收到最后修改稿。

方法,对小麦全生育期中各个不同时段光、温、水等主要生活因子对小麦产量的综合影响及时间效应进行了分析,并筛选出它们的关键影响因子和关键影响时期。分析表明:河南省黄淮平原冬小麦“两长一短”的生育特点(即分蘖期长,幼穗分化期长,籽粒灌浆期短),是光、热、水等主要气候生态因子在该地区的时空分布规律的特征^[1-2]。播种前一个月(9—10月)和返青—孕穗期(2—4月)的降水量;幼穗快速分化期(3—4月)的温度和灌浆期(5月)的平均气温和日照,是该地区北、中部影响冬小麦产量的主要气象因子;而小麦生育后期(4—5月)的降水量和灌浆期(5月)的气温日较差则是本区南部小麦丰欠的关键气象因子。

2. 气象要素影响的时空变化

采用积分回归模式

$$\hat{y} = \int_0^T dy = \int_0^T a(t)x(t)dt + c \tag{1}$$

描述冬小麦生长和产量形成过程与主要气象因子的时间变化关系。

式中 \hat{y} 为气象产量, $x(t)$ 为 t 时刻降水的自然对数值, $a(t)$ 为该时刻 $x(t)$ 对气象产量 \hat{y} 的影响函数,即该要素在该时段每增减一个单位时 \hat{y} 的影响,其计算结果(见图2):

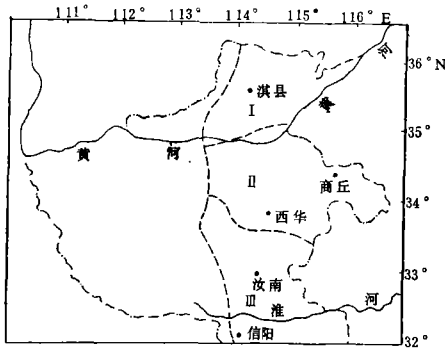


图 1 河南黄淮平原冬小麦气候生态分区

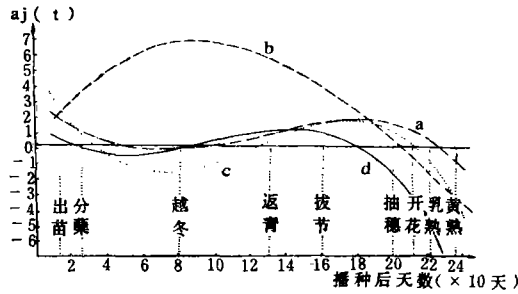


图 2 不同小麦气候生态区降水量对小麦产量影响函数的比较
(a. 商丘, b. 淇县, c. 西华, d. 信阳)

(1) 河南省黄淮平原冬小麦产量与降水关系比较密切;

(2) 不同小麦气候生态区的降水效应不同。北部地区(I区)小麦开花前降水均呈明显的正效应。说明该地区降水对小麦增产的重要性。越冬返青正效应达最大。中、南部(II、III区)降水效应的趋势基本一致,从播前至冬前分蘖期(11月底前)呈明显的正效应。越冬—抽穗开花期间,中部地区是正效应说明冬春降水有利于该地区小麦增产,南部从孕穗—成熟均呈明显的负效应;

(3) 由于气候的差异,中、南部降水效应存在着明显的位相差。与中部相比,本区南部存在着相位滞后现象,例如信阳(图中的III区)潮湿多雨,尤其拔节孕穗以后,直至灌浆(4,5月份)常因多雨、湿害造成小麦减产。从 $a(t)-t$ 图中可以看出,该区4,5月份降水量与产量呈极为明显的负相关,阴雨越多,产量越低。统计结果表明,降水量每增加 10 mm,该地区小麦产量将降低 10.12 kg/亩。北、中部却直至5月份开花,灌浆期才呈负效应,这

