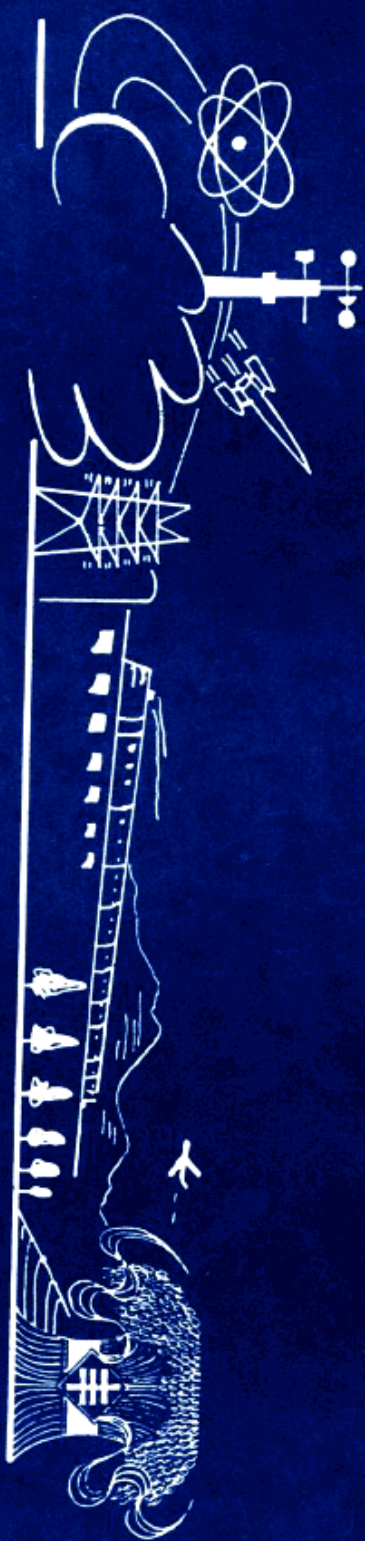


云南省楚雄彝族自治州

水稻与气象

主编 贺升华 副主编 刘开学 陈达有 吴天秀

楚雄彝族自治州气象局 楚雄彝族自治州农牧局



气象出版社

开发气候资源
服务彝州经济

罗正富

一九九四年十月

掌握研究氣象規律
發展高原水稻生產力

鍾振川

一九八四年秋

研究气候规律
发展水稻生产

杨成彪

一九九五年一月

序

云南省楚雄彝族自治州《水稻与气象》一书,在楚雄州人民政府、楚雄州财政局的支持下,经楚雄州气象局、楚雄州农牧局的共同努力,由气象出版社正式出版了。

水稻是楚雄州的主要粮食作物,其丰歉直接关系到国民经济的发展,人民生活的改善。水稻是露天生产,与气象关系极为密切。本书从楚雄州水稻生产的实际出发,应用农业气象科学理论,通过大量资料的分析,充分阐述了光照充足、光质良好、气候温暖、变化平稳,雨量适中、干湿分明,垂直分层、气候立体性强等水稻生产的气候优势和多姿多彩的种植环境。通过对建国40多年来水稻平均亩产的变化分析,找出了“三年波动”的变化周期和造成这一变化的气候原因,即低温是造成水稻“三年波动”的主要原因。干旱加重低温影响,增大减产幅度,“前旱后低温”是水稻减产的主要气象灾害类型。提出了加速农田水利建设,增加蓄水,选用良种,薄膜覆盖培育多穗壮秧,适时早栽,科学施肥,争取充分利用中间高温,减少和避免后期低温影响等行之有效的措施。这对实现水稻优质、高产、高效具有重要的意义。

这是一本好书,就好好在突出了实用。它采用大量的图表,直观地反映气象与水稻的关系及其变化规律和各项措施的效应,新颖、明了,领导、干部、群众易掌握,是气象科学服务农业生产的一种好方法。不仅水稻可以如此,如云南的烤烟、茶叶、三七等经济作物和名特优产品都可用类似的图表进行研究,充分发挥其作用,必定会结出同样丰硕的果实。

《水稻与气象》立足农业气象事业,在结合上狠下功夫,资料详实,以科学的态度系统地进行试验研究,并充分总结了前人的经验,承前启后,勇于开拓,不断前进。近可供生产、科研、教学使用,远可给后来者以深切启迪。

《水稻与气象》既是水稻生产上的一项应用基础研究成果,又是水稻生产上的一本工具书,愿它在楚雄州水稻生产中发挥更大的效益。

朱云鹤

1994年12月29日

编写人员名单

顾 问：邓有成

主 编：贺升华

副主编:刘开学

编写组成员：李恂

吳子洲

普联和

周承祖

王式明

杨绍才

蔡天相

陈达有

吴天秀

赵栋荪

赵荣胜

张建华

駱駝驛

左惠英

朱梅芳

杨海抒

李开斌

施文武

高平治

保冠榮

刘炎

陈淑媛

陈守海

鄭忠秀

.

