

宿州春烟栽培生态气候条件及 最佳移栽期预报

祁 官^{1,2}

(1. 南京大学大气科学系, 210093; 2. 安徽省宿州市气象局)

提 要

通过春烟栽培的生态气候条件分析,指出了制约宿州市春烟高产优质栽培的关键是准确把握和预报最佳移栽期。给出了预测春烟最佳移栽期的三种方法——农业气候学方法、农业气象学方法、数理统计预报方法。通过对三种方法的使用分析,得出最有效的方法是灰色-马尔柯夫链相结合的数理统计预报方法,并给出了该方法的建模过程和应用实例,经历史拟合检验,误差 ≤ 3 天的准确率达95.5%, ≤ 2 天的准确率达86.4%, ≤ 1 天的准确率为68.2%,完全吻合率达54.5%。2002年、2003年试报,准确程度分别为完全吻合和相差1天,实用效果非常好。

关键词: 春烟 生态气候分析 最佳移栽期 灰色-马尔柯夫链预测

引 言

宿州市是安徽省优质烟叶生产基地之一,烟草栽培历史悠久,生态气候适应性强,近年来,烟草已经发展成为该市主要经济作物之一。宿州市栽培烟草以春烟为主,但在春烟栽培实践中,由于春季冷暖空气交绥频繁,气候变化异常,很难准确把握春烟最佳移

栽期。移栽期过早,烟苗易遭受晚春低温霜冻,轻者延迟还苗团棵,重者直接冻死烟苗,降低移栽成活率;移栽期偏晚,则浪费春季有效的光热水资源,而且后期往往因为热量条件不足,造成烟叶产量低,品质差。因此,准确有效地预测春烟最佳移栽期是宿州市提高烟草栽培经济效益的关键措施。

1 春烟栽培的生态气候条件分析

1.1 温度

春烟栽培的适宜温度为 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$, 全生育期要求 10°C 以上有效积温为 1500°C 左右。移栽期要求气温稳定通过 12°C 以上, 10cm 地温稳定在 10°C 以上。

统计宿州市历史气候资料(1953~2002年,下同),春季气温稳定通过 12°C 的初日平均为4月18日,80%保证率为4月27日。从年际变化趋势分析,20世纪90年代有提前的趋势。大田生长期的5月上旬至8月中

旬 10°C 以上有效积温平均为 1500°C 左右,如果移栽期在5月中旬,则 10°C 以上有效积温64.8%的年份在 1400°C 以下,不能满足春烟工艺成熟的要求。因此,宿州市春烟移栽一定要安排在5月10日前。

进一步分析宿州市4月上旬至5月上旬平均气温的变化(图1),从图1中看出,各旬平均气温均呈升高的趋势,与春烟移栽期呈提前趋势是一致的。但年际间变化幅度也较大,常常影响春烟的适时移栽。

