

## 作物适宜度模型及其应用

王季槐

(贵州科学院, 贵阳, 550001)

赵松岭, 张鹏云, 陈庆诚

(兰州大学生物系, 兰州)

叶振欧

(甘肃定西地区水保站, 定西)

Q141

A

**摘要** 本文提出的适宜度理论和方法是一种描述作物与环境关系的定量方法。文中提出了两个新的概念: 适宜度过程、环境因子变化过程适宜度。以此为基础, 建立了一系列的适宜度模型及产量模型。将该理论及方法应用于分析定西春小麦生产, 初步摸清了当地小麦产量长期低而不稳的规律。本文提出的春小麦产量模型具有明显的生物学含义并可用它在不同生长阶段对产量进行预测。经用1984、1986年的数据验证, 模拟值与实测值分别相差8%、7.2%。

**关键词:** 适宜度过程, 模型, 春小麦。

作物, 适宜度模型, 数学模型

作物正常生长发育要求有一定适宜的环境, 环境胁迫制约作物的生长发育, 最终制约其产量, 即环境与作物之间存在着“适宜”关系。本文提出了描述这种关系的理论, 并据此建立了一系列数学模型。文中最后还给出了适宜度模型的应用实例。

## 1 适宜度理论及模型

## 1.1 适宜度理论

设  $r$  是与某种作物生长有关的任一环境因子, 若在  $r=r_0$  处该种作物有最高的经济产量, 则称  $r_0$  为  $r$  对该作物的最适点, 并定义  $r$  在  $r_0$  处对该作物的适宜度为 1。若在  $r=r_1$  处作物生长停滞, 死亡或产量为零, 则定义  $r$  在  $r_1$  处的适宜度为 0。这样就定义了从  $r$  的定义域到  $[0, 1]$  上的一个映射, 设为  $u(r)$ 。称  $u(r)$  为  $r$  对该作物的适宜度曲线, 简称适宜度曲线。对于环境因子  $r$ , 在作物生长中的每一时刻, 都应有一与之对应的刻划  $r$  对该作物适宜状况的适宜度曲线, 即适宜度曲线是生长发育时间的函数。这一关系在三维空间可用一曲面  $Z=CS(r, t)$  表示。称这一曲面为因子  $r$  对作物的适宜度过程。作物的生物学特性完全决定了曲面的形状。通过  $Z=CS(r, t)$  可得到  $S_r(t)$ , 其公式为  $S_r(t)=CS(r(t), t)$ 。  $S_r(t)$  给出了因子  $r$  随时间变化的过程  $r=r(t)$  适宜作物的程度。在三维空间中,  $S_r(t)$  是曲面  $r=r(t)$  与曲面  $Z=CS(r, t)$  的交线在  $Z-t$  平面上的投影。

设  $u^1(r)$ 、 $u^2(r)$  分别是在时刻  $t_1$ 、 $t_2$  时  $r$  对作物的适宜度曲线 (即平面  $t=t_1$ 、 $t=t_2$  与  $Z=CS(r, t)$  之交线)。由于随着生长时间的推移, 作物对环境的要求是连续变化的, 所以, 当  $t_1$ 、 $t_2$  的间隔较小时,  $u^1(r)$  与  $u^2(r)$  的差异可以很小。国内外学者在研究时<sup>(1-3)</sup>, 通常把被研究作物的整个生长阶段  $[t_0, t^*]$  分成  $K$  个相对小的时段  $[t_{i-1}, t_i]$   $i=1, 2, \dots, K$ ,  $t_k=t^*$ 。他们假设在每一个小时段内作物对环境的要求相同。在数学上, 可以证明只要时段充分短, 其误差可以很小; 在生物学上, 德米连科<sup>(4)</sup>对划分时段的研究方法之合理性进行了论述并为多数学者所接受。按此假