目 录

第一章 楚雄州农业气候特点、成因及水稻生产的气象条件	(1)
一、地理环境	(1)
二、农业气候特点	(2)
三、农业气候的形成原因	(7)
四、水稻生产的气象条件	(9)
第二章 水稻气候资源	(13)
一、水稻气候历史资料表	(13)
二、主要气象要素变化示意图	(52)
三、旬(月)日照时数、积温、雨量累积查算表	(85)
第三章 水稻产量与气象	(95)
一、水稻产量与气象条件	(95)
二、楚雄州水稻生育期常年和典型丰、欠年的气象条件	(95)
三、楚雄州与省内水稻高产地区(州)、县(市)气象条件对比	(114)
四、水稻亩产“三年波动”的准周期变化	(125)
五、水稻亩产“三年波动”的气候原因	(132)
六、栽培面积、水库蓄水、移栽节气与水稻产量	(143)
第四章 水稻气候区划	(147)
一、稻作区划简述	(147)
二、楚雄州气候、植被、土壤类型、水稻种植垂直分布示意图	(153)
三、稻作平面分区情况表	(154)
四、楚雄州稻作分区情况表	(154)

五、楚雄州水稻适生性分区指标表	(155)
六、楚雄州不同水稻种植层温度变化图	(156)
七、楚雄州各乡(镇)村(办)海拔高度及温度、雨量推算表	(157)
水稻高产栽培措施及效应	(187)

一、水稻高产栽培技术要点	(187)
二、适应楚雄州的水稻品种	(189)
三、水稻薄膜育秧效应	(191)
四、水稻多穗壮秧增产效应示意图	(193)
五、楚雄州水稻不同移栽期产量差异图	(198)
六、水稻“双龙出海”条栽及效应	(199)
七、水稻移栽后不同深度的水温及产量性状对比图	(202)
八、姚安县水稻测土配方施肥与习惯施肥产量对比图	(203)
九、楚雄州水稻主要病害及防治一览表	(204)
十、楚雄州水稻主要虫害及防治一览表	(205)

第六章 专题论述	(206)
-----------------------	--------------

一、多穗壮秧增产的气候因素	(206)
二、多穗壮秧少本稀植的高产效应	(208)
三、对水稻栽培新模式探讨	(212)
四、根据气候变化规律,强化水稻病虫害的穗期药剂防治	(215)
五、楚雄州粳稻区稻瘟病发病气象条件及预报模式分析	(217)
六、国外水稻冷害研究概况	(219)

附录 中国气象局试行全国统一的天气符号图形标准	(224)
--------------------------------------	--------------

第一章 楚雄州农业气候特点、成因及水稻生产的气象条件

云南省楚雄彝族自治州,以禄丰腊玛古猿、恐龙和元谋人化石闻名于世,是人类最早的发祥地之一,地处金沙江以南,哀牢山东北,居滇中要冲。全州总面积 29258 平方公里,山区、半山区占总面积的 90%以上,总耕地面积 240 万多亩,其中水田约占 54%,旱地约占 46%。全州总人口 238.4 万,其中彝族占 24.19%。楚雄州气候宜人,适宜发展多种经济,盛产稻谷、小麦、蚕豆、烟叶和丝绸。森林、水力和铜、铁、煤、盐等矿藏丰富。成昆、广大铁路和 320、108 国道线及楚勐公路贯穿境内。水利建设成就显著,全州有效灌溉面积占总耕地面积的 56%。党的十一届三中全会以来,彝州的自然优势正向经济优势转化,经济建设正欣欣向荣地向前发展。

一、地理环境

1. 地理位置:楚雄彝族自治州位于云南省中北部,东与昆明市为邻,南接玉溪、思茅两地区,西与大理白族自治州相连,北与丽江地区及四川省攀枝花市隔金沙江相望。地理坐标介于东经 $100^{\circ}43' \sim 102^{\circ}32'$,北纬 $24^{\circ}13' \sim 26^{\circ}30'$ 之间。州境东西最大横距 175 公里,南北最大纵距 247.5 公里。楚雄市鹿城为自治州州府所在地。经成昆铁路、有广大铁路、昆碗公路与昆明、四川攀枝花市及滇西各地、州相通。

2. 地形地貌:楚雄州地处横断山脉与云贵高原的过渡地带。境内地势雄奇,东有乌蒙山,北有白草岭,南有哀牢山,金沙江自北入境,浩荡东流,礼舍江蜿蜒南行,形成三山鼎立、二水分流之势。全州地势自西北向东南倾斜。境内最高山峰为西北隅的白草岭主峰帽台山,海拔 3657 米;最低为礼舍江边的三江口,海拔 556 米,高低相差 3101 米。主要地貌类型有深切割制中山、亚高山峡谷、中切割制中山宽谷和丘陵盆地等。在起伏的山峦中,镶嵌着大小不一,面积在 2 平方公里以上的山间盆地 62 个,面积 1359 平方公里,占全州总面积的 4.8%,是种植水稻的主要地区。现有森林覆盖率为 26.92%,比全省平均高 2.7%。

3. 土壤:楚雄州属红色丘状高原,地层以中生代红壤层为主,在红色沉积盆地边缘的元谋、武定、禄丰一带,以及礼舍江流域和哀牢山,有古生代及以前的地层出露,紫色、紫红色、杂色砂页岩是州内主要出露的地层。全州土壤共 10 个土类,18 个亚类,57 个土层,145 个土种。州内以紫色土面积最大,占土地总面积的 65%,红壤土次之,水稻土居三。水稻土是楚雄州种植水稻的主要土壤,全州约有 182 万多亩,占总土地面积的 4.5%。其中淹育型水稻土 70.9 万亩,潜育型水稻土 102.5 万亩,潜育型水稻土 8.8 万多亩。楚雄州土壤质地较好,适宜水稻等粮食作物和烤烟等经济作物生长。