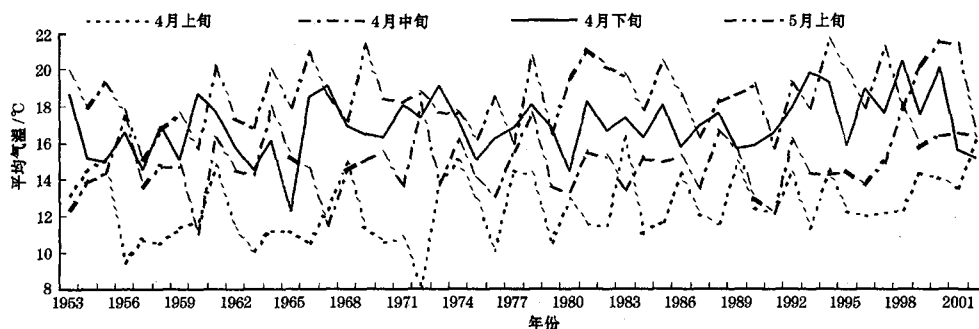


图1 4月上旬至5月上旬逐旬平均气温

1.2 水分

春烟移栽期要求田间土壤相对湿度一般为 $80\%\sim 85\%$, 中后期要求 $65\%\sim 75\%$ 。统计宿州市农试站1980~2002年4月中旬至5月上旬的土壤水分实测资料,各旬土壤相对湿度在 80% 以上的年几率分别为 48.6% 、 57.2% 、 51.3% ,但与另一重要因素 10cm 地温综合分析,两者配合常常不同步。土壤水分适宜的年份,往往恰逢春季低温阶段,移栽期偏迟,使得水分资源不能有效利用,如2002年;热量条件好,升温快的年份,常常伴随着春旱,影响春烟的适时移栽,如2001年。统计1980~2002年的资料,土壤水分与 10cm 地温配合不同步的年份占 66.5% 。因此,水热矛盾是宿州市春烟移栽期的主要问题。此外,在春烟的大田生产期,伏旱和夏涝发生几率分别达 34.9% 、 23.8% ,常常影响后期的生长发育。

1.3 光照

春烟大田生长期的5月上旬至8月中旬要求日照时数 $500\sim 700\text{h}$ 。统计宿州市同期日照时数,都在 620h 以上,日照条件完全满足春烟大田生长的需求,特别是移栽后的5月份,78%的年份月日照时数多于200小时,利于壮苗、团棵。但6~7月份,有的年份由于光照等因素变化大,易诱导花芽过早分化,出现早花现象,影响产量与品质。

1.4 无霜期

无霜期是春烟栽培安全生长发育的必要条件。宿州市初霜的平均日期为10月30日,最早为10月10日,分析初霜日的年际变化,20世纪90年代以来有推迟的趋势;终霜的平均日期为4月5日,80%保证率为4月14日,最迟为4月25日,平均无霜期206.7天。分析终霜日的年际间变化(图略),各年起伏变化较大,常常影响春烟的适时移栽。

2 春烟最佳移栽期的预报方法

2.1 农业气候学方法

从气候统计学的角度,通过多年观测的气候资料综合分析,确定春烟适宜移栽期。从上述的热量条件、水分条件、光照条件以及初霜日等方面的分析,可以得出,宿州市春烟适时移栽期的上限为4月14日,下限在5月10日前。

2.2 农业气象学方法

根据中长期天气预报,结合春烟移栽的温度指标、土壤湿度指标等,制作发布气温稳定通过12℃初日预报、春季土壤水分预报、10cm地温预报,综合三种预报结果,确定春烟最适宜的移栽日期。

2.3 数理统计预报方法

从上述看出,农业气候学方法仅能给出春烟移栽期的历史平均时段,缺乏针对性,事实上,宿州市地处南北气候过渡带、海陆气候过渡带,春季冷空气活动频繁,气候冷暖变化大,春旱和春季连阴雨灾害比较多,这种方法很难适应春烟高产优质栽培的生产需求。1995年起,我们根据中长期天气预报,结合农业气象学方法,进行春烟最佳移栽期的预报,具有一定的针对性,但准确率较差。1998年起,我们探索春烟最佳移栽期的数理统计预报方法,即灰色预测与马尔柯夫链预测相结合的方法,预测准确率较高,服务效果比较显著。

3 灰色-马尔柯夫链预测模型的建立

3.1 GM(1,1)模型的建立

选取宿州市1980~2001年春烟移栽期,按1月1日为1进行天数累加,形成原始序列 $X_{(k)}^{(0)} (k=1, 2, 3, \dots, 22)$,见表1中实际值一行。根据灰色建模原理,对 $X_{(k)}^{(0)}$ 进行累加生成,产生新的序列 $X_{(k)}^{(1)} (k=1, 2, 3, \dots,$

