

人工增雪对冬麦冻害的影响

高子毅

贾昭茂

(新疆人工影响天气办公室, 乌鲁木齐 830002) (新疆生产建设兵团, 奎屯 833200)

提 要

自 1978 年以来, 在新疆北部沿天山一带对冬季层状云飞机播撒碘化银、干冰等冷云催化剂进行人工增雪作业。对 18 个非播云年和 17 个播云年的冬麦冻害做了对比, 在播云期内冬小麦年平均冻害面积减少 80% 以上。对 3 个主要因素(麦种改良、冬季气温升高和人工增雪)进行了分析, 结果表明, 人工播云是一个主要的因素。

关键词: 人工增雪 冬小麦 冻害

引 言

冬小麦是新疆的主要粮食作物, 播种面积 67—80 万 ha。主要由于冬季地面积雪薄而造成冻害的影响, 冬小麦在越冬期间常有死亡。一般年份, 死亡面积占播种面积的 6%—8%; 重灾年份达 20% 以上。人工增雪前的 1962—1976 年的 15 个冬季中, 新疆北部发生过 5 次严重冻害。其中, 1975 年冬麦冻害面积高达 14.6 万 ha, 仅种子就损失约 3000 万 kg。

为保护冬小麦安全越冬, 从 1978 年开始, 每年不间断地在冬季的 11 月份至翌年 1 月份对层状云进行人工增雪。作业区选择在新疆北部西起博乐、东至木垒的沿天山一带(见附图)。

1978—1994 年期间, 除个别年份在作业区的个别地方使用过地面高炮发射碘化银炮弹或气球携带碘化银烟剂的作业方法外, 就整个作业区而言, 一直使用飞机作为催化作业工具。1985 年以前, 曾用干冰、介乙醛、碘化银水溶胶作为催化剂; 1985 年之后则一直使用从美国引进的 E-16 型机载碘化银发生器。该发生器采用碘化银-丙醛溶液燃烧播撒, 碘化银播撒率为 $2.57\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$; 在 -10°C 温度下, 碘化银成核率近于 10^{15} 个/

g^{-1} 。由于人工增雪是生产业务性的, 因此凡是有利于降雪的天气条件都进行作业; 作业的具体时段和地域则在航空管制允许的条件下, 根据天气预报和雷达探测实况确定。1978—1994 年 17 年中, 共在作业区进行 300 多架次飞行, 除少部分是单纯的科研探测飞行外, 绝大多数都是作业与研究相结合、以增雪作业为主的飞行。其中, 在乌鲁木齐以西地区(划分为 1 区)的作业次数远多于以东地区(划分为 2 区)。由于以乌鲁木齐为中心划分的两个作业区均自西向东沿天山排列, 而冬季高空盛行西风气流, 因此飞机在以西地区的播撒作业, 将可以影响到以东地区。综上所述, 基于人工增雪作业的连续性、催化剂播撒的可靠性和有效性以及两个作业区的关联性, 因而可以认为, 人工增雪是影响冬麦冻害的主要相关因素。



附图 冬季飞机人工增雪雨区域图

本文选取位于乌鲁木齐以西人工增雪作业中心地带的兵团农七师(设在奎屯市),对其人工增雪前18年(1960—1977年)同人工增雪后17年(1978—1994年)的冬麦冻害进行对比,发现人工增雪后冬麦冻害面积较人工增雪前年平均减少80%以上,且17年中未出现过一次严重冻害。对可能影响冬麦冻害的三个主要因素(麦种改良、冬季气温升高和人工增雪)进行了综合分析。结果表明,人工增雪是减轻冬麦冻害的一个主要因素。

1 冬麦冻害面积减少的统计分析

对农七师人工增雪前后逐年的冬麦播种面积、冻死面积以及冻死面积占播种面积的百分比率进行统计分析后得出:人工增雪前18年累计冬麦冻害面积5.39万ha,年平均0.3万ha,占播种面积的22.2%;人工增雪后17年累计冬麦冻害面积0.65万ha,年平均0.038万ha,占播种面积的2.5%。人工增雪后同之前相比,冬麦冻害比率减少88.7%。

用秩和检验法对冬麦冻害面积减少的显著性进行检验。由于历年冬麦播种面积有所增减为此检验中没有直接使用冬麦冻害面积,而采用冻害面积占播种面积的百分比率作为统计参量。将人工增雪前后按冻害比率从小到大排列出秩次。人工增雪后的样本容量 $n_1=17$,之前为 $n_2=18$ 。可计算出增雪后的秩次和 $T=189$ 。按统计学原理,当 $n_1, n_2 > 10$ 时,秩和 T 近似于正态分布 $N\left(\frac{n_1(n_1+n_2+1)}{2}, \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2+1)}{12}}\right)$,此时可用正态分布检验。作:

$$u = \frac{T - \frac{n_1(n_1+n_2+1)}{2}}{\sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2+1)}{12}}}$$

