

# An Overview of the Relationship Between Agricultural Biological Disasters and Meteorological Conditions in Yunnan

Guihua Zhou

Disaster Prevention Association of Yunnan Province

Kunming, China

km-zgh@163.com

## 云南农业生物灾害概况与气象条件关系综述

周桂华

云南省灾害防御协会

昆明 650224, 中国

km-zgh@163.com

**Abstract**—The meteorological conditions that determine the agricultural harmful organisms occur as a key factor in the popular departures from the inter-ministerial changes, often affected when biological disasters from occurring. Yunnan agricultural meteorological disasters occur frequently. There are many different types of constraints on the development of agriculture in an important factor. Yunnan Province of agricultural biological disaster including pests and weeds, mouse, etc., frequent changes in the quantity and variety and technical nature, is very difficult to defend. The characteristics of Yunnan's three-dimensional climate determine that such disasters have strong regional and annual differences. Select this year 1971-2015 Yunnan agricultural biological part of disaster-related data, the Yunnan agricultural biological profiles, aggression with causes of aggression indicators and geographic distribution of laws have been summarized and agricultural meteorological disasters, climate change impacts on agricultural biological the impact of disasters and their prevention and control measures in such research.

**Keywords**—Yunnan agricultural biological disasters; overview; meteorological conditions review

**摘要**—气象条件是决定农业有害生物发生流行的关键因素,气象要素年际间的异常变化,常影响当年生物灾害的发生等级。云南立体气候的特点决定了这类灾害具有较强的地区性和年度间的差异性。文章选取 1971-2015 年云南农业生物灾害部分相关数据,对云南农业生物概况、致灾机理与成因,致灾指标,时空分布规律进行了阐述。着重对生物灾害发生、发展及演变与气象条件的关系做了分析与研究,提出了相应的防治措施。

### I. 引言

农业生物灾害种类繁多,危害严重的即达 1300 多种。据联合国粮农组织 (FAO) 统计,8 种主要农作物(水稻、小麦、大麦、玉米、马铃薯、大豆、棉花和咖啡)因为有害动物、病原菌和杂草危害造成的损失分别为 15.6%、13.3%和 13.2%,合计为 42.1%。如果再加上收获后病虫害造成的损失 9%~20%,全世界农业有害生物所导致的农作物损失总计达 48%左右。我

国随着经济全球化进程的加快,国际旅游、交流的迅猛发展,外来入侵生物的问题日趋加重,异常天气的发生频率增高,加上有不少地区种植制度不合理和管理粗放,导致农作物重大病虫害灾害此起彼伏,频繁成灾。迄今,全国农作物有害生物发生面积约 3.5 亿 hm<sup>2</sup> / 次,防治后仍损失粮食 500 万 t、棉花 30 万 t、油料作物 93 万 t、其他作物 1084 万 t[1]。因此,加强农业有害生物综合治理的实践任务重大。同时,随着生活水平的提高,人们对农副产品不仅要求能解决温饱问题,而且还要求优质、安全、有保健等功能。这就对有害生物治理的教学和实践提出了更高的要求。

农业生物灾害,受气候条件的制约[2]。云南生物灾害发生频繁、面复杂的基本特点对农业生物灾害发生造成了严重影响。从总的情况看,云南省大多数地方的气候温和,雨量适度,素有动植物王国之称,有害生物的种类多,常见的生物灾害,几乎应有尽有[3]。更由于山川河谷将大地割裂在小气候不同的区域,各地的生产条件及生产技术的差异,再加上植保工作的开展不平衡,形成了较大的生物灾害的插花发生的现象。云南省农业生物灾害除具有常发性之外,还存在着一些生物灾害在目前尚未弄清原因就突然爆发成灾的情况。气象要素年际间的异常变化,常影响当年生物灾害的发生等级。如严重影响我国农业生产的重大迁飞性害虫:草地螟、稻纵卷叶螟、白背飞虱、褐飞虱等,在其适迁期,降落地连续降雨是促成害虫降落的重要条件,迁入降落虫量过大时,常导致暴发性灾害发生[4]。

长期以来,云南农作物病虫害与气象关系的基础研究不够,对农作物病虫害发生发展规律与气象关系研究不多,在生物灾害预测、可持续治理上没有大的突破。目前的研究主要集中在某种单一生物灾害的特点、呈现规律等的一些总结归纳,对单一生物灾害的时空发生规律和预测、气象等级预报研究以及单一生物灾害发生原因和防治等方面有一些研究。但对云南整个生物灾害特点和规律、与气候变化关系,包括极端气候条件影响等领域尚未涉及。本文系统总结了云南生物灾害特点和规

律, 试图从云南大气背景环境, 包括季节变化, 极端气候条件对生物灾害的影响等方面做一些研究分析, 并提出相应的防治措施。

## II. 云南农业生物灾害概况

近几年来, 云南省气候异常, 极端气象灾害频发, 再加上随着农业生产的发展、耕作制度的复杂多样, 为病虫草鼠害提供了极有利的生存消长环境, 因而灾害有日趋严重的现象。

