



用天气资料实时监测和 评估北方的旱情变化

李小泉 顾秋瑾 牛若芸

(国家气象中心, 北京 100081)

提 要

从天气情报服务的实际需要出发, 研究并提出了考虑近期降水、土壤墒情(前期降水)和气温三种因素, 利用实时天气资料来计算干旱指数的方案, 5年历史资料和1997年北方春旱的检验表明, 这对于实时监测和评估大范围旱情的变化和提供天气情报服务是有用的。

关键词: 实时监测评估 干旱指数 检验

引 言

我国是一个水资源较贫乏的国家, 人均占有的河川地表径流量较世界平均少得多, 而且分布极不均匀。就一个地区而言, 降水在年内不同季节的分布也很不相同, 年际变化大, 从而极易导致干旱的发生和发展。据统计, 平均全国每年受旱面积在 $2 \times 10^8 \text{hm}^2$ 左右, 有的年份甚至达 $5 \times 10^8 - 7 \times 10^8 \text{hm}^2$ 或更多。历史上大范围的严重干旱, 都对我国的工农业生产和国民经济建设带来很大的影响。所以, 干旱是对我国国民经济各部门, 特别是对农业生产影响最大的气象灾害之一^[1]。

干旱指的是长期无雨或少雨, 使土壤水分不足、作物水分平衡遭到破坏而导致减产的农业气象灾害。因此, 可以说, 干旱灾害是一种气候性的灾害, 干旱的形成是一个气候上的问题。然而, 旱情的变化却与中、短期天气过程密切相关。长期无雨或少雨导致的干旱, 可以由于几天内出现了较大的降水

而缓解甚至解除。因此, 旱情的变化是与天气变化紧密联系的问题, 是我们日常天气情报服务工作的重要内容。

实测的土壤墒情, 应是实际干旱情况的最好反映。按现行的农业气象观测规定, 每旬逢8日观测土壤湿度, 下一个旬的1日发报, 这样我们收到的土壤墒情报告, 最少已是三四天以前的事了。加上每旬只有一次固定日期的测墒(虽然春、秋季节部分省在旬中期有土壤湿度的加测报告, 但纪录往往很不完整), 这对于实时性很强的天气情报服务来说, 是很不够的。在旱情较重的地区出现降水之后, 领导往往要求立即汇报旱情的变化。因此, 天气情报服务的及时性迫切要求我们利用能够取得的实时天气资料, 建立一套可以对旱情及其变化进行实时监测和评估的实用方法及其业务流程, 以便为决策部门及时提供干旱及其变化的情报服务。

1 干旱指数的确定

导致干旱的主要原因是长期缺乏降水,

然而干旱灾害是否形成及其严重程度却与诸多因素有关。如土壤性质、水利条件、蒸发情况、作物品种以及是否作物生长发育的关键时期等。为便于实时监测和评估旱情的变化,使用能客观反映干旱情况和便于统计计算的干旱指数是比较理想的方法。以往国内外不少作者从不同的角度提出过多种干旱指数^[2,3],但它们大多适用于评定某一地区气候上的干旱程度,或适用于对长时间的干旱状况进行后期评估,或者包含了蒸发量、作物需水量、径流量等不能实时取得资料的参数,因此,难以在实时天气情报服务的业务工作中应用。

为便于利用实时天气资料建立能够反映旱情变化的客观指标,可以认为,干旱及其变化主要取决于近期降水、土壤底墒(前期降水)和气温三个条件。我们取干旱指数

$$I = A + B + C$$

A(近期降水):以降水量距平百分率为参数。

$$A = -C_1 \cdot (R - \bar{R}) / \bar{R}$$

其中 R 为近期的降水总量, \bar{R} 为同期的降水量多年平均值, C_1 为权重系数。

B(底墒):在当前没有逐日土壤墒情报告的情况下,可以用过去一段时期内的降水来反映底墒情况。显然,以往降水出现得越早,对当前旱情的影响越小。参考美国 Palmer 干旱指数的作法^[4],将前期降水距平百分率乘以大于 0 小于 1、其乘幂为时间段的权重系数,作为反映土壤底墒的参数,即

$$B = - \sum_{i=1}^n C_2^i \cdot (R_i - \bar{R}_i) / \bar{R}_i$$

R_i 为前期第 i 个时段的降水量, \bar{R}_i 为相应时段的降水多年平均值, C_2^i 为权重系数 ($0 < C_2^i < 1$), n 为需要考虑的前期降水时段数。

