

## 北京地区冰雹发生的时空分布特征

叶彩华<sup>1</sup> 姜会飞<sup>2</sup> 李楠<sup>2</sup> 翟志宏<sup>2</sup> 丁谊<sup>2</sup> 郭文利<sup>1</sup>

(1. 北京市气象局 气候中心, 北京 100089; 2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100094)

**摘要** 利用北京地区 1978—2006 年冰雹发生数据资料, 统计分析了在全球气候变化背景和人工消雹降雨影响天气的共同作用下, 北京地区冰雹发生的时空分布特征。结果表明: 北京地区冰雹具有明显的年、季、月和日变化特征; 从多年平均情况看, 冰雹发生频率和雹日都是山区多于城区, 山区又以西北部最多、东部和西部次之、南部最少的空间特征。最后根据北京地区冰雹分布特征和冰雹对小麦、玉米和果树等主要农作物生产的主要影响提出了应对冰雹的防灾减灾对策。

**关键词** 北京地区; 冰雹灾害; 时空分布; 移动路径; 减灾对策

中图分类号 S 427

文章编号 1007-4333(2007)05-0034-07

文献标识码 A

### Temporal and spatial characteristics of hail distribution in Beijing area

Ye Caihua<sup>1</sup>, Jiang Huifei<sup>2</sup>, Li Nan<sup>2</sup>, Zhai Zhihong<sup>2</sup>, Ding Yi<sup>2</sup>, Guo Wenli<sup>1</sup>

(1. Beijing Climate Centre, Beijing 100089, China;

2. College of Resources and Environmental, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract** Hail is a major natural calamity that is harmful to crops and often causes heavy losses in agricultural production. In this article, countermeasures are proposed to reduce the damage. Based on data from 20 meteorological stations in Beijing between 1978 and 2006, statistical analyses on spatial-temporal characteristics of hail distribution were made. The results showed marked temporal and spatial characteristics of hail in Beijing. The yearly, seasonal and daily variations were evident. Spatially, the high-frequency hail disaster occurred mainly in mountainous areas rather than urban areas. In Beijing, the northeastern part is much more likely to have hail storms than the southern area. Possible countermeasures are proposed based on hail distribution and specific influence on crops.

**Key words** Beijing area; hail disaster; temporal and spatial distribution; moving route; countermeasure

冰雹是北京地区重要自然灾害, 每年因降雹造成的直接经济损失达 4~5 亿元人民币<sup>[1]</sup>。一场急剧而强烈的降雹过程, 能对农业、工业、交通、通信及城市建筑等造成严重危害和损失<sup>[2-8]</sup>。分析北京地区冰雹发生的时空分布特点, 合理调整区域作物种植结构, 是减少冰雹灾害对农业造成损失的重要课题, 也是生产实践中有效防灾减灾的基础和依据。

早在 20 世纪 70 年代就有了对北京冰雹发生规律的研究, 并提出了在冰雹主要源地进行封山育林、

保持水土, 从根本上改变山区气候环境以及农业上适当安排, 以规避灾害减轻灾害损失的防灾思路, 也取得了较好的成效<sup>[9]</sup>。20 世纪 80 年代以来, 在全球气候变化的背景下, 北京气候也发生了明显变化, 特别是气象科技的发展和人工消雹降雨作业的开展, 冰雹在自然气候变化背景和人工影响天气的共同作用下发生, 有了新的特点。因此, 分析北京冰雹的时空分布特征, 可以为调整区域农作物品种结构和开展防雹减灾工作提供参考。

收稿日期: 2007-01-25

基金项目: 国家科技部农业科技成果转化资金项目(2004740070594)

作者简介: 叶彩华, 高级工程师, 主要从事农业气象研究, E-mail: ych681012@163.com

## 1 数据来源

本研究采用北京地区顺义、海淀、延庆等 20 个地面气象观测站的台站基础信息、建站时间和冰雹观测记录的开始时间等数据资料。因建站时间和开始冰雹观测时间不同,北京市 20 个地面气象观测站冰雹观测记录最早的观象台从 1951 年起就有冰雹数据,最晚的石景山从 1978 年以后才有观测记录。分析北京地区冰雹发生随时间的变化。需要各站点的相对稳定性和台站数据的连续性及可比性,因此,引用各台站 1978—2006 年冰雹观测的逐日数据。

