

马树庆,陈剑,王琪,等. 2013. 东北地区玉米整地、播种和收获气象适宜度评价模型. 气象, 39(6):782-788.

东北地区玉米整地、播种和收获 气象适宜度评价模型^{*1}

马树庆¹ 陈 剑² 王 琪³ 韩智平²

1 吉林省气象台, 长春 130062

2 白城市农业气象站, 白城 137000

3 吉林省气象科学研究所, 长春 130062

提 要: 天气、土壤条件影响玉米整地、播种和收获作业的质量及作业效率, 进而影响到苗情、产量和生产成本, 东北地区相关的农业气象要素是土壤湿度、土壤解冻深度、温度、日雨量和风力等。根据气象、土壤条件对玉米整地、播种和收获的影响, 用模糊隶属函数建立了这些农事活动气象适宜度评价函数及其农业气象指标, 用权重法分别建立了整地、播种和收获综合气象适宜度评价模型。检验结果表明, 这些模式和指标符合实际, 可以用于相关农事活动的气象适宜度评价业务。在气温和降水等气象要素预报的基础上, 该模型还可以用于相关农事气象适宜度和适宜期的预报。

关键词: 春玉米, 整地与播种, 收获, 农事适宜度, 气象指标, 评价模型

中图分类号: S16

文献标识码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.06.015

Evaluation Model of Meteorological Suitability for Maize Soil Preparation, Sowing and Harvesting in Northeast China

MA Shuqing¹ CHEN Jian² WANG Qi³ HAN Zhiping²

1 Jilin Meteorological Observatory, Changchun 130062

2 Baicheng Agrometeorological Station of Jilin, Baicheng 137000

3 Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun 130062

Abstract: Weather and soil conditions affect the operation quality and production efficiency of maize soil preparation, sowing and harvesting, as well as maize growth, yields and costs. The agricultural meteorological factors in the Northeast of China are soil moisture, soil thawing depth, temperature, precipitation and wind. According to the effect of weather and soil conditions on maize soil preparation, sowing and harvesting, this paper developed the meteorological suitability functions of the farm work by using fuzzy membership function, and defined the agricultural meteorological index, then the comprehensive meteorological suitability evaluation model was constructed by using the weighted sum method. The result of examination showed that the model and index are workable and can be used in the meteorological suitability evaluations on the farm work. On the basis of temperature and precipitation forecasts and other meteorological elements, the model can also be used in the forecast of meteorological suitability of the farm work.

Key words: spring maize, soil preparation and sowing, harvesting, farming suitability, meteorological index, evaluation model

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906021)资助

2012年5月25日收稿; 2012年11月16日收修定稿

第一作者: 马树庆, 主要从事农业气象、决策气象研究及相关业务. Email: jlmassq@yahoo.cn

引言

玉米整地、播种和收获是东北地区玉米生产重要农事活动,其天气和土壤适宜与否对整地播种质量、玉米苗情、产量、作业效率和劳作强度都有影响,因此评价和预测玉米整地、播种和收获等重要农事的气象适宜程度是现代农用天气预报的关键技术之一(毛留喜等,2010;马树庆,2012)。东北地区春季玉米整地、播种条件适宜与否,一是看是否利于早出苗、出全苗,二是看是否便于耕作,这些都与土壤解冻深度、土壤含水量和土壤温度等气象条件有关。解冻较深且土壤湿度偏低便于整地;土壤湿度适中、土壤温度稳定偏高且解冻较深有利于播种。玉米收获期天气条件影响到收获作业的效率 and 劳动强度,收获期早晚还影响玉米籽粒含水率。

