

杨方, 李茂松, 王春艳, 等. 全国及区域尺度上农业旱灾受灾率分级研究 [J]. 灾害学, 2014, 29(4): 209–214. [Yang Fang, Li Maosong, Wang Chunyan, et al. Research on Classification of Agricultural Drought Based on Crop Drought Disaster Rate [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(4): 209–214.]

全国及区域尺度上农业旱灾受灾率分级研究^{*}

杨方, 李茂松, 王春艳, 崔三荣, 程婉莹

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100081)

摘 要: 旱灾是影响我国农业发展的重要自然灾害, 如何定量评价旱灾的致灾程度, 对旱灾等级进行科学界定, 对于农业防灾减灾工作具有重要的意义。该文提出以农作物旱灾受灾率(I_a)为分级指标, 采用系统聚类法和逐步聚类法为分类方法, 拟将农业旱灾划分为5级, 分别为无旱(D0)、轻旱(D1)、中旱(D2)、重旱(D3)、特旱(D4), 通过判别分析法对分类结果进行验证, 以期对全国及区域尺度上的农业旱灾等级标准进行合理地划分。研究结果表明: 全国农业旱灾等级划分采用类平均法和重心法划分结果一致, D0为 $0 \leq I_a < 10\%$, D1为 $10\% \leq I_a < 15\%$, D2为 $15\% \leq I_a < 20\%$, D3为 $20\% \leq I_a < 25\%$ 、D4为 $I_a \geq 25\%$; 在区域尺度上, D0为 $0 \leq I_a < 6\%$, D1为 $6\% \leq I_a < 13\%$, D2为 $13\% \leq I_a < 22\%$, D3为 $22\% \leq I_a < 36\%$ 和D4为 $I_a \geq 36\%$ 。考虑到全国农业旱灾标准的推广性以及未来旱灾可能加重的变化趋势, 将全国农作物旱灾受灾率在不同等级的范围提升2%~3%。从实际记录年度旱情来看, 两个尺度上的分级结果均比较合理, 能很好地解释现有农业旱灾的分级现象, 可为今后的农业旱灾应急响应研究和实际工作提供参考。

关键词: 农业旱灾等级; 旱灾受灾率; 系统聚类法; 逐步聚类法; 判别分析

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2014)04-0209-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.04.038

旱灾是影响我国农业生产、发展最重要的一种自然灾害。随着极端气候事件的增多, 农业旱灾所造成的影响呈加重趋势^[1]。如何定量地评价旱灾的致灾程度, 对旱灾等级进行科学界定, 对于农业防灾减灾工作具有重要的意义。

目前, 我国部分学者对自然灾害的分类和分级问题展开了一系列的研究。主要研究方法有模糊综合评判法^[2-5]、灰色聚类法^[6-7]、物元分析法^[8-9]、K-均值聚类法^[10]、系统聚类分析法^[11-12]等。如, 孔令燕等提出了基于特征加权的混合型模糊聚类分析方法, 该方法应用在新疆“96.7”洪水灾害等级划分中, 分级结果显著; 代博扬等通过建立基于物元理论的自然灾害损失等级划分模型, 正确评估了2008年中国南方冰冻灾害的损失等级; 顾建华等提出K-FAPE分类法, 该方法充分利用已有成灾地震的自身信息, 很好地解释了现有地震灾害的分类现象。虽然关于自然灾害的分类和分级方法已有一些, 但是, 关于农业旱灾等级划分方法研究的却比较少, 导致目前我国缺少评价历史农作物旱灾等级的判别标准。

在解决类似“某年的农业旱灾相比于其他年份是更严重还是更轻”, “某年的农业干旱程度在长时间系列中处在什么位置”, “某年局部地区发生了重大农业旱灾, 但站在全国角度看是什么程度”这样的问题时, 往往只能运用经验分析或代表性数据对比得出无可比性的结果, 严重影响了抗旱日常管理和抗旱减灾决策工作^[13]。