与生产实践基本吻合。

资料分析还表明，本地区温度和日照对小麦产量的影响不如降水明显。只是在某个特定的发育期，达到农业气象灾害指标时（如5月下旬干热风）才构成对小麦产量的危害。

3. 冬小麦群体中光能分布及削减状况

光能分布和吸收状况直接影响着小麦的生长发育和产量形成。我们的试验表明，在冬小麦生长中后期，群体冠层中、上部存在一个光合有效辐射(PAR)急速削弱层(除少数被反射、透射外,大部分被该层叶片吸收,用于光合生产),且该层次有随发育期的后延而升高的趋势(见图3)。

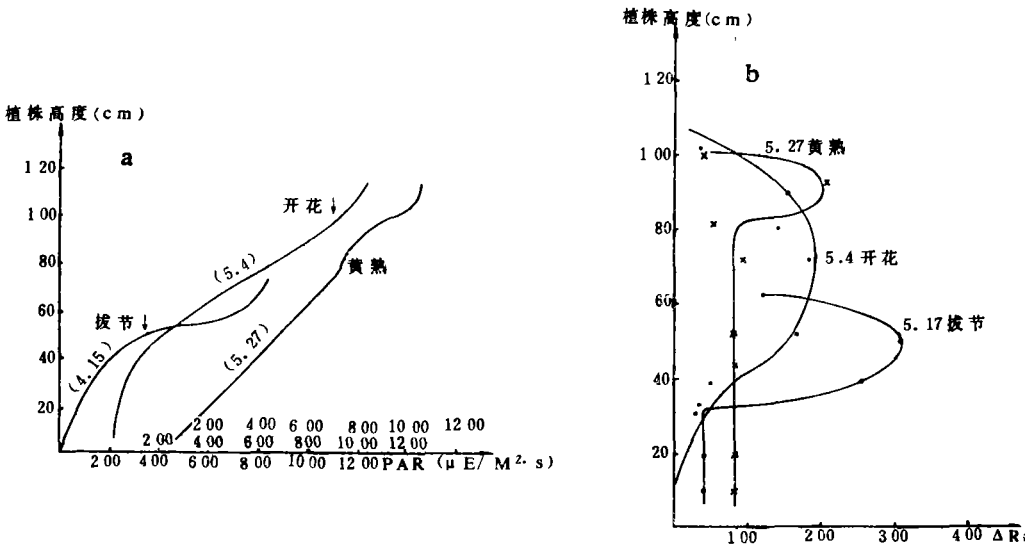


图3 小麦不同生育期光合有效辐射(PAR)在小麦群体中的分布削弱状况
 (两层之间光合有效辐射差: $\Delta Ri = PAR_i$ (i 代表高度, $i=1, 2, 3, \dots$, 分别为10 cm, 20 cm, 30 cm, \dots ; 光合有效辐射用美国LI-COR公司生产的LI-188 B型数字万能光度计测定)

从图3可以清楚地看出，拔节期的强烈削弱层尤为明显。当时株高70 cm，PAR在40—60 cm这一层削弱了60%；扬花期(株高110 cm)强烈削弱层移至50—100 cm之间，到乳熟期，仅旗叶所在层次(90—100 cm)中光能减弱较剧烈^[3]。

4. 干物质积累动态及生长型

冬小麦地上部分干物质的积累过程，是最终产量形成的基础，它通常服从慢-快-慢的S形曲线，即Logistic方程。我们依据田间实测资料，对干物质积累随时间变化的规律，用修正的Logistic方程^[4]来描述，即：

$$y_t = \frac{y_m}{1 + e^{a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3}} \quad (2)$$

式中 y_t 为 t 时刻冬小麦地上部分的干物质重量(g/m^2)； y_m 为最大干物质重量； t 是从播种开始算起的天数； a_0, a_1, a_2, a_3 均为待定系数，与环境条件和作物本身有关，由实测资

料求出。

我们采用黄金分割法对 y_m 作一维搜索,其曲线相关系数多在 0.8 以上。

分析表明,该地区冬小麦由于播种早晚及不同气象条件的影响,干物质积累动态大致可分为四种生长类型(见图 4), 并根据上式对 1984—1986 三年田间测定的大量资料分别进行了计算、拟合,可得:

(1) 早播型:

$$y_{t_1} = \frac{2149.798}{1 + e^{3.6307 - 2.9727 \times 10^{-2}t + 2.0624 \times 10^{-4}t^2 - 7.4542 \times 10^{-7}t^3}} \quad (3)$$