本文于 1992 年 1 月 5 日收到, 修改稿于 1992 年 7 月 15 日收到。

设,在划分的时段 $[t_{i-1}, t_i)$ 中,可用一曲面 $Z=KS_i(r)$ 近似地刻划 $r=r(t)$ 对作物的适宜度,在 $[t_{i-1}, t_i)$ 内, $Z=KS_i(r)$ 的值只与 $r$ 的取值有关与 $t$ 无关。故 $Z=KS_i(r)$ 在 $Z-r$ 平面上的投影为一条曲线,即适宜度曲线,记为 $u^i(r)$ 。这样处理实际上是用一族阶梯曲面 $Z=KS_i(r) i=1, 2, \dots, K$ 去逼近一连续曲面 $Z=CS(r, t)$ 。在时段 $[t_{i-1}, t_i)$ 内 $u^i(r)$ 可完全表征 $Z=KS_i(r)$ 的基本特性,为便于表达,下文用 $u^i(r)$ 而不用 $KS_i(r)$ 。称这一族曲线 $u^i(r) i=1, 2, \dots, K$ 为作物离散的适宜度过程。它是连续适宜度过程的近似表示。由此,亦可得到 $r$ 变化过程 $r=r(t)$ 的适宜度:

$S_i(t) = u^i(r(t)) \quad i=1, 2, \dots, k, t \in [t_{i-1}, t_i)$ 在实际应用中还应包括 $n$ 个环境因子共同作用对作物生长的影响。本文采用(1)式或(2)式计算 $n$ 个因子结合的适宜度过程 $Z=g(r_1, r_2, \dots, r_n, t)$ (简记为 $Z=g(\vec{r}, t)$ )或 $u^i(r_1, r_2, \dots, r_n) i=1, 2, \dots, k$ (简记为 $u^i(\vec{r})$ )(合理性见文献[5])。

$$Z = g(\vec{r}, t) = Z_1 \circ Z_2 \circ \dots \circ Z_n \quad (1)$$

$$u^i(\vec{r}) = u^i(r_1) \circ u^i(r_2) \circ \dots \circ u^i(r_n) \quad (2)$$

$i=1, 2, \dots, K$ 。式中 $Z_j$ 或 $u^i(r_j) i=1, 2, \dots, K$ 是 $r_j$ 的适宜度过程,运算“ $\circ$ ”需根据作物及 $n$ 个环境因子作用的具体形式确定。

### 1.2 适宜度模型

由于测量手段不同,测定环境因子 $r_j$ 变化过程的数据可能是连续的,也可能是离散的,因而,建立的模型包括这两部分。

$$S_k(t) = g(\vec{r}(t), t) \quad (3)$$

或

$$S_k(t) = g(\vec{r}(t_j), t) \quad j = 0, 1, \dots, m \quad (4)$$

或

$$S_k(t) = \prod_{i \in \{1, 2, \dots, K\}} u^i(\vec{r}(t)) \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (5)$$

或

$$S_k(t) = \prod_{i \in \{1, 2, \dots, K\}} u^i(\vec{r}(t_j)) \quad i = 1, 2, \dots, K, j = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

当 $\vec{r}=\vec{r}(t)$ 连续时,用(3)或(5)式求 $\vec{r}(t)$ 对作物的适宜度 $S_k(t)$ ;当 $\vec{r}=\vec{r}(t)$ 不连续时,用(4)或(6)式求 $\vec{r}(t)$ 对作物的适宜度 $S_k(t)$ 。

### 1.3 适宜度指数及产量模型

适宜度指数 $C_r$ 是作物整个生长时期的平均适宜度,它可作为评价指标。其值用(7)式计算:

$$C_r = \left( \int_{t_0}^{t^*} S_k(t) dt \right) / (t^* - t_0) \quad (7)$$

当 $S_k(t)$ 是用公式(4)、(5)、(6)求得时,其 $C_r$ 值的计算公式分别为(8)、(9)、(10)。

$$C_r = \left( \sum_{j=1}^m \frac{g(\vec{r}(t_j), t_j) - g(\vec{r}(t_{j-1}), t_{j-1})}{2} (t_j - t_{j-1}) \right) / (t^* - t_0) \quad (8)$$

$$C_r = \left( \sum_{i=1}^k \int_{t_{i-1}}^{t_i} u^i(\vec{r}(t)) dt \right) / (t^* - t_0) \quad (9)$$

$$C_i = \left\{ \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^{n_i} \frac{u'(\vec{r}(t_{j-1})) + u'(\vec{r}(t_{ij}))}{2} (t_{ij} - t_{j-1}) \right\} / (t_i - t_0) \quad (10)$$

