

利用生育期水分供应系数进行旱涝区划的研究

于荣环 孙孟梅 孙玉亭

(哈尔滨农业气象试验站, 哈尔滨 150030)

摘要 根据不同作物不同发育阶段的需水特性, 建立了作物蒸腾耗水模型。利用水分平衡方程, 根据降水量及前期土壤水分储存量与作物蒸散耗水(包括蒸腾和土壤蒸发)量的差, 确定作物不同生育期水分满足程度的时间变化曲线, 用以衡量水分的满足程度。并根据水分供应曲线, 用聚类分析法将黑龙江省分为不同类型的干湿区。

关键词 旱涝区划, 蒸腾耗水模型, 水分供应系数, 生育期, 聚类分析法

分类号 S162

多年来, 评价地区旱涝时, 往往仅从气候这一角度来衡量, 诸如 5 月降水, 7、8 月湿润度等, 但是黑龙江省南北跨越十几个纬度, 大于等于 10 ° 积温南北相差 800 °C 以上, 品种类型差异极大, 南部已经出苗拔节, 北部还没播种, 使同一时间的降水效果不一样。因此, 必须寻找一个既能反应作物需求又能反应环境满足程度的水分指标。本文选用生育期水分供应系数来反应生育期水分供应状况, 并以此作为产量预报时间动态模型的水分订正系数, 也为地区旱涝类型的划分和评价提供指标依据。

1 生育期水分供应系数

由于各地生长季的长短不等, 同一时间的降水对作物的贡献是不等价的, 同时由于生长季降水分布不均匀, 在同一个湿润区中, 水分对作物不同生育期的满足程度也不尽相同。所以采用作物生育过程中不同生育阶段土壤有效水分储存量与田间最小持水量之比 W_i/W_0 作为水分满足程度的标志, W_i 为土壤有效水分储存量, W_0 为田间最小持水量; W_i 等于前一时段结束时土壤有效水分储存量 W_1 加上本时段降水 RR , 再减去本时段的实际总蒸发(E_{ei})。 RR 采用有效降水, 当实际降水量小于 20 mm 时, 不进行径流订正; 当大于等于 20 mm 时, 采用美国农业部土壤保护局建立的计算径流方法

$$RR = R - \frac{(R/254 - 0.2S)^2}{R/254 + 0.8S} \quad 25.4$$

式中, S 取平地垄作($S=4$); R 为实际降水量, 由于黑龙江省 30 cm 以下土壤水分年变化比较稳定, 故未考虑土壤渗漏, 这样, 即可得到作物不同生育期水分满足程度的时间变化曲线, 即 $rr = ((W_{i+1} + RR) - E_{ei})/W_0$ 。归一化处理, 得到生育期水分供应系数为

$$f(R) = 1 - (1 - rr)^2 \quad (1)$$

式中 E_{ei} 为本时段实际总耗水量(包括作物蒸腾耗水和土壤蒸发耗水), 计算时考虑实际土壤水分对耗水的影响, 即

$$E_{ei} = \frac{W_i}{W_0} E_{ei}$$

式中 E_{ei} 为潜在耗水量(即蒸发力)。

(1) 蒸腾耗水 在估计蒸腾耗水量时不仅要考虑各种作物本身的需水特征, 而且要考虑作物不同发育期的需水特征。作物用于蒸腾的耗水量, 随叶面积指数的增大和干物重的增加而增加, 当干物重累积速度达到最大时, 蒸腾耗水速度也达到最大。根据文献 [1] 干物质增长曲线, 由玉米、大豆的累积曲线求出系数 $a = 212.25$, $b = 8.92$, 蒸腾耗水曲线同干物质增长曲线一样, 可用一标准蒸腾耗水曲线表示为

$$E_{i,j} = \frac{c \cdot d \cdot \exp(d/k)}{[1 + c \cdot \exp(d/k)^2]} \cdot \frac{E_{0j}}{t_{\max}} \cdot B_j \quad (2)$$

式中, $E_{i,j}$ 为第 j 种作物 i 时刻的蒸腾耗水量; E_{0j} 为第 j 种作物在整个生育过程中的蒸腾总耗水量; t_{\max} 为作物生长季所需大于等于 10 积温; 作物发育进程 $k = t_i / t_{\max}$, t_i 为到 i 时刻的温度累积值; $c = a$, $d = b$; B_j 为作物需水特征参数; E_{0j} 与作物蒸腾系数(λ_j), 产量(y_j)及蒸发力(E)有关, 可以写成 $E_{0j} = \lambda_j \cdot y_j \cdot f(E)$ 。