### 2.1 发生面积及损失情况

1971-1975 年间, 生物灾害的发生面积为年均 1 220 khm<sup>2</sup>; 1976-1980 年间达到年均 1 220 khm<sup>2</sup>; 1976-1980 年间达到年均 1 280 khm<sup>2</sup>; 1981-1985 年间平均发生面积达 2 180 khm<sup>2</sup>; 1986-1990 期间上升到 3 660 khm<sup>2</sup>。1991-1995 年间上升到 4 243 khm<sup>2</sup>, 1996-2000 年间上升到 7 171.29 khm<sup>2</sup>, 2001-2005 年间上升到 34 791.77khm<sup>2</sup>, 2006-2010 年间为 8 531.83 khm<sup>2</sup>, 2011-2015 年间为 9 482.76 khm<sup>2</sup>, 若以 1990 年发生面积 4 890 khm<sup>2</sup> 与 2015 年的 100 506.7 khm<sup>2</sup> 对比, 25 年间发生灾害的面积增加了 4.2 倍, 呈直线上升趋势。1991-2015 年间达到平均 7 473.8 khm<sup>2</sup> (表 1, 据王景来, 杨子汉《云南自然灾害与减灾研究 1990-2000》)。

### 2.2 主要农作物病虫害

云南总计有害生物 8 183 种, 构成威胁并造成损失的给有 300 余种。据全省第二次病虫草害的普查结果, 在云南有记录的农作物病害有 677 种, 其中包括真菌病害 546 种、细菌病害 37 种、病毒病害 (包括类菌原体) 50 种、线虫病 20 种、藻类 9 种、寄生植物 5 种、毛毡病 2 种、地衣 2 种、生理病害 6 种; 对生产上危害严重具有经济价值的病害有 60 余种。有记录的昆虫更多, 包括昆虫纲的 28 目、298 科、6 707 种 (不含卫生害虫), 还有不属昆虫纲的有 3 纲、6 目、29 科、143 种。记录的杂草有 99 科 800 种, 其中稻田杂草 98 种、小春地杂草 35 种、大春旱地杂草 90 种、坝区旱地杂草 298 种、荒坡杂草 264 种、植物寄生性杂草 10 种、另有检疫性杂草 3 种、恶性杂草 2 种。主要农作物的病害有稻瘟病、稻白叶枯病、稻条纹叶枯病; 小麦条锈病、秆锈病、叶锈病; 玉米丝黑穗病、大斑病; 蚕豆锈病、根腐病、赤斑病、细菌性枯萎病以及蔬菜、果树的多种病害。主要虫害有稻螟、稻飞虱、稻瘿蚊。粘虫、蛴螬、地老虎、蚜虫、斑潜蝇; 以及蔬菜、果树的多种病虫害。随着生产力水平的提高和商品经济的发展, 例如稻瘟病、小麦白粉病、稻飞虱等现在则普遍上升, 严重威胁农业生产 [5]。

### 2.3 主要病虫害损失统计

相关研究和生产实践表明, 农作物病虫害的发生、发展和流行须同时具备以下 3 个条件: ①有可供病虫害滋生和食用的寄主植物; ②病虫害本身处在对作物有危害能力的发育阶段; ③有使病虫害进一步发展蔓延的适宜环境条件。其中气象条件是决定病虫害发生流行的关键因素。几乎所有大范围流行性、爆发性、毁灭性的农作物重大病虫害的发生、发展和流行都与气象条件密切相关, 或

表 1. 1971-2015 年云南省病虫草鼠害发生面积及损失情况 W

年份	发生面积/khm <sup>2</sup>	产量损失/万 t
1971	884	26.7
1972	1486	34.1
1973	1225	42.7
1974	1104	27.8
1975	1390	34.0
1976	1893	45.0
1977	2347	59.3
1978	1464	46.5
1979	1795	38.9
1980	1921	---
1981	1551	13.0
1982	2262	17.4
1983	1646	12.4
1984	2764	20.0
1985	2706	33.6
1986	2080	16.6
1987	2468	10
1988	4708	15.0
1989	4167	15.7
1990	4891	26.7
1991	4864	25.4
1992	5825	105.0
1993	2084	11.9
1994	5623	36.0
1995	2819	36.2
1996	6721.41	40.68
1997	7008.64	44.59
1998	7510.03	46.10
1999	7676.05	46.11
2000	6940.01	27.70
2001	6890.86	57.78
2002	6599.13	62.53
2003	6855.73	56.01
2004	6982.00	60.55
2005	7464.05	107.20
2006	7083.28	56.21
2007	8569.67	30.35
2008	10633.32	71.51
2009	7594.29	71.03
2010	8778.61	85.64
2011	6816.01	49.09
2012	10261.52	82.64
2013	10178.67	78.22
2014	10106.95	74.64
2015	10050.67	34.69

与气象灾害相伴发生，一旦遇到灾变气候，就会大面积发生流行成灾[6]。

生物灾害发生程度分为 5 等。轻发生：病虫密度达到防治指标，产量损失率在 5%以下；中偏轻发生：病虫密度较低，但超过防治指标，产量损失一般为 5%~10%；中等发生：病虫密度较大，产量损失率为 10%~20%；中偏重发生：病虫密度大，产量损失为 20%~30%；大发生：病虫密度很大，产量损失率

在 30%以上。表 2 统计了 1971-2015 年粮食作物主要病虫发生面积。（注：此表据田长伟、韩建成的资料换算）

从表 2 可以看出，11 种病虫害中有呈主要上升趋势的有：稻飞虱、稻粘虫、稻瘟病、蚕豆蚜虫、玉米叶斑病，其中，稻粘虫在 1982 年达到 660 km<sup>2</sup>，是常年水平的 6 倍。玉米螟呈比较明显的下降趋势。