4. 水利:全州分属金沙江和元江两大水系,主要支流有礼舍江、马龙河、绿汁江、渔泡江、万马河、蜻蛉河、龙川江、猛果河等。州内大多数河流源头短,水量季节变化大,用水条件多为田高水低,因此河流水资源灌溉的利用率低。农业用水主要靠自然降水,并通过地表水和浅

层地下水,开发河川径流,实现对水资源的控制和利用。全州现有中型水库 16 座,小(一)型水库 134 座,小(二)型水库 89 座,总库容量 9.5 亿立方米,水库蓄水是全州水稻栽插、灌溉保证。近年来在山区、半山区修建的微型水池(不管)为山地烤烟的适时移栽和包谷出苗起了较好的作用。

二、农业气候特点

楚雄州地处低纬高原季风气候区,在太阳辐射、大气环流的影响下,除具有高原季风气候特点外,受地理环境的特殊影响,农业气候具有以下五个主要特点。

(一)光照充足,光质良好,光能潜力很大

太阳光是农作物进行光合作用,制造有机物质的必要能源。水稻产量 90%~95%来源于光合产物。因此,光能资源对水稻的优质高产有着十分重要的作用。

楚雄州各县(市)多年平均年总日照时数为 2446.7 小时,平均每天 6.7 小时。其中以永仁为最多,达 2798.7 小时,为全省之冠。元谋次之为 2643.2 小时,属全省的高值区;禄丰最少为 2215.0 小时。年日照百分率全州平均为 56%,最高的永仁为 63%,最低的禄丰为 50%以上。年太阳总辐射量全州平均为 5805.3 兆焦耳/米²,最多的永仁为 6680.0 兆焦耳/米²,最少的禄丰为 5173.3 兆焦耳/米²。楚雄州地处滇中干旱区,日照时数、日照百分率或年总太阳辐射量均属全省的高值区,而且每个县(市)都大于全国主要稻作区。就州内而言,日照时数、太阳辐射量以龙川江为界,西北部多,东南部稍少。根据气象历史资料,日照时数最多的 1969 年,全州平均达 2649.8 小时,最少的是 1992 年,全州平均为 2052.6 小时。楚雄州日照的季节分布很不均匀。冬半年多,夏半年少,但与作物的需光特点和温度变化配合较好。如水稻育秧期的 3~4 月是全年日照时数、太阳辐射量最多的时期,这为减少病害,培育壮秧,提高秧苗素质提供了最好的光照条件;4~5 月是全年中唯一具有强光、高温、天旱的黄金时节,亦是水稻分蘖、移栽最好的时期;7~9 月虽然日照时数较少,但生物辐射和漫射光多,对保湿和增加光积累,促进水稻高产十分有利。用上述气候特点与作物的需光特性比较,说明楚雄州光照十分充足。

由于楚雄州地处高原,云层薄、空气清新、污染小,最能被作物利用的红光和蓝紫光多,因此光照不仅充足,而且光质十分良好。

提高光能利用率是农作物获取高产的关键。根据 $E = \frac{1000Y'H}{ZQ \times 666.7 \times 10^4}$ 可计算出各种作物不同产量的光能利用率。式中: E 为光能利用率(%); ZQ 为作物生育期内的太阳辐射量,本文水稻生育期的太阳辐射量暂取年总辐射量的二分之一; 666.7×10⁴ 为平方厘米折算成亩的换算系数; Y' 为生物学产量,稻谷产量 Y 除经济系数 K(K 暂取 0.45)即得水稻的生物学产量; H 为一克干物质燃烧时所放出来的热量, H=4.25 千卡^①。应用上述公式,楚雄州水稻平均亩产 50 年代 208 千克,光能利用率为 0.42%; 60 年代 223 千克,光能利用率 0.45%;

^① 1 卡=4.184 焦耳。

70年代283千克,光能利用率为0.58%;80年代332千克,光能利用率为0.68%;1991~1993年平均为389千克,光能利用率为0.79%。1993年姚安县陶官屯208.49亩水稻采用多穗壮秧、少本稀植、测土施肥等栽培技术,平均亩产785.6千克,光能利用率为1.6%。由此可见,太阳能作为一种新的能源已被逐步开发利用。根据全国区划标准,永仁、元谋属太阳能丰富区,大姚、姚安、牟定、南华、楚雄属太阳能较丰富区,双柏、武定、禄丰属可利用区。楚雄州的太阳能具有广阔、高效的开发利用前景。

(二) 气候温和,四季如春,温度有效性高

楚雄州各县(市)年平均气温为16.3℃。其中以元谋为最高21.8℃,永仁次高17.7℃;南华最低14.9℃,双柏次低15.0℃。查历史温度资料,1988年温度最高,全州平均气温17.0℃,元谋达22.3℃;楚雄、牟定、姚安、大、禄丰、永仁都在16℃以上。1971、1992年温度最低,全州平均气温15.6℃。全年中以12月和1月最冷,月平均气温9.1℃,南华1月平均气温为7.6℃,极端最低-8.4℃;全年以6月为最热,平均气温20.9℃,元谋5、6月平均气温分别达26.9℃、26.5℃,极端最高气温42.0℃。全州除高寒山区和低热河谷盆地外,与省内外代表地区比较,具有气候温和、变化平稳、年较差小,日较差大冬无严寒,夏无酷暑,四季如春的特点。按候平均气温高于22.0℃为夏季,低于10.0℃为冬季,10~22℃之间为春秋两季的四季划分标准。全州平均冬季约两个月,夏季约10天,春秋两季长达10个月,可谓冬夏短,春秋长。州内不同地区四季的长短不一,一般可分为三种类型:①南华、楚雄、牟定、双柏、姚安、大姚、武定等7县(市)属“有冬无夏,春秋相连”型。②元谋属“有夏无冬,春秋相连”型;③永仁及禄丰的罗川、川街等属“四季分明”型。四季如春的气候为农作物,特别是水稻、包谷、小麦、蚕豆、烤烟等的优质高产提供了特殊的温度条件。在楚雄州不同类型的温度条件下,农作物全年作物均能生长,并能获得优质高产。大多数地区夏天无多余的高温浪费,冬天无有用的温度流失,四季温度均能利用。因此,温度的有效性高。