为便于作物间的比较, 把耗水量最大的作物蒸腾耗水量作为 1, 则 $B_j = \lambda_j \cdot y_j / (\lambda_0 \cdot y_0)$, 这样 $E_{0j} = B_j \cdot \lambda_0 \cdot y_0 \cdot f(E)$ 。如果把需水量最大的作物蒸腾量用蒸发力代替, 则 $E_{0j} = B_j \cdot E$ 。

(2) 土壤蒸发耗水 土壤蒸发耗水是生育过程的时间函数, 在土壤裸露情况下, 土壤蒸发不受植被限制, 蒸散量等于土壤蒸发量, 在土壤充分湿润的情况下, 土壤蒸发等于土壤蒸发力, 随叶面积指数的增加, 土壤蒸发所占的比例逐渐缩小, 当叶面积指数达到最大时, 土壤蒸发在蒸散量中所占的比例为 10% ~ 20%, 而后, 随着植株衰老, 蒸腾所占的比例逐渐缩小, 而土壤蒸发所占的比例逐渐加大, 到收获前, 一般土壤蒸发占蒸散量的 60% ~ 70%, 因此土壤蒸发是随干物质增长而变化的一个时间函数。可表示为经验公式

$$M_i = E_i \left\{ 1 - \frac{1}{c} \exp \left[-\frac{(k-d)^2}{z} \right] \right\}$$

式中 M_i 为 i 时刻的土壤蒸发速度; E_i 为 i 时刻的蒸发力。通过上述土壤蒸发过程, 经过模拟, 试验得出, $c = 1.185$; $d = 0.7$; $z = 0.25$ 。

因为作物各生育期的总耗水量(E_{ei})是由作物蒸腾耗水和土壤蒸发耗水组成, 所以

$$E_{ei} = \frac{c \cdot d \cdot \exp(d/k)}{[1 + c \cdot \exp(d/k)^2]} \cdot \frac{E_{0j}}{t_{\max}} \cdot t \cdot B_j + E_i \cdot t \left\{ 1 - \frac{1}{c} \exp \left[-\frac{(k-d)^2}{z} \right] \right\}$$

式中, t 为某一时间间隔大于等于 10 积温, 时间间隔以温度累积 100 为单位; E_{0j} / t_{\max} 代表生育期平均蒸发力则 $(E_{0j} / t_{\max}) \cdot t$ 就代表积温累积 100 这段时间内的蒸发力 E_p , 并且 $E_p = E_i \cdot t$, 这样总耗水量 E_{ei} 就可写成

$$E_{ei} = E_p \left\{ \frac{c \cdot d \cdot \exp(d/k)}{[1 + c \cdot \exp(d/k)^2]} \cdot B_j + \left[1 - \frac{1}{c} \exp \left(-\frac{(k-d)^2}{z} \right) \right] \right\} \quad (3)$$

$$E_{ei} = \frac{W_i}{W_0} E_{ei}$$

将(3)代入(1)式即可求出不同生育阶段水分供应系数。

表1为哈尔滨1985年~1990年每年的水分供应系数的时间分布状况,从中可以明显地看到各年不同发育时段(积温每累积100为一发育时段)的水分供应状况和减产的原因。

表1 哈尔滨1985年~1990年每年不同发育时段的水分供应系数

Table 1 Water supply coefficients in a range of growth phases for 1985~1990 in Harbin region

	发育时段												
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
1985	0.84	0.33	0.19	0.37	0.34	0.61	0.38	0.33	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
1986	0.91	0.19	0.13	0.18	0.42	0.52	0.45	0.33	0.29	0.64	1.00	1.00	1.00
1987	0.77	0.16	0.33	0.38	0.32	0.38	0.58	0.49	0.37	0.41	0.52	1.00	1.00
1988	1.00	0.55	0.35	0.27	0.28	0.14	0.65	1.00	0.11	0.46	0.67	0.90	1.00
1989	0.98	0.11	0.40	0.69	0.47	0.48	0.37	0.23	0.34	0.12	0.29	0.54	0.60
1990	0.94	0.15	0.08	0.10	0.39	0.30	0.51	0.25	0.34	0.12	0.01	0.01	0.11