(2) 适播型:

$$y_{t_2} = \frac{1968.373}{1 + e^{5.2179 - 4.9572 \times 10^{-2}t + 3.8035 \times 10^{-4}t^2 - 1.3185 \times 10^{-6}t^3}} \quad (4)$$

(3) 晚播型:

$$y_{t_3} = \frac{1308.784}{1 + e^{0.4928 + 0.1003t - 6.4707 \times 10^{-4}t^2 + 5.178 \times 10^{-7}t^3}} \quad (5)$$

(4) 受冻害型:

$$y_{t_4} = \frac{1579.815}{1 + e^{5.8311 - 0.1010t + 7.2585 \times 10^{-4}t^2 - 1.8138 \times 10^{-6}t^3}} \quad (6)$$

图 4 为河南省黄淮平原冬小麦不同生长型干物质积累动态比较。

从图 4 及(3)一(6)式可以看出,河南省黄淮平原在 10 月 10 日前后适时播种的小麦,苗全,苗壮,在中后期干物质积累速度快,经济产量最高;9 月 30 日前早播的 y_m 值虽高,但由于耐寒力弱,冬季或初春易受冻害或因年前地力消耗较大,返青拔节之后生长势衰退,

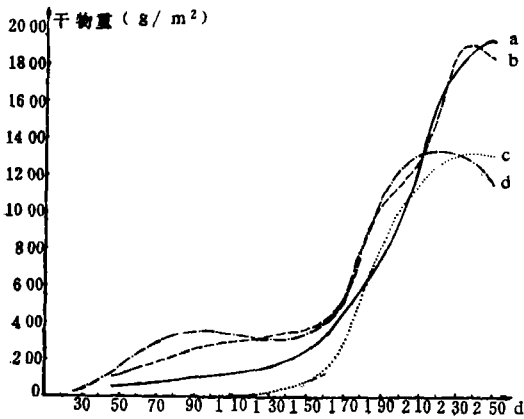


图 4 河南省黄淮平原冬小麦不同生长型干物质积累动态比较
(a. 适播型, b. 早播型, c. 迟播型, d. 受冻害型)

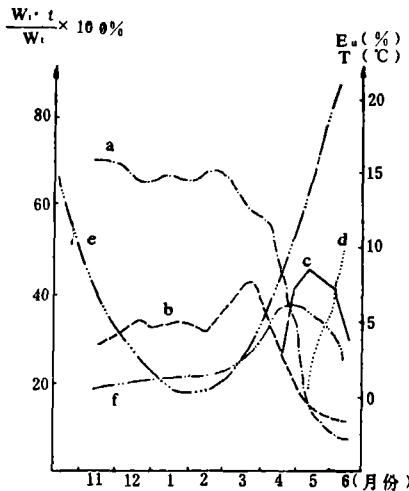


图 5 小麦各器官干物质积累和分配动态变化

(其中 $W_{i,t}$, ($i=1,2,3,4$), 分别代表叶、鞘、茎、穗干重 W_t 是 t 时刻地上部分总干物质重量;
a. 叶; b. 叶鞘, c. 茎, d. 穗,
e. 气温, f. 光能利用率)

干物质积累减慢,最终产量一般都低于适播小麦;10月30日以后的晚播小麦一般苗令小,分蘖少,光合面积不足,干物质积累通常偏低;受冻害型的以早播居多,当受强冷空气侵袭后,因部分主茎、大蘖被冻死,因此干物质动态曲线出现明显的低槽,如果栽培措施跟不上,成穗数将大大减少,干物质积累和生物学产量比上述三种型都低。