## 2.4 云南农业生物灾害特点

### (1) 种类多、地区性和年度间的差异明显

由于生物灾害属于次生灾害的范畴，它的发生危害既受自然气候的影响，又受耕作制度、作物布局、品种安排、栽培技术等因素的制约；而生物种群的地理分布

取决于自然自然气候的区划，其数量的变动则受气候（自然因素）和耕作栽培（人为因素）的双重影响。例如就大的趋势看，一般干旱高温的年景虫灾发生较重，而多雨低温年成则病害流行突出；又如在调整结构、改革耕作栽培制度时，病虫草害都会发生显著的变化。因此，在云南“立体气候”的条件下，生物灾害具有较强的地区性和年度间的差异性，而表现为变动性较大和插花性的特点。

### (2) 耕作条件变化和检疫性病虫传入

生产力水平的提高、商品经济的的发展和集约化经营也影响到生物灾害的发生。在提高和改进生产技术的条件下，过去一些低产条件发生的病虫，如稻赤枯病、食根叶蛾、铁甲虫、玉米大小斑病等发生危害都在相应地减少，而一些高产条件发生的病虫，如稻瘟病、小麦白粉病、稻飞虱等则普遍上升。严重威胁生产，尤其基地大面积连作生产的蔬菜、果树病虫草害都很突出。随着种子、苗木、农产品的异地交换，10 多种检疫性病虫传入，有些种类已成为普遍性的常发病虫，对生产构成极大威胁。

### (3) 环境适应性强

有害生物在自然选择、生物竞争的过程中，增加了自

表 2. 1971-2015 年粮食作物主要病虫害发生面积

年份	粮食作物主要病虫害发生面积/km <sup>2</sup>										
	稻瘟病	稻螟虫	稻粘虫	稻飞虱	小麦锈病	小麦白粉病	小麦蚜虫	玉米螟	玉米丝黑穗病	玉米叶斑病	蚕豆蚜虫
1971	246	139.3	28.3	13.7	30.1	1.7	13.9	180	126.7	4.5	7.8
1972	28.7	245.3	215.3	21.7	45.6	4.1	18.1	218.7	60	3.7	12.7
1973	18.9	130.1	103.5	24.9	60.8	23.9	13.1	181.6	181.0	4.0	13.6
1974	66.7	102.5	31.5	30.9	57.2	18	13.8	204.5	186.5	1.9	14.2
1975	21.7	136.5	56.0	180.0	20.3	28.1	17.5	212.9	206.7	19.8	16.7
1976	33.6	201.0	111.9	233.3	23.7	34.3	133.3	230.7	186.7	1.20	66.7
1977	40.0	236.0	48.5	266.7	67.2	110.0	200.3	170.9	233.3	50.7	133.3
1978	66.3	190.0	35.7	73.1	51.0	57.4	115.4	131.0	87.8	57.7	30.0
1979	66.7	191.0	148.7	111.9	63.9	31.3	226.0	97.6	67.1	90.0	74.30
1980	63.5	138.4	51.0	105.7	133.3	61.3	160.0	71.6	118.8	176.8	80.0
1981	104.5	201.5	74.6	244.3	168.7	129.8	90.0	69.30		111.1	62.4
1982	92.3	303.0	664.4	280.2	128.6	132.2	145.9	139.0	125.1	133.4	129.5
1983	85.6	230.0	181.8	230.4	126.8	101.9	144.5	72.3	77.2	84.0	108.6
1984	164.7	200.5	286.0	204.3	31.3	29.8	98.7	65.0	67.6	100.5	93.2
1985	191.6	190.4	66.1	282.1	44.1	48.6	103.4	63.9	71.3	178.5	190.0
1986	112.0	164.8	64.4	185.6	23.1	28.5	66.2	52.6	48.1	130.6	80.6
1987	57.0	110.5	186.4	151.3	39.5	38.7	112.8	54.0	57.6	97.2	92.0
1988	73.0	151.0	210.2	160.1	35.5	39.6	119.6	109.4	64.1	115.7	130.1
1989	81.4	157.3	100.0	291.9	47.4	59.8	129.6	121.8	84.9	120.7	198.7
1990	129.6	173.6	184.9	223.9	116.4	80.7	144.0	97.3	73.8	141.3	154.3
1991	74.7	152.4	115.0	244.0	107.5	88.9	168.9	119.2	64.6	158.2	115.1
1992	93.3	145.7	53.7	232.3	101.7	115.2	177.3	120.9	47.7	136.5	106.6
1993	83.3	81.3	70.9	114.8	81.0	101.2	195.9	206.0	30.0	69.0	121.3
1994	157.2	151.5	38.3	240.6	85.4	88.1	218.1	105.0	43.0	137.9	121.3
1995	189.3	317.4	60.2	518.7	69.9	108.4	206.6	112.2	40.7	135.2	129.4