元谋坝子海拔在1000~1300米之间,年平均气温在20.0℃以上,各月平均最高气温为28.9℃,极端最高气温为42.0℃,各月平均最低气温为16.5℃,极端最低气温-0.8℃,是全省有名的“热坝”,被誉为“天然温室”。元谋得天独厚的“天然温室”,不仅最适宜发展冬早蔬菜,柑桔高产味甜,而且是楚雄州的蔗糖基地和稻稻的优质高产区。1993年全县栽种水稻81821亩,平均亩产达458千克。元谋强光、高温、天旱的“气候肥力”,在水丰、土肥和铁路交通的配合下,丰富的自然资源优势正向商品经济优势转化。

(三) 雨量偏少,干湿分明,降水利用率低

楚雄州各县(市)年平均雨量为830.5毫米,比全省各地(州、市)年平均雨量少281.4毫米,在全省17个地(州、市)中平均年雨量排列倒数第二。除比迪庆州多以外,比玉溪、大理还少,比思茅、德宏少680~760毫米,是全省有名的滇中老旱区。全州雨量不仅偏少,而且地区分布不均。全州雨量呈东南部多,西北部少的状态。东南部的武定、禄丰、双柏年雨量在900~1000毫米之间,其中武定最多,达984.6毫米;中西部的楚雄、南华、牟定年雨量在800~850毫米左右;西北部除永仁雨量略多外,其他姚安、大姚、元谋年雨量均在800毫米以下,其中元谋最少,为616.7毫米。由于受局部地形的影响,在一个县境内雨量分布也不均匀,例如同在禄丰县境内的腰站、广通、县城三地相距不远,由于所处的位置和地形差异,雨量悬殊甚大,俗话说“干腰站、水禄丰,不干不湿是广通”。一般山区、半山区雨量多,河谷、盆地雨量少;迎风

坡雨量多,背风坡雨量少。全州雨量年际之间波动很大,例如最少雨的1988年,全州平均雨量仅644.8毫米,其中元谋仅471.9毫米,1960年也是全州多数地区雨量最少的年份之一,元谋雨量仅287.4毫米;最多雨的1966年,全州平均雨量1098.1毫米,其中武定达1522.6毫米。一年中雨量最多的是7、8月,全州平均月雨量分别为178.2毫米、177.2毫米;雨量最少的是1月,全州平均7.9毫米,其中永仁、元谋不足4.0毫米。

干湿分明是楚雄州雨量季节分布上的一个突出特点。头年的11月至当年4月为干季,5~10月为雨季。全州平均干季雨量达79.8毫米,占年总雨量的9.6%。其中双柏干季雨量最多达127.4毫米,占年雨量的14%;元谋、永仁干季雨量最少,分别为46.6毫米、48.5毫米,占年雨量的7.6%和5.8%。全州雨季平均雨量750.7毫米,占年雨量的90.4%,其中武定最多达891.9毫米,元谋最少507.2毫米。雨季雨量占年雨量比例最大的是永仁,达94.2%,最小的是双柏,占84%。

楚雄州大部地区多年平均雨量在800~900毫米左右,总产水量约241.8亿立方米。但由于地区分布不均,特别是季节雨量悬殊,小春作物及大春作物栽种最需用水的时节则少雨干旱;夏、秋雨量集中,大雨、暴雨突出,虽有不少水库拦洪蓄水,但大量降水变成山洪流入金沙江和红河,使全州降水利用率低。保护生态环境,加速农田水利基本建设,提高降水利用率,是楚雄州确保农业持续发展的重要环节。

(四) 类型复杂, 温热兼备, 气候立体性强

楚雄州一般分为低热河谷、温暖及温和盆地、温凉山区、冷凉高山等五个气候层。由于地形差异、海拔悬殊,加之受冷湖效应、焚风效应及山地逆温等影响,气候类型十分复杂,具有“一山分四季”、“十里不同天”的气候特征。元谋海拔1120.2米,年平均气温比同处金沙江河谷、相同海拔高度的攀枝花市的仁和区高1.4℃,比楚雄市、双柏县相同海拔高度的礼舍江河谷高2.7℃。元谋与永仁海拔相差411.1米,年平均气温相差4.1℃,每升高100米温度递减1.0℃左右。元谋年雨量616.7毫米,永仁年雨量835.4毫米,每升高100米雨量递增53.2毫米。在楚雄州南北不同的特殊地形下,海拔每升高100米温度下降的幅度,南部、中部和北部都不同。一般南部湿润,受冷空气影响机会少,山地逆温明显,温度的递减率小。北部干燥、焚风和冷湖效应突出,受冷空气影响机会多,温度的递减率大。由于南北温度递减率的不同,同一海拔下南部与北部的温度也不同。低海拔地区北部的温度比南部高,如海拔1100米左右的北部元谋坝子,年平均气温达21.8℃;南部海拔1100米左右的马龙河河谷,年平均气温仅19.1℃。海拔1800米的北部地区年平均气温15.7℃,东部和中部盆地15.3℃,南部山区15.2℃;海拔2500米的北部高山年平均气温10.9℃,东部和中部11.0℃,南部11.6℃。由此可见,同一低海拔地区北部比南部热,同一中海拔地区北部、南部和中部温度相差不大,同一高海拔山区北部比南部冷。