$$22), X_{(k)}^{(1)} = \sum_{i=1}^k X_{(i)}^{(0)}.$$

表1 1981~2001年各年 $\Delta X_{(k)}$ 所处的状态

年代	GM(1,1)预测值	实际值	$\Delta X_{(k)}$	状态
1981	125.0	112	-13.0	E_1
1982	124.2	121	-3.2	E_4
1983	123.4	126	2.6	E_5
1984	122.7	128	5.3	E_6
1985	121.9	112	-9.9	E_2
1986	121.1	124	2.9	E_5
1987	120.4	129	8.6	E_7
1988	119.6	117	-2.6	E_4
1989	118.9	124	5.1	E_6
1990	118.1	126	7.9	E_6
1991	117.4	130	12.6	E_8
1992	116.6	108	-8.6	E_2
1993	115.9	109	-6.9	E_3
1994	115.2	121	5.8	E_6
1995	114.5	118	3.5	E_5
1996	113.7	113	-0.7	E_4
1997	113.0	113	0.0	E_4
1998	112.3	109	-3.3	E_4
1999	111.6	99	-12.6	E_1
2000	110.9	105	-5.9	E_3
2001	110.2	111	0.8	E_5

其时间响应函数为:

$$X'_{(k+1)}^{(1)} = \left(X_{(1)}^{(1)} - \frac{u}{a} \right) e^{-ak} + \frac{u}{a}$$

式中 a, u 为模型辨识参数,可用最小二乘法求得。经计算, $a=0.0063, u=126.15$,代入离散时间响应函数得

$$X'_{(k+1)}^{(1)} = -19909.8e^{-0.0063k} + 20027.8$$

还原为原始值模型: $X'_{(k+1)}^{(0)} = 125.8e^{-0.0063k}$,该模型拟合曲线呈单调下降的趋势,说明宿州市春烟最佳移栽期呈提前的趋势。

3.2 马尔柯夫链预测模型的建立

3.2.1 状态划分

根据GM(1,1)模型的预测值 $X'_{(k)}^{(0)}$ 与实际值 $X_{(k)}^{(0)}$ 的差值 $\Delta X_{(k)} (k=2, 3, 4, \dots, 22)$ 为马尔柯夫链预测对象。按实际需要将 $\Delta X_{(k)}$ 划分为8个等级,分别用 $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8$ 表示,划分标准见表2。

表2 $\Delta X_{(k)}$ 状态划分标准

状态	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8
$\Delta X_{(k)}$	≤ -12	$[-11.9, -8]$	$[-7.9, -4]$	$[-3.9, 0]$	$[0.1, 4]$	$[4.1, 8]$	$[8.1, 12]$	≥ 12

3.2.2 计算各年 $\Delta X_{(k)}$ 所处的状态

根据表2的划分标准,计算1981~2001年各年 $\Delta X_{(k)}$ 所处的状态,结果见表1。并且检验 $\Delta X_{(k)}$ 符合均匀马尔柯夫链。

3.2.3 状态转移概率计算及其矩阵的构成

状态一步转移概率 $P_{ij}^{(1)} = P(E_j | E_i) = M_{ij}/M_i$, 式中 M_{ij} 为由状态 E_i 下一步转移为 E_j 状态的样本数, M_i 为 E_i 样本总数, 各状态的各种转移概率构成的矩阵记为转移概率矩阵 $P^{(1)}$ 。状态的多步转移概率矩阵

$$P^{(1)} = \begin{bmatrix} 0.000 & 0.000 & 0.500 & 0.500 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.667 & 0.000 & 0.333 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.500 & 0.500 & 0.000 & 0.000 \\ 0.200 & 0.000 & 0.000 & 0.400 & 0.200 & 0.200 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.333 & 0.000 & 0.333 & 0.333 & 0.000 \\ 0.000 & 0.250 & 0.000 & 0.000 & 0.250 & 0.250 & 0.000 & 0.250 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 1.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}$$

3.3 历史拟合率检验

将灰色-马尔柯夫链预测模型进行历史回代检验,误差 ≤ 3 天的准确率达到95.5%, ≤ 2 天的准确率达到86.4%, ≤ 1 天的准确率达到68.2%,完全吻合率达54.5%。

3.4 2002年与2003年春烟最佳移栽期的预测应用

$P^{(L+1)} = P^{(L)} \cdot P^{(1)}$ 。预测时,根据预测年的前几年状态所对应的 $P^{(L)}$ 行向量,构成预测矩阵表,并进行转移概率累加,取累加值最大者的状态。