作物各发育阶段的适宜度指数  $X_i$  用(11)、(13)式计算。

$$X_i = \alpha_i \left\{ \int_{t_{i-1}}^{t_i} u'(\vec{r}(t)) dt \right\} / (t_i - t_{i-1}) \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (11)$$

式中

$$\alpha_i = \inf_{t \in (t_{i-1}, t_i)} \{u'(\vec{r}(t))\} \quad (12)$$

或

$$X_i = \alpha_i \left\{ \sum_{j=1}^{n_i} \frac{u'(\vec{r}(t_{j-1})) + u'(\vec{r}(t_{ij}))}{2} (t_{ij} - t_{j-1}) \right\} / (t_i - t_{i-1}) \quad (13)$$

$i = 1, 2, \dots, k$

式中

$$\alpha_i = \inf \{u'(\vec{r}(t_j)) \mid j = 0, 1, \dots, n_i\} \quad (14)$$

(11)、(13)式中的  $\alpha_i$  具有明显的生态学意义,它反映作物对外部环境作用的惯性<sup>[6]</sup>。这是因为,在某时刻,环境的胁迫可以对作物以后的生长以致对最终产量产生影响,即使以后环境对作物生长非常有利,使平均适宜度提高,但产量仍将受到影响,即文献<sup>[6]</sup>中强调的环境对作物的惯性作用。据式(12)或(14)知  $\alpha_i$  为第  $i$  阶段的最低适宜度值。显然有  $0 \leq \alpha_i \leq 1$ , 当环境胁迫作物时必然有  $\alpha_i < 1$ , 故  $\alpha_i$  与该阶段的平均适宜度  $\left\{ \int_{t_{i-1}}^{t_i} u'(\vec{r}(t)) dt \right\} / (t_i - t_{i-1})$  之积  $X_i$  小于或等于平均适宜度,因此  $\alpha_i$  的生态学意义在于用数量描述了环境对作物的惯性作用。

综上所述,知  $X_i$  反映了作物在第  $i$  阶段内平均生长状况的好坏程度,因而反映了作物在第  $i$  阶段生长发育状况对最终产量的贡献。故用  $X_i$  估计最终产量是合理的,其模型如下:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad (15)$$

式中  $Y$  为产量,函数关系  $f$  因作物而异。除此之外,  $X_i$  还可作为阶段评价的指标。

## 2 模型应用

将本文建立的适宜度模型用于分析甘肃定西半干旱地区的春小麦生产,得到了较好的结果。在应用适宜度模型时,参考了罗伯逊<sup>[5]</sup>的方法和当地有关春小麦的实验资料,认为在公式(2)中采用如下运算求多因子适宜度过程可反映多个环境因子对春小麦的综合作用特点:

$$u'(\vec{r}) = (u'(r_1))^{\beta_1} (u'(r_2))^{\beta_2} \dots (u'(r_n))^{\beta_n} \quad (16)$$

$i = 1, 2, \dots, k$ 。式中  $\beta_j > 0$  为指数  $j = 1, 2, \dots, n$ ; 对某  $r_i$  当其他  $u'(r_j) \equiv 1 \quad j \neq i$  时,  $\beta_i = 1$ 。