另外, 从农业旱灾指标选取的层面上来说, 在我国现行的农业干旱等级划分指标体系中, 常见的指标有降水量、土壤含水量、土壤湿度、土壤有效水分存储量、水分亏缺指数WDI(Water deficit index)、作物需水指标和Palmer指标等^[14-17]。这些指标主要考虑的是孕灾环境, 主要用作农作物旱情等级评价, 而很少涉及到作物本身直接遭受旱灾后的实际损失程度。目前常用的农作物旱灾等级评价的指标主要有《干旱评估标准》(试行)^[18]中的综合减产成数以及《农业干旱等级》(征求意见稿)^[19]中的减产率。但鉴于资料的限制, 同时考虑到指标的可获取性, 本研究尝试用农作物旱灾受灾面积占当年农作物播种面积的百分比^[20]

^{*} 收稿日期: 2014-03-27 修回日期: 2014-05-01

基金项目: “十二五”国家科技支撑项目(2012BAD20B00)

作者简介: 杨方(1989-), 女, 江苏泗洪人, 硕士研究生, 主要从事农业干旱防灾减灾等方面研究. E-mail: caasyf@yeah.net

通信作者: 李茂松(1959-), 男, 四川绵阳人, 博士, 研究员, 主要从事农业防灾减灾方面的研究. E-mail: limaosong@caas.cn

作为衡量农作物旱灾受灾程度指标。

基于以上两个原因,并根据前人的研究进展,本研究提出混合型聚类方法(系统聚类法、逐步聚类法)和贝叶斯判别法,以农作物旱灾受灾率(农作物旱灾受灾面积占当年农作物播种面积的比例)为旱灾等级划分指标,对全国及区域两个尺度上的农作物旱灾进行分级研究,以期制定出农作物旱灾等级划分标准,为农业旱灾分级管理与抗旱减灾提供决策依据。

1 数据来源与指标计算

1.1 数据来源

全国、各个省份、直辖市农作物旱灾受灾面积、成灾面积、播种面积等基础数据主要来源于农业部种植业司“灾情数据库”和“农作物种植数据库”^[21],1967-1969年相关数据缺失台湾省、香港、澳门特别行政区相关统计数据暂缺。获取以上数据后,建立全国农作物—旱情数据库,包括1951-2010年农作物旱灾数据库和农作物播种面积数据库等。

1.2 指标的计算

郭东明研究表明,农作物旱灾等级体系指标的选取应依据历史干旱灾害数据和灾害影响来进行,使分级结果与历史的实际情况相吻合,使其能够真正反映出区域间不同程度旱灾的实际特征^[22]。目前,我国农业部门已有的农业干旱灾害统计数据主要有全国以及不同省份的农作物旱灾受灾面积、成灾面积和绝收面积等;农作物种植数据有面积、总产、单产等数据资料。鉴于资料的限制,同时考虑到指标的可获取性,本研究尝试用农作物旱灾受灾面积占当年农作物播种面积的百分比,即农作物旱灾受灾率,来评估历史农作物旱情。农作物旱灾受灾率剔除了由各省播种面积不同带来的影响,使各地受灾率大小的差别反映出旱灾灾情轻重的相对差别^[23-24]。

水利部《2010中国水旱灾害公报》^[25]中将农作物旱灾受旱面积定义为由于降水少,河川径流及其他水源短缺,发生干旱,作物正常生长受到影响的面积;农作物因旱受灾面积指在受旱面积中农作物产量比正常年产量减产10%以上的面积。农业旱灾受灾面积是刻画旱灾灾情的一种指标。受灾率计算公式为:

$$I_a = \frac{S_a}{S} \times 100\% \quad (1)$$

式中: I_a 为旱灾受灾率(%); S_a 为农作物旱灾受灾面积(khm²); S 为农作物播种面积(khm²)。

2 农作物旱灾分级研究方法

2.1 区域划分

在进行区域尺度范围内的农业旱情研究时,首先得明确区域范围,根据水利部《2010中国水旱灾害公报》^[25],将其我国除台湾、香港和澳门之外的其他区域划分为6大区域,分别为东北、长江中下游、黄淮海、西北、西南和华南。东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江等省;黄淮海地区包括北京、天津、河北、山西、山东和河南等省(直辖市);长江中下游地区包括上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北和湖南等省(直辖市)、华南地区包括福建、广东和海南等省;西南地区包括重庆、四川、贵州、云南、广西和西藏等省(自治区、直辖市);西北地区包括内蒙古、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆等省(自治区)。本研究根据研究的需要,区域所辖省、市划分略有变动,如将西南区域确定为包辖5个省份、直辖市,这类划分结果与当前旱情描述文件中常用区域所辖范围更为接近。具体划分情况见表1。