代入 $T=189, n_1=17, n_2=18$,得: $u=-3.861$

查单侧 t 分布表,当自由度 $\nu=n_1+n_2-2=33$ 时, $u_{0.0005}=3.618$,其信度 $\alpha=0.0005$ 。

由此可知, $u=-3.861 < -u_{0.0005}=-3.618$ 。即人工增雪后冬麦冻害面积显著减少,其显著性水平 $\alpha=0.0005$ 。

2 冬季气温变化的统计分析

在做气温变化分析时,使用了农七师范围内的奎屯气象站和车排子气象站的资料。由附图可见,前者位于乌鲁木齐—伊宁公路(312国道)线上,属冬麦中等冻害区;后者紧靠准噶尔盆地,属冬麦严重冻害区。

表1、表2分别给出奎屯和车排子人工增雪前后气温变化的统计检验结果。结果表明,在奎屯,人工增雪后同之前相比,冬季12月和1月的气温升高是显著的。其中,月平均气温12月份升高 2.1°C ,1月份升高 2.0°C 。但是在冬麦严重冻害区的车排子,除1月份的平均气温在人工增雪后显著升高外(增值 1.3°C),其它两个月的气温变化(升高或降低)都不显著。

3 冬季积雪变化的统计分析

表3、表4分别给出了人工增雪前后奎屯和车排子积雪深度变化的检验结果。从表3可见,人工增雪后奎屯在冬麦越冬关键时期的12月份,积雪深度的增加是显著的;月平均及最大、最小积雪深度均增加 2.2cm 。由表4可见,在车排子,虽然12月份的月平均积雪深度在人工增雪前后无变化,但最大、最小积雪深度都显著增加,增值分别达到 2.7cm 和 1.7cm 。

有关冬麦冻害的研究结果表明^[1],稳定积雪日期的早晚和雪层厚薄,与冬麦冻害程度关系密切。冬季12月份如能形成 5cm 以上的稳定积雪,即使在极端最低气温达到

1) 吴锦文. 关于新疆冬小麦冻害问题、新疆冬小麦越冬保苗问题研究报告选编(内部编印),1982:12—22.

-24℃—-30℃的条件下,冬麦也可安全越冬。为此,我们统计分析了我屯和车排子人工增雪前后,5cm 积雪形成初日的变化。结果得到,人工增雪后,奎屯的 5cm 稳定积雪的平

均初日从 12 月 27 日提前到 12 月 18 日,提早了 9 天;车排子则从 12 月 8 日提前到 12 月 3 日,提早了 5 天。

表1 奎屯人工增雪前后气温变化

项目	月份	历史期 均值 μ_0	检验期 均值 \bar{X}	$X-\mu_0$	检验期 标准差 S	$t = \frac{X-\mu_0}{S} \sqrt{n}$	检验结果	信度 α
月平均 气温	11	-2.3	-1.5	0.8	2.79	1.182	不显著	
	12	-12.4	-10.3	2.1	4.28	2.023	显著	0.025
	1	-16.5	-14.5	2.0	1.96	4.082	显著	0.0005
月平均 最低气温	11	-5.9	-4.1	1.8	4.14	1.793	显著	0.05
	12	-16.3	-13.1	3.2	4.69	2.813	显著	0.005
	1	-21.6	-18.8	2.8	2.19	5.114	显著	0.0005
月极端 最低气温	11	-14.3	-14.3	0.0			无变化	
	12	-26.5	-21.9	4.6	5.12	3.704	显著	0.001
	1	-28.5	-26.3	2.2	2.88	3.056	显著	0.0005

注:单边 t 检验,取显著性水平 $\alpha=0.05$

表2 车排子人工增雪前后气温/℃变化

项目	月份	历史期 均值 μ_0	检验期 均值 \bar{X}	$X-\mu_0$	检验期 标准差 S	$t = \frac{X-\mu_0}{S} \sqrt{n}$	检验结果	信度 α
月平均 气温	11	-2.8	-3.1	-0.3	3.27	-0.378	不显著	
	12	-13.3	-11.9	1.4	4.47	1.291	不显著	
	1	-18.2	-16.9	1.3	2.53	2.055	显著	0.025
月平均 最低气温	11	-6.6	-6.5	0.1	2.65	0.155	不显著	
	12	-17.0	-15.6	1.4	5.29	1.091	不显著	
	1	-22.0	-21.0	1.0	2.73	1.465	不显著	
月极端 最低气温	11	-15.6	-16.0	-0.4	7.10	-0.232	不显著	
	12	-27.7	-25.2	2.5	6.19	1.665	不显著	
	1	-30.2	-30.0	0.2	3.39	0.236	不显著	