5. 干物质分配和籽粒灌浆与气象条件

小麦产量的高低,不仅取决于有机物的积累状况,而且取决于有机物在各个生育阶段的不同器官分配的合理性。我们根据黄淮平原中、低产地区冬小麦不同生育期植株不同器官干物质积累的动态变化值,用 $\frac{w_{i,t}}{w_t} \times 100\%$ 描述 t 时刻在不同气象条件下干物质分配状况(见图5)。由图5可以看出,小麦在不同生育阶段光合产物的分配状况因植株生长中心的转移及气象条件的变化而不同。拔节之前积累的干物质主要用于叶和叶鞘生长。叶子干重占总干重的56.3—70.8%;拔节—抽穗随着气温升高,光能利用率($E_u\%$)提高,光合产物运到茎秆和幼穗的比例急剧上升,分配到叶片和叶鞘的干物质比例迅速减少。抽穗期(4.26)茎秆干重占42.5%,叶干重则降至29.2%,光能利用率在孕穗—开花期为6.21—6.25%,达全生育期最大值。乳熟初期茎干重达最大值,占全株干重的43.5%—43.8%,乳熟期以后,茎秆、叶片、叶鞘贮存的干物质流向籽粒,干物重不断下降,穗重则持续上升,直至成熟时,穗重占总干重的50.8%,经济系数在0.35—0.38左右。

小麦粒重的形成主要受灌浆成熟期(5月)气象条件,特别是平均气温(\bar{T}),日照时数(S)和温度日较差($\Delta\bar{T}$)的制约。统计分析表明,从开花到成熟,温度对灌浆速度的影响呈抛物线关系,与日照时数,气温日较差有明显的线性关系:

$$\hat{y} = 0.3552 \bar{T} - 0.0079 \bar{T}^2 + 0.1784 S + 0.0990 \Delta\bar{T} - 5.0626 \quad (7)$$

$$(R = 0.5386^*, n = 36, F = 13.07^{**} > F_{0.01} = 4.46)$$

令 $\frac{\partial \hat{y}}{\partial \bar{T}} = 0$,则可知,小麦灌浆速度的适宜温度在22.5°C左右。在一定的温度范围内,日照时数和气温日较差增大,有利于粒重增加。

三、冬小麦生长和产量与气象条件的计算机动态模拟

为了定量地揭示小麦生长和产量形成与气象条件关系的一系列微观过程,我们在前人工作的基础上^[5~11],以商丘(34°27'N,115°40'E)的田间测定资料为基础,建立了冬小麦农业气象计算机模型WWACSM(Winter Wheat Agrometeorological Computer Simulation Model)。WWACSM分成三个一级子模式:光合生子模式(PPS);生育期子模式(GDS);叶面积系数子模式(LAIS)及若干个二级子模式(见图6)。

现对三个子模式概述如下:

1. 光合生子模式(PPS)

1) 光合作用:根据门司(Monsi)公式,小麦群体一天内 CO_2 同化量,即总光合作用 P_g ,应当是单位叶面积光合作用 P 对叶面积系数 F 和日长 DL (小时, $t_1 \rightarrow t_2$)这两个独立变量的二重积分,即:

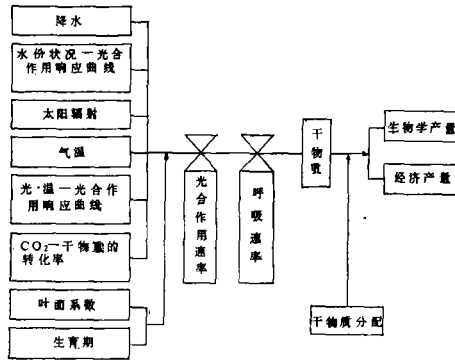


图 6 WWACSM 框图

$$\begin{aligned}
 P_g &= \int_{t_1}^{t_2} \int_0^F P \cdot dF \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} \int_0^F \frac{A \cdot B \cdot \text{PAR}(1-\alpha) \cdot \exp(-KF)}{A + B \cdot \text{PAR}(1-\alpha) \cdot \exp(-KF)} dE \cdot dt \\
 &= \frac{A}{K} \sum_{i=1}^N I_n \frac{A + B \cdot \text{PAR}(1-\alpha)}{A + B \cdot \text{PAR}(1-\alpha) \exp(-KF)} \quad (8)
 \end{aligned}$$

