



秸秆焚烧气象指数计算方法研究

姚俊英¹, 于宏敏¹, 时一文²

(1. 黑龙江省气象服务中心, 黑龙江 哈尔滨 150036; 2. 圣路易斯大学, 美国 63101)

摘要:为减少田间焚烧秸秆造成的污染,从秸秆焚烧的安全因素、污染物扩散因素、空气质量因素和秸秆的干燥度4个方面的影响因子(主要包括风、温度、湿度、降水、温度层结和大气稳定度)出发,研究确定秸秆焚烧的综合气象指数。以期通过预报指导非禁烧区农民选择适宜的天气条件进行秸秆焚烧,既保证剩余秸秆处理,又避免空气污染。

关键词:秸秆焚烧;气象指数;计算方法

近年来,随着农作物单产提高和农村电力与天然气的广泛应用,农业剩余秸秆总量迅速增加。多数地区采取秸秆焚烧来处理农业剩余秸秆,秸秆焚烧释放大量的污染物,如PM_{2.5}、SO₂、CO、NH₃、VOC和NO_x等^[1],对环境和生态造成很大危害^[2]。农田秸秆露天焚烧具有很强的季节性,以黑龙江省为例,每年10月下旬至11月是秸秆焚烧的集中期,而此时正值冬季取暖开始,秸秆

焚烧叠加取暖燃煤给大气环境治理造成很大压力。

已有研究表明,天气条件是影响空气污染程度的重要因素^[3-9],稳定的大气层结不利于污染物扩散,会使影响区域的污染物浓度增加、持续时间变长^[10-12]。目前,各级政府积极采取各种措施推动秸秆综合利用工作,并划分了禁烧区和非禁烧区,在非禁烧区,为了不影响正常农业生产并减轻对空气的污染,各级政府需要根据天气条件管控和指导农民进行秸秆焚烧。因此开展主要基于天气条件的秸秆焚烧气象指数预报研究工作,指导非禁烧区农民选择适宜的天气条件进行剩余秸秆焚烧。这种工作既保证剩余秸秆处理,又避免空气污染,不仅具有实际的需求,也具有可行性。而且对改善生态条件和促进社会经济发展具有重要意义。

收稿日期:2017-12-22

基金项目:黑龙江省气象局重点科技资助项目(HQZD2015007)。

第一作者简介:姚俊英(1967-),女,河南省濮阳市人,硕士,高级工程师,从事气象服务及气象灾害研究。E-mail:yjy_008@163.com。

Morphological and Cellular Changes of Ground-cover *Chrysanthemum* Under Different Flowering Stages

ZHANG Jing-zhen, YAN Xiu-li, WANG Shi-xing, WANG Kui-ling, LIU Qing-hua, JIANG Xin-qiang
(College of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: In order to promote the use of ground-cover *Chrysanthemum* type breeding, the ray flores of ground-cover *Chrysanthemum* Bailu under different flowering stages were used as materials. Scanning electronic microscopy and conventional paraffin section methods were used to explore the petal microstructure differences of *Chrysanthemum* Bailu. Comparative analysis under different flowering stages was conducted using different flower characteristics indexes, including inflorescence diameter, flower area, fresh weight, dry weight and types of cellular changes. These results illustrate the morphological and cellular dynamic changes of ligulate floret, and plays synergistic roles for *Chrysanthemum* flower breeding. The results showed that as the flower opening, the flower indexes including inflorescence diameter, flower area, fresh weight and dry weight of ray flores increases. The ligulate floret gradually increases resulted in the full flower opening in ground-cover *Chrysanthemum*. The adaxial and abaxial epidermal of ligulate floret under different flowering stages were measured. The cellular arrangement was almost the same under different flowering stages, while different cell types were found in the same flowering stage. As the flower opening, the rhombus and rectangle cell increased initially and then decreased in the adaxial epidermal, whereas the elongate cell constantly increased in the abaxial epidermal. The cell elongation rate of adaxial and abaxial display the same trend. The cell elongation rate of S3 was significantly higher compared with other flowering stages. The structure of ground-cover *Chrysanthemum* comprises of upper epidermal cell, middle layers and lower epidermal cell. The cell shapes in S1 and S2 arranges trimly, while loosely in S3 and S4.