表1 全国农作物六大耕作区域所辖省、市

区域	所辖省、市
西北(NWC)	陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、山西
东北(NEC)	内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江
黄淮海(HHH)	北京、天津、山东、河南、河北
长江中下游(MLY)	上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南
西南(SWC)	重庆、四川、贵州、云南、西藏
华南(SC)	福建、广东、广西、海南

注:未含台湾省和香港、澳门特别行政区统计数据。

2.2 典型区域的选取

我国地域广阔,自然灾害类型复杂,旱灾主要分布在东北和中部地区。其中,内蒙古、黑龙江、河北、山东、河南和吉林等省份属于重灾区^[26]。农业因旱受灾情况可能存在区域相似性,为了减少计算的重复性,拟将受旱情况相似区域归为一种干旱类型。同时,为了将变量的影响因素限制为受灾率的变化区间,消除不同年份、不同区域对受灾率的影响,我们将受灾率按升序序列排列。最后,利用The SAS System for Windows V8进行不同区域间受灾率单因子方差分析。采用 $\alpha = 0.01$ 水平下的Duncan多重极差检验法,结果见表2。

将长江中下游地区、西南地区、华南地区视为南部地区,黄淮海地区、东北地区、西北地区视为北部地区。由表2可以看出,北部和南部地区农作物旱灾受灾率有显著性差异,且北部显著地高于南部。而南部(北部)所含各区域之间无显著性差异。

表2 不同区域间旱灾受灾率方差分析

区域	西北	东北	黄淮海	长江中下游	西南	华南	均值
$I_a/\%$	21.2 ± 11.0A	20.7 ± 13.7A	18.4 ± 11.2A	10.3 ± 6.8B	11.6 ± 7.2B	8.8 ± 5.4B	15.2
最大值/%	40.9	54.3	46.9	31.5	26.1	26.5	
最小值/%	0.2	0.4	0.2	1.1	0.1	0.1	

注:表中采用字母标注法进行标注,A、B为标注字母;表中相同字母表示在0.01水平上差异不显著。

在进行农业旱灾等级划分时,由于六个区域受灾率数据量较大,不便于数据的分级研究。因此,需要选取典型区域。典型区域需要有代表性,该地区受旱状况需要囊括我国大部分地区的旱灾情景。基于区域间受灾率的方差分析结果,在南部和北部地区各随机选取一个区域,如东北和西南地区,来进行旱灾等级划分。

2.3 分级方法

利用所收集的数据,运用系统聚类分析 HCM (Hierarchical Clustering Methods)^[27-28] 的方法进行分级。系统聚类法原理是:先将待聚的 n 个样本各自看成一类,共 n 类,然后按照事先选定计算方法计算每两类之间的某种距离(或相似系数),将关系最密切的两类并为一类,其余不变,即得 $n-1$ 类;再按前面的计算方法计算新类与其他类之间的距离,这样每合并一步就减少一类,不断重复这一过程,直到所有样本合并为一类为止。系统聚类包含多种不同聚类方法,主要有最短距离法、最长距离法、中间距离法、类平均法、重心法、离差平方和法等。本研究采用 SAS 编程方法进行聚类分析。