年(月)累计冰雹日的计算方法:某年(月)某日,

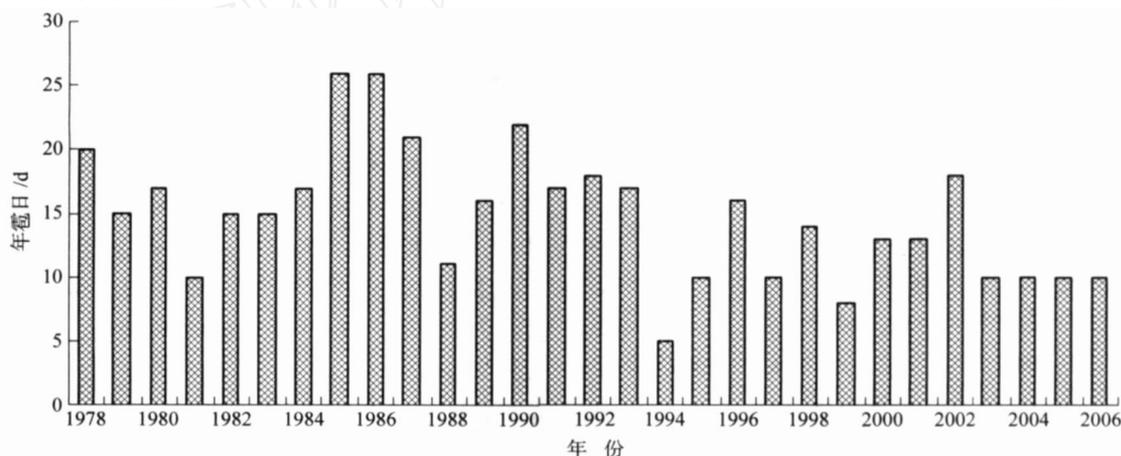


图1 1978—2006年北京地区年发生冰雹天数

Fig. 1 Yearly hail storm days in Beijing from 1978 to 2006

雹日最高为 47 d(1971 年),最少 4 d(1958 年)。虽然在 1978 年后观测台站数量较多,但观测到的冰雹发生日却明显减少,年均雹日和最大年雹日相差 5.5 和 21 d,分别降低了 30% 和 40%。这是因为 20 世纪 80 年代以来,北京人工影响天气办公室先后在怀柔、密云、延庆、平谷、海淀等区(县)开展了高炮防雹作业,冰雹发生日的减少与人工防雹作业有关。通过对 1991—2000 年北京地区延庆、海淀、平谷的高炮防雹效果分析可知,人工消雹降雨作业平均减少受雹灾面积 68%<sup>[10]</sup>,消雹的效果是明显的。

## 2.2 月季变化

从北京地区 20 个地面气象站的冰雹数据可知,除 2 月份外,北京市各月都曾有冰雹记录,但主要集中在 6—8 月。

分别统计各站历年冰雹发生的日数,以站日数(d)表示<sup>[3]</sup>,各站数据累加得总站日数。从北京 20 个气象台站多年情况来看,冰雹发生的总站日数为

只要 20 个台站中至少有 1 个台站发生冰雹就记北京市该年(月)有 1 个冰雹日,年(月)累计冰雹日即为全市该年(月)发生冰雹的天数。

## 2 冰雹的时间分布

### 2.1 年际变化

从 1978—2006 年冰雹发生情况看,北京年平均雹日为 14.8 d,年雹日最多 26 d(1985 和 1986 年),最少为 5 d(1994 年)。年雹日年际差异显著,年平均雹日最多的是 20 世纪 80 年代,而 20 世纪 90 年代和 21 世纪初有下降趋势(图 1)。