Keywords: ground-cover *Chrysanthemum*; flower epidermal cell; cell expansion

本文综合考虑了秸秆焚烧的安全因素、污染物扩散因素、空气质量因素和秸秆的干燥度 4 个方面的影响因子(主要包括风、温度、湿度、降水、温度层结和大气稳定度),研究确定秸秆焚烧的综合气象指数,为秸秆焚烧气象指数预报服务提供依据。

表 1 秸秆焚烧气象指数分级

Table 1 Straw burning meteorological index classification

指数等级 Index level	定性用语 Qualitative terms	参考性服务提示 Reference service tips	颜色 Color
1	适宜	气象条件适宜焚烧秸秆,注意焚烧安全。	绿
2	不太适宜	气象条件不太适宜焚烧秸秆,尽量减少焚烧,并注意焚烧安全。	黄
3	不适宜	气象条件不适宜焚烧秸秆,尽量不要焚烧。	橙
4	极不适宜	气象条件极不适宜焚烧秸秆,请不要焚烧。	红

1.2 秸秆焚烧气象指数预报影响因子分析

1.2.1 安全因子及其分指数 秸秆焚烧时,极易引燃周围的易燃物,尤其是在山林附近,一旦引发大火,后果将不堪设想。2017 年 4 月 15 日黑龙江省双鸭山市太保镇就发生了因焚烧秸秆引发山林着火事故^[13]。因此,进行秸秆焚烧气象指数预报时必须优先考虑安全因素。根据《黑龙江省人民政府春季防火命令(2000 年)》:凡遇五级大风或高火险天气,禁止易引起火灾的生活用火,禁止室外吸烟和明火作业;凡遇六级以上大风或强火险天气,禁止能够引起火灾的生活、生产用火,对三类输电线路供电单位停止供电。因此秸秆焚烧安全指数 Y_1 由下式计算:

$$Y_1=f(x) \tag{1}$$

式中, x 是影响秸秆焚烧安全的因子(风速),当风力 ≥ 5 级时, $Y_1=4$; 风力 <5 级时 $Y_1=1$ 。

1.2.2 污染物扩散因子及其分指数 秸秆焚烧后会产生空气污染,扩散气象条件的好坏直接影响了污染物的扩散。当扩散气象条件较好时,秸秆焚烧产生的污染物会得到及时的扩散,减轻污染程度。这些气象条件包括风速、气压场、温度层结(逆温)、能见度等,目前气象业务中空气污染气象条件等级预报已经全面地考虑了以上因素,因此秸秆焚烧污染物扩散因子 Y_2 可由下式计算:

$$Y_2=f(x) \tag{2}$$

x 为预报时段空气污染物扩散气象条件等级,二者对应关系见表 2。

1 研究方法

1.1 秸秆焚烧气象指数等级划分

为了方便理解和应用,将秸秆焚烧气象指数由低到高分为 4 级,分别表示适宜、不太适宜、不适宜和极不适宜。服务中分别用绿色、黄色、橙色、红色表示。不同的等级对应相应的服务用语(表 1)。

表 2 空气污染物扩散气象条件等级与焚烧扩散指数 Y_2 的关系

Table 2 The relationship between air pollutant diffusion meteorological conditions and the incineration diffusion index Y_2

空气污染物扩散气象条件等级(x) Air pollutant diffusion weather condition grade	焚烧扩散指数 Y_2 Incineration diffusion index
1~2	1
3~4	2
5	3
6	4

1.2.3 空气质量因子及其分指数 众所周知,秸秆焚烧会造成空气污染,尤其是当空气质量较差时,会加重空气污染程度。因此当空气质量指数 AQI 的值较大时,应禁止秸秆焚烧。秸秆焚烧的空气质量指数 Y_3 的计算如下:

$$Y_3=f(x) \tag{3}$$

x 为预报时段的 AQI 预报值,二者关系见表 3。

表 3 AQI 与秸秆焚烧空气质量指数 Y_3 的关系
Table 3 The relationship between AQI and straw burning air quality index Y_3

空气质量指数 AQI(x) Air quality index	秸秆焚烧空气质量指数 Y_3 Air quality index of straw incineration
0~100	1
101~150	2
151~200	3
>200	4

1.2.4 干燥度因子及其分指数 秸秆焚烧时,不仅要考虑安全性和空气质量问题,还要考虑秸秆能否点燃,也就是秸秆的干燥情况。这主要由降雨或者降雪情况决定。定义秸秆干燥度指数 Y_4 如下:

$$Y_4=f(x) \tag{4}$$

x 由前一天降水量和预报时段降水量决定,前一天降水量根据量值取值为 x_1 ,预报时段降水量根据量值取值为 x_2 ,令 $x=x_1+x_2$ 。由专家打分法确定了各级降水量的对应关系和取值。分为雨和雪。