C(气温):气温偏高,有利于土壤和作物水分蒸发,使旱情加重;反之,则不利于旱情

的发展,一般来说,只有近期的温度状况才会对当前的旱情变化产生明显影响。为此,我们取近期气温距平为参数,即

$$C = C_3 \cdot (T - \bar{T})$$

T 为近期的平均温度, \bar{T} 为同期温度的多年平均值, C_3 为权重系数。

权重系数 C_1 、 C_2 、 C_3 的取值原则上可以作如下考虑:

① 近期降水对当前旱情变化的影响最大, C_1 相对而言应有较大的权重;② 一般可以认为 3—4 个月以前的降水对当前土壤底墒的变化已经没有很大贡献了,此时,权重系数 C_2^i 的数值应降到接近于零;③ 温度对旱情变化的影响相对较小,考虑到降水距平百分率的数量级一般为 10^{-1} ,而以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的温度旬距平的数量级一般为 10^0 ,即大一个量级,这样 C_3 与 C_1 在数值上大体也应差一个量级。 C_1 、 C_2 、 C_3 的具体数值以及划定干旱等级的界值,则是根据历史资料来逐步调整与确定的。

考虑到以往有关旱情变化的记载,都是以旬、月、年为单位,其中旬的资料比较整齐,使用方便。所以,作为初步试验,我们取近期和前期的时段,均以旬(10天)为单位。

2 历史资料的检验

根据以上思路,我们从北方地区春旱较重的年份着手,并以“十年九春旱”的华北地区作为突破口,选定 70 年代以来北方春旱严重且有旱情及早情缓和或解除等文字记载的 1977、1981、1985、1988、1989 年(附表),计算了这 5 年 3—5 月各个旬的干旱指数,并对比分析干旱指数的范围、大小,旱情变化和降雨过程出现时间及降雨量之间的对应关系,逐步调整计算公式中各项系数的大小,使计算得的干旱指数能较好地反映出干旱范围、程度及旱情的变化。经过反复试

算、调整,选定取值权重系数 $C_1 = 2.0$ 、 $C_2 = 0.7$ 、 $C_3 = 0.1$ 。试验表明,根据这一组系数所算得的干旱指数能够较好地反映旱情及其变化的情况。

1977年,我国北方冬春降水持续偏少,出现了严重的冬春连旱。4月21—25日,北方迎来了入春以来第一场大范围的降雨,陇东、陕、京、津、冀、鲁、豫等地降雨量普遍有10—25mm,冀南、鲁、豫部分地区达25—60mm,旱情解除,仅内蒙古地区降雨不足5mm,旱情持续。4月下旬以前各旬的干旱指

数图上,北方大部地区的干旱指数均在2.0—4.5之间(图1a),反映出当时旱情十分严重。4月下旬出现了大范围降雨以后的干旱指数图(图1b)上,京、津、晋、冀、鲁、豫、陕等地的干旱指数除个别点之外均降到1.5以内,甚至出现负值,说明旱情已得到解除,但内蒙古中东部等降雨很少或无雨的地方,其干旱指数仍维持在1.5以上,表明该地旱情仍在持续。可见干旱指数能够很好地反映出当年旱情的变化。

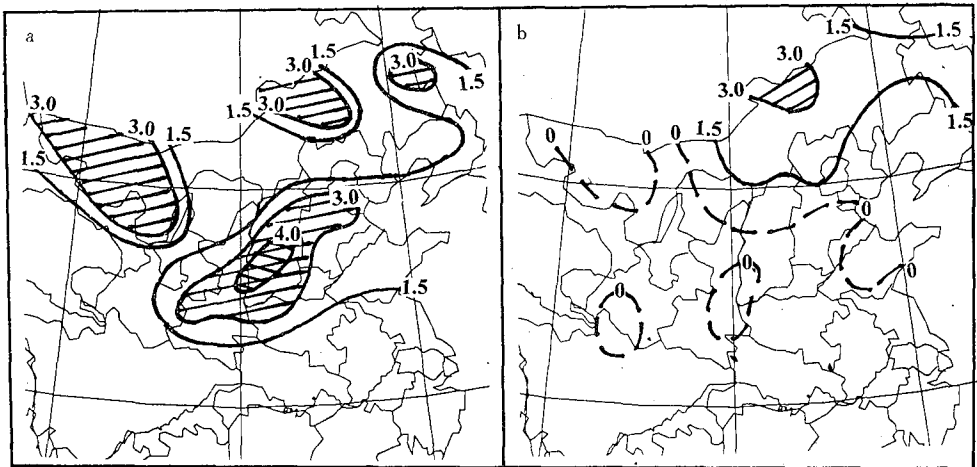


图1 1977年的干旱指数
a. 4月上旬末 b. 4月下旬末

1981年,3月上中旬西北地区东部、华北大部、东北西部的降雨量一般不足5mm,不少地区滴雨未下,加上气温偏高,北方冬麦区旱情严重。相应的干旱指数图上,西北东部、华北大部的干旱指数都在2.0—4.7之间(图2a)。3月下旬北方冬麦区普降喜雨,22—25日,鲁东南降雨30—40mm,旱情基本解除;陕、豫西、晋南、辽、吉降雨20—30mm,旱情大为缓和;陇东、鲁西北、冀中、晋中的降雨量一般只有3—8mm,旱情持续(图