根据回归方程推算,全州海拔最低的556米的三江口以及海拔1120.2米的元谋坝子,年平均气温在21.8~22.2℃之间,≥10.0℃积温7900~8300℃,相当于广州及偏南地区的南亚热带及北热带气候;海拔1289米的元谋老城及海拔1300~1400米的禄丰罗川、川街,年平均气温在18.0~20.5℃之间,≥10℃积温5800~7000℃,相当于柳州、桂林、衡阳、韶关、福州、赣州等地的中亚热带及南亚热带气候;海拔1500~1600米的永仁,年平均气温17.7℃,≥10.0℃积温5887.3℃,相当于的株洲、南昌、温州等地的中亚热带气候;海拔1700~1900

米的楚雄、牟定、武定、姚安、大姚、南华等地区，年平均气温 $15\sim 16^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $4600\sim 5300^{\circ}\text{C}$ ，相当于南京、合肥、武汉及汉中盆地的北亚热带气候；海拔 $1900\sim 2300$ 米武定的猫街、插甸、高桥及禄丰的高峰、双柏的妥甸、姚安的前场、马游、弥兴等地，年平均气温 $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $3100\sim 4500^{\circ}\text{C}$ ，相当于济南、邢台、运城、西安等地的南温带气候。海拔 2600 米的大姚的昙华，年平均气温 10.2°C ，相当于辽宁、吉林的中温带气候；全州海拔最高的白草岭主峰 3657 米，年平均气温 2.9°C ，相当于黑龙江哈尔滨的北温带气候。由上可见，在楚雄这块土地上，从低到高相当于从华南广州到东北哈尔滨的气候差异。具有北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带、北温带等七个气候带。立体气候、立体农业是楚雄州突出的农业气候特点。由于气候立体，各种作物的种植及品种、技术措施的配套也具有强烈的立体性。水稻的种植更是如此，如海拔 1300 米以下适宜种植双季稻；海拔 $1300\sim 1500$ 米是籼稻的最适宜种植区，也是籼稻粳稻交错区；海拔 $1500\sim 1900$ 米是粳稻的适宜和最适宜种植区；海拔 $1900\sim 2100$ 米是水稻种植的次适宜区。

楚雄州由于气候类型复杂，立体性强，作物种类和农、林、牧、副产品繁多。元谋等低海拔地区的冬早蔬菜畅销全国大部分地区；楚雄、禄丰、姚安、牟定、大姚、南华等中海拔地区的粮、烟产量高，质量好，是州内农业经济发展的密集地区；山区的经济林果、畜牧业、白云豆、野生菌具有丰富的产品资源和广阔的市场销路。不同的气候类型，不同的立体层次，都有各自的发展优势，只要认真开发，一定能为彝州的经济繁荣作出贡献。

(五) 干旱低温，洪涝霜冻，影响农业发展

1. 干旱：楚雄州地处滇中老旱区，干旱是最大的气象灾害。楚雄州的干旱分为全年旱、冬春旱、初夏旱、夏旱、秋旱等五种。其中冬春旱对小春作物影响最大。自 1959 年以来，头年 11 月至当年 4 月合计雨量在 20 毫米以下，冬春干旱最严重的有 1960 、 1963 、 1969 等 3 年，这 3 年小春都因干旱严重减产。冬春干旱是楚雄州固有的气候特点，一般年成只要 1 、 2 月有适当的雨量，加上人工灌溉也基本能满足小春作物的要求。初夏干旱对全州农业生产，特别是大春作物播种有至关重要的影响。雨季开始期的早晚和初夏($21/5\sim 20/6$)雨量的多少，是衡量初夏干旱程度的重要指标。楚雄全州平均雨季开始期为 5 月 29 日。州内禄丰、双柏开始最早为 5 月 27 日，大姚、元谋雨季开始最晚为 6 月 $1\sim 2$ 日。全州各县(市)雨季同步开始和参差不齐的各占 50% 。有气象记录以来，全州平均 1964 年雨季开始最早，为 5 月 5 日， 1967 年开始最晚，为 6 月 18 日，早晚相差 44 天。雨季开始的不稳定性具体到各县(市)更为突出。如禄丰县雨季开始最早为 5 月 1 日，最晚为 7 月 21 日，早晚相差约 80 天，这给大春生产特别是水稻栽插保苗、包谷的播种、烤烟的移栽带来很大的难度。根据多年经验，凡雨季开始于 6 月 10 日以后或初夏雨量小于 80 毫米的年份，我们就视为初夏干旱严重的年份。自 1959 年以来，出现初夏干旱严重的有 1967 、 1969 、 1977 、 1979 、 1986 、 1987 、 1988 等 7 年。 1986 年全州雨季开始于 6 月 17 日。初夏雨量为 61.4 毫米，加之后期洪涝、低温等的影响，全州大春粮、豆总产比 1985 年减少 4295.5 万千克，其中水稻单产减少 22 千克，包谷单产减少 32 千克。全州烤烟亩产仅 93 千克，比 1984 年减少 63 千克，上中等烟叶比例仅 56.1% ，比 1984 年下降 12.5% 。由此可见，严重的初夏干旱是造成大春作物严重减产的主要灾害之一。初夏干旱既有影响大春作物栽种用水的一面，又有增加热量和光照的一面。在水丰和土壤肥的配合下，利用好充足的热量和光照，更是楚雄州获取大春丰收的重要

