

许莹, 马晓群, 王晓东, 等. 2014. 安徽省冬小麦春霜冻害气象指标的研究. 气象, 40(7): 852-859.

安徽省冬小麦春霜冻害气象指标的研究^{* 1}

许莹¹ 马晓群¹ 王晓东¹ 杜世州²

1 安徽省气象科学研究所安徽省大气科学与卫星遥感重点实验室, 合肥 230031

2 安徽省农业科学院作物研究所安徽省家业作物品质改良重点实验室, 合肥 230031

提 要: 本文根据安徽省 12 个农业气象观测站冬小麦春霜冻害观测调查数据, 针对不同品种(春性和半冬性)冬小麦, 全面分析了拔节期前 15 d 至拔节后 20 d 的最低气温变化规律, 以日最低气温为指标, 将春霜冻害等级划分为轻度和重度 2 个级别, 并分时段确定等级。验证结果表明, 虽然春霜冻害的发生受地形、土壤等多种因素的影响, 但最低气温指标基本能够反映出冬小麦拔节前后不同品种春霜冻害的发生规律, 可以在霜冻监测预警业务中应用。用该指标进行霜冻发生风险分析的结果表明, 安徽省冬小麦主产区为轻度霜冻频发区、重度霜冻基本不发区, 冬小麦春性品种春霜冻高发区比半冬性品种明显偏南, 可用于指导冬小麦品种合理布局, 减轻春霜冻危害风险。

关键词: 安徽省, 冬小麦, 春霜冻害, 气象指标

中图分类号: S162, P49

文献标志码: A

doi: 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2014. 07. 009

Study on Meteorological Index of Spring Frost Damage to Winter Wheat in Anhui Province

XU Ying¹ MA Xiaqun¹ WANG Xiaodong¹ DU Shizhou²

1 Anhui Key Laboratory of Atmospheric Science and Satellite Remote Sensing, Anhui Meteorological Institute, Hefei 230031

2 Anhui Key Laboratory of Grop Quality Improvement, Institute of Grops, Anhui Academy of Agricultural Science, Anhui 230031

Abstract: Based on the data of 12 agro-meteorological observation stations in Anhui Province, the variation of daily minimum temperature from 15 days before jointing stage to 20 days after jointing stage was analyzed, aiming at different varieties of winter wheat (springiness and semi-winter). Taking daily minimum temperature as index, spring frost damage to winter wheat is divided into two grades: light and severe. The verification results show that, although the spring frost damage is affected by many factors such as landform, soil etc., the index based on daily minimum temperature can basically reflect the regulation of the spring frost damage to different varieties of winter wheat, and can be used in the monitoring and warning services. Then, the risk of frost was analyzed using this index, and the results show that, in the wheat producing regions of Anhui, light spring frost occurs frequently while severe spring frost hardly takes place. The high-incidence areas of spring frost damage to springiness wheat is obviously further south than that of semi-winter wheat. This conclusion can be used to guide the rational distribution of winter wheat varieties, and reduce the risk of spring frost injury.

Key words: Anhui Province, winter wheat, spring frost damage, meteorological index

* 十二五国家科技支撑计划项目(2012BAD04B09)和 2010 年安徽省地方标准制修订计划(第一批)第 111 号共同资助
2013 年 6 月 14 日收稿; 2013 年 11 月 4 日收修定稿
第一作者: 许莹, 主要从事农业气象灾害研究. Email: xuying6222@sohu.com
通信作者: 马晓群, 主要从事农业气象灾害、农业气候资源、气候变化对农业的影响研究. Email: ah_mxq@sina.com

引言

冬小麦是安徽省的重要粮食作物之一,安徽省也是全国主产麦地区和商品麦主要调出省份之一(胡承霖,2009)。2007年以来安徽省冬小麦种植面积稳定在23000 km²以上,2011年达到23830 km²,居全国第四位(中华人民共和国国家统计局,2012)。其冬小麦主产区位于沿淮、淮北和江淮丘陵地区,其中淮河以北区域属于黄淮海平原中熟冬麦区,以半冬性、弱春性品种为主;淮河以南区域属于长江流域早中熟冬麦区,以春性品种为主(安徽农委农业局,2009)。由于安徽省地处气候过渡带,季风明显,春季季风转换期间冷空气活动频繁,气温变幅大,而此时冬小麦正处于返青起身恢复积极生长阶段,遭遇强低温而发生的春霜冻(又称晚霜冻)对冬小麦的危害很大,因此春霜冻是安徽省冬小麦生产中的主要农业气象灾害之一。20世纪90年代以来全球气候变暖加剧,暖冬现象明显,为了适应冬季气温的升高,冬小麦栽培品种的冬性程度有降低趋势,抗寒力也随之降低(查良松等,2010)。另一方面,安徽省春季温度变幅大(徐同等,2007),冬小麦春霜冻害发生频繁;为了应对气候变化带来的这种不利影响,安徽省农业部门在21世纪初着力进行良种推广,近10年来沿淮淮北耐寒性较强的半冬性品种种植比例显著上升,取得成效,但冬小麦春霜冻害仍时有发生。