关于气象条件对作物生长发育和产量形成适宜程度的评价模型研究较早就有报道(马树庆等,1991)。近年来,赵峰等(2003)、俞芬等(2008)、魏瑞江等(2009)、易雪等(2010)、李昊宇等(2012)、张建军等(2013)、代立新等(2011)和钟新科等(2012)都开展过相关研究,多数用经验隶属函数评估气象要素适宜程度,而后集成为综合气象适宜度模型。但是,气象条件对类似玉米整地、播种等农事活动适宜度评价模型的研究尚未见报道,而这类评价和预测又是农用天气预报的核心工作,是现代农业气象业务的重要内容之一(王建林等,2010;马树庆,2012)。农事活动的气象适宜程度不仅关系到作物生长状况和产量,还关系到农事作业的效率、成本和劳动强度等实际问题,对适宜程度的评估和预测其农业生产意义更大。天气和土壤状况对农事活动的适宜程度是个模糊的概念,适宜用模糊数学函数来表达。本文根据东北地区春玉米栽培过程中整地、播种和收获活动与天气和土壤条件的联系,并考虑玉米苗情和产量与气象条件的关系,以利于出苗、产量高、提高农事作业效率和减轻劳动强度为适宜条件,建立玉米整地、播种和收获气象适宜度评价指标和评价模型。

1 资料与方法

采用吉林省榆树、白城农业气象试验站 2007—2012 年气温、降水、土壤温度、土壤湿度、春季土壤解冻深度、风速、玉米发育期、农事时期和玉米单产

资料。其中整地期中国气象局没有观测规定,近 4 年的数据是根据科研试验任务需要而记录的。

根据玉米田整地、播种和收获活动与天气和土壤条件的联系,结合实地调查和气象服务经验建立玉米整地、播种和收获活动气象适宜度评价模型及其指标,而后用加权法建立农事活动综合气象适宜度评估模型。用代表日期和近几年实际农事期适宜度计算结果,检验模式和指标的合理性及适用性。

2 气象适宜度评估模型的建立

2.1 整地气象适宜度评价模型

在东北地区,玉米整地是播种的准备工作,即是机械灭茬、翻地、施底肥和镇压的工作过程。无异常天气气候条件下,一般整地后 5 d 左右播种,但因气象和土壤条件问题,整地、播种间隔期时空变化较大。整地这套工作有的同时进行,有的提前一天灭茬,而后翻地、施肥和镇压。一个农户约有 1 hm² 玉米田,一台拖拉机作业,整地工作两天可以完成。如果灭茬单独进行,整地日期以而后的翻地、施肥和镇压为准。整地条件适宜与否关系到整地质量和耕作强度,关系到肥效发挥和而后的播种质量。适宜整地的基本条件,一是土壤耕作层解冻;二是土壤不粘湿,拖拉机轮胎和犁具不沾土或少沾土,耕作省力;三是土壤不板结,不坚硬,翻耕后没有大硬块,土壤碎而松软;四是整地早晚要符合玉米在当地的生长节律。马树庆等(2008;2012)和王琪等(2009)分析认为,东北地区春玉米一般在日平均气温稳定通过 8℃ 播种,日平均气温通过 8℃ 的前 5~7 d 日平均气温在 4~6℃ 左右。结合实地考察和多年农业气象服务经验,认为整地时气温稳定通过 5℃ (耕层土壤温度 4℃ 左右)、土壤解冻 25 cm 以上,并且耕层 0~20 cm 土壤湿度偏低为宜。根据这些基本要求,建立玉米田整地气象适宜度模型:

$$F(S, T, H) = af(S) + bf(T) + cf(H) \quad (1)$$

其中 $f(S)$ 是土壤水分适宜度函数:

$$f(S) = \begin{cases} 1 - (S - S_0)/(S_2 - S_1) & S_0 < S < S_2 \\ 1 - (S_0 - S)/(S_2 - S_1) & S_1 < S \leq S_0 \\ 0 & S \leq S_1, S \geq S_2 \end{cases}$$

式中, S 是 10 cm 深土壤相对湿度。春季土壤解冻后水分蒸发或下沉(刹浆)后,土壤水分下降到一定程度才适宜整地; $S_0 = 70\%$ 最适宜整地; $S_1 = 50\%$,

是可整地的下限湿度; $S_2 = 90.5\%$, 是可整地上限湿度。如用绝对湿度(以土壤重量含水率)表示, 则 $S_0 = 18\%$, $S_1 = 12\%$, $S_2 = 26.9\%$ 。