因地理位置的关系,形成了定西地区降水少,气候干燥,寒冷多风的自然条件。干旱、温度不适无疑是当地农业生产的主要限制因素。因此,为便于抓住主要矛盾,本文只研究水热条件的变化过程与春小麦产量的关系,这时认为其他环境因子在整个生长期均对春小麦适宜,故认为它们的适宜度值近似为 1, 代入(16)式得:

$$u'(\vec{r}) = u'(W, T) = u'(W)^{\beta_w} u'(T)^{\beta_T} \quad (17)$$

式中  $u'(W)$ 、 $u'(T)$  分别为土壤水分和近地面空气温度的适宜度过程。 $u'(w, T)$  表示土壤水分和温度这两个因子共同作用的适宜度过程,亦可认为是除上述因子外,其他环境因子均对春小麦适宜的多因子综合作用的适宜度过程。

在应用(17)式分析春小麦生产时,需先求出  $u'(w)$ ,为此进行了下面的实验。

### 2.1 实验的材料、方法及结果

首先求出  $u'(w)$ 。1985年,盆栽实验布设在甘肃定西水土保持试验站的试验田里。

材料与方法:选用当地播种面积最大的优良抗旱春小麦品种——“定西24”作为实验材料。供实验的土壤为黄绵土,取自大田0—30cm土层。按保持土壤的养分适宜于春小麦生长的标准施底肥(每平方米施尿素、磷二铵、有机肥分别为0.006kg、0.015kg、6kg)。

盆栽实验用 $\phi 26\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的塑料桶,置于大田土坑内,用活动透光遮雨棚避雨。每日称重记录各处理的蒸散量后,采用人工喷灌法控制土壤日起始含水率。早期用塑料大棚覆盖,按照文献<sup>[7]</sup>的指标把日平均温度保持在较适宜的范围内(日平均温度15—25℃)。

参考文献[2]及当地的有关资料,将春小麦对环境有大致相同要求的几个物候期划为一个阶段,即将春小麦的整个生长期划分为5个阶段:播种—三叶、分蘖—拔节、孕穗—抽穗、开花、灌浆—完熟。参照Choudhury(1980)<sup>[1]</sup>的方法进行水分处理。把实验分成5个大组,每个大组按每日起始土壤含水率的不同分成5%、6%、8%、10%、12%、14%、16%、20%、30%、35%、40%共11个处理。第*i*组在第*i*阶段按以上水分梯度进行处理*i*=1,2,⋯,5。第*j*组在第*i*阶段(*i*≠*j*)不进行水分梯度处理。不进行水分梯度处理的各组保持一致的日起始含水率。根据当地有关资料,当第1、2、3、4、5阶段土壤水分含量分别保持在13%、16%、17%、17%、15%时,对春小麦生长适宜,不进行水分梯度处理的各组在各阶段内均按此标准保持日起始土壤水分含量。每个处理重复2次。用自记温、湿度计记录小区的温度、湿度的日变化,并统计设在实验小区附近气象站的每日气象数据。定期观察春小麦的物候期并测定其叶面积、株高等生物学指标。收获时测定籽粒产量、产量构成及生物量。