不同的聚类方法得到的分级结果类似,可能会有些不同,最终选择出现次数较多的那个分级结果。在进行全国农作物旱灾分级研究中采用多种方

表 3 1951—2010 年我国农业旱灾受灾率分级结果

年份	$I_d/\%$	等级	年份	$I_d/\%$	等级	年份	$I_d/\%$	等级
1951	5.9	0	1973	18.3	3	1992	22.1	3
1952	3.0	0	1974	17.2	2	1993	14.3	2
1953	6.0	0	1975	16.6	2	1994	20.5	3
1954	2.0	0	1976	18.4	3	1995	15.6	2
1955	9.0	1	1977	20.0	3	1996	13.2	2
1956	2.0	0	1978	21.7	3	1997	21.8	3
1957	10.9	1	1979	16.6	2	1998	9.1	1
1958	14.7	2	1980	15.0	2	1999	19.3	3
1959	23.7	3	1981	17.7	2	2000	25.9	4
1960	25.3	4	1982	14.3	2	2001	24.7	4
1961	26.4	4	1983	11.2	1	2002	14.4	2
1962	15.5	2	1984	11.0	1	2003	16.3	2
1963	12.0	1	1985	16.0	2	2004	11.2	1
1964	2.9	0	1986	21.5	3	2005	10.3	1
1965	9.5	1	1987	17.2	2	2006	13.6	2
1966	13.6	2	1988	22.7	3	2007	19.1	3
1970	4.0	0	1989	20.0	3	2008	7.8	1
1971	17.2	2	1990	12.3	1	2009	18.4	3
1972	20.8	3	1991	16.7	2	2010	8.3	1

法进行分类,最终类平均法和重心法的分类结果一致,分类结果见表 3。

大样本样品聚类的 FASTCLUS 过程步使用的是逐步聚类法,其聚类原则是使得类间距离最小。在区域尺度上,东北和西南地区综合起来的农作物旱灾受灾率时间序列数据样本量较大,需要采用逐步聚类法进行初始聚类。在聚类之前,首先,要用 STANDARD 过程将原始数据标准化,即将原始数据化为均值为 0、标准差为 1 的标准化数据;其次,根据分类要求确定类别数为 5;最后,在确定类别数的基础上指令系统自动选取初始凝聚点。最终,区域尺度上农作物旱灾受灾率的分类结果见表 4。

统计出全国及区域分级结果中每一级中农作物旱灾受灾率的最小值、最大值、均值和样本数,构成初级分类结果(表 5)。

2.4 判别分析

本研究采用 Bayes 判别分析法^[29] 进行聚类结果的验证分析。Bayes 判别分析中,当类内方差协方

表 4 区域受灾率逐步聚类结果

排序	$I_d/\%$	等级	排序	$I_d/\%$	等级	排序	$I_d/\%$	等级	排序	$I_d/\%$	等级
1	0.2	0	29	8.5	1	57	14.0	2	85	23.2	3
2	0.3	0	30	8.7	1	58	14.2	2	86	23.5	3
3	0.4	0	31	9.3	1	59	14.5	2	87	23.7	3
4	0.6	0	32	9.6	1	60	14.6	2	88	23.9	3
5	1.0	0	33	9.6	1	61	15.0	2	89	24.0	3
6	1.1	0	34	9.6	1	62	15.2	2	90	24.2	3
7	1.3	0	35	9.7	1	63	15.7	2	91	25.4	3
8	1.8	0	36	9.8	1	64	15.7	2	92	25.6	3
9	1.9	0	37	9.9	1	65	16.6	2	93	25.8	3
10	2.9	0	38	9.9	1	66	16.6	2	94	25.9	3
11	3.3	0	39	9.9	1	67	16.7	2	95	26.0	3
12	3.9	0	40	10.0	1	68	17.2	2	96	26.1	3
13	4.1	0	41	10.0	1	69	17.4	2	97	27.5	3
14	4.5	0	42	10.5	1	70	17.5	2	98	28.0	3
15	4.7	0	43	11.0	1	71	18.3	2	99	30.0	3
16	5.1	0	44	11.6	1	72	18.5	2	100	30.6	3
17	5.3	0	45	11.6	1	73	18.6	2	101	31.9	3
18	6.3	1	46	11.7	1	74	19.2	2	102	34.2	3
19	6.4	1	47	11.9	1	75	19.3	2	103	34.2	3
20	6.5	1	48	11.9	1	76	19.3	2	104	34.9	3
21	6.7	1	49	11.9	1	77	19.5	2	105	38.8	4
22	6.7	1	50	11.9	1	78	20.3	2	106	39.2	4
23	7.5	1	51	12.5	1	79	20.8	2	107	39.5	4
24	7.7	1	52	12.5	1	80	21.0	2	108	45.8	4
25	7.8	1	53	12.5	1	81	21.1	2	109	47.4	4
26	8.0	1	54	12.6	1	82	21.2	2	110	47.7	4
27	8.2	1	55	13.9	2	83	22.3	3	111	53.1	4
28	8.5	1	56	13.9	2	84	22.7	3	112	54.3	4