式中 α 为麦田群体反射率(%), 取 0.22, A 为光饱和时的单叶光合强度, 取 $34.2 \text{ (mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$, B 为光——光合作用曲线的初始斜率, 即 $\left. \frac{dp}{d\text{PAR}} \right|_{\text{PAR} \rightarrow 0} = B \text{ (mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$, 取 2.14, F 是叶面积系数, 由该日田间实测资料取得, K 是小麦群体消光系数, 由公式: $K = (\ln \text{PAR}_i / \text{PAP}) F$ 及在商丘田间实测的光合有效辐射(PAR)和叶面积系数(F)计算而得。在本模式中取抽穗期(与 PAR 同步观测)的平均值, $K = 0.56$, 日长 DL 由“气象常用表”查得。式中 PAR^1 系光合有效辐射实测值($\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)

为了进一步考虑气温和水分状况(主要通过叶片含水率来反映)对小麦光合作用的影响, 我们建立并调用两个二级子程序对(8)式进行修正:

a. 气温-光合作用子程序(TPS): 温度对小麦群体光合速率的影响为一抛物线函数, 根据商丘实测资料, 我们提出温度影响函数:

$$\begin{aligned}
 TA &= \left(\frac{P}{P_0} \right)_T = -2.6915 + 0.3526T - 8.4345 \times 10^{-3}T^2 \quad (9) \\
 &(F > F_{0.01})
 \end{aligned}$$

式中 TA 为温度 T ($^{\circ}\text{C}$) 影响下的相对光合速率(%), 其值在 0—1 之间(即 $0 \leq TA \leq 1$)。

b. 水分-光合作用子程序(WPS): 鉴于叶片含水率可以作为叶水势及作物水分状况的表征之一, 它对光合作用也有一定的影响。资料表明: 当叶片缺水时, 可以导致气孔缩小或关闭, 影响光合作用的原料 CO_2 进入植株体内, 即便气孔不关闭, 缺水也会造成叶肉细胞的胞壁干燥, 降低 CO_2 的透性, 从而减低光合强度。有的文献^[12]指出, 叶子缺水时, 光合作用能降低 10—90%; 当叶片含水量增加时, 光合强度也增强: 当含水量

1) 光合有效辐射 PAR 值, 我们用从美国进口的 LI-188 型数字万能光度计(Integrating Quantum/Radiometer/Photometer 瞬时、平均并用型)及 LI-1776 型太阳监测仪(瞬时积算并用型)测定的。

过大时,光合作用又开始降低。长南信雄进一步指出,叶的含水量下降,光合产物便下降。尤其是向叶肉组织和表皮供给水分的充足与否,在维持高光合作用速度上,极为重要^[12]。同时考虑到叶片含水率信息的获取也较简便,故我们在确定小麦水分状况——光合作用响应曲线时,根据叶片含水率的实测资料,建立以下关系式:

$$WA = \left(\frac{P}{P_0} \right)_{W_L} = -0.5163 + 1.2443 \times 10^{-2} W_L - 2.6245 \times 10^{-5} W_L^2 \quad (10)$$

($F > F_{0.01}$)

式中 WA 是叶片含水率为 W_L (即 $\frac{\text{叶片鲜重} - \text{叶片干重}}{\text{叶片干重}} \times 100$) 时的相对光合速率,其值为 $0 \leq WA \leq 1$ 。

2) 呼吸作用: 根据 K·J·Mc Cree (1974) 等人的研究,将作物的呼吸作用 R (g/d) 分为生长呼吸 R_g 和维持呼吸 R_m 两部分,即:

$$R = R_g + R_m = \lambda \cdot \alpha \cdot \frac{dW}{dt} + \beta \cdot Q_{10}^{\frac{T-T'}{10}} \cdot W(i-1) \quad (11)$$

式中 α 为生长呼吸系数, β 为维持呼吸系数,均为实验常数。根据 Penning de Vries 生理生化研究计算结果,并参考了国内外有关文献,在本光合生产子模式中, α 取 0.38, β 在抽穗前后分别取 0.03 和 0.02; λ 为 CO_2 与碳水化合物的转化率, $\lambda = (\text{CO}_2) / (\text{CH}_2\text{O}) = 0.68$; Q_{10} 为呼吸作用的温度系数,它表示维持呼吸的强度和温度之间的关系:

$$Q_{10} = \left(\frac{R_m}{R'_m} \right)^{\frac{10}{T-T'}} \quad \text{或} \quad R_m = R'_m \cdot Q_{10}^{\frac{T-T'}{10}} \quad (12)$$