条件。1987、1988年的雨季于6月12日开始,初夏雨量少,干旱异常严重,但热量状况很好,再由于头年水库蓄水好,农技措施配套,上下齐心抗旱保苗,结果全州水稻平均亩产1987年为357千克,1988年为344千克,获得了大丰收。

7~8月是全年雨量最集中的时期之一,发生夏旱的几率较小。但初夏旱后继续出现夏旱,就会对水稻造成较大的危害。据历史资料,除1965、1993年中部和南部地区出现较大范围的夏旱外,其他为单点性的较多,其中以元谋、南华出现机率较大,一般在10~15%之间。

9~10月全州平均雨量为197.8毫米,最少的1962年仅113.1毫米。秋旱不仅影响小春作物播种、出苗的墒情,还影响到水库蓄水,从而影响次年的小春产量和大春栽种。据历史资料,如果5~8月雨量偏少,9~10月雨量继续偏少,秋旱较重,当年水库蓄水较少。如1975年全州平均年雨量757.8毫米,9~10月雨量138.4毫米,蓄水48110万立方米;1984年年雨量655.4毫米,9~10月雨量271.8毫米,蓄水55266万立方米;1989年年雨量672.7毫米,9~10月雨量121.8毫米,蓄水51048万立方米,均比秋季雨水多的年份蓄水量明显减少。

2. 低温:主要指大春作物生长期出现的低温冷害。其具体表现为“两头低温影响,中间高温不足”。水稻、烤烟育苗期的前期低温,主要是“倒春寒”天气及晚霜冻。水稻等大春作物生长中后期的低温冷害,按类型可分为延迟型(水稻生长期温度偏低,植株生长势弱,生育期延迟,一般为冷年或偏冷年)、障碍型(水稻抽穗扬花时期受冷空气影响,出现日平均气温低于17~18℃的低温阴雨,使稻穗“酒精壳”增多,这就是一般说的“八月低温”)、秋季杀伤型(水稻孕穗至灌浆期受极强冷空气影响,日最低气温降至12~14℃以下,穗温降至10~12℃以下,在异常低温的影响下,内部组织受到杀伤,造成水稻严重减产)和稻瘟病4种。前3种在一年内相继出现称为混合型低温,这是造成楚雄州水稻单产“三年波动”变化趋势的主要原因。如果前期遇严重干旱,后期再出现低温,减产幅度最大。1983、1986、1989年水稻,严重歉收,就是受前旱后低温两重影响的结果。

水稻采用薄膜覆盖育秧,增加前期温度,培育早秧、壮秧,提早节气栽插,争取中间高温,特别是充分利用“可贵高温时段”,使抽穗扬花早,避过或减少后期低温的影响。利用“增、争、避”的气象效应,获得水稻稳产高产的科学结论。还需要强调的是,培育多蘖壮秧,使水稻最需要高温的分蘖期在秧田就开始,使整个分蘖期充分利用4月中旬中期开始至6月中旬中期结束的全年最高温时段,提高光能利用,增强抗逆性,提早抽穗扬花,其产量可比同等条件下的常规秧每亩增产100多千克。实践证明:采用薄膜育秧,尤其是培育多蘖壮秧,适时早栽,科学栽培和管理,是楚雄州水稻抗御低温等自然灾害,实现优质、高产、高效的三项重要技术措施。

3. 霜冻:霜冻是楚雄州中高海拔盆地和山区小春作物的主要气象灾害之一。1986年3月2~5日出现雪加霜,楚雄、双柏、南华、姚安、大姚、武定最低气温降至-3.0℃以下,小麦、蚕豆等小春作物严重受害,亩产由1983年的107千克,降至1986年的50千克。1989年2月25日受强冷空气影响,中部、东部和北部地区出现历史上罕见的晚霜冻,牟定、南华、姚安、大姚最低气温降至-4.5℃以下,武定、禄丰也降至-3.0~-4.0℃之间。全州小春作物亩产由1987年的106千克,降至1988年的66千克。其中姚安县的蚕豆亩产由1987年的124千克,降至1988年的18千克。由此可见,楚雄州严重的晚霜冻可造成小春作物特别是蚕豆的严重减产。楚雄州各坝区由于地形闭塞,多数出水口在北面或东面,冷空气有进口,无出路,最易堆积下沉,带来严重的降温 and 霜冻。对作物灾害最大的是2月下旬至4月上旬的晚霜冻。与

全省各地(州、市)比较,楚雄州的晚霜冻属较重的地区。按类型霜冻可分为平流霜、辐射霜、平流辐射霜三类,其中以平流辐射霜危害为最大,出现周期约三年一遇。防霜方法除合理布局、适时播种外,霜前灌水、熏烟造雾、霜后赶霜(只限于小麦)比较有效。根据试验,发生严重霜冻的清晨是气温最低的时间,而此时的小麦穗温比气温低 2.0°C 左右,比地面最低低 1.0°C 左右。太阳出来以前,用人为的方法使麦田植株来回摆动,上下左右热量得到交换,破坏了处于穗部的最低温度层。经观察,赶霜比不赶霜的穗温平均升高 0.7°C ,增温效果接近熏烟造雾。