表 5 旱灾等级判别中心、判别域及样本判别事件数

分级区域	分级方法	等级	级中心 /%	判别域 /%		样本数	所占比例 /%
				最小值	最大值		
全国	类平均法、 重心法	0	3.7	2.0	6.0	7	12
		1	10.2	7.8	12.3	12	21
		2	15.6	13.2	17.7	19	33
		3	20.6	18.3	23.7	15	26
		4	25.6	24.7	26.4	4	7
六大耕作区	逐步聚类法	0	2.5	0.23	5.3	17	15
		1	9.7	6.31	12.6	37	33
		2	17.4	13.9	21.2	28	25
		3	27	22.3	34.9	22	20
		4	45.7	38.8	54.3	8	7

差检验一致时,采用线性判别函数,不一致时,采用二次判别函数;在一个判别函数中,每一个指标变量对判别函数的判别能力都有所贡献,贡献的大小可以用一元方差分析和多元方差分析来检验。本研究中,采用的是单个指标:受灾率,因此采用一元方差分析来检验受灾率指标是否对判别函数的判别能力有显著性意义,统计检验的无效假设是:单一指标对判别函数的作用不显著。当检验结果为 $p < 0.01$ 时,认为受灾率对判别函数有显著性意义,反之,指标设置不合理、判别函数不可用。

2.5 最大隶属度原则

假设 0、1、2、3、4 级判别函数表达式分别为 U_0 、 U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 。根据最大隶属度原则,令

$$U_i(x) = \max\{U_0(x), U_1(x), U_2(x), U_3(x), U_4(x)\}, (2)$$

即认为农业旱灾受灾率以隶属度 $U_i(x)$ 相对隶属于灾度等级 i 。当 $U_i(x) \geq U_{i-1}(x)$ 时,则认为 x 属于相邻两个等级之间的临界值。

3 结果分析

3.1 全国农作物旱灾分级判别分析结果

利用 BAYES 判别分析法,对表 3 中分级结果进行验证分析。在类内方差协方差的一致性检验中, $p = 0.6354$ 表明类内方差协方差基本一致,因此,可使用合并的方差协方差进行判别函数的参数估计,判别函数为一元一次线性函数;单变量方差分析结果中,变量 $x: p < 0.0001$,说明各旱灾等级受灾率间有显著性差异,并且对判别函数有显著性意义;在错判样本的事后概率中,有 1 个样本被错判,从重旱等级被错判为特旱等级,总事后错判率为 1.8%。总的来看,以旱灾受灾率为指标进行全国农作物旱灾等级划分的判别函数错误率比较低,可以实际使用。

表 6 线性判别函数系数估计值

等级	D0	D1	D2	D3	D4
常数项 / %	-5.1	-24.7	-54.9	-95.1	-147.9
$x/\%$	1.6	4.5	6.9	9.1	11.3

从表 6 判别函数的系数估计值得到的判别函数表达式为:

$$\begin{cases} y_0 = -5.1 + 1.6x; \\ y_1 = -24.7 + 4.5x; \\ y_2 = -54.9 + 6.9x; \\ y_3 = -95.1 + 9.1x; \\ y_4 = -147.9 + 11.3x. \end{cases} (3)$$

式中: y_0 、 y_1 、 y_2 、 y_3 和 y_4 分别表示 x 隶属于 D0、D1、D2、D3 和 D4 时的判别函数值。根据式 3 计算出每一个旱灾等级的判别值,从计算结果来看,农作物旱灾受灾率越高,判别值越高。根据最大隶属度判别准则,利用不同农业旱灾等级的判别函数式计算出每一等级的旱灾受灾率临界值 U ,各相邻等级的

临界值分别为: $U_{01} = 7\%$, $U_{12} = 13\%$, $U_{23} = 18\%$, $U_{34} = 23\%$ 。农业旱灾等级划分标准见表 7。

表 7 农业旱灾等级划分标准表

区域	分级方法	分级指标	D0	D1	D2	D3	D4
全国	类平均法	$I_a/\%$	$0 \leq I_a < 7$	$7 \leq I_a < 13$	$13 \leq I_a < 18$	$18 \leq I_a < 23$	$I_a \geq 23$