身对环境的抗力或适应性,使人们在防治技术上增加了难度。如云南的小麦条锈病菌、其流行有一定的周期性,防病手段主要是推行抗病品种,当人们大面积采用了抵抗当时的锈菌小种时,锈病的发生就得到控制,发病面积很快回落;随着时间的推移,锈菌的生理小种亦随之发生变异而产生新的小种;经过繁殖增长到一定程度时,锈病又复发流行起来。而且,这些新小种的致病力和毒性远比原有的小种为强。病情加重,流行广泛。稻瘟病和其它一些病害也有类似的规律。在虫害方面,则表现为大虫或叶面害虫容易活,而许多小虫或潜居性害虫难治而呈上升趋势。病害方面还有细菌性、病毒类等超小微生物的危害日益加重。新病虫和抗性病虫危害严重,农业生物灾害面临许多新的顽敌,也是灾情发展的新动向。

### III. 生物灾害与气象条件关系研究探讨

#### 3.1 云南主要生物灾害与气候关系

大气、气候条件直接影响和制约着生物灾害的发生流行;温度、湿度、降雨、风速、风向等气象要素可直接影响病害的发生、发展、侵染和流行,影响害虫、害鼠和杂草的发育、繁殖、越冬、分布、迁移和适应等[7]。研究表明:气象条件是决定有害生物发生流行的关键因素;几乎所有大范围流行性、暴发性、毁灭性的农作物重大病虫害的发生、发展和流行都与气象条件密切相关,或与气象灾害相伴发生;一旦遇到灾变气候,就会大面积发生流行成灾。有害生物种群暴发与调节的理论或假说之一,认为有利的气候变化直接(如暖冬)或间接(如初级发生流行成灾。有害生物种群暴发与调节的理论或假说之一,认为有利的气候变化直接(如暖冬)或间接(如初级生产力增加)地提高了有害生物种群的繁殖力和存活力,引起有害生物数量暴发[8]。见表3。

#### 3.2 致灾机理

##### 3.2.1 气候变暖对生物灾害的影响

气候变暖与生物灾害的发生有明显的相关性[9]。

##### 1. 对农作物虫害的影响。

(1) 适生区拓宽、发育速率提高。气候变暖加快了害虫体内生理过程、适生期和适生区得到延长和拓宽,发育速率、生殖力都得到加快和增强[10]。如 CO<sub>2</sub> 浓度升高可能增大蛾类幼虫的取食量;提高蚜虫的生殖力;昆虫基于碳源和氮源的化学防御物质含量降低;不利于寄生性天敌的寄生和生长发育;降低转基因抗虫作物毒素含量;降低杀虫剂的化学防治效果。

(2) 发生频率增加、种群增长加快。气候变暖增加了害虫的存活率,尤其是越冬基数,直接导致始见期、迁飞期、种群高峰期提前,世代数增加,发生程度加重,暴发周期缩短[11]。加速种群增长,扩大害虫分布范围,有利于迁飞害虫的发生和为害,使作物、害虫、天敌等三级营养层物候协调关系出现断裂,可使害虫或潜在害虫失控而猖獗[12]。

(3) 生理变异、种群间关系改变。气候变暖导致有害生物种群的基因组成发生变化。为适应气候变暖,昆虫体内某些染色体或基因发生变异以增加自身的耐热性,且变异频率与温度增加幅度呈正相关[13]。气候变暖使高温适生昆虫的种群密度增加,物种适热性差异导致有害生物与寄主植物同步性改变,从而影响力昆虫的正常取食并进一步影响其种群发展[14]。

##### 2. 对农作物病害的影响。

(1) 改变寄主作物的生理和抗病性。例如,UV-B 辐射增强或高浓度 CO<sub>2</sub> 条件使病原菌繁殖力提高,可能加速病原菌种群的进化,导致病原菌迅速克服寄主作物的抗病性;冬季气温升高将降低病原菌越冬死亡率,春季气温升高将使越冬病原提前萌发和侵染、扩散,高湿是病原真菌和细菌萌发和侵染的必要条件,而干旱通过

促进喜旱传毒害虫可导致作物病毒病的猖獗发生[15]。

(2) 温度、降水和极端气候变化频繁将影响病害流行。

(3) 病害地理分布范围变化将改变病害组成结构[16]。

##### 3. 对农田杂草的影响。

(1) 气温升高使杂草分布向北延伸和向高海拔延伸。

(2) 具有 C<sub>4</sub> 光合路径的杂草具有更强的适应和进化潜能,可能比作物更快利用新的适宜生境,扩张其分布范围,致使新环境的作物面临新的杂草为害[17]。

(3) CO<sub>2</sub> 浓度升高将有利于植物的光合作用,但其对农作物和杂草的影响可能并非相等,通常会增强杂草的相对竞争力[18]。

(4) CO<sub>2</sub> 浓度升高使化学农药的使用量增大,除草剂的防效可能明显降低。

##### 3.2.2 云南气候变化与生物灾害特点

从云南的气象灾害对农业生产的影响来看,影响最大的是旱灾和霜冻。八月低温,虽然不是每年都出现,但对滇中和北部的水稻有严重的威胁[19]。

##### (1) 干旱

干旱,是影响全省农业生产最大的主要自然灾害[20]。云南干旱灾害出现频繁,除受地形影响外,大气环流是造成干旱的主要原因[21]。云南和全国一样处于夏雨冬旱的季风气候区域里,由于季风气候的雨量分布不均和季风的异常变动,这就不但在年际变化上常常造成非旱即涝,在一年内先旱后涝也是常出现的[22]。按群众的习惯分为:春旱、夏旱、秋旱、冬旱,以春旱出现最为频繁。对农业生产的影响程度来看,春旱影响最大,受旱造成较为严重的灾旱年,春旱要占70%以上;