注:单边 t 检验,取显著性水平 $\alpha=0.05$

表3 奎屯人工增雪前后积雪深度/cm

项目	月份	历史期 均值 μ_0	检验期 均值 \bar{X}	$X-\mu_0$	检验期 标准差 S	$t = \frac{X-\mu_0}{S} \sqrt{n}$	检验结果	信度 α
月平均 积雪深度	11	0.8	0.4	-0.4	1.06	-1.400	不显著	
	12	4.8	7.0	2.2	4.11	2.207	显著	0.025
	1	11.2	11.4	0.2	4.11	0.195	不显著	
月最大 积雪深度	11	3.9	4.1	0.2	6.18	0.133	不显著	
	12	8.4	10.6	2.2	4.91	1.847	显著	0.05
	1	13.6	15.4	1.8	5.77	1.248	不显著	
月最小 积雪深度	11	1.5	0.3	-1.2	0.99	-5.039	显著	0.0005
	12	1.8	4.0	2.2	3.46	2.622	显著	0.001
	1	8.3	7.6	-0.7	3.16	-0.886	不显著	

注:单边 t 检验,取显著性水平 $\alpha=0.05$

表4 车排子人工增雪前后积雪深度/cm

项目	月份	历史期 均 值 μ_0	检验期 均 值 X	$X-\mu_0$	检验期 标准差 S	$t = \frac{X-\mu_0}{S} \sqrt{n}$	检验结果	信度 α
月平均	11	1.2	1.3	0.1	1.68	0.245	不显著	
积雪深度	12	5.2	5.2	0.0	0.0		无变化	
	1	10.4	12.2	1.8	1.208		不显著	
月最大	11	2.1	4.3	2.2	5.03	1.803	显著	0.05
积雪深度	12	8.8	11.5	2.7	6.73	1.654	显著	0.05
	1	14.6	17.1	2.5	7.96	1.256	不显著	
月最小	11	0.8	0.9	0.1	1.41	0.292	不显著	
积雪深度	12	1.6	3.3	1.7	3.82	1.835	显著	0.05
	1	6.6	9.4	2.8	6.90	1.623	不显著	

注:单边 t 检验,取显著性水平 $\alpha=0.05$

4 冬麦品种变化的分析

冬小麦品种按抗寒性可分为强、中、弱三类。农七师人工增雪前后使用的主要冬麦品种,都属于抗寒性强的品种,都能承受-17℃的低温。因此,冬麦品种的变化,对人工增雪后冻害面积的大幅度减少,没有明显的影响。

5 小 结

通过以上分析,可得出以下初步结论。

5.1 在进行人工增雪的17年中,冬麦冻害面积较人工增雪前18年减少88.7%,其统计显著性水平 $\alpha=0.0005$ 。

5.2 人工增雪后,在冬麦的中度冻害区冬季气温较人工增雪前显著升高,12月份和1月份平均气温升高值分别为2.1℃和2.0℃。但在冬麦的严重冻害区,除1月份的平均气温显著升高外(增值1.3℃),11月、12月的气

温变化均不显著。

5.3 人工增雪后,在冬麦越冬关键时期的12月份,积雪深度显著增加,其中奎屯站的月平均积雪深度增加2.2cm。同时形成5cm稳定积雪的初日提前5—9天。

5.4 冬小麦品种的变化对人工增雪后冬麦冻害面积的减少没有明显影响。

5.5 在影响冬麦冻害面积大幅度减少的因素中,人工增雪比冬季气温升高有更大的作用。人工增雪效应主要表现在冬麦越冬关键时期12月份的积雪深度显著增加,同时5cm稳定积雪的初日明显提前。

致谢 奎屯农科所及奎屯、车排子气象站提供资料,谨致谢意。

参考文献

- 1 郑大玮等. 冬小麦冻害及其防御. 北京:气象出版社, 1985:58—60.

The Statistical Analysis of Artificial Snow Augmentation Effect on Freeze Injury of the Winter Wheat

Gao Ziyi

(Xinjiang Weather Modification Office, 830002)

Jia Zhaomao

(Xinjiang Production and Construction Corps, 833200)

Abstract

Since 1978, artificial snow augmentation by aircraft silver iodide seeding to the winter stratiform clouds have been conducted continuously along Tianshan mountains in northern Xinjiang. The freeze injury comparison of the winter wheat was made between the 18 unseeded years and the 17 seeded years. The average annual freeze injury area has been decreased over 80% during seeded period. Three main factors which include wheat seeds improvement and wintertide temperature increase as well as artificial snow augmentation have been analysed. The obtained results suggest that cloud seeding is a primary factor.

Key Word: snow augmentation winter wheat freeze injury