式中 R_m, R'_m 分别为温度 T, T' 下的小麦维持呼吸强度,综合 Curry, Mccree 和 Murata 等人资料, Q_{10} 取 1.35, T' 取 15°C ; $W(i-1)$ 为小麦群体在播种后第 $i-1$ 天的干物重。

综合以上 (8) — (12) 式,则可得经过温度和水分订正之后的播后第 i 天的小麦群体净光合日总量:

$$\Delta W(i) = P_g - R = T_A \cdot W_A \cdot \frac{A}{K} \sum_{i=1}^m \ln \frac{A + B \cdot \text{PAR}(1-\alpha)}{A + B \cdot \text{PAR}(1-\alpha) \exp(-KF)} - \lambda \cdot \alpha \cdot \frac{\Delta W}{\Delta t} + \beta \cdot Q_{10}^{\frac{T-15}{10}} \cdot W(i-1) \quad (13)$$

将 (13) 式各参数 $A, B, K, \lambda, \alpha, \beta, Q_{10}$ 及逐日的 $\sum \text{PAR} (\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}), T, F, W_L (\%), W(i-1)$ 等资料输入计算机,并调用 TPS, WPS 子程序,先算出 T_A, W_A 后,即可输出小麦群体逐日的净光合生产日总量 $\Delta W(i)$ 及干物质的累计值:

$$W(M) = \int_1^M \Delta W(i) dI = \sum_{i=1}^M \Delta W(i) \quad (14)$$

即第 M 天的群体光合产物积累总量(总干重)。

2. 生育期子模式(GDM)

根据河南省黄淮平原 6 个试验点 127 个样本的资料分析表明,冬小麦各生育阶段生育期的长短与当时的温度条件、播种期的早晚和试验点的纬度有关,尤以前期(播种—返

青)和后期(抽穗—成熟)密切相关,其关系式可写成:

$$GDM_1 = b_0 + b_1\varphi + b_2D_0 + b_3\Sigma T_{>0}\cdot c \quad (15)$$

式中, GDM_1 是某一生育期持续天数, φ 为试验点纬度, D_0 为播种期距 9 月 25 日的天数, $\Sigma T_{>0}\cdot c$ 为生育阶段的积温, b_0, b_1, b_2, b_3 均为待定系数。中期则主要与当时的温度条件和所处的地理纬度关系密切。现将小麦全生育期分为三个阶段, 则分别得如下回归方程:

1) 播种—返青:

$$GDM_1 = 33.2342 + 3.2415\varphi - 0.7558D_0 + 0.0173\Sigma T_{>0}\cdot c \quad (16)$$

$$R = 0.9485, F = 368.1214^{**}, F_{0.01} = 3.94 \text{ (记为 **)}$$

说明播种—返青的持续天数 GDM_1 与 φ, D 和 $\Sigma T_{>0}\cdot c$ 之间的复相关是显著的。为了消除上述因子之间可能存在相关关系而产生的干扰, 我们进一步计算了各生育阶段因子之间的二级偏相关, 并进行了 t 检验, 结果表明, 它们的偏相关也是显著的, 均通过 0.001 极显著水平:

$$\gamma_{G\varphi, DT} = 0.6329 \quad t = 9.1028^{***} \quad t_{0.001} = 3.373 \text{ (记为 ***)}$$

$$\gamma_{GD, \varphi T} = -0.7377 \quad t = -12.167^{***}$$

$$\gamma_{GT, \varphi D} = 0.4377 \quad t = 5.4209^{***}$$

2) 返青—抽穗:

$$GDM_2 = 138.7188 - 2.3282\varphi + 0.0089\Sigma T_{>0}\cdot c \quad (17)$$

$$R = 0.5955, F = 34.0646 \quad (F_{0.01} = 4.78)$$

$$\gamma_{G\varphi, T} = 0.4258 \quad t = -5.2403^{***} \quad t_{0.001} = 3.373$$