$f(T)$ 是温度适宜度函数:

$$f(T) = \begin{cases} 1 - (T_0 - T)/(T_0 - T_1) & T_1 < T < T_0 \\ 1 & T \geq T_0 \\ 0 & T \leq T_1 \end{cases}$$

式中, T 是 10 cm 深日平均土壤温度, $T_0 \geq 5.5^\circ\text{C}$ 适宜整地; $T_1 = 1.5^\circ\text{C}$, 是可整地下限温度。如用气温表示, 则 $T_0 = 6.5^\circ\text{C}$, $T_1 = 2.0^\circ\text{C}$ 。东北地区春季温度变化不稳定, 土壤温度回升较慢, 低温条件下整地易使整地与播种期间过长, 影响底肥肥效。

$f(H)$ 是土壤解冻深度(H)适宜度函数:

$$f(H) = \begin{cases} 1 - (H_0 - H)/20 & H_1 < H < H_0 \\ 1 & H \geq H_0 \\ 0 & H \leq H_1 \end{cases}$$

解冻越深越适宜翻地。其中, $H_0 = 45$ cm, 是适宜整地的起始解冻深度, $H_1 = 25$ cm, 是整地下限解冻深度。

式(1)中, a 、 b 和 c 是三要素的权重。经过专家咨询, 普遍认为湿度和解冻深度对整地影响更大, 因此根据经验确定土壤湿度、温度和解冻深度的权重分别为 0.4、0.2 和 0.4。 $F(S, T, H)$ 是个在 0~1 之间的函数, 规定为 4 级: $F > 0.8$ 为适宜, $0.65 < F \leq 0.8$ 较适宜, $0.5 < F \leq 0.65$ 较不适宜, $F \leq 0.5$ 不适宜(下同)。根据“木桶原理”, $f(S)$ 、 $f(T)$ 和 $f(H)$ 只要有一个是 0, 则 $F(S, T, H)$ 为 0。

2.2 播种气象适宜度评价模型

目前东北地区玉米播种方式多数是拖拉机带动的机械播种, 开沟、点种、培土和镇压一次完成[西部县市严重春旱时还要增加浇水的环节(坐水种)]。播种条件影响播种质量、劳作强度和苗情好坏, 进而影响产量。适宜播种的基本条件: 一是土壤耕作层必须完全解冻, 且 0~10 cm 深平均土温稳定在 6°C 以上, 日平均气温稳定在 7.5°C 以上(马树庆, 1996, 马树庆等, 2012; 王琪等, 2009); 二是土壤不粘湿, 不泥泞, 拖拉机轮胎和犁具不沾土或少沾土, 利于耕作; 三是土壤碎而松软, 镇压后种子与土壤能紧密接触, 不易透风; 四是天气晴好为宜, 最好雨前播种; 五是不至于使玉米出苗期过晚, 以保证玉米在秋季严霜前成熟, 防止发生冷害和霜冻害。由此构建播种气象适宜度评价模型:

$$G(S, T, H, R) = ag(S) + bg(T) + cg(H) + dg(R) \quad (2)$$

其中 $g(S)$ 是土壤水分适宜度函数:

$$g(S) = \begin{cases} 1 - (S_0 - S)/(S_2 - S_1) & S_1 < S < S_0 \\ 1 - (S - S_0)/(S_2 - S_1) & S_0 < S < S_2 \\ 0 & S \leq S_1, S \geq S_2 \end{cases}$$

式中, S 是 10 cm 深土壤湿度, S_0 、 S_1 和 S_2 分别是播种适宜土壤湿度、下限湿度和上限湿度。用相对湿度表示, $S_0 = 80\%$, $S_1 = 55\%$, $S_2 = 95\%$; 如用绝对湿度表示, 则 $S_0 = 23\%$, $S_1 = 13\%$, $S_2 = 28\%$ (马树庆等, 2012)。