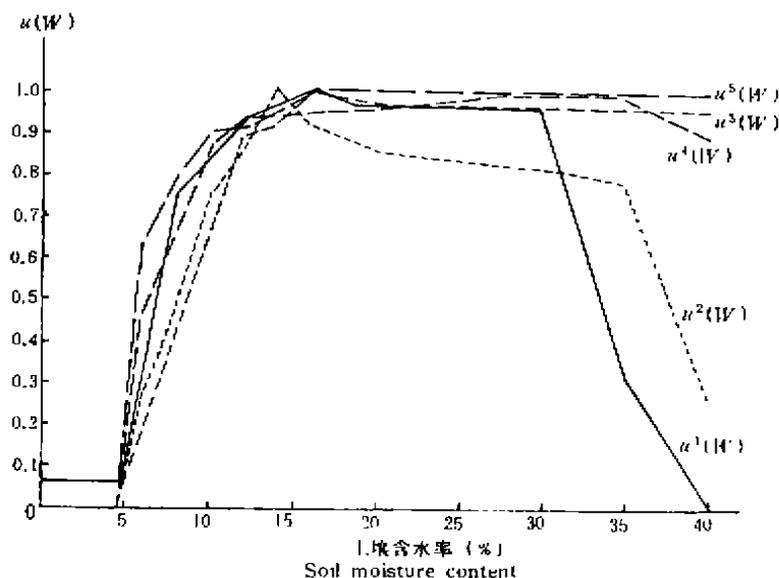


图1 土壤水分对春小麦的适宜度过程

Fig. 1 The process of AM of soil moisture for spring wheat

实验结果:根据所测定的产量求出了土壤水分对春小麦的适宜度过程  $u'(W)$   $i=1, 2, \dots, 5$  见图1。其次,利用文献[7—9]的资料及当地的实验数据,拟定了春小麦的温度适宜度过

程  $u'(T) i=1, 2, \dots, 5$ 。

## 2.2 产量模型

对春小麦的生物学特性与各阶段生长状况的关系进行分析,可看出春小麦在各发育阶段的生长状况与各产量构成因子有直接的关系;在第1阶段,春小麦的生长是否良好对分蘖、穗分化等产生直接影响;在第二阶段,春小麦的长势对有效分蘖有直接影响,因而影响最后的成穗数;在第3阶段,适宜的环境条件有利于发育更多的小花,提高籽粒数的潜势;在第4阶段,若发生水分胁迫,则使不孕小花数增加,影响最后的籽粒数;在第5阶段,适宜的环境条件有利于籽粒灌浆,增加粒重。

显然,小麦产量与产量构成因子有如下关系:单位面积产量=单位面积穗×穗粒数×粒重。据以上分析,有理由认为春小麦产量与各阶段的适宜度指数应是积与乘积因子的关系,于是提出了如下产量模型:

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_5^{\beta_5} \quad (18)$$

式中  $X_i$  是第  $i$  阶段的适宜度指数,  $\beta_i$  是  $X_i$  的指数  $i=1, 2, \dots, 5$ ,  $\beta_0$  是常数乘积因子。

在1985年的实验中,春小麦在整个生长期,温度都比较适宜,为便于研究,令  $u'(T) \equiv 1$  并代入(17)式得  $u'(\vec{r}) = u'(W)$ 。用1985年实验的数据及公式(13)确定了(18)式中的参数  $\beta_i$ ,  $i=0, 1, \dots, 5$ 。其方法是:将计算出的  $X_i$  及产量代入(18)式,并对等式取对数后进行多元线性回归。

结果,拟合优度为  $R^2=0.990$ ,回归的方差分析为: $F$  检验,  $F=761 > 5.53 > F_{0.001}$ , 剩余标准差  $s=0.044$ , 可见回归效果极显著。把线性回归所得系数变换后代入(18)式得到春小麦的产量模型(19)式。但是,以上述线性回归的检验结果尚不能推断(19)式的回归效果。冯士雍<sup>[10]</sup>给出了检验(19)式回归效果的方法。用此检验方法检验的结果为:拟合优度为  $R^2=0.971$ , 剩余标准差  $s=0.031$ 。可见回归效果还是显著的。

$$Y = 0.8734 X_1^{0.507} X_2^{0.449} X_3^{0.507} X_4^{0.514} X_5^{0.576} \quad (19)$$

在(19)式中,令  $X_i=1 i=1, 2, \dots, 5$ , 则  $Y=0.8734\text{kg/m}^2$  为“定西24号”的潜在产量。

表1 定西春小麦田土壤水分  $C_i$  值和  $X_i$  值  
Table 1 The  $C_i$  and the  $X_i$  of the soil moisture in the field of spring wheat in Dilixi from 1980—1984