统计 1951—2006 年多年平均年雹日为 20.3 d,

1 202,其中 2 月份为 0,1 月份和 12 月份各发生 1,11 月份 2,10 月份和 4 月份分别为 25 和 46,6 个月共发生的站日数为 80,仅占 6.7%。冰雹累计发生时间 93.3% 发生在 5—9 月,且以 6 月份最为频繁,占总站日数的 32.3%(图 2)。

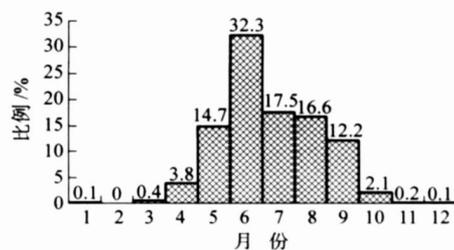


图2 北京地区各月(1978—2006年年平均)冰雹发生站日数占全年比例

Fig. 2 Monthly average hail station days in Beijing of 1978—2006

北京地区冰雹发生具有明显的季节差异。从 20 个台站统计历年冰雹发生的站日数来看,其中春

季(3—5月)共228 d,占总站日次数的18.97%;夏季(6—8月)为798 d,为总站日次数的66.38%;秋季(9—11月)为174,占总站日次数的14.48%;冬季(上年12—次年2月)仅发生2个站日,不到总站日次数的0.2%(图3)。冰雹发生的时间差异与温度变化密切相关,夏季温度较高,有利于冰雹云的能量积累,易于冰雹产生。

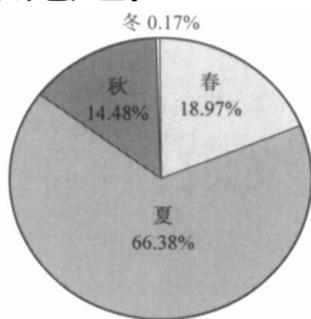


图3 北京地区冰雹发生频次的季节分布

Fig. 3 Seasonal hail frequency in Beijing

### 2.3 日变化

冰雹的发生具有明显的日变化。据统计资料,冰雹发生在白天的占84.3%,晚上15.7%。一天之内又以午后到傍晚发生最多,为70%,其次是傍晚

到午夜占19%。

## 3 冰雹的空间分布

### 3.1 年发生冰雹的频率

从整个北京地区来看,虽然每年都有冰雹发生。但相对20个台站来说,每年都发生冰雹的台站1个也没有。年冰雹发生频率在90%以上的1个台站(佛爷顶),占有台站的5%,其冰雹发生频率为93.1%;频率在80%~90%之间的有5个台站,占25%;大多数台站冰雹发生频率在50%~70%之间,冰雹发生频率最低的是丰台(50.0%)。虽然各台站冰雹发生频率小于100%,但除丰台站外,各台站冰雹发生的气候概率都大于50%。统计表明,北京各台站冰雹发生的可能性是较大的,全市20个台站冰雹发生的平均气候概率为69.2%;冰雹发生气候概率的台站差异也是明显的,变幅高达43.1%。

北京地区冰雹发生的空间差异不仅存在于年发生频率中,而且月际间差异明显。发生冰雹主要月份为5—9月,全市4—9月份对应的平均频率分别为5.1%、17.3%、34.2%、20.1%、21.0%和14.9%。其中,6月份发生频率最高,其次为8和7月(表1)。

表1 北京地区各台站主要月份冰雹发生的平均频率(1978—2006年)