$g(T)$ 是日平均土壤温度(T)适宜度函数:

$$g(T) = \begin{cases} 1 - (T_0 - T)^2/(T_0 - T_1)^2 & T_1 < T < T_0 \\ 1 & T \geq T_0 \\ 0 & T \leq T_1 \end{cases}$$

式中, $T_0 = 10^\circ\text{C}$, 是适宜播种土壤温度; $T_1 = 5^\circ\text{C}$, 是下限土壤温度, 也是玉米种子发芽的下限温度; 如用日平均气温表示, 则 $T_0 = 11.5^\circ\text{C}$, $T_1 = 6.5^\circ\text{C}$ (马树庆等, 1996; 2008)。玉米种子发芽出苗与温度关系密切, 低温条件下播种, 如果温度回升缓慢, 玉米出苗慢, 因此早播不一定早出苗(马树庆等, 2012)。如果早播种后持续低温多雨, 还易导致“烂种”, 影响出苗率。

$g(H)$ 是土壤解冻深度适宜度函数:

$$g(H) = \begin{cases} 1 - (H_0 - H)/35 & H_1 < H < H_0 \\ 1 & H \geq H_0 \\ 0 & H \leq H_1 \end{cases}$$

式中, $H_0 = 60$ cm, 是适宜播种的土壤解冻深度; $H_1 = 30$ cm, 是可播种的下限解冻深度。温度较高、解冻较深易于播种, 但播种过晚易推迟出苗期和而后的玉米生长进程。

$g(R)$ 是天气(降雨量 R)适宜度函数:

$$g(R) = \begin{cases} 1 - R/R_2 & R < R_2 \\ 0 & R \geq R_2 \end{cases}$$

式中, R 是日降水量, $R_2 = 8$ mm, 是可播种的上限雨量。雨天土壤表层过湿, 且增加劳动强度, 不易播种作业。根据天气预报, 选择雨前播种为最佳, 便于作业和玉米发芽出苗。马树庆等(2012)的研究结果和业务经验都认为, 土壤湿度和温度对播种作业和种子发芽出苗影响最大, 且在当前气候暖干的背景下, 土壤水分影响位居首位, 因此确定式(2)中 a 、 b 、 c 和 d 的权重分别为 0.35、0.30、0.15 和 0.20。

2.3 收获气象适宜度评价模型

玉米收获由人工或机械完成,工作效率和劳动强度都与气象条件有关。玉米成熟后不倒伏,不怕霜;东北地区秋收后没有秋种任务,不存在接茬问题,且刘月娥等(2010)研究认为玉米适当晚收有利于充分灌浆成熟和增产,还有利于降低籽粒水分,便于收后晾晒和储存。因此,应选择玉米完全成熟后,甚至玉米秸秆枯死后收获。但收获过晚易遇到强降温、降雪或大风天气,不利于收获作业。天气晴好、气温较高、风力较小和土壤偏干的条件有利于收割作业和剥离苞叶。因此,建立玉米收获气象适宜度评价模型:

$$Q(R, S, U, K) = aq(R) + bq(S) + cq(U) + dq(K) \quad (3)$$

其中, $q(R)$ 是天气(降雨量)适宜度函数:

$$q(R) = \begin{cases} 1 - R/R_2 & R < R_2 \\ 0 & R \geq R_2 \end{cases}$$

其中, R 是日降水量,明显降雨天气不适宜玉米收获作业,因此规定可收获上限雨量 $R_2 = 7 \text{ mm}$ 。

$q(S)$ 是土壤湿度适宜度函数:

$$q(S) = \begin{cases} 1 - (S - S_0)/(S_2 - S_0) & S_0 < S < S_2 \\ 1 & S \leq S_0 \\ 0 & S \geq S_1 \end{cases}$$

式中, S 是 10 cm 深土壤相对湿度, $S_0 = 70\%$, 是适宜收获的土壤相对湿度; $S_2 = 90\%$, 是可收获的上限相对湿度。如用绝对湿度表示, $S_0 = 17\%$, $S_2 = 25\%$ 。表层土壤干燥适宜收获,土壤偏湿不便于人