3.2 区域农作物旱灾分级判别分析结果

利用 BAYES 判别分析法,对表 4 中区域聚类分析结果进行验证分析。在类内方差协方差的一致性检验中, $p = 0.0001$,表明类内方差协方差非齐性,不合并 5 类的协方差矩阵,程序将不用线性判别函数来判别分类,而自动改用二次判别函数来分类;单变量方差分析结果中,变量 $x: p < 0.0001$,说明农作物旱灾受灾率指标对判别函数有显著性意义,各类间有受灾率有显著性差异;在错判样本的事后概率中,有 1 个样本被错判,从重旱等级被错判为特旱等级,总事后错判率为 0.9%。总的来看,以旱灾受灾率为指标进行区域农业旱灾等级划分的判别函数错误率比较低,可以实际使用。

表 8 区域二次判别函数的系数估计值

等级	D0	D1	D2	D3	D4
常数项	-1.5	-13.0	-26.3	-24.8	-29.5
$x/\%$	0.8	2.5	2.9	1.7	1.2
$x_2/\%$	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0

根据表 8 中二次判别函数系数构建判别函数式。将所有的农作物旱灾受灾率带入每一个公式中,采用最大隶属度原则,判断出每一级的临界值 U 。最终,相邻等级的临界值分别为: $U_{01} = 6\%$, $U_{12} = 13\%$, $U_{23} = 22\%$, $U_{34} = 36\%$ 。农业旱灾等级划分标准见表 9。

4 讨论

(1)《中国气象灾害大典·综合卷》^[30] 统计 1951-2000 年间我国干旱严重的年份,分别为 1959、1960、1961、1972、1978、1986、1988、1992、1994、1997、1999、2000,这 12 年严重干旱年份全部落在本研究划分的重旱及以上等级旱灾年份中。然而,利用旱灾受灾率划分的重旱及以上等级旱灾年份较其他统计资料的多出几年,如 1973、1976、1977 和 1989。可能的原因有:① 划分农业旱灾等级的指标不同,其结果会存在一些差异;② 通过表 5 可以得知,初级判别域中每一级判别域中的样本数量偏少,较少的受灾率信息可能会导致等级划分结果的不准确。另外,根据表 7 中受灾率判别标准可以看出,每一级的临界值数值之间无必然的联系,则该标准在推广应用上可能会存在一定的困难。因此需要对表 7 中的判别标准进行适当的修正。随着全球气候变暖,世界范围内的农业生产遭受旱灾的影响正在加重^[31]。因此,未来农作物旱灾受灾率可能会在一个有限的范

表 9 区域农业旱灾等级划分标准表

区域	分级方法	分级指标	D0	D1	D2	D3	D4
六大耕作区	逐步聚类	$I_a/\%$	$0 \leq I_a < 6$	$6 \leq I_a < 13$	$13 \leq I_a < 22$	$22 \leq I_a < 36$	$I_a \geq 36$

表 10 全国农业旱灾等级划分标准修正表

范围	分类指标	D0	D1	D2	D3	D4
全国	$I_a/\%$	$0 \leq I_a < 10$	$10 \leq I_a < 15$	$15 \leq I_a < 20$	$20 \leq I_a < 25$	≥ 25

围内提高,本研究将受灾率在表 7 的判别基础上提高 2% ~ 3%,修正结果见表 10。经重旱及以上等级旱灾检验发现,与《中国气象灾害大典·综合卷》中,统计的 1951 - 2000 年间我国干旱严重的年份相比,有 3 年不同,重旱年份中多了 1977、1989 年,少了 1999 年。因此,可以认为该修正结果在一定程度上是可信的。

(2) 区域农作物旱灾受灾率进行的聚类结果经过判别分析后,发现验证结果较好。在实际农作物旱灾发生年份中,选取典型年份进行验证。2006 - 2010 年我国各区域的农业旱灾等级见表 11,可知,2006 年西南地区发生农业旱灾在全国所有区域中最重,达重旱等级;2007 - 2009 年间,东北和西北地区农业旱灾较为严重,达重旱及以上等级;至 2010 年,西南地区农作物旱灾在全国范围内最重,达中等旱灾等级。本研究对于农作物旱灾等级划分结果与 2006 年至 2010 中国水旱灾害公报^[25]中统计结果以及王向辉等^[32]研究结果一致。于文金等^[33]利用降水资料,采用 Z 指数作为旱涝指标,发现 1971、1986、2007 年为降水量最少的年份,划分为重旱年。本文长江中下游地区 1971、1986、2007 受灾率分别为 12.5%、17.1% 和 8.4%,分别被判别为轻旱、中旱和轻旱年份,与于文金等的划分结果相比,旱灾类型普遍被轻判了,这可能是因为降雨量的减少并没有造成农作物的干旱。