Table 1 Monthly average frequency of hail storms in Beijing from 1978 to 2006

站名	年平均	4月	5月	6月	7月	8月	9月
延庆	79.2	6.3	29.2	39.6	31.3	31.3	10.4
佛爷顶	93.1	6.9	34.5	58.6	55.2	55.2	41.4
怀柔	66.7	2.1	22.9	33.3	22.9	14.6	16.7
汤河口	81.8	0.0	24.2	30.3	30.3	30.3	33.3
密云	82.0	4.0	28.0	48.0	14.0	22.0	16.0
上甸子	83.7	8.2	20.4	44.9	20.4	28.6	20.4
昌平	67.3	1.9	5.8	28.8	17.3	15.4	11.5
顺义	58.3	2.1	10.4	20.8	10.4	14.6	10.4
平谷	85.4	10.4	22.9	43.8	25.0	18.8	14.6
门头沟	58.3	0.0	12.5	27.1	12.5	14.6	14.6
斋堂	81.8	3.0	21.2	51.5	33.3	33.3	18.2
房山	52.1	4.2	14.6	31.3	12.5	8.3	12.5
霞云岭	77.1	10.4	25.0	31.3	22.9	25.0	18.8
石景山	53.3	10.0	3.3	20.0	10.0	10.0	16.7
丰台	50.0	4.2	10.4	27.1	14.6	16.7	0.0
大兴	58.3	4.2	16.7	31.3	8.3	10.4	6.3
观象台	67.9	7.1	10.7	32.1	21.4	21.4	8.9
海淀	66.7	3.0	6.1	33.3	9.1	24.2	12.1
朝阳	57.7	1.9	13.5	28.8	15.4	11.5	7.7
通州	63.5	11.5	13.5	23.1	15.4	13.5	7.7
全市平均	69.2	5.1	17.3	34.2	20.1	21.0	14.9

运用 Arc GIS9.0 绘制不同时段北京地区冰雹发生频率的空间分布图(图 4)。从图 4 可以看出,全市绝大部分地区冰雹年发生频率在 70%以上,主要分布在北部、东部和西部地区,其中冰雹发生频率最高的是西北部地区,频率高达 90%以上;各月冰雹发生频率明显小于年发生频率;在相同时段,山区冰雹发生频率明显大于城区,山区又以西北部最多,东部和西北次之,南部最少。从表 2 可以看出,月际间的差异也明显,以冰雹发生频率最大的佛爷顶附近为例,6—8 月份都在 50%以上,而 5 月份在 40%

以下,9 月份在 50%以下。同时,全市 6 月份发生冰雹的站日(天数)明显大于其他月份。这说明,北京地区 6 月份不仅发生冰雹的频率最大,而且发生冰雹的天数较多。

北京地区冰雹时空分布以 6 月和西北部山区较多,这是因为 6 月为太阳辐射最强月,一般尚未进入雨季,地表热量分布差异最大,高空冷空气活动较频繁,容易产生强烈对流和冰雹云。西北部山区是北京市降水最少的地区,中部山区的面积较大,由于盆地与谷地的地表增温快,所以易产生强烈对流天气。