1)降雨量因子 x 与 Y_4 的对应关系。根据前一天降雨量和预报时段降雨量分别与 x_1 、 x_2 的对应关系(见表 4)得出 x 的取值。降雨量因子 x 与 Y_4 的对应关系见表 5。

表 4 前一天降雨量和预报时段降雨量
分别与 x_1 、 x_2 的对应关系
Table 4 The corresponding relationship between
precipitation of the previous day and forecast
period with x_1 and x_2

前一天降水量 Precipitation of the previous day		预报时段降水量 Forecast period precipitation	
降雨量级	x_1	降雨量级	x_2
无降水	0	无降水	1
小雨	1	小雨	3
小到中雨	2	小到中雨	4
中雨以上	3	中雨以上	5

表 5 降雨量因子 x 与干燥度指数 Y_4 的
对应关系
Table 5 The corresponding relationship between
the rainfall factor x and the dryness index Y_4

降雨因子(x) Precipitation factor	干燥指数 Y_4 Drying index
1~2	1
3~5	2
6~7	3
8	4

2)降雪量因子 x 与 Y_4 对应关系。根据前一天降雪量和预报时段降雪量分别与 x_1 、 x_2 的对应关系(见表 6)得出 x 的取值。降雪量因子 x 与 Y_4 的对应关系见表 7。

表 6 前一天降雪量和预报时段降雪量分别
与 x_1 、 x_2 的对应关系
Table 6 The corresponding relationship between
snowfall of the previous day and forecast period
with x_1 and x_2

前一天降雪量 Snowfall of the previous day		预报时段降雪量 Forecast period snowfall	
降雪量级	x_1	降雪量级	x_2
无降雪	0	无降雪	1
小雪	1	小雪	3
小到中雪	2	小到中雪	4
中雪以上	3	中雪以上	5

表 7 降雪量因子 x 与干燥度指数 Y_4 的
对应关系
Table 7 The corresponding relationship between
snowfall factor x and dry index Y_4

降雪因子(x) Snowfall factor	干燥指数 Y_4 Drying index
1~2	1
3~5	2
6~7	3
8	4

2 秸秆焚烧综合气象指数的确定

综上所述,秸秆焚烧综合气象指数的大小主要受 4 个因子的影响,即安全因子、扩散气象条件、空气质量和秸秆干燥度。由这 4 个因子推导出 4 个分指数 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 ,分别表示安全指数、扩散指数、空气质量指数和干燥度指数。其中,影响指数 Y_1 的气象要素主要是风速;影响指数 Y_2 的气象要素有:风速、气压场、温度层结(逆温)、能见度等;影响指数 Y_3 的因子为 AQI;影响指数 Y_4 的气象要素为降水。

定义 Y 为秸秆焚烧综合气象指数,简称秸秆焚烧气象指数。则 Y 取 4 个分指数中的最大值,即:

$$Y=\max(Y_1,Y_2,Y_3,Y_4) \tag{5}$$

在计算 Y 时,设定一个优先判别条件:

如果 1 发生重度空气污染即 $AQI>200$ 时,或 2 风力 ≥ 5 级时,无需计算各分指数,直接得出 $Y=4$ (极不适宜);当不满足以上优先判别条件时,再通过计算 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 来求 Y 。

举例说明,若安全指数 Y_1 为 1,扩散指数 Y_2

为 4, 空气质量指数 Y_3 为 4, 干燥度指数 Y_4 为 2 时, 由(5)式, 则 $Y = \max(1, 4, 4, 2) = 4$, 此时极不适宜焚烧秸秆。

3 讨论与结论

本文确定的秸秆焚烧气象指数预报方法, 比较全面地考虑了安全因素、污染物扩散因素、空气质量因素和秸秆的干燥度 4 个方面的影响因子。黑龙江省气象服务中心根据该方法开发的黑龙江省秸秆焚烧气象指数预报服务系统, 于 2016-2017 年的春秋两季, 利用该系统在黑龙江省开展了秸秆焚烧气象指数预报的决策气象服务。各级政府、农业、环保等部门参考气象部门制作的秸秆焚烧气象指数预报, 在不利的天气条件和空气污染状态下对秸秆焚烧进行严格监管, 在有利的条件下(秸秆焚烧气象指数预报适宜秸秆焚烧)有序地引导非禁烧区农民进行秸秆焚烧。因秸秆焚烧致使空气严重污染的事件得到有效控制, 由于秸秆焚烧地点分布于农田, 所以在实际应用时, 后续依据该方法开发细化到村屯甚至地块的精细化秸秆焚烧预报服务系统是非常必要的。