和机械行走作业。

$q(U)$ 是气温适宜度函数,这里用日最高气温 (U) 代表:

$$q(U) = \begin{cases} 1 - (U_0 - U)/(U_0 - U_1) & U_1 < U < U_0 \\ 1 & U \geq U_0 \\ 0 & U \leq U_1 \end{cases}$$

式中,当地适宜收获的日最高温度 $U_0 = 17^\circ\text{C}$,可收获的下限温度 $U_1 = 10^\circ\text{C}$ 。气温过低不便于收获作业。

$q(K)$ 是昼间平均风力 (K) 适宜度函数:

$$q(K) = \begin{cases} 1 - (K - K_1)/4 & K_1 < K < K_2 \\ 1 & K \leq K_1 \\ 0 & K \geq K_2 \end{cases}$$

式中, $K_1 = 2$ 级风力,视为对收获无影响;可收获的上限风力 $K_2 = 6$ 级。

式(3)中, a 、 b 、 c 和 d 分别是降水、土壤湿度、气温和风力四要素的权重。专家和农民普遍认为天气好坏对收获影响最大,而气温影响较小,因此依次确定为 0.3、0.25、0.2 和 0.25。

3 适宜度模型的适用性检验

3.1 整地、播种适宜度模型的检验

用东北地区中部榆树市和西部白城市近几年春耕季节的气象、土壤和农事活动期资料对上述农事适宜度模型进行合理性或适用性检验。选择 2007—2012 年整地播种期间的几个代表日及近几年实际农事期来计算(表 1~表 3),其中表 1 和表 3

表 1 榆树市玉米整地气象适宜度计算表

Table 1 Meteorological suitability of spring maize soil preparation in Yushu City

年份	日期/月.日	土壤绝对湿度 $S/\%$	日均气温 $T/^\circ\text{C}$	解冻深度 H/cm	$f(S)$	$f(T)$	$f(H)$	$F(S, T, H)$	适宜度分级
2007	4.15	19.4	4.1	24	0.89	0.78	0	0	不适宜
	4.20	19.4	7.6	30	0.89	1	0.25	0.66	较适宜
	4.25	18.8	9.3	40	0.94	1	0.75	0.88	适宜
2008	4.15	11.8	13.4	62	0	1	1	0	不适宜
	4.22	14.9	13.2	80	0.76	1	1	0.90	适宜
	4.25	14.9	8.3	91	0.76	1	1	0.90	适宜
2009	4.15	22.5	7.0	54	0.65	1	1	0.86	适宜
	4.19*	22.5	10.1	68	0.65	1	1	0.86	适宜
	4.25	26.1	7.3	71	0	1	1	0	不适宜
2010	4.15	26.5	-1.4	19	0.43	0	0	0	不适宜
	4.23	26.8	5.1	42	0.41	1	0.85	0.70	较适宜
	4.30*	26.8	9.3	50	0.41	1	1	0.76	较适宜
2011	4.21*	23.2	5.4	45	0.63	0.76	1	0.80	较适宜
	4.26*	23.8	7.4	66	0.59	1	1	0.84	适宜

备注:(1) $F > 0.8$ 适宜, $0.65 < F \leq 0.8$ 较适宜, $0.5 < F \leq 0.65$ 较不适宜, $F \leq 0.5$ 不适宜,下同;

(2) * 表示实际农事普遍日期(下同),2007 和 2008 年无实际整地期记录。

表 2 白城市玉米整地气象适宜度计算表

Table 2 Meteorological suitability of spring maize soil preparation in Baicheng City