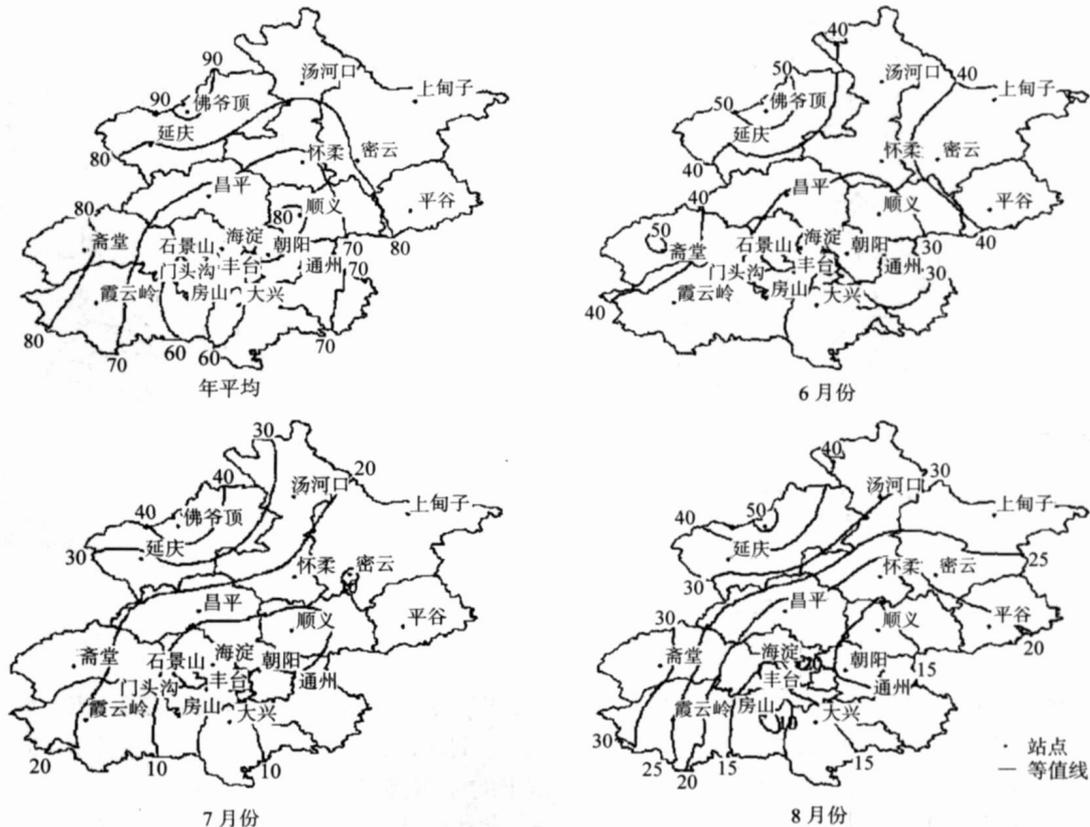


图 4 北京地区冰雹多年平均频率的时空分布

Fig. 4 Spatio-temporal distribution of hail average frequency in Beijing

### 3.2 冰雹天数

从历年冰雹观测数据来看,一年中发生冰雹天数最多的台站是佛爷顶和斋堂,都曾 有年雹日 8 d 的记录,佛爷顶分别发生在 1979 和 1990 年,而斋堂则发生在 1987 年。其次是上甸子,1976 年曾发生 7 d 冰雹。

北京地区冰雹发生山区多于平原,佛爷顶年平均雹日可达 4 d,斋堂 2 d 以上,延庆年平均雹日 2 d。佛爷顶不仅年平均雹日为各站之最,5—8 月各月发生天数也比其他台站多。

全市 20 个台站中,年雹日为 3、4、5、6、7 和 8 d 的台站分别占 40%、15%、15%、15%、5% 和 10%。多年年均雹日在 2 d 以上的有佛爷顶、斋堂和延庆 3 个台站,只占 15%;1 d 以上的有 11 个台站,冰雹天数从多至少依次为:佛爷顶、斋堂、延庆、上甸子、汤河口、密云、平谷、霞云岭、怀柔、观象台和海淀;1 d 以下的台站有 9 个,从少至多依次分别为:顺义、大兴、丰台、朝阳、石景山、通州、门头沟、昌平和房山。而雹年年均雹日都在 1.3 d 以上,其中 2 d 以上的台站占 40%。

运用 ArcGIS9.0 绘制不同时段北京地区多年平均霪日的空间分布图(图 5)。从图 5 可知,全市绝大部分地区平均霪日在 1.5 d 以上,主要分布在北部、东部和西部地区,其中霪日最多的是西北角地