卫星遥感技术具有时效性强的特点, 利用卫星遥感手段对秸秆焚烧火点进行监测, 是对地面常规监测方法的有效补充^[14-15]。如果在开展秸秆焚烧气象指数预报的同时, 进行实时卫星遥感监测秸秆焚烧火点分布状况, 将有助于提高预警能力和监督检查的效率。

常规天气预报、污染物扩散条件预报、AQI 预报的准确性直接影响到秸秆焚烧气象指数预报的结果。因此提高各类天气预报的准确性和精细化程度是更好地开展秸秆焚烧气象指数预报的

前提。

参考文献:

- [1] 李令军, 王英, 张强, 等. 麦秸焚烧对北京市空气质量影响探讨[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2008(2): 232-242.
- [2] 朱彬, 苏继锋, 韩志伟, 等. 秸秆焚烧导致南京及周边地区一次严重空气污染过程的分析[J]. 中国环境科学, 2010(5): 585-592.
- [4] 陶丽, 周宇桐, 李瑞芬. 我国霾日和 API 分布特征及典型大城市中它们与气象条件关系[J]. 大气科学学报, 2016, 39(10): 110-125.
- [5] 倪玉红, 梅继策, 任志国, 等. 盱眙县空气污染特征及其气象条件分析[J]. 大气科学学报, 2015, 38(4): 573-576.
- [6] 王斌, 高会旺. 中国沿海城市空气污染指数的分布特征[J]. 生态环境, 2008, 17(2): 542-548.
- [7] 李九彬, 王健力. 2001-2011 年重庆市空气质量特征分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(9): 145-153.
- [8] 胡琳, 曹红利, 张文静, 等. 西安市环境空气质量变化特征及其与气象条件的关系[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(6): 150-153.
- [9] 高岑, 王体健, 吴建军, 等. 2009 年秋季南京地区一次持续性灰霾天气过程研究[J]. 气象科学, 2012(3): 246-252.
- [10] 甄新蓉, 陈镭, 毛卓成, 等. 2011 年上海地区空气污染气象条件分析[J]. 大气科学研究与应用, 2012(1): 51-60.
- [11] 韩素芹, 边海, 解以扬. 2000-2004 年天津市大气污染特征分析[J]. 气象科技, 2007, 35(6): 787-791.
- [12] 张小玲, 唐宜西, 熊亚军, 等. 华北平原一次严重区域雾霾天气分析与数值预报试验[J]. 中国科学院大学学报, 2014(3): 337-344.
- [13] 新浪新闻. 一人焚烧玉米地秸秆酿火灾烧毁林木被判刑[EB/OL]. 2017-09-06. <http://news.sina.com.cn/c/2017-09-26/doc-ifymeswe0103005.shtml>.
- [14] 厉青, 张丽娟, 吴传庆, 等. 基于卫星遥感的秸秆焚烧监测及对空气质量影响分析[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(1): 32-37.
- [15] 何立环, 董贵华, 明珠, 等. 基于遥感和 GIS 技术的秸秆焚烧与空气状况的时空响应分析[J]. 环境与可持续发展, 2014(5): 97-99.

Research of Straw Burning Meteorological Index Calculation Method

YAO Jun-ying¹, YU Hong-min¹, SHI Yi-wen²

(1. Heilongjiang Meteorological Service Center, Harbin 150036, China; 2. Saint Louis University, The United States of America 63101)

Abstract: In order to reduce the pollution caused by burning straw in the field, the comprehensively study on the determination of the straw burning meteorological index was carried out to provide a basis for the prediction of straw burning from the mainly four aspects of straw burning, including the safety factor, pollutant diffusion factor, air quality factor and the dry degree of straw (mainly include wind, temperature, humidity, precipitation, temperature stratification and atmospheric stability). With the aim of forecasting and guiding the farmers to choose the suitable weather conditions for the straw burning, which can ensure the remaining straw will be treated well without producing unwanted air pollution.

Keywords: straw burning; meteorological index; calculation method