2b)。相应的干旱指数图上(图2c),降雨区的干旱指数发生了很大的变化,原来有较大值的干旱指数明显减小,甚至转为负值。在降雨较大的地区,干旱指数大都已降到1.5以下,降雨较小的地区,则干旱指数仍保持在1.5以上。干旱指数大值区与文字记载的旱情持续区域对应较好。4月上旬,华北大部明显少雨,京、津、晋、冀、豫北、鲁中北部降雨量不到5mm,部分地区滴雨未下,据记载,华北地区旱情又有发展。对应的干旱

指数图上(图2d),华北中部干旱指数值明显增大,干旱指数大于1.5的区域相应扩大,沧州、石家庄、邢台的干旱指数分别由0.7、

1.6、2.1增大到2.1、3.1、3.1,与文字记载的旱情发展情况十分吻合。

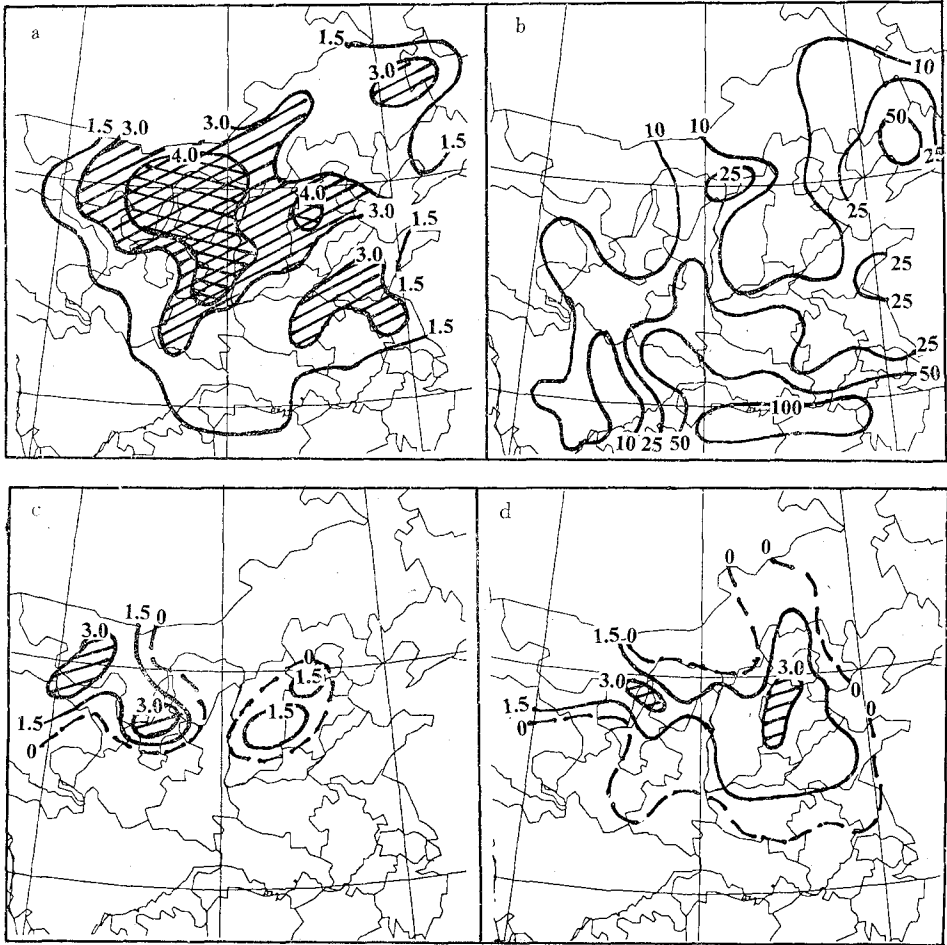


图2 1981年的干旱指数和降水量

- a. 3月中旬末干旱指数
- c. 3月下旬末干旱指数

- b. 3月下旬降水量
- d. 4月上旬末干旱指数

大量分析表明,我们所计算的干旱指数与已有文字记载的旱情变化基本一致。对华北春旱而言,可取干旱指数 $I = 1.5$ 为临界值, $I = 1.5 - 2.0$ 为轻旱, $I = 3 - 4$ 为重旱, $I < 1.5$ 或负值时表示旱情大为缓和或解除。 I 的数值越大表示旱情越重,大值范围明显缩小表示旱情缓解。