区的佛爷顶附近,平均大于 2.8 d。虽然各月平均霪日明显小于年均霪日,但在相同时段,山区平均霪日明显多于城区;山区又以西北部最多,东部和西北次之,南部最少。

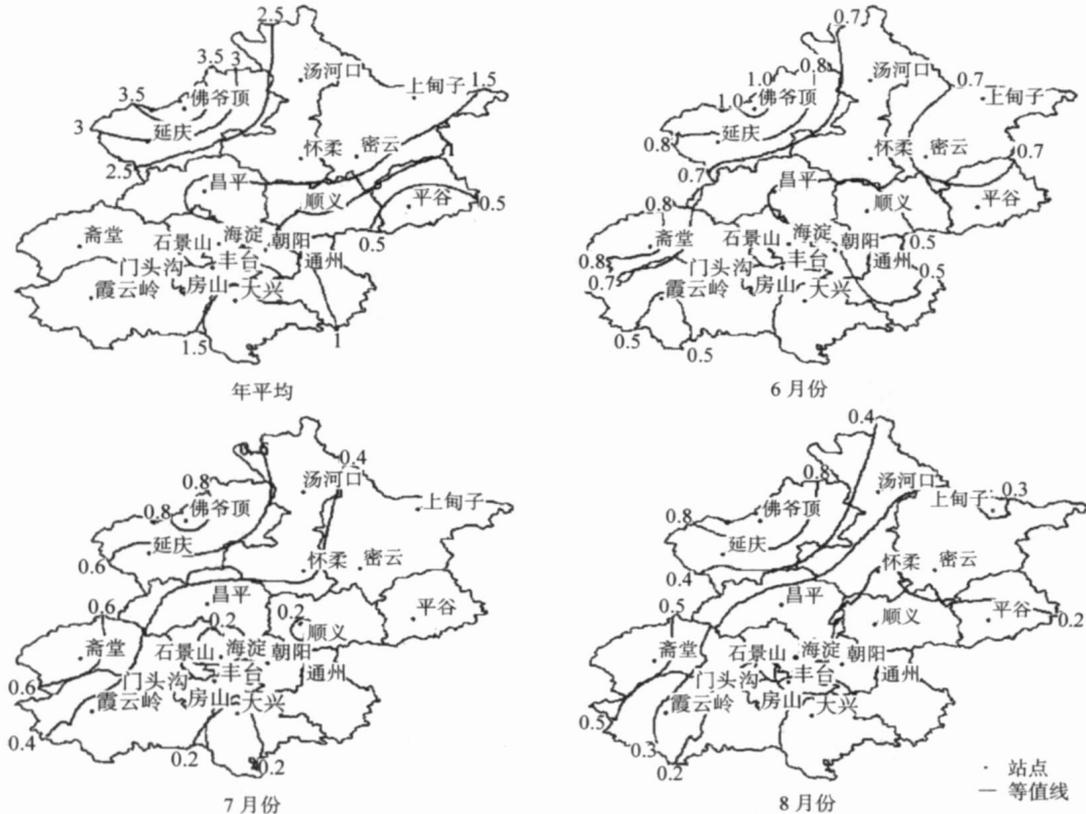


图 5 北京地区多年平均霪日的时空分布

Fig. 5 Spatio-temporal distribution of average hail days in Beijing

冰雹的分布与地形有密切关系,由于山区地形复杂,受热不均,易产生热力对流,在一定天气系统配合下,有利于冰雹的生成和发展,造成局部性的降雹,所以山区霪日多于平原<sup>[10]</sup>。

由于各台站并不是年年发生冰雹,因此各站雷年年平均霪日( $X$ )明显都要大于多年平均的年平均霪日( $Y$ ),且多年平均值大的台站,其霪年平均值也大,两者具有显著的正相关关系。相关方程如下

$$Y = 1.114 X - 0.751 \quad R^2 = 0.9723$$

### 3.3 源地与路径

冰雹源地都在山区,移动路径与地形关系密切<sup>[10]</sup>。北京地区三面环山且相对高差较大,局地因素叠加于中尺度天气影响系统上,使得北京地区冰雹云生成的宏观条件、生成源地及移动路径表现出明显的局地特征。北京地区降雹天气的主要影响系统有低槽冷锋、蒙古涡、西北气流和东北涡天气型。

其中,低槽冷锋带来降雹机会最多,东北涡最少<sup>[8]</sup>。

冰雹发生后常沿山前向东或东南移动,存在一定的冰雹路径,主要有 4 条:

- 1) 从怀柔北部卯镇山往南分为 3 支,影响延庆东部、怀柔中北部到密云库北一带;
  - 2) 从延庆海坨山向东南分支,东支经怀柔南部到平谷北部,西支经昌平中部到海淀;
  - 3) 从官厅水库沿永定河谷往东南,可影响到城区;
  - 4) 从百花山往东,影响房山和大兴。
- 但也有些年份冰雹路径异常。