表 3. 云南主要生物灾害与季节变化关系

种类	易发时间	主要影响因子	特点	规律
小麦条锈病	春季、秋季	温度	辗转危害，可在本地完成侵染循环，易发常发。发病区和流行期提高 20-30d，危害期延长 30d	随气温升高而加重
小麦蚜虫	春季、秋季	温度、雨量、降雨日数、相对湿度、日照时数	大多数蚜虫适宜生长的温度在 14-24℃，上限温度是 20℃，超过 20℃，蚜虫数量与温度关系变为负相关趋势	高温少雨天气特征下，有利于蚜虫的生长、发育和繁殖 春季温度与蚜虫发生的关系极为密切。开春后气温回升，气候干燥，蚜虫繁殖量大
油菜蚜虫	春季、秋季	温度、降雨	繁殖能力强，1 年能繁殖 10-30 个世代，世代重叠现象突出。气温为 16-22℃ 时最适宜蚜虫繁育，特别是在干旱条件下，能引起大发生	适于温暖、较干旱的气候，春秋两季气候温暖，最适于他们的生长繁殖，所以一般春末夏初和秋季危害严重
稻飞虱	春、夏	暖冬、副热带高压、厄尔尼诺	3-5 月开始危害 5-8 月危害较大	影响越冬、迁飞
稻瘟病	夏季	温度、湿度、光、风	7 月份大面积	温度低、日照少、病情重；反之则轻 同一品种随海拔增高病情加重；海拔 1800m 以上产量损失最大；海拔 1500-1800m 区域次之；海拔 1500m 以下区域发病较轻。
玉米灰斑病	夏季、秋季	海拔	6 月上旬至 7 月下旬始发；8 月中旬至 9 月下旬迅速爆发流行。	适宜条件是中温高湿度环境，降雨温度适合生长发育
玉米螟虫	夏季	温度、湿度	危害期 5 月中旬至 6 月下旬	降水多、土壤及空气湿度大，有利于发生和危害
粘虫	夏季	湿度	6-7 月，群聚性、迁飞性、杂食性、暴食性，扩展迅速、危害损失重。	分生孢子的释放与大气湿度和风速密切相关，风速越大湿度越低，分生孢子就越容易被释放出来，传播也越快，反之则不利于分生孢子的释放和传播。
小麦白粉病		温度、湿度、雨量、日照和气流	病菌分生孢子的释放和传播，因地区、气候的不同而有所差异，孢子靠气流传播	

夏旱次之,全省大面积的夏旱多是出现在夏初,其中80%以上的大旱年都是春夏连旱;秋旱再次之,分初秋旱和晚秋旱两种,以晚秋旱影响较大。晚秋旱在1950-1991年的42年头18个大旱年中,其中有6年都出现晚秋旱;冬旱影响最小,多为插花零星分布,且出现年代少,灾情也仍限于2、3个县。随着干旱时间的延长,土地荒漠化、土壤盐碱化、进一步损害,自我调节能力减弱,则抵抗力稳定性会继续减弱[23];干旱会导致很多捕食动物消失,尤其是消灭鼠害和虫害的鸟类大量减少,而适应能力较强的昆虫和啮齿类(鼠类)因为没有天敌控制而大量繁衍,最终造成灾害[24]。

2009-2010年云南遭遇旱灾,小春作物整个生育期间持续异常高温少雨,同期,蚜虫重发生,发生面积占种植面积的65%。

### (2) 霜冻、低温导致农业生物灾害频发。

霜冻、低温等是云南仅次于旱灾的主要自然灾害。主要是由于云南南北农业区域海拔高差悬殊,作物四季有收有种,加之冷空气一年之内活动频繁,因而易出现霜冻、低温灾害[25]。

云南省低温霜冻灾害主要指冬季的寒潮与霜冻、3月前后的“倒春寒”、以及8月左右的低温冷害。它是云南农业又一严重气象灾害,其危害程度仅次于干旱。

“倒春寒”是指春季2-4月,天气已明显变暖日平均气温 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ 后,出现的强冷空气过程,致使气温降到 $12^{\circ}\text{C}$ 后,出现的强冷空气过程,致使气温降到 $12^{\circ}\text{C}$ 以下。此时云南正值小麦抽穗扬花期和稻小秧期,容易造成小春作物较大减产和稻烂秧、烂苗,严重影响大春栽插进度。

霜冻也是低温引起的冻害,对农作物的危害很大,尤其对蚕豆、小麦、油菜、马铃薯的影响很大。小麦在拔节至开花期受冻害的临界气温是 $-2^{\circ}\text{C}$ 左右,蚕豆在蕾花期受冻害的临界温度是 $-1^{\circ}\text{C}$ 。此时,一旦有冷空气入侵或夜间出现强烈的晴空辐射散热天气时,地面气温和植株体温极易降至农作物临界温度以下,致使作物受害。

8月低温冷害频发于每年盛夏8月前后,正值水稻抽穗扬花之际,如遇冷空气入侵,气温持续3d低于 $18^{\circ}\text{C}$ 、最低气温降至 $14^{\circ}\text{C}$ 以下,或连续阴冷阴雨天气,导致水稻抽穗延迟,空秕率增加,稻瘟病蔓延,粮食减产[26]。