年份 Year	$C_i$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
1980	0.874	0.808	0.413	0.434	0.727	0.786
1981	0.754	0.683	0.300	0.246	0.555	0.707
1982	0.778	0.664	0.492	0.264	0.530	0.703
1983	0.538	0.788	0.581	0.362	0.626	0.738
1984	0.888	0.655	0.585	0.426	0.764	0.892

为验证模型(19),首先用1983年前在当地获得的土壤水分、温度及春小麦产量的大田观测历史数据确定了(17)式中的系数  $\beta_w=1$   $i=1, 2, \dots, 5$ ,  $\beta_r i=1, 2, \dots, 5$  分别等于0.7、0.5、0.4、0.6、0.5。然后将1984年和1986年的有关数据用公式(17)、(13)和(19)计算出春小麦的产量分别为  $0.238\text{kg/m}^2$  和  $0.290\text{kg/m}^2$ , 而实测值分别为  $0.220\text{kg/m}^2$  和  $0.271\text{kg/m}^2$ , 误差分别为8%和7.2%。

## 2.3 适宜度指数

适宜度指数作为一种定量指标可作为评价(或定量区划值)。笔者以甘肃省定西县为例,对当地1980—1984年的水分条件进行了评价和分析。用图1的适宜度过程和5a的土壤水分数据计算出了水分  $C_i$  值和水分  $X_i$  值  $i=1, 2, \dots, 5$ (见表1)。为反映水分对春小麦的影响,在计算  $C_i$ 、 $X_i$  值时均不考虑其他环境因子的影响,故表1所列  $C_i$ 、 $X_i$  值仅反映水分条件。

按表 1. 把  $C_i$  按大小排序如下:  $C_i(1984) > C_i(1980) > C_i(1983) > C_i(1982) > C_i(1981)$ 。以上排序不但与当地有关部门对各年水分条件进行排序一致, 而与按实际单位面积产量排列的顺序一致。另外, 还可用水分  $C_i$  值将各年按旱年、平年、丰水年进行分类:  $C_i < 0.8$  为旱年,  $0.8 \leq C_i < 0.85$  为平年,  $C_i > 0.85$  为丰水年。这样的分类与当地定性的划分结果基本吻合, 并能更快地得到结果。以上分析表明水分  $C_i$  值可较好地反映在整个生长期水分对小麦的平均适宜状况, 并可用其进行年度间的水分状况比较。

从表 1 可以看到, 不管是丰水年还是旱年在第 2 和第 3 阶段  $X_i$  值均较其他阶段小, 这一结果说明这两个阶段的水分不是限制当地春小麦产量的主要因子。汤浚侃<sup>[1]</sup>(1983)通过对历史资料和实验结果的分析得到如下结论: 定西地区的春小麦从分蘖到孕穗都是在显著缺水条件下生长的。可见本文定量分析结果与其结果不谋而合。当地春小麦产量通常仅  $750\text{kg}/\text{hm}^2$  左右, 若能使每个阶段的  $X_i$  值提到 0.6 以上则产量将高到  $2330\text{kg}/\text{hm}^2$ 。因此, 笔者用  $X_i < 0.6$  作为第  $i$  阶段出现旱情的定量指标。

### 3 结论

3.1 本文提出的作物适宜度方法, 主要基于两个新的概念: 适宜度过程和环境因子变化过程的适宜度。通常, 作物对环境的要求和作物对环境胁迫的反应随生长阶段的推移而变化。适宜度过程实际上是对作物的这种生物学特性的一种定量描述, 并以此来确定在某时刻环境因子对作物的适宜度。若能建立起多种作物或同种作物不同品种的适宜度过程, 则可用它们构成一作物谱系。把谱系用于农业区划中, 可确定在不同的地区不同年份栽种何种作物(或品种)以求合理地利用自然资源。适宜度过程还可与马氏决策模型相结合, 建立灌溉决策模型<sup>[2]</sup>。