4. 洪涝:楚雄州虽然地处滇中干旱区,但夏、秋洪涝灾害仍然突出。1966年全州平均降雨1098.1毫米,最多的武定达1522.6毫米。1968、1990年全州平均雨量也在1000毫米以上。另外1961、1974、1986、1991等年洪涝灾害也较突出。如1986年7月楚雄市降雨413.4毫米,8~9月合计雨量404.7毫米,多次发生洪水威胁,9月10日市区一片汪洋,连州气象台也被洪水淹。短时的暴雨和长时间的连绵雨是引起洪涝的主要原因,楚雄州由于地形复杂,产生单点性大暴雨的机会较多。在全州各县(市)中,月最多雨量493.9毫米,旬最多雨量329.3毫米,日最大雨量123.9毫米,都是出现在武定。1小时最大雨量75.1毫米,出现在南华。10分钟最大雨量25.7毫米,出现在永仁。在全州范围内,大姚、永仁、武定、禄丰、南华是容易发生洪涝的地区。9~10月虽然已近雨季的尾声,秋季洪涝出现的机率虽低,但对国民经济的影响大于夏季洪涝。因此,楚雄州防御洪涝灾害特别是秋季洪涝的工作不能放松。

三、农业气候的形成原因

(一)太阳辐射

太阳辐射是形成楚雄州农业气候的主要因素。在相同的地理环境下,地面得到的太阳辐射量由南到北随纬度的增加而减少。楚雄州地处北纬 $24^{\circ}13'$ ~ $26^{\circ}32'$ 的低纬地带,获得的太阳辐射量多,如果不是受海拔较高的影响,整个州都会像元谋一样炎热。由于纬度低,太阳辐射投射角随季节变化较小,春、夏、秋、冬四季获得的太阳辐射量相差不大。因此,楚雄、双柏、牟定、南华、姚安、大姚、武定、禄丰等中海拔丘陵、低山、盆地地区冬无严寒,夏无酷暑,四季如春,温度日较差大,年较差小。全国大多数地区,一年中太阳辐射量的最大值出现在7月,也是全年的最热月。而楚雄州和云南省的大部分地区一样,太阳辐射量的最大值出现在雨季开始前的3~5月,年最高气温也随之出现在5月至6月中旬。这段时间即为全年中最宝贵的“强光高温时段”。在水丰、土肥的配合下,是大春作物速生、优质、高产最理想的条件,被称为“丰盛的气候肥力”。水稻、烤烟适时早栽好,就是争取充分利用“强光高温时段”,水稻多穗壮秧之所以能获得高产,就是使其对高温反应最敏感的分蘖期处在“强光高温时段”。

楚雄州大多数地区虽然四季如春,但由于太阳直射到地球上的位置随季节不同,四季获得的太阳辐射量及所反应的温度也有一定的变化。夏季太阳直射北回归线,地处北回归线稍偏北的楚雄州得到的太阳辐射量相对较多,温度也就相对偏高。如夏至节气全州平均气温 22.0°C ,为全年中温度最高的一个节气;冬季太阳直射南回归线,地处北半球的楚雄州,得到的太阳辐射量相对较少,温度也相对偏低。如冬

至节气全州平均气温 8.6°C ，为全年温度最低的一个节气。春秋两季太阳直射赤道，楚雄州得到的太阳辐射量适中，温度不高不低。春分、秋分节气全州平均气温分别为 16.4°C 和 18.1°C ，为全年中比较适中的温度。

(二) 大气环流

楚雄州属高原季风气候区，冬、夏半年各自盛行的气流和天气系统不同，从而形成了冬半年和夏半年不同的气候特征。

1. 冬半年(11~4月)影响楚雄州的主要气流和天气系统

(1) 西风干暖气流：西风干暖气流是冬半年控制楚雄州上空的主要气流。这支气流来自西方，经伊朗、巴基斯坦和印度北部沙漠、大陆绕西藏高原南侧而来。气流性质干暖，因而形成楚雄州冬半年晴天多、日照多、降雨少、风大、气温相对偏高、昼夜温差大等冬、春季的气候特征。这也是形成楚雄州干季的主要天气系统。

(2) 北方南下的冷空气：西伯利亚南下的冷空气，经内蒙古、甘肃、陕西等地，进入四川及我省东北部以后，当势力较强时，就会由东北或偏北路径经曲靖、东川、昆明及四川省的凉山州，影响楚雄州的东北部。冷空气既是形成冬春降雨的动力条件，又是造成冬春阴冷天气、严重霜冻和 3~4 月“倒春寒”的主要天气系统。

(3) 南支槽：西风带气流由于受青藏高原的地形作用，分成南北两支。当南支气流产生较大波动时，就会形成曲率较大的低气压槽，称为南支槽。南支槽从孟加拉湾洋面带来少量的水汽，经地形抬升或与南下的冷空气相汇，便产生冬春的少量降水。楚雄州冬春降雨量的多少，主要决定于南支槽影响的次数和从孟加拉湾洋面带来水汽的多少。