$$\gamma_{GT, \varphi} = 0.5776 \quad t = 7.8791^{***}$$

3) 抽穗—成熟:

$$GDM_3 = 50.576 - 0.8833\varphi + 0.0947D_0 + 0.0908\Sigma T_{>0}\cdot c \quad (18)$$

$$R = 0.6174, F = 25.2631^{**}$$

$$\gamma_{G\varphi, DT} = -0.4301 \quad t = -5.3052^{***}$$

$$\gamma_{GD, \varphi T} = 0.2565 \quad t = 2.9551^{**} \quad t_{0.01} = 2.617 \text{ (记 **)}$$

$$\gamma_{GT, \varphi D} = 0.4186 \quad t = 5.1327^{***}$$

由(9)、(10)、(11)式可以看出, 积温对各生育阶段均为正效应, 即积温越高, 生育期越长; 而纬度和播期的效应则不尽相同, 例如光和热量大致相同的条件下, 随着纬度的增加, 播种—返青期平均延长 3 天; 在返青—抽穗期和抽穗—成熟期平均分别缩短 2 天和 1 天, 这都反映了当地生态环境条件与小麦生物学特性相互作用的结果。

3. 叶面积系数模式(LAIS)

根据气温对小麦群体叶面积系数动态变化影响的大量实测资料, 经过整理分析, 得到如下经验方程:

$$LAI_t = \frac{K}{1 + e^{AF(t, T_t)}}$$

其中 $F(t, T_t) = (a_0 + a_1\bar{T} + a_2\bar{T}^2)(c_0t + c_1t^2) + (d_0 + d_1t)(b_1t + b_2\sum_{i=0}^t T + b_3\sum_{i=0}^t T^2)$

上述二式中, LAI_t 表示时刻 t 的叶面积系数, t 是从播种开始算起的天数, T_t 是当日的日平均气温, \bar{T} 表示以 t 时刻以前10天的平均气温, $\sum_{t=0}^t T$ 是从出苗到 t 时刻的相应积温值, 其余为待定系数, 由试验资料求得。

由商邱1984—1985和1985—1986两个年度共9个播期的162个样本代入式中, 计算结果为: 曲线相关系数为0.928, 回代结果除个别值外, 相对误差多在0.1—20%之间。

实践证明, 该模式所估算的一些参数基本上是准确的, 大致符合该地区生产实际。

四、几点看法和建议

在上述讨论分析的基础上, 对如何针对各地不同的气象条件, 采取趋利避害的关键农业技术措施, 以提高当地的小麦生产力, 提出如下看法和建议:

1. 河南省黄淮平原光、热资源丰富, 具有发展冬小麦商品生产的气候优势。本平原冬小麦幼穗分化开始早, 延续时间长, 对于发挥大穗型品种的穗部增产潜力, 促进穗大粒多更为有利。中、低产麦区的增产潜力尤大。

2. 本平原大面积影响小麦生长和产量形成、左右丰欠的主要气候因子是降水。为争取小麦高产, 在沙河以北广大中、低产麦区(即I、II区), 由于春季干旱频繁, 常影响穗粒数的提高, 因此, 应特别注意节水灌溉, 在无灌溉条件的麦田, 则应加强冬春中耕保墒措施; 该区同时宜选用分蘖力强, 多穗型的品种, 主要通过提高每亩穗数增产; III区春季阴雨多湿, 病虫害容易蔓延, 应积极挖沟排水, 防止小麦湿害和病虫害, 并以分蘖力较弱、抗病性的多花性品种为主。在一定穗数的基础上, 力争大穗, 是该区小麦的重要增产途径。

3. 小麦群体中、上部存在的对光合有效辐射(PAR)的强烈削弱层, 随发育期后延而升高。这一规律告诉我们, 在小麦起身、拔节期追肥浇水, 对于扩大中、上层光合面积, 增加冠层对PAR的吸收, 以提高群体受光率, 延长灌浆期绿色组织的功能期, 提高小麦产量, 十分重要。