低温霜冻年年都有发生,平均每年危害农作物在数万公顷左右,较强的两次出现在1980年代,受灾面积高达 $400\text{km}^2$ 和 $600\text{km}^2$ 多,并且都发生在春季的2-3月。

### (3) 全球气候变暖加重云南病虫害发生。

气候变暖将会加重对农业生产的危害程度,特别是小麦锈病、黏虫、草地螟等[27]。云南同时也是全国稻飞虱、小麦条锈病和粘虫等病虫害发生、发展、传播的源头之一[28]。气候变暖以后各种农业生物灾害出现的范围扩大,并向高纬度和高海拔地区延伸,目前局限在热带的病原和寄生组织会蔓延到亚热带甚至温带地区,而这些地区对于此类病原和寄生物的免疫力十分低下,导致蔓延加速[29]。近年来病虫害大发生情况在云南已出

现多次,如2007年、2009年云南稻区出现大范围白背飞虱、褐飞虱迁入,迁入虫量、田间虫量等多项指标为有历史记载以来最高年。

### 3.3 灾变特点和规律

(1) 频率高、交错叠加发生。据统计,云南平均2.3年一大旱,每年49县次遭受旱灾;严重及大范围霜冻灾害平均三年一遇,平均每年12县次遭受霜冻灾害[30]。各个季节和月份几乎均有农业气象灾害发生,且交错叠加发生频繁。对90%山地面积的云南来说,气象灾害往往是多重出现。如冰雹、暴雨同时出现,又导致涝渍、滑坡等,又如寒潮、霜冻接踵发生,又如低温连阴雨诱发病虫害等。例如,1989年“2.25”重霜冻,导致滇中及以北10个地州市小春粮食大幅度减产。这些灾害出现的月份各月均有发生,只是作物受灾种类不同而已。霜冻灾害每年18个县次出现,这是云南霜冻灾害的特点,而不像它省只是早霜和晚霜能造成灾害[31]。

(2) 季节性、地区性规律明显。霜冻灾以11月至次年4月出现机会最多,其中又以1-4月较为频繁。不同月份的受灾地区分布是:12月和1月全年均能出现霜冻灾害。1月以后出现在元江以北地区,4月以后多出现在滇东北和汗西北地区,6-8月出现在滇东北的高寒山区,但不是每年都有,而是隔2~3年有1次。由北方进入云南的冷空气,全年各月均有,平均每月有2~3次。造成霜冻、低温等灾害的强冷空气每年6次左右,最多可达10次左右。但由于种种原因,目前这种周期正在缩短,加剧了灾害的危害[32]。

(3) 区域性、突发性明显。“倒春寒”主要发生在滇中及以东、以北地区[33]。例如1980年代有名的“86.3”过程,是云南历史上降雪面积最广、危害最大的“倒春寒”灾害天气,大片农作物受害。致使全省小春作物粮食大幅度减产,受灾严重的滇中地区几乎无收。如“雹走熟路”的昭通、鹤庆等地,老旱区宾川、元谋,暴雨窝子金平、江城等地。如8月低温冷害一般易在哀劳山以北、以东地区出现,是滇中、滇东地区水稻大面积、大幅度减产的重要灾害性天气。而突发性是云南省气象灾害的主要特征之一,如1989年2月25日的强低温霜冻,还有局地暴雨、骤降冰雹等,常常让人措手不及,危害极大。

总的特征是:年平均气温处于下降期多低温天气,年降水量进入偏少期多干旱发生,都会引发相关的生物灾害发生蔓延。

## IV 防治及减灾措施探讨

云南农业气象灾害种类繁多,发生频繁,是制约农业发展的一个重要因素。云南省的农业生物灾害包括病、虫、草、鼠、害等,种类多、变动频繁,技术性强,防御难度大[34]。农业生物灾害具有突发性、传染性和流行性等特征,早期监测预警和应急扑灭是有效预防控制和铲除的关键所在,一旦大范围蔓延则失去控制的最佳时期,将带来长期的灾难性后果[35]。总体上,云南重大农业生物灾害的应急防控能力较低,应急管理的组织体系、保障体系和监督管理体系尚不健全[36]。根据云南省植物保护与检验站的估计,在气候变暖趋势下,云

南省在未来年农作物病虫害的面积将继续加大, 强度增强, 有持续加重趋势。这意味着农业生产将投入大量成本用于除虫除草, 这不仅将加重农业生产的负担, 更会降低农作物质量。生物灾害的发展不仅是一个简单的发生面积的数量增长, 而且在其内涵上还有质的变化, 即表现为有害生物在自然选择、生物竞争的过程中, 增加了它自身对环境的抗力或称为适应性, 使人们在防治技术方面增加了很大的难度。

(1) 加大投入, 依靠科技, 研制和引进新技术。加大业务经费投入, 目前云南全省上下还没有真正形成抗御重大农作物生物灾害的应急防控机制, 对突发性、暴发性和大面积重大病虫害缺乏有效、快速扑灭手段。省级财政应设立专项资金, 在全省生物灾害调查监测、应急控制、疫情封锁防除、检疫检验等方面给予充足的经费保障; 加强抗病虫育种, 调整作物布局, 加强对农业生物灾害防治技术的研究, 研制开发绿色新型农药, 研究推广与云南气候变化相适应的生态农业新技术, 提高农业适应生态环境新变化的能力, 将气候变化带来的不利影响降至最低, 保证农业的正常生产。