2 水分供应系数的区域分布特征

2.1 等发育间隔的水分供应系数

以温度累积100为一发育阶段,将整个发育期分成若干个发育时段,并根据水分供需之比求出各时段的水分供应系数,从而形成一个不同发育阶段水分供应系数的时间变化序列,再通过聚类分析,把生长季中不同时段水分供应系数大致相同的地区划为一类。

但是,由于黑龙江省南北跨越十几个纬度,在北部寒冷地区大于10积温在2000左右,而南部温暖气候带大于10积温在3000左右,若按100作为一个时段,南部地区可划分成28~30个时段,而北部仅能划分成18~20个时段。也就是说,同样100积温,对南部温暖气候带晚熟品种和北部冷凉气候带的早熟品种发育期进程的贡献是不等价的^[1]。这样,利用水分供应系数(时间变化系数)聚类时,就会出现聚类要素个数不等和时间的不对应。为解决这一问题,把发育进程用相对坐标表示,即 $K = t_i / t_{max}$,式中 t_i 、 t_{max} 的意义与公式(2)中的含义相同。这样,不管是晚熟品种还是早熟品种,生育进程的时间坐标都在0~1之间。但是由于100积温的不等价,聚类要素在时间上不对应,仍然无法计算聚类要素的统计量,因此,采用插值公式,将聚类要素(水分供应系数)插成相同发育进程情况下(即相同发育间隔)的水分供应系数,就可利用聚类方法进行聚类。本文采用线性插值

$$y_a(k) = \frac{y(k+1) - y(k-1)}{x(k+1) - x(k-1)} (x(k) - x(k-1))$$

式中 y_a 为 $x(k)$ 的插值函数, $0 < x(k) < 1$ 。

2.2 水分供应系数的区域分布特征

将上述方法得到的水份供应系数,再利用模糊聚类进行聚类分析,采用欧氏距离($D(i, k) = \sqrt{(y(ij) - y(kj))^2}$)作为相似系数。利用模糊等价关系选取门坎 λ 值进行逐步聚类, λ 可在任意水平上选取,从元素最大值1开始,由大到小使

$$D_\lambda = \begin{cases} 1 & d(i, k) \geq \lambda \\ 0 & d(i, k) < \lambda \end{cases}$$

根据 λ 的大小, 分别取 λ 为 0.6、0.7、0.8、0.9、1.0 将黑龙江省分成 6 个水分供应类型区, 由于各区水分供应系数随时间变化不同, 因此可用水分供应系数评价春、夏、秋季的旱、涝程度, 并以此将全省分成 6 个旱涝区。(1) 松嫩平原西部严重春旱夏季干旱气候区, 包括甘南、泰来、明水、齐齐哈尔、肇源等。(2) 松嫩平原东部春旱夏季半湿润气候区, 包括绥化、呼兰、双城、海伦、阿城等。(3) 嫩北克拜丘陵重春旱夏季干旱气候区, 包括拜泉、克东、嫩江、孙吴等。(4) 牡丹江轻春旱夏季半湿润气候区, 包括延寿、尚志、牡丹江、鸡西、虎林等。(5) 佳木斯轻春旱夏季湿润气候区, 包括佳木斯、依兰、方正、勃利、宝清等。(6) 三江平原轻春旱易涝夏季过湿润气候区, 包括嘉荫、罗北、富锦、抚远等。

参 考 文 献

- 1 高素华主编. 中国三北地区农业气候生产潜力及开发利用. 北京: 气象出版社, 1995. 29 ~ 33
- 2 孙玉亭. 黑龙江省农业气候资源及其合理利用. 北京: 气象出版社, 1988. 63 ~ 69

STUDY ON DRYNESS-WETNESS REGIONALIZATION WITH WATER SUPPLY COEFFICIENTS DURING CROP GROWTH

Yu Ronghuan Sun Mengmei Sun Yuting

(*Harbin Experimental Station of Meteorology, Harbin 150030*)

Abstract A transpiration water-consuming model is proposed in accordance with water satisfaction in differing growth phases of crops and time-dependent curve was prepared for showing growth-phase water requirement by means of the difference between rainfall plus previous soil water and field water consumption through evapotranspiration based on the water balance equation, whereby the water requirements were investigated. And dry and wet regions were separated by use of cluster analysis based on the water variation for Heilongjiang province.

Keywords flood/drought regionalization, transpiration water loss model, water supply coefficient, development period, cluster technique