年份	日期/ 月.日	土壤相对湿 度 S/%	日均气温 T/°C	解冻深度 H/cm	$f(S)$	$f(T)$	$f(H)$	$F(S, T, H)$	适宜度 分级
2007	4.5	48	3.7	36	0	0.68	0.55	0	不适宜
	4.15	36	8.1	67	0	1	1	0	不适宜
	4.25	61	11.6	完全解冻	0.78	1	1	0.91	适宜
	5.5	44	15.8	完全解冻	0	1	1	0	不适宜
2008	4.5	50	5.6	90	0.5	1	1	0.80	较适宜
	4.15	46	13.7	完全解冻	0	1	1	0	不适宜
	4.25	50	8.7	完全解冻	0.5	1	1	0.80	较适宜
	5.5	48	14.3	完全解冻	0	1	1	0	不适宜
2009	4.5	31	6.6	30	0	1	0.25	0	不适宜
	4.15	31	7.6	80	0	1	1	0	不适宜
	4.23*	68	8.9	146	0.95	1	1	0.98	适宜
	4.25	68	10.0	完全解冻	0.95	1	1	0.98	适宜
	5.5	65	17.7	完全解冻	0.88	1	1	0.95	适宜
2010	4.5	37	2.4	37	0	0.35	0.6	0	不适宜
	4.15	51	3.3	82	0.53	0.58	1	0.73	较适宜
	4.25	99	7.7	135	0	1	1	0	不适宜
	5.1*	88	10.8	完全解冻	0.55	1	1	0.82	适宜
	2011	5.3*	81	13.9	完全解冻	0.73	1	1	0.89
2012	4.26*	61	9.5	136	0.78	1	1	0.91	适宜

表 3 榆树市玉米播种气象适宜度计算表

Table 3 Meteorological suitability of spring maize sowing in Yushu City

年份	日期/ 月.日	土壤绝对湿 度 S/%	日均气温 T/°C	解冻深度 H/cm	日雨量 R/mm	$g(S)$	$g(T)$	$g(H)$	$g(R)$	$G(S, T, H, R)$	适宜度 分级
2007	4.15	19.4	4.1	24	4.0	0.76	0	0	0.5	0	不适宜
	4.25*	18.8	9.3	40	0	0.72	0.98	0.43	1	0.81	适宜
	5.5	16.5	12.2	88	0	0.57	1	1	1	0.85	适宜
2008	4.15	11.8	13.4	62	0	0	1	1	1	0	不适宜
	4.25	14.9	8.3	91	0	0.46	0.88	1	1	0.78	较适宜
	4.28*	14.9	11.3	97	0.1	0.46	1	1	0.99	0.81	适宜
	5.5	21.1	9.8	112	0	0.87	0.99	1	1	0.95	适宜
2009	4.15	22.5	7.0	54	0	0.97	0.64	0.83	1	0.88	适宜
	4.25	26.1	7.3	71	3.9	0.79	0.71	1	0.51	0.74	较适宜
	5.5	21.3	14.7	92	0	0.89	1	1	1	0.99	适宜
	5.1*	21.3	16.0	81	0	0.89	1	1	1	0.99	适宜
2010	4.15	26.5	-1.4	19	0	0.77	0	0	1	0	不适宜
	4.25	26.8	5.1	42	0	0.75	0.04	0.49	1	0.55	较不适宜
	5.5	27.0	9.2	59	34.0	0.73	0.97	0.97	0	0	不适宜
	5.3*	26.9	13.5	56	0	0.74	1	0.89	1	0.89	适宜
2011	4.25*	23.2	7.5	53	0	0.99	0.36	0.8	1	0.77	较适宜
2012	5.1*	23.0	12.2	78	0	1	1	1	1	1	适宜

中土壤湿度是绝对湿度(重量含水率),表 2 用相对湿度,以表明两种湿度都适用。

计算结果表明,两地不同年份玉米整地、播种气象适宜度日变化都较大,因此农事作业适宜期需要科学的选择。决定整地适宜与否的主要因素是土壤湿度和解冻深度,播种的制约因素主要是土壤温度(或气温)和土壤湿度,有的年份(如 2010 和 2011

年)4 月下旬因气温低或土壤偏湿从而推迟整地和播种。两地 2009—2012 年实际整地普遍时期见表 1 和表 2,榆树 2007—2012 年实际播种期见表 3。白城实际播种期都是 5 月 5 日前后(表略),变化幅度小于榆树。近 4 年两地实际整地、播种都是在适宜或较适宜的时期进行的,说明上述农事适宜度模型设计和指标选择是合理的,评价方法是适用的。