2. 夏半年(5~10月)影响楚雄州的主要气流和天气系统

(1) 西南或东南暖湿气流：来自孟加拉湾和北部湾热带洋面的西南或东南暖湿气流，是夏半年控制楚雄州上空的主要气流。这两支气流由于来自热带洋面，温度高，水汽足，因而形成了楚雄州夏秋季云量多、日照少、降雨日数多、雨量集中、温度相对偏低的雨季气候特征。这两支气流经地形抬升，特别是在楚雄州境内与地面冷空气及高空冷平流相汇，便产生中、大雨甚至暴雨天气。5 月至 6 月中旬是西南或东南暖湿气流与西风干暖气流交替的时期，也是干季转入雨季的过渡时段。西南季风暴发北进早，孟加拉湾低气压活跃，楚雄州雨季开始期就早；反之雨季开始期迟，初夏干旱严重。

(2) 冷峰、冷平流、切变线：地面冷空气配合高空冷平流和切变线是楚雄州夏半年产生大雨、暴雨的主要天气系统。这些系统在楚雄州上空与西南或东南暖湿气流相汇，便产生中、大雨甚至暴雨的天气。8、9 月间强冷空气进入楚雄州中、高海拔地区，如停留时间较长，便会出现连绵阴雨和“八月低温”。冷空气入境后夜间天气突然转晴，由于冷空气的堆积和辐射冷却的作用，使气温降至 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 以下，最低穗温降至 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 以下，便会出现致使水稻大片不低头，烟叶内部组织受害的秋季杀伤型低温。连绵阴雨、“八月低温”和秋季杀伤型低温的出现都是造成水稻减产、烤烟低质、低效益的主要气象灾害。

(3) 西南低涡和辐合区：8 月底至 10 月间昆明、楚雄、大理等地，若受西南低涡或处于青藏高原与太平洋副热带高压之间的辐合区控

制,就会产生强度大、持续时间长的连续降雨天气。这种天气除对水库蓄水、改善小春墒情有利外,它是产生秋季洪涝灾害的主要天气系统,而且对水稻、包谷的成熟收割、烤烟的成熟烘烤都有不利影响。

(4) 热带大陆高压:初夏雨季开始前或雨季开始后,常有太平洋副热带高压与东移的青藏高压合并。楚雄州处在高压西部,吹偏东风。此热带大陆高压的存在,阻碍了西南或东南暖湿气流及北方冷空气等有利于降雨的天气系统进入楚雄州,形成雨季开始前或雨季开始后较长时间的少雨高温天气,随之带来的初夏严重干旱,影响包谷出苗、水稻保苗和烤烟的移栽、成活。初夏干旱特别严重的年份,稻田于水开裂,烤烟移栽节气推迟或烟苗被晒死,造成产量、质量下降。1967、1977、1986、1993 等年的严重初夏干旱,就是受热带大陆高压的影响。

(三) 地理环境

地理环境(包括地理位置、地形、地势、坡向、植被等)的不同,直接影响地面对太阳辐射能量的吸收和热量、水分的平衡,以及大气环流的流向,天气系统的强弱。在同一纬度、同一天气系统下,因地理环境不同,出现的天气也不同。正如农谚所说:“一山分四季”、“十里不同天”。楚雄州南面和西南面有哀牢山的阻挡,处在西南暖湿气流的背风坡和东南暖湿气流的衰减段;东北面有乌蒙山,西北面有白草岭的屏障,北部有金沙江河谷和元谋热坝的隔离,致使势力较弱的冷空气不易入侵。因此楚雄州较全省其他地(州、市)干旱少雨,雨季开始期偏迟。在境内也由于地理环境的不同,出现了“永仁太阳、元谋热,禄丰多雾、大姚风,姚安南华多霜冻”等许多特殊的局地气候。永仁由于多台地,早晚日照受山峦遮挡影响较小,虽雨日、雨量比元谋多,但日照时数居全省之冠。元谋地处金沙江河谷,地势低凹,四周群山环抱,盆地强烈的辐射增温和焚风效应,热量不易与四周的自然大气交换,温度比周围县(市)及同海拔河谷偏高,是全省有名的热坝,被誉为“天然温室”。大姚、姚安、南华、牟定属于盆地,地形闭塞,冷空气只有进口,没有出路,冬春霜冻和夏秋“八月低温”比周围同海拔地区严重。武定和禄丰的罗茨坝,地处彝州的东北部,是冷空气影响楚雄州的门户,故平均气温比中部的楚雄、牟定、西北部的大姚、姚安等同海拔地区偏低,雨量偏多。在州内北部、中部、南部由于地理、生态环境不同,温度随海拔上升而降低的递减率各不相同。在同一低海拔地区,南部的温度低于北部;如海拔 1200 米处,3~9 月积温南部 4637.0℃,中部和东部 4783.0℃,北部 4984.5℃。在同一高海拔地区南部高于北部,如海拔 2600 米处,8 月平均气温南部为 14.9℃,中部和东部为 14.6℃,北部 14.1℃。

不同的地理环境,不同的海拔,形成了不同的温度层,适宜种植不同的水稻品种。如海拔 1300 米以下适宜种植双季稻,海拔 1300~1500 米为籼稻适宜种植区,海拔 1500~1700 米是籼粳交错区,海拔 1700~1900 米是粳稻适宜种植区,海拔 1900~2100 米是粳稻次适宜种植区,海拔 2100 米以上只能种植丽江黑谷、高原冷水谷等耐寒品种。

四、水稻生产的气象条件

水稻是楚雄州的主要粮食作物,栽种面积占全州农作物总面积的 30%左右,产量占全年粮食总产量的一半以上。建国以来,随着农田水利建设不断加强,栽培科学技术不断提高,水稻生产发展很快,特别是产量有了很大的提高。1952~1961 年全州平均栽种水稻 1131.1 万