## 4 冰雹对主要作物的影响及减灾对策

1) 小麦。冰雹常对所经过局部麦田造成毁灭性打击,轻者掉粒撕叶,重者折断打烂。苗期危害较轻,抽穗开花后受害最重。因此,在冰雹常发地区的

源头,当冰雹云迅猛发展之时进行人工消雹作业,有可能使该冰雹云不降雹而降雨。

发生冰雹灾害后要对灾情及时评估,根据受害程度决定采取立即改种晚春作物还是加强管理争取较好收成。一般在10~12 d后新蘖即可大量出土,15 d后迅速生长,30 d后大量抽穗,50 d即可成熟。及时中耕可提高地温。雹后尽快浇水追肥可促进恢复生长。雹击残株的绿色部分仍有光合功能,不要割割以免人为加重伤害。

2) 玉米。冰雹能砸毁撕裂玉米叶片,使光合作用减弱,严重时砸断茎秆。还引起地温下降造成生理障碍。雹灾轻则减产10%~20%,重则减产50%~80%,甚至绝收。不同生育期以大喇叭口期受灾减产最重,乳熟期减产很少,只要穗节未被砸断,就能恢复生长并吐穗。苗期遭受雹后,只要残留根茬,恢复能力都很强。

玉米雹灾后的补救措施:人工消雹虽效果较好,但成本很高,目前尚难广泛普及,在生产上要注意的是在雹灾后不要轻易毁种,应采取正确的补救措施。苗期顶部叶片受伤枯死粘连时,要割去叶尖,促进新叶伸出。雹后及时松土通气,破除板结。破碎叶片仍有光合能力,只要不枯死粘连就不要去掉。应及时追氮肥以促进残存叶片的光合作用和新叶的伸出。生育后期严重受害已不能成熟的,可作为青饲料玉米继续种植。毁灭性雹灾要根据秋霜前还剩多少积温,而决定补种何种作物。

3) 果树。冰雹对果树的危害,在营养生长期主要是摧残树叶,影响光合作用和养分积累;幼果期可留下伤痕影响外观和品质;成熟期可打落果实。木质化程度低和柔嫩的葡萄等浆果类尤其经不住雹打,除机械损伤外还可通过降低地温和生理障碍而产生间接危害。葡萄早期受雹如主梢击伤,预备芽尚能萌芽生长;晚期受害因新梢尚未充分成熟,伤口很难恢复,充分成熟的新梢和老蔓已较耐雹击。

果树集中产区应有计划地进行人工消雹作业。常发区一般不宜种植葡萄等不耐雹果树。采取相应的保护措施,例如河北省怀来等葡萄集中产区覆盖铁丝网,可阻挡大雹块,但成本较高。

补救措施:伤口应喷波尔多液等杀菌剂。雹灾后应施速效肥并浇水促进迅速恢复生长。葡萄受伤枝蔓不宜立即剪断,否则易刺激冬芽萌发。应在冬季修剪时剪去受伤部分,伤口喷药处理防病。

## 5 结 论

1) 北京地区冰雹具有明显的时空分布特征。

2) 从空间分布来看,在相同时段,山区冰雹发生频率和平均雹日明显大于城区;山区又以西北部最大,东部和西北次之,南部最少。

3) 从时间分布来看,北京地区冰雹具有明显的年、季、月和日变化特点:虽然呈现年际间上下波动的不稳定性,但20世纪80年代以来,总体呈现下降趋势;从季节来看,夏季冰雹发生占全年总站日次数的66.4%,春季19.0%,秋季14.5%,冬季0.2%;从月份来看,5—9月冰雹占全年总数的93.3%,其中6月份发生最频繁占32.3%;按昼夜分,白天冰雹占84.3%,晚上15.7%。

4) 北京地区生成源地及移动路径表现出明显的局地特征。冰雹发生后常沿山前向东或东南移动,冰雹主要有4条路径。

5) 根据冰雹发生的时空分布特征,合理安排农业生产,趋利避害,有效防灾和减灾。首先要根据冰雹发生的范围、强度、时间、危害对象和采取的防护措施,对雹灾可能造成的经济损失进行预评估,冰雹路径附近地区不宜种植蔬菜、鲜果等经济价值高和不耐雹击的作物,可种植牧草和林木等相对耐雹植物;在冰雹常发季节,密切注意天气预报,及时调查易受雹灾作物的脆弱性与易损性;冰雹到来前采取临时抢收或防护措施;冰雹过后根据作物受害情况决定采取改种、抢救或补救措施。