3.2 收获适宜度模型的检验

用两地 2007—2011 年玉米成熟后气象、土壤数据对收获适宜度模型进行了检验。由于近几年秋季气温偏高,雨水偏少,土壤偏干,因此两地玉米完全成熟后(9 月末至 10 月上中旬)收获作业综合气象适宜度都在 0.69 以上,多数为适宜等级,其中白城的计算结果如表 4。白城历年玉米收获普遍期在 10 月上中旬,2007—2011 年实际收获期分别是 10 月 6、12、10、14 和 12 日,都是在适宜或较适宜的天气条件下收获的。但是就观测地段而言,白城 9 月末

玉米即完全成熟了,且达到适宜收获条件,但是 2007 和 2010 年没有在最适宜条件下及时收获,而是推迟了几天,在较适宜(因气温下降和风力加大)时收获。这说明,收获期虽然可以适当偏晚,但也要根据天气预报及时收获,以免错过最佳时机。榆树的(表略)玉米收获期多在 10 月上旬,近几年也是在适宜或较适宜条件下收获的。这说明两点,一是玉米收获气象模型和指标是合理的、适用的;二是与整地、播种相比,东北地区玉米收获适宜期的选择比较容易,但也要在玉米完全成熟后的适宜天气条件下及时收获,以免天气转坏,错过最佳收获期。

表 4 白城市玉米收获适宜度计算表

Table 4 Meteorological suitability of spring maize harvesting in Baicheng city

年份	日期 /月.日	日雨量 R/mm	土壤相对 湿度 S/%	最高气温 U/°C	风力 K/ 级	$q(R)$	$q(S)$	$q(U)$	$q(K)$	$Q(R,S,U,K)$	适宜度 分级
2007	9.25	0	29	22.4	2	1	1	1	1	1.00	适宜
	10.5	0	33	21.9	2	1	1	1	1	1.00	适宜
	10.6*	5.9	33	20.2	3	0.16	1	1	0.75	0.69	较适宜
	10.15	0	34	11.8	2	1	1	0.26	1	0.85	适宜
2008	9.25	0	36	20.7	4	1	1	1	0.5	0.88	适宜
	10.5	0	34	17.6	2	1	1	1	1	1.00	适宜
	10.15	0	34	18.2	3	1	1	1	0.75	0.94	适宜
	10.12*	0	34	20.8	3	1	1	1	0.75	0.94	适宜
2009	9.25	0	35	20.8	2	1	1	1	1	1.00	适宜
	10.5	0	32	17.1	2	1	1	1	1	1.00	适宜
	10.15	0	27	15.6	2	1	1	0.80	1	0.96	适宜
	10.10*	0	27	17.5	3	1	1	1	0.75	0.94	适宜
2010	9.25	0.1	80	17.8	3	0.99	0.50	1	0.75	0.81	适宜
	10.5	0	79	17.3	3	1	0.55	1	0.75	0.83	适宜
	10.15	0.1	68	10.5	3	0.99	1	0.07	0.75	0.75	较适宜
	10.14*	0	68	13.4	5	1	1	0.49	0.25	0.71	较适宜
2011	10.12*	0	51	23.4	3	1	1	1	0.75	0.94	适宜

4 总结与讨论

(1)玉米整地、播种和收获是东北地区玉米生产的重要农事活动,天气、土壤条件适宜与否关系到这些农事的作业效率和劳作强度,也影响到苗情、产量及生产成本。影响玉米整地、播种和收获的农业气象要素是土壤湿度、温度、土壤解冻深度、天气(降雨量)和风力等。

(2)用模糊数学建立气象要素对农事活动的适宜度函数,并确定其“三基点”气象指标,而后建立整地、播种和收获综合气象适宜度模型。检验表明,综合适宜度模型的设计及其指标选择是合理的,可以用于当地玉米整地、播种和收获气象适宜度评价和