3.2 在本文中, 适宜度指数  $C_i$ 、 $X_i$  是作为综合评价和产量估计的参数或变量被提出的。  $C_i$  可用于评价在作物的整个生长发育期内, 单个或多个环境因子适宜于作物的平均状况, 亦可用于大范围的农业区划。  $X_i$  可用于对单个或多个环境因子的阶段性评价和产量预测。例如, 结合土壤水分动态模型<sup>[3]</sup>、灌溉的马氏决策模型<sup>[2]</sup>, 可对定西春小麦进行阶段性水分评价、产量预测, 同时做出最优灌溉决策。

3.3 本文提出的产量估计模型具有明显的生物学含意, 并从建立的某作物的产量模型可以估计到它的极限产量, 或以特定地区的最适环境条件求出该作物在该地区的极限产量。该模型可就单个或多个环境因子对产量的影响进行模拟。经用 1984、1986 年的实测数据对该模型进行验证, 误差分别为 8% 和 7.2%。

3.4 测定作物的适宜度过程通常需要做大量的实验。若具有较多的历史观测数据, 可用计算机反馈法拟定适宜度过程, 从而避免了繁多的实验。

### 参 考 文 献

- [1] Choudhury P N. The sensitivity of growth and yield of dwarf wheat to water stress at three growth stages, *Irrigation sci.*, 1980, 101(1): 223—231
- [2] Desjardins. Determination of the importance of various phases wheat growth on final yield. *Agri. Meteo.*, 1980, 22(2): 129—136
- [3] Rao A C. Effect of moisture stress on yield, nutrient uptake and nutrient movement into grain in nine varieties of wheat, *Indian J. of physiology*, 1981, 24(3): 269—282
- [4] 德米特连科. 论作物产量形成的水文气象条件评价方法. 作物气象生态译丛. 北京: 农业出版社, 1984, 111—122
- [5] 罗伯逊. 评价温度对作物发育影响的简易农业气候方法的发展. 作物气象生态译丛. 北京: 农业出版社, 1984, 23

- [6] 西罗坚科. 农业生态系统的水-热状况的数学模拟. 北京:气象出版社,1985,7—8  
 [7] 胡声荣等. 水稻、小麦、玉米的栽培技术. 重庆:科技文献出版社重庆分社,1984,17—105  
 [8] 鲁如坤. 农业化学手册. 北京:科学出版社,1982,34—50  
 [9] 中国农业科学院. 小麦栽培理论和技术. 北京:农业出版社,1979,33—187  
 [10] 冯士雍. 回归分析方法. 北京:科学出版社,1985,50  
 [11] 汤波侃. 我区降水特征与农业生产“一二三”措施. 定西科技,1983,(1),15  
 [12] 王季槐,戚国正. 关于灌溉的马氏决策模型初探. 生物数学,1992,1(1),97—101  
 [13] 王季槐等. 定西半干旱地区春小麦农田土壤水分动态的计算机模拟. 土壤学报,1987,24(4),388—391

## THE MODELING AND APPLICATION OF APPROPRIATE MEASURE OF CROP

Wang Ji-Huai

(Guizhou Provincial Academy of Sciences, Guiyang, 550001)

Zhao Song-Ling Zhang Peng-Yun Chen Qing-Cheng

(Lanzhou University)

Ye Zhen-Ou

(The Station for Preserving Water and Soil in Dingxi)

In this paper, the theory and method of appropriate-measure (AM) dealt with a quantitative means describing the relationship between environment and crops. Two new concepts are put forward, including the process of AM and the AM of the process of the environmental factors' variation for crops. Based on them, a series of models for the AM and the yield of crops have been built up. The theory was used for analyzing the production of the spring wheat in Dingxi, Gansu province and the regular pattern was found out that the yield of spring wheat has always been low and unstable in the region. The yield model for spring wheat has obvious biological meaning and it may be used to forecast the yield at any growth stages of spring wheat. The models have been examined with the data of the actual yield obtained in 1984 and 1986. The respective errors between the values of the simulation and ones obtained actually in the field of spring wheat are 8% and 7.2%.

**Key words:** appropriate-measure (AM), model, spring wheat.