(2) 加大病虫害监测预警与防控工作。加强重大病虫害监测预警, 重点防控水稻“迁飞性”害虫、二化螟和稻瘟病以及玉米螟、粘虫、马铃薯晚疫病和农区鼠害等重大病虫害; 强化属地责任, 推进综合治理、联防联控, 有效遏制重大植物疫情扩散蔓延; 强化检疫监管, 推进绿色防控与统防统治工作, 提高农药监管和科学用药水平加强对农业生物灾害防治技术的研究, 开发研制各种高效低毒无污染的新型农药, 完善农业植保的预警和防治基础设施, 以应对气候变化导致的病、虫、草害可能加重的严峻挑战。

(3) 深入进行气象灾害与农作物生态条件的关系研究。由于对病虫害发生发展规律及综合治理的基础研究重视不够, 在生物灾害可持续治理上没有取得大的突破, 生产上表现出过于依赖化学农药, 导致害虫抗药性增强和大量害虫天敌被杀伤, 使病虫害难以得到及时、有效和可持续的控制。为有效遏制近年来农作物病虫害危害日趋严重的态势, 大幅度增强农作物重大病虫害的防灾减灾能力, 加强研究农作物重大病虫害发生流行的天气气候条件, 建立并开展病虫害中长期气象预测预报业务, 正确认识气象灾害预测在农业生态系统中的地位[37], 充分利用云南省气候资源优势、发展云南省的“两高一优”农业、建立生态农业等都是十分重要的。

(4) 有效提高综合防灾减灾能力。

气候变暖背景下, 云南省降水量也趋于不稳定, 2009年至2010年云南特大干旱造成了巨大损失[38], 这铁的事实为我们敲响了警钟。要同时兼顾科学预防与提高应对灾害的能力[39], 加强农田水利设施建设, 更新改造老化农业排灌工程设施[40], 推广农业技术措施, 保护并改善农业生态环境[41], 遏止农业生产与环境破坏的恶性循环[42], 提高农业适应气候变化能力, 提高农业抗御灾变的能力[43]。加强农业生物灾害风险管理, 建立灾害风险模型[44]。将农业生物灾害纳入政策性种植业保险范畴[45], 加大资金支持力度, 扩大参保作物种类和参保面, 提高理赔率和理赔金额, 充分调动农民的积极性[46]。

## 致谢

本项目受国家自然科学基金“季节转换期副热带西风急流变化对云南降水的影响”(编号: 41365007)资助。

## 参考文献

- [1] 张青云.《有害生物综合治理学》[M].中国: 中国农业大学出版社, 2007: 15-30.
- [2] 曾小军, 刘芬, 周军, 黄荣华, 许晶晶, 管珊红. 江西农业气象灾害的时空演变及其对 ENSO 特征值的响应[J]. 自然灾害学报, 2017, 26 (2):177-184.
- [3] 王景来, 杨子汉. 云南自然灾害与减灾研究[M]. 云南: 云南大学出版社, 1998: 16-21.
- [4] 杨子汉, 杨光渝, 刘理化. 云南省四十年主要灾害调查(1950-1990). [M]. 云南: 云南科技出版社, 1995: 2-35.
- [5] 云南省灾害防御协会秘书处. 云南省自然灾害综述及减灾对策[J]. 地震研究, 1992, 15(4):440-447.
- [6] 冯秀藻, 陶炳炎. 农业气象学原理 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 86-92, 189-191, 193-199.
- [7] 王志伟, 张东霞, 马雅丽等. 山西省冬小麦主要病虫害气象等级预报模型[J]. 中国农学通报, 2010, 26 (11):267-271.
- [8] 龙红, 朱勇, 王学锋, 等. 云南农业应对气候变化的适应性对策分析[J]. 云南农业科技, 2010 (4) :6-9.
- [9] 王宁, 胡杏, 曲瑞伟. 云南农业灾害的主要类型及其对策初探[J]. 云南农业大学学报, 2012, 6 (6):11-15.
- [10] 杨光宇, 王景来, 杨子汉. 云南省自然灾害成因探讨及减灾对策[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(4): 95-102.
- [11] 张建琴. 云南气候变化对云南农业生产的影响以及对策. [J]. 农业与技术, 2012, 32(5):152.
- [12] 李乡旺, 胡志浩, 胡晓立, 等. 云南主要外来入侵植物初步研究[J]. 西南林学院学报, 2007, 82 (6):5-10.
- [13] 黄中艳, 朱勇. 1954-2007 年云南农业气候变化研究[J]. 气象, 2009, 35 (2):111-118.
- [14] 韩湘玲, 曲曼丽. 作物生态学 [M]. 北京: 气象出版社, 1991, 27-39, 42-46, 51-63, 67-70.
- [15] 龙红. 气候变暖对云南省冬作物影响[J]. 云南农业科技, 2006 (3).
- [16] 叶彩玲, 霍治国, 丁胜利, 施生锦, 王素艳, 侯婷婷. 农作物病虫害气象环境成因研究进展[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(1): 90-97.
- [17] 吴兆峰, 钟宝太. 农作物病虫害气象环境成因研究进展[J]. 民营科技, 2013(5): 90-97.
- [18] 王丽, 霍治国, 张蕾, 姜玉英, 肖晶晶, 卢小凤. 气候变化对中国农作物病害发生的影响[J]. 生态学杂志, 2012, 31(7): 1673-1684.
- [19] 薛昌颖, 马志红, 胡程达. 近 40a 黄淮海地区夏玉米生长季干旱时空特征分析[J]. 自然灾害学报, 2016, 25(2): 1-14.
- [20] 张万诚, 郑建萌, 任菊章. 云南北端气候干旱的特征分析[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 59-64.
- [21] Rongfang Li, Lijun Cheng, Yongsheng Ding et al. An Operational Drought Risk Management Framework Based on stream-flow Intelligent Internet control[J]. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, Vol. 3, No. 1 (May 2013), 34-43.
- [22] 王连喜, 缪鑫, 李琪, 薛兴权, 孙晓宇, 吴东丽. 陕西省冬小麦干旱时空变化特征分析[J]. 自然灾害学报, 2016, 25(2):35-42.
- [23] 解明恩, 程建刚. 云南气象灾害特征及成因分析[J]. 地理科学, 2004, 24(6): 721-726.
- [24] Xiaodong Wang. The Analysis on the Effecting Factor of Drought Disease in Qingyang, Gansu[J]. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, Vol. 6, No. 2 (July 2016), 103-107.
- [25] 鲍文. 云南地区农业气象灾害及防灾减灾能力构建研究[J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版), 2011 (2):49-50.
- [26] 尤卫红, 傅抱璞, 林振山. 云南近百年气温变化与 8 月低温冷害天气 [J]. 高原气象, 1997, 16(1): 63-72.
- [27] 霍治国, 李茂松, 王丽, 温泉沛, 肖晶晶, 黄大鹏, 王春艳. 气候变暖对中国农作物病虫害的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(10):1926-1934.
- [28] 姚愚, 李晓鹏, 闫丽萍, 等. 近 44 年云南年平均气温的时空变化特征[J]. 气象, 2006, 32(10): 81-87.
- [29] 张国庆. 气候变化对生物灾害发生的影响及对策[J]. 现代农业科技, 2011 (1):318-321.