4. 小麦干物质的积累是经济产量的基础。从本文根据小麦群体干物质积累动态而划分的四种生长型可以看出, 适时早播, 力争冬前达到苗壮, 是提高小麦群体干物质积累, 增叶增库, 争取高产、稳产的有效措施。研究表明, 过早播种常出现冬前旺长, 易受冻害; 晚播则冬前无分蘖或很少分蘖, 源少库小, 两者均因未充分利用本平原的农业气候资源而导致减产。据多年试验, 本省黄淮平原I、II区的小麦适宜播期在10月5日—15日左右; III区在10月10日—20日左右为宜。

参 考 文 献

- [1] 河南省小麦高稳优低推广协作组编著, 小麦生态与生产技术, 19—37, 49—51, 河南科学技术出版社, 1986。
- [2] 汪永钦等, 试论河南省冬小麦主要气候生态特征, 河南农林科技(特辑)第1—2期, 6—13, 1984。
- [3] 汪永钦、王信理等, 河南省黄淮平原中低产地区冬小麦群体中光能分布特征的初步研究, 北京国际农业气象学术会议论文专刊, 中国农业气象, 9, 1, 31—33, 1988。
- [4] 王信理, 在作物干物质积累的动态模拟中如何合理利用 LOGISTIC 方程, 农业气象, 7, 1, 14—19, 1986。
- [5] France, J., and J. H. M. Thornley, Mathematical model in agriculture, *Butterworks*, 114—118,

1984.

- [6] Penning de Vries. F. W. T., Van laar, H. H. (Eds), *Simulation of plant growth and crop production*, Pudoc, Wageningen, 114—135, 1982.
- [7] Meas, S. J., et al., *A wheat growth and development simulation model*, The Texas agricultural experiment station, Blackland Research Center, 1980.
- [8] Wit, C. T., de, et al., *Simulation of assimilation, respiration and transpiration of Crops*, Centre Agr., Publ. Doc., Wageningen, 1978.
- [9] Curry, R. B. (陈维博译), *植物生长的动态模拟—第一部分, 模型的建立, 光合作用与作物生产译丛*, (4), 农业出版社, 21—30, 87—96, 1982.
- [10] 黄策、王天铎, *水稻群体物质生产过程的计算机模拟*, *作物学报*, 12, 1, 1—8, 1986.
- [11] 李秉柏, *作物的光合生产及实际产量模拟模式的初步分析*, *农业气象*, 7, 4, 1—8, 1986.
- [12] 潘瑞炽等, *植物生理学*, 170—180, 高等教育出版社, 1958.
- [13] 北条良夫等著(日), 郑丕尧等译, *作物的形态与机能*, 123—128, 农业出版社, 1983.

THE RELATIONS OF THE GROWTH OF WINTER WHEAT AND THE FORMA- TION OF ITS YIELD PRODUCTIVITY TO METEOROLOGICAL CONDITIONS AND THEIR DYNAMIC SIMULATION

With the materials of Huang-Huai Plain
of Henan Province

Wang Yongqin Wang Xinli Liu Ronghua

(Institute of Meteorology of Henan Province)

Abstract

Based on a great amount of field-experimental and meteorological data, authors analysed the quantitative relations of the growth of winter wheat and its yield formation to meteorological conditions and the characteristics of the relations both in time and space by the view of matter cycling and energy transferring in the middle-low yield area of Huang-Huai plain of Henan province, and the vertical distribution features of photosynthetically active radiation (PAR) in wheat colony were pointed out. There is a layer strongly diminishing PAR in wheat population. And the layer tends to be higher as the wheat growing. Based on different features of the course of winter wheat in this region, four growth patterns were classified, which are early sowing, suitable sowing, delayed sowing, and freezing injury growth pattern. With the reviewing of previous research works, the authors have developed a model "Winter Wheat Agrometeorological Computer Simulation Model (WWACSM)", which comprises three first class submodels: Growth Duration, Leaf Area Index, and photosynthesis submodel, and a number of second class models. Some of the submodels were investigated and improved, which then provided meteorological basis for further development of wheat production in this district.