预估业务。

(3)东北地区春季玉米整地、播种适宜度日变化较大,而收获适宜度日变化相对较小,因此选择整地和播种最佳日期对玉米生产影响更大,需要科学的决策,而选择适宜收获期较容易,说明开展玉米整地、播种天气预报服务更有生产意义。在某段时间农事作业都适宜的情况下,应该选择偏早的适宜期,以预防冷害和秋霜冻。

(4)如果农事适宜度评价模型中的天气和农业气象变量采用预报值,则成为农事活动气象适宜度的预报模型。用前期温度和气温预报结果可以预测土壤解冻深度和土壤温度,用前期土壤湿度和降水预报结果可以预报土壤湿度,气温、降水和风速预报可以采用一周内的中短期数值预报结果。

(5)为了使原理清晰和简便适用,该研究尽可能使用简便的数学表达式和气象指标,选用易于获取和预报的常规天气和农业气象要素。所以选择这三种农事活动开展试验性研究,除了它们对当地玉米生产至关重要外,还在于气象和土壤状况对它们的影响的物理意义明确,影响指标等研究基础较好。尽管如此,受资料限制,也是鉴于气象、土壤状况与农事活动之间的模糊关系,部分指标源于业务实践经验,不同要素影响的权重源于专家经验和调查研究,这也是选择模糊数学方法的原因之一。今后如果能够开展相关的耕作试验,可以获得更客观的参数和指标。此外,东北地区幅员辽阔,气候、土壤区域差异较大,各地的玉米农事气象指标也应有一定的差异。

参考文献

- 代立芹,李春强,魏瑞江. 2011. 河北省夏玉米气候适宜度及其变化特征分析. 生态环境学报, 20(6): 1031-1036.
- 李昊宇,王建林,郑昌玲,等. 2012. 气候适宜度在华北冬小麦发育期预报中的应用. 气象, 38(12): 1554-1559.
- 刘月娥,谢瑞芝,张厚宝,等. 2010. 不同生态区玉米适时晚收增产效果. 中国农业科学, 43(13): 2820-2828.
- 马树庆. 1996. 吉林省农业气候研究. 北京:气象出版社, 121-132.
- 马树庆. 2012. 现代农用天气预报业务及其有关问题的探讨. 中国农业气象, 33(2): 278-282.
- 马树庆,梁洪海. 1991. 长白山区人参栽培气候生态适应性及其分布研究. 自然资源学报, 6(1): 63-70.
- 马树庆,王琪,罗新兰. 2008. 基于分期播种的气候变化对东北玉米生长发育和产量的影响. 生态学报, 28(5): 2131-2139.
- 马树庆,王琪,吕厚荃,等. 2012. 水分和温度对春玉米出苗速度和出苗率的影响. 生态学报, 32(11): 3378-3385.
- 毛留喜,吕厚荃. 2010. 国家级农业气象业务技术综述. 气象, 36(7): 75-80.
- 魏瑞江,宋迎波,王鑫. 2009. 基于气候适宜度的玉米产量动态预报方法. 应用气象学报, 20(5): 622-627.
- 王建林,毛留喜. 2010. 现代农业气象业务. 北京:气象出版社, 121-124.
- 王琪,马树庆. 2009. 温度对玉米生长和产量的影响. 生态学杂志, 28(2): 255-261.
- 易雪,王建林,宋迎波. 2010. 气候适宜度指数在早稻产量预报上的应用. 气象, 36(6): 85-89.
- 俞芬,千怀遂,段海来. 2008. 淮河流域水稻的气候适宜度及其变化趋势分析. 地理科学, 28(4): 537-541.
- 张建军,马晓群,许莹. 2013. 安徽省一季稻生长气候适宜性评价指标的建立与试用. 气象, 39(1): 88-93.
- 赵峰,千怀遂,焦士兴. 2003. 农作物气候适宜度模型研究:以河南省冬小麦为例. 资源科学, 25(6): 77-82.
- 钟新科,刘洛,宋春桥,等. 2012. 基于气候适宜度评价的湖南春玉米优播期分析. 中国农业气象, 33(1): 78-85.