- [30] 王宇. 云南省农业气候资源及区划 [M].北京:气象出版社,1990: 10-12.
- [31] 何娇楠, 李运刚, 李雪, 黄江成. 云南省干旱灾害风险评估[J].自然灾害学报,2016, 25(5): 37-45.
- [32] 吉文娟,张加言,胡雪琼 .云南小春作物蚜虫发生发展气象条件及防治[J].云南农业科技,1993 (3):10-13.
- [33] 张云瑾,尹红梅.云南 70~90 年代倒春寒的天气气候特征[J].云南大学学报(自然科学版), 1999(05):370-373.
- [34] 袁晓仙.自然与人为:环境史视野下的云南生物灾害及应对研究[J].文山学院报,2017,30(04):21-27.
- [35] 张国庆.生物灾害管理理念研究与生物灾害精确管理[J].现代农业科技.2011(03):20-23+26.
- [36] 杨银波, 杨子汉, 杨光宇.云南自然灾害综述及减灾对策[J].地震研究.1992(04):440-447.
- [37] Guo Shujun.The Meteorological Disaster Risk Assessment Based on the Diffusion Mechanism[J].Journal of Risk Analysis and Crisis Response, Vol. 2, No. 2 (August 2012), 124-130.
- [38] 陶云, 张万诚, 段长春等.云南 2009-2012 年 4 年连旱的气候成因研究[J].云南大学学报(自然科学版) 2014, 36 (06) :866-874.
- [39] 王德兴, 柳建仪.值得重视的生物灾害研究[J].陕西师范大学继续教育学报 2002 (03) :117-120.
- [40] 鲍文.云南地区农业气象灾害及防灾减灾能力构建研究[J].沈阳农业大学学报(社会科学版), 2012,14(06):643-647.
- [41] Jingjing Xiao,Zhiguo Huo,Dapeng Huang etf.Meteorological Grading Indexes of Water saving Irrigation for Corn[J].Journal of Risk Analysis and Crisis Response, Vol. 3, No. 2 (August 2013), 95-10.
- [42] Sijian Zhao,Qiao Zhang.Risk Assessment of Crops Induced by Flood in the Three Northeastern Provinces of China on Small Space-and-Time Scales [J].Journal of Risk Analysis and Crisis Response, Vol. 2, No. 3 (November 2012), 201-208.
- [43] 秦剑,余凌翔,谢在永.《云南气象灾害史料及评估咨询系统》[J].气象,2001(08):39.
- [44] 刘红晋. 云南历史旱灾及防控措施研究[D].西北农林科技大学,2012.
- [45] Kaicheng Xing ,Shujun Guo. Study on Meteorological Service Policy for Agricultural Insurance in Hebei Province under the Background of Climate Change[J]. Journal of Risk Analysis and Crisis Response Vol. 9(1), March (2019), pp. 36 - 42.
- [46] 杨文杰.论政府灾前预防的责任--以预防云南自然灾害为例[J].云南师范大学学报(哲学社会科学版),2011, 43(6): 134-137.