表 11 2006 - 2010 年受灾率划分的区域农业旱灾等级

等级	2006	2007	2008	2009	2010
MLY	1	1	0	1	0
NEC	2	4	2	4	1
SC	1	1	0	1	1
HHH	1	1	0	1	0
NWC	2	3	3	3	1
SWC	3	1	0	1	2

5 农作物旱灾等级划分标准表

本研究运用混合聚类分析方法、贝叶斯判别法研究了农业旱灾的分级问题。该方法充分利用已有的农业旱灾灾情信息,在聚类过程中,数据经过了归一化处理,具有可比性,最终统计分析出全国及区域农作物旱灾等级划分标准(表 12)。该分级的判别物理意义明确,从结果来看比较合理的解释了已有的农业旱灾现象。该方法的普适性强,可推广应用于研究其它分类变量的分级问题。

表 12 全国及区域尺度上农业旱灾等级划分标准表

区域	分类指标	D0	D1	D2	D3	D4
全国	$I_a/\%$	$0 \leq I_a < 10$	$10 \leq I_a < 15$	$15 \leq I_a < 20$	$20 \leq I_a < 25$	$I_a \geq 25$
六大耕作区	$I_a/\%$	$0 \leq I_a < 6$	$6 \leq I_a < 13$	$13 \leq I_a < 22$	$22 \leq I_a < 36$	$I_a \geq 36$

参考文献:

- [1] 李茂松,李森,李育慧. 中国近 50 年旱灾灾情分析[J]. 中国农业气象, 2003, 24(1): 7 - 10.
- [2] 孔令燕,夏乐天. 基于特征加权的混合型模糊聚类分析及其在洪水灾害等级划分中的用[J]. 水利经济, 2009, 27(5): 1 - 3, 75.
- [3] 任鲁川. 灾害损失等级划分的模糊灾度判别法[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(3): 13 - 17.
- [4] 吴红华,李正农. 灾害损失的区间数模糊综合评判方法[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 149 - 153.
- [5] 吴红华. 灾害损失评估的灰色模糊综合方法[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(2): 115 - 118.
- [6] 冯利华. 灾害等级的灰色聚类分析[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(1): 14 - 18.
- [7] 于庆东,沈荣芳. 自然灾害综合灾情分级模型及应用[J]. 灾害学, 1997, 12(3): 12 - 17.
- [8] 李祚泳,邓新民. 自然灾害的物元分析灾情评估模型初探[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(2): 28 - 33.
- [9] 代博洋,李志强,李晓丽. 基于物元理论的自然灾害损失等级划分方法[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 1 - 5.
- [10] 顾建华,毛国敏,吴新燕. 用 K - 均值聚类法改进地震灾害 FAPE 分类模型[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(01): 157 - 162.
- [11] 毛国敏,顾建华,吴新燕. 地震灾害的分类和分级方法研究[J]. 地震学报, 2007, 29(4): 426 - 436, 448.
- [12] 包为民,万新宇,荆艳东,等. 基于主成分分析的河流洪水系统聚类法[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2008, 36(1): 1 - 5.
- [13] 高辉,苏志诚,屈艳萍. 基于 AHP 的我国重特大干旱灾害综合评判指标及其应用[J]. 中国防汛抗旱, 2012, 22(5): 12 - 15.
- [14] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等. 气象、农业干旱指标综述[J]. 干旱区农业研究, 2007, 25(1): 185 - 189, 211.
- [15] 袁文平,周广胜. 干旱指标的理论分析与研究展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 982 - 991.
- [16] 冯利华. 干旱等级和旱灾程度的定量表示法[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(3): 230 - 231.
- [17] 王密侠,马成军,蔡焕杰. 农业干旱指标研究与进展[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(3): 119 - 124.
- [18] 中华人民共和国国家标准. 农业干旱等级(征求意见稿)[Z].