按宿州市春烟最佳移栽期预报需要,本文仅计算五步转移概率,并相应构成五个转移概率矩阵,分别记为 $P^{(1)}$ 、 $P^{(2)}$ 、 $P^{(3)}$ 、 $P^{(4)}$ 、 $P^{(5)}$ 。为节省篇幅,仅给出第1步转移概率矩阵。

首先,根据GM(1,1)模型计算,2002年 $X'_{(23)}^{(0)} = 109.5$ 。第二, $\Delta X_{(23)}$ 状态预测,根据1997~2001年前5年的初始状态 E_4 、 E_1 、 E_3 、 E_5 所对应的五步、四步、三步、二步、一步转移概率阵中的行向量,构成新的概率阵表,见表3。

表3 $\Delta X_{(23)}$ 预测概率阵

起始年代	初始状态	转移步数	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8
2001	E_5	1	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.333	0.333	0.000
2000	E_3	2	0.000	0.125	0.000	0.167	0.125	0.292	0.167	0.125
1999	E_1	3	0.040	0.088	0.050	0.247	0.128	0.244	0.117	0.088
1998	E_4	4	0.054	0.101	0.099	0.248	0.178	0.205	0.060	0.052
1997	E_4	5	0.050	0.103	0.095	0.246	0.184	0.210	0.059	0.051
合计	-	-	0.144	0.417	0.244	1.241	0.615	1.284	0.736	0.316

从表3中得出,2002年 $\Delta X_{(23)}$ 为 E_6 状态, $\Delta X_{(23)} = \frac{1}{2}(4.1 + 8) = 6.1$ 。那么, $X_{(23)}^{(0)} = X'_{(23)}^{(0)} + \Delta X_{(23)} = 109.5 + 6.1 = 115.6 \approx 116$ 。即预测2002年宿州市春烟最佳移栽期为4月26日,与实况完全吻合。

同样,计算2003年春烟最佳移栽期为4月17日,实况为4月16日,误差仅1天。从历史拟合率和两年的预测应用看,模型具有较高的拟合率和预测准确率。

4 结论与说明

(1) 宿州市是皖北烟区的代表,春烟栽

培的生态气候条件优越,表现在热量充足、降水丰沛、土壤湿度基本适宜、日照时数多、无霜期长等方面,是安徽省优质烟的重要生产基地之一。但在春烟栽培中存在的生态气候问题,主要是春季水热矛盾,使得移栽期难以准确把握,解决问题的办法是加强春烟移栽期的生态气候条件分析,以及利用数学方法进行科学预测。

(2) 文中所提的最佳移栽期指春烟适宜移栽的最早日期,一方面可以避开晚春霜冻的危害,另一方面有效利用春季光、热、水资源,即所谓的“暖头冷尾”的适时早栽。

(3) 灰色预测和马尔柯夫链预测相结合的方法,是预报春烟最佳移栽期的一个有效方法,针对性强,准确率高,而且预报时效长,可为春烟育苗管理调控提供参考依据,保证

适龄烟苗移栽。

使用灰-马模型进行长期预测时,可将预测年的预测状态和预测值记入数据序列,重置马尔柯夫链预测矩阵表(即表3)进行逐年预测。

为了保证预测准确率,灰-马模型使用3年后,必须根据实况资料重新建模。

参考文献

- 1 祁宦,王颖,王昉. 灰色-马尔柯夫链预测棉花产量(单产). 安徽农业科学,2002,(1):152~154.
- 2 陈怀亮,张永录. 登封县烟草移栽期的确定与预报. 河南气象,1994(3):27~29.
- 3 邓聚龙. 灰色系统基本方法. 武汉:华中理工大学出版社,1988.
- 4 刘思峰,郭天榜. 灰色系统理论及其应用. 开封:河南大学出版社,1991.
- 5 李湘阁. 农业气象统计. 南京:南京气象学院,1989.