计算的1977、1981、1985、1988、1989这5年的干旱指数变化情况与我国北方春旱、降雨对应的关系是相当好的。

3 1997年北方春旱的回溯性试验

1996年12月到1997年2月中旬,华北中南部、黄淮等冬麦区持续高温少雨(雪),降水量较常年同期偏少5-9成,鲁豫大部、

晋冀中南部、苏皖北部旱情明显。用前述干旱指数计算方案,逐日计算了1997年2、3月份北方地区的干旱指数。我们看到1997年2月26日的干旱指数图(图3a)上,北方大部地区的干旱指数都在1.5以上,其中华北大部、东北西部在3.0—4.5之间,反映出当时旱情十分严重。2月27日,西北地区东部出现了小到中雨,相应的干旱指数图上,陕西大部的干旱指数明显下降,部分地区已降到零下,而华北大部由于基本无雨,干旱指数仍然维持在3.0以上的高值(图略)。2月28日,北方冬麦区喜降春雨(图3b),降雨量一般在5—15mm,陕西中南部、山西南部、河北西部、山东、河南等地有10—25mm,沧州、潍坊的日雨量分别为18mm和21mm,超过2月份有记录以来日雨量的最大值,使华北中南部大部地区的旱情得到缓和或解除,相应的干旱指数图(图3c)上,除山东东南部和苏皖北部等降雨较小的地区干旱指数仍维持在1.5以上,陕西大部、河北和山西两省南部、山东西北部和河南北部的干旱指数已由较大的正值迅速降为负值了。可见,逐日干旱指数图确实能够清楚地反映出干旱的变化情况。

3月上旬,华北地区基本无降雨,旱情又有所发展,3月10日,山西和河北的大部地区以及鲁南和苏北的干旱指数均已升至1.5以上,3月11—14日,北方出现了入春以来最大的一次降雨过程,晋、冀、鲁、豫等省普降中到大雨,大部地区总降雨量有30—60mm,华北地区的旱情普遍获得解除或大大缓和,对冬小麦的返青生长十分有利。3月14日的干旱指数图(图略)上,华北地区的干旱指数普遍再降为负值,有的地区负值还比较大,仅内蒙古中部和辽、吉两省西部由于雨量很少,干旱指数仍然维持在较高的水平上。由此可以看到,干旱指数的变化与旱情变化的实况是相当一致的。