## 参 考 文 献

- [1] 秦长学,刘玉超.北京市高炮防雹效果和经济效益分析[J].中国减灾,2001,11(2):36-38
- [2] Freddy Vinet. Climatology of hail in France[J]. Atmospheric Research, 2001(56):309-323
- [3] 刘引鸽,慕建利,葛永刚.宝鸡渭北冰雹时空分布规律[J].陕西气象,2006(3):6-8
- [4] 纪晓玲,陈晓光,贾宏元,等.宁夏冰雹的分布特征[J].灾害学,2006,12(4):14-17
- [5] 王静爱,史培军,刘颖慧,等.中国1990—1996年冰雹灾害及其时空分析[J].自然灾害学报,1999,8(3):46-53
- [6] 张国庆,刘蓓.青海省冰雹灾害分布特征[J].气象科技,2006,34(5):558-562
- [7] 赵红岩,宁惠芳,徐金芳,等.西北地区冰雹时空分布特征[J].干旱气象,2005,23(4):37-40

- [8] 杨家康,杞明辉. 云南省冰雹的时空分布特征[J]. 气象科技, 2005, 23(1): 41-44
- [9] 中国自然资源丛书编撰委员会编著. 中国自然资源丛书[M]. (北京卷). 北京: 中国环境科学出版社, 1995
- [10] 赵淑艳,朱文志. 北京地区冰雹云生成的宏观条件分析[J]. 气象科技, 2004, 32(5): 348-351

## 科研简讯

### 国家自然科学基金重大项目“主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用的基础研究”通过验收

2007年9月11日由我校资源与环境学院张福锁教授参与主持的国家自然科学基金委重大项目“主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用的基础研究”通过国家自然科学基金委员会组织的专家组验收并被评定为特优。

国家自然科学基金委将“主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用的基础研究”列为“十五”重大项目,旨在针对农业生产中氮肥利用率低、损失率高、对环境压力大这一世界性问题,结合我国人多地少,粮食生产压力大的实际国情,研究解决一种氮素综合管理技术及其理论依据,既能获得尽可能高的产量,又能在最大限度上减轻对环境的压力。

该项目分南、北方两片,南方以太湖地区水稻-小麦轮作体系为主要研究对象,北方以华北地区小麦-玉米轮作体系为主要研究对象。项目共设立4个子课题:农田生态系统中土壤氮素循环、氮素的化学行为和生态、环境效应;农田生态系统中作物高效利用氮肥的根系生物学及生理机制;农田生态系统中作物高效吸收利用氮肥的遗传研究;农田生态系统中优化施氮和提高氮肥利用率的原理和方法。

项目定量评价了我国华北平原与太湖地区作物(小麦、玉米、水稻)-土壤系统化肥中氮的去向与施氮量的关系;揭示了施氮量增加,当季氮吸收率下降以及损失增加的规律;阐明了不同形态氮损失与栽培条件的关系。围绕“产量效应与环境效应相协调”的要求,提出了“区域宏观控制与田块微调相结合”的施氮量推荐原则,并对该原则进行了评价,确定了当前生产条件下的适宜施氮量;建立了以根层氮素调控为理论基础,以土壤硝态氮测试为主要手段的氮素实时监控技术以及相应的控制指标。运用模型计算与GIS系统整合的方法,建立了基于GIS和经验模型的县域氮素管理系统。同时,揭示了在主要作物高效吸收利用氮肥的生理及遗传机制。以籽粒产量为标准,筛选获得氮高效、氮低效水稻、玉米、小麦种质材料共13份,育成氮效率与产量都明显高于当地推广良种的小麦新品种1个,推广面积达100万 $\text{hm}^2$ (1500万亩)。

专家组认为,该项目的实施对学科的发展有重要推动作用,显著提高了我国在该领域的国际影响力。项目提出“氮肥区域总量控制和微观调节相结合”的原则,对于提高氮素利用效率、减少农田氮素损失与环境压力,保障农业可持续发展具有重要科学意义和实践价值。

(资源与环境学院供稿)