- 北京: 国家气象中心, 2008.
- [19] 国家防汛抗旱总指挥部办公室. 干旱评估标准(试行)[Z]. 北京: 国家防汛抗旱总指挥部, 2006.
- [20] 袁艺, 马玉玲. 近 30 年我国自然灾害灾情时间分布特征分析[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 65-68.
- [21] 中华人民共和国农业部种植业管理司. 农作物数据库 & 灾情数据库 [DB/OL]. <http://202.127.42.157/moazzys/non-gqing.aspx>.
- [22] 郭东明. 干旱管理方法研究[M]//变化环境下的水资源响应与可持续利用. 大连: 大连理工大学出版社, 2009: 270-276.
- [23] 方修琦, 何英茹, 章文波. 1978-1994 年分省农业旱灾灾情的经验正交函数 EOF 分析[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(1): 61-66.
- [24] 武永峰, 李茂松, 蒋卫国. 不同经济地带旱灾灾情变化及其与粮食单产波动的关系[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 205-210.
- [25] 国家防汛抗旱总指挥部. 2006-2010 中国水旱灾害公报[EB/OL]. (2008-01-06) [2011-10-13]. <http://www.mwr.gov.cn/zwzc/hygh/zgshzhgh/>.
- [26] 江丽, 安萍莉. 我国自然灾害时空分布及其粮食风险评估[J]. 灾害学, 2011, 26(1): 48-53, 59.
- [27] Fisher L, Ness JW. Admissible clustering procedure[J]. Biometrika, 1971, 58(1): 91-104.
- [28] Peter Trebuňa, Jana Halcinová. Mathematical tools of cluster analysis[J]. Applied Mathematics, 2013, 4(5): 814-816.
- [29] 汪海波, 罗莉, 吴为, 等. SAS 统计分析与应用[M]. 第 2 版, 北京: 人民邮电出版社, 2013: 394-412.
- [30] 温克刚, 丁一汇. 中国气象灾害大典·综合卷[M]. 北京: 气象出版社, 2008, 157-159.
- [31] Bartels D, Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2005, 24(1): 23-58.
- [32] 王向辉, 雷玲. 气候变化对农业可持续发展的影响及适应对策[J]. 云南师范大学学报: 哲学社会科学版, 2011, 43(4): 18-24.
- [33] 于文金, 周鸿渐, 占达颖, 等. 长江流域旱涝灾害特征研究[J]. 灾害学, 2013, 28(3): 42-47.

Classification of Agricultural Drought Based on Crop Drought Disaster Rate in National and Regional Scales

Yang Fang, Li Maosong, Wang Chunyan, Cui Sanrong and Cheng Wanying

(Key Laboratory of Agro-informatics, Ministry of Agriculture/Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Drought, affecting the agricultural development, is one of the important natural disasters in our country. How to quantitatively evaluate degree of agro-drought and define its grade scientifically is of great importance for agricultural disaster prevention and mitigation. Based on crop drought disaster rate (I_a) as grading index, and by using clustering methods and stepwise clustering method for classification, agricultural drought is proposed to be divided into 5 levels, respectively, no drought (D_0), light drought (D_1), moderate drought (D_2), severe drought (D_3), and extreme drought (D_4). By discriminate analysis methods the classification results are validated to get the standard classification of agro-drought disaster category. The results show that national agro-drought classification results are consistent by using average linkage cluster analysis method and centroid cluster method, on the D_0 level, the rate of agricultural drought disaster (I_a) ranges from 0 to 10%, D_1 is 10% to 15%, D_2 is from 15% to 20%, D_3 is from 20% to 25% and D_4 is more than 25%; On regional scale, D_0 is less than 6%, D_1 is from 6% to 13%, D_2 is 13% to 22%, D_3 is 22% to 36% and D_4 is more than 36%. Considering promotion and use of the national agricultural drought disaster standard and the future trend of the drought may increase, the scope of the national agricultural drought disaster rate is improved 2% ~ 3%. From the point of actual recorded drought, the classification results of two scales are reasonable, and can well explain the existing agricultural drought classification phenomenon, which is good for the future agricultural drought emergency response researches and can provide the reference for practical work.

Key words: classification of agricultural drought; crop drought disaster rate; hierarchical clustering method; stepwise clustering method; discrimination analysis method