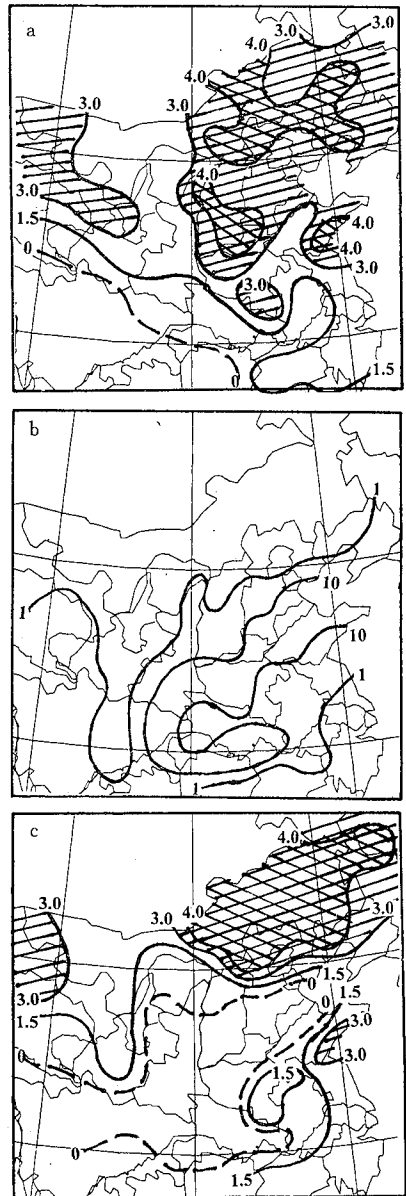


图3 1997年的干旱指数和降水量

- a. 2月26日干旱指数
- b. 2月27—28日降水量
- c. 2月28日干旱指数

附表 5年北方春旱、降水实况和干旱指数的变化简表

| 年 份 | 旱情变化 | 降雨实况 | 干旱指数 | |
|------|-------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1977 | 4月中旬 | 严重的冬春连旱 | 基本无雨 | 北方大部 2.0—4.5 |
| | 4月下旬 | 华北、西北东部普降喜雨,旱情解除,仅内蒙干旱持续 | 华北 10—25mm,局部 50mm,内蒙古大部不足 5mm | 华北大部降为负值,内蒙古 1.5—3.0 |
| 1981 | 3月上中旬 | 北方冬麦区高温少雨,旱情严重 | 北方大部基本无雨 | 华北大部 2.5—4.5 |
| | 3月下旬 | 大部旱情缓和,部分解除,京、冀、晋中等地旱情持续 | 华北南部,东北南部 10—40mm,华北中部 3—8mm | 华北大部为负值,仅华北中部维持在 1.5 左右 |
| | 4月上旬 | 华北中部旱情又发展,部分地区旱情严重 | 北方大部不足 5mm | 华北大部升到 1.5 以上,部分达 3.0—3.5 |
| 1985 | 4月 | 豫北、冀、晋大部、陕北、宁、甘中南部、内蒙古中部旱情发展 | 华北降水一般不足 20mm | 北方大部升到 1.5 以上,部分达 3.0—3.5 |
| | 5月上中旬 | 旱情逐步缓解或解除 | 华北上旬大部 10—25mm,中甸大部 25—50mm | 华北大部为负值 |
| 1988 | 4月 | 北方冬麦区降水持续偏少出现明显春旱,华北旱情较重 | 华北大部 <10mm 偏少 5—9 | 华北大部 2.0—4.0,中甸到下旬高值区范围扩大 |
| | 5月上旬 | 旱区降雨明显增多,旱情大为缓解 | 华北大部 20—45mm,部分 50—70mm | 晋、冀、鲁、豫降到 1.5 以下 |
| 1989 | 4月上中旬 | 东北、华北降水偏少,气温高,春旱迅速发展,河北中北部旱情严重 | 基本无雨 | >1.5 范围和数值增大,河北中北部 >2.0 |
| | 4月下旬 | 河北中南部旱情大为缓和,其余地区表墒得到改善 | 华北一般降雨 5—15mm,晋、冀、京、豫 20—50mm | 范围、数值缩小,河北中部由 4 降到 1 左右 |

4 讨论与结论

4.1 试验表明,从影响干旱的三个主要因素,即近期降水、底墒(过去降水)、气温出发,利用逐日搜集的天气资料,计算出反映各地旱情的干旱指数,用以实时监测和评估大范围旱情变化的办法快捷方便,对于为决策部门及时提供干旱及其变化的情报服务是个有力的工具。

4.2 目前试验所用的权重系数和划定干旱等级的界值,是仅根据有限的历史资料个例选定的。我们打算从 1998 年春季起对华北地区的干旱进行实时监测评估的准业务试验,

根据实际应用的情况对各项参数再作进一步验证或修正,并扩大到其它地域和季节,以考查其适用性和效果。

4.3 导致干旱的条件很多,干旱影响程度还与作物品种、土壤性质、生长季节等诸多因素有关,从实时天气情报服务的角度来看是难以全面考虑到的。但无论是对历史资料的检验还是对 1997 年北方春旱的监测试验都表明,这种用天气资料来估计旱情的办法,能够抓住影响旱情变化的主要因素,从大范围的角度来看仍是可行的,具有实用意义。

参考文献

- 1 冯佩芝等. 中国主要气象灾害分析. 北京: 气象出版社, 1985.
- 2 WMO TN138. Drought and Agriculture.
- 3 鞠笑生等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究. 应用气象学报, 1997, 8 (1): 26-33.
- 4 安顺清等. 修正的帕默尔干旱指数及其应用. 气象, 1985, 11 (12): 17-19.

Real-time Monitoring and Assessment of Drought in North China using Weather Information

Li Xiaoquan Gu Qiujin Niu Ruoyun

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

Based on the requirement of meteorological information service, the scheme of calculating drought index was designed in consideration of three conditions using real-time weather information, that is: precipitation in recent time, moisture in the soil (precipitation in earlier stage) and air temperature.

The inspection of spring drought in North China in 5 years of historical data and in 1997 shows that it is quite helpful for real-time monitoring and assessment of drought and meteorological information service.

Key Words: real-time monitoring and assessment of drought drought index inspection of historical data spring drought experiment of 1997