国内外通常采用地面最低温度、最低气温以及植株体温(叶温)为小麦霜冻害的温度指标。20世纪60年代陶祖文等(1962)就提出了以最低气温和最低叶温作为冬小麦拔节期霜冻气象指标,至今仍被广泛应用。冯玉香(1999)等、杨邦杰等(2002)研究了最低气温与最低地面温度的关系,根据这些关系提出了以拔节后最低地温和最低叶面温度作为冬小麦霜冻的指标。气象行业标准“作物霜冻害等级”以日最低气温为指标,划分了小麦苗期、开花期和乳熟期的霜冻指标等级,并补充制定了冬小麦拔节后的霜冻害指标(马树庆等,2008)。研究表明,叶面温度能够很好地反映小麦受冻时植株的真实温度,但是资料难以获取;地面温度受到不同地块物理特性的影响,代表性往往受到限制;从业务应用角度出发,采用各气象站都进行观测的最低气温作为冬小麦霜冻指标有据可依且易于操作,应用更为普遍。但是以上研究仅考虑了冬小麦不同发育阶段霜冻温

度阈值的差异,较少看到针对冬小麦不同品种的霜冻阈值指标,而且多数研究更关注拔节后的低温霜冻影响。本研究针对安徽省冬小麦的品种分布,通过冬小麦霜冻害历史灾情和天气实况的对比研究,全面分析霜冻发生频率较高时段冬小麦半冬性品种和春性品种所处的发育阶段霜冻害临界温度的差异。参照已有的指标,制定细化的分品种冬小麦春霜冻害等级标准。使冬小麦春霜冻害监测、预警和评估业务规范化、标准化,为安徽省农业防灾减灾,特别是有针对性地进行冬小麦霜冻灾害的监测、预警、评估、防御和风险区划,以及制定减灾政策和措施,调整农业结构和布局等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

安徽省12个冬小麦农业气象基本观测站(图1)1980—2010年冬小麦春霜冻害资料和1961—2010年12个农业气象基本观测站的气象资料,这12个农气观测站中砀山、亳州、蒙城、宿州和阜阳属于淮北地区,五河、霍邱、寿县及凤阳属于沿淮地区,滁州、天长及合肥属于江淮地区。以上资料均源于安徽省气象信息中心,另有1961—1995年冬小麦春霜冻灾害资料取自《中国气象灾害大典(安徽卷)》(温克刚等,2007)。

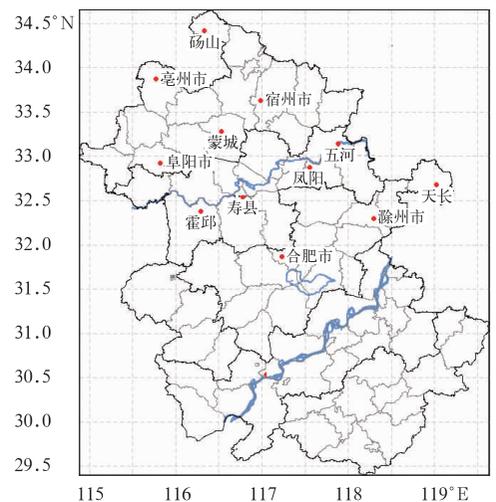


图1 安徽省冬小麦农业气象基本观测站分布图

Fig. 1 Distribution of winter wheat basic agrometeorological observation stations in Anhui

1.2 研究思路

选用日最低气温作为冬小麦春霜冻害指标,提取拔节前后春霜冻发生频率最多时段的日最低气温,结合作物受霜冻害比例、减产率、植株形态、灾情调查等数据,分别针对春性和半冬性不同品种,确定冬小麦春霜冻害等级指标,进行等级划分。

冬小麦春霜冻指标的确定:冬小麦遭受春霜冻害的严重程度直接取决于最低叶温,但是最低叶温的观测资料难以获取,而日最低气温与最低叶温、作物受害程度和减产率均有密切的关系(孙忠富,2001;刘瑞文等,1992;冯玉香等,2000),因此,从业务应用角度出发,本文采用容易获取的日最低气温作为冬小麦春霜冻害的指标。

研究时段的确定:冬小麦拔节前后是春霜冻害影响其产量的关键时期(张雪芬等,2006;钟秀丽等,2008;冯玉香等,1999;段旭等,1998;宋迎波等,2013;李吴宇等,2012)。本文以拔节普遍期为基准,统计每次霜冻害发生日期离当年拔节(普遍)期的天数,拔节期前以负值表示,拔节后以正值表示,分析冬小麦春霜冻害在发育进程中不同时段的发生机率。依据 12 个农业气象基本观测站 1981—2010 年的资料统计分析发现:冬小麦拔节前 20 d 至拔节后 40 d 均有春霜冻害发生,其中以拔节前 20 d 至拔节后 15 d 发生频率最高(占总次数的 88%);另外,研究发现重霜冻害主要发生在拔节前 4 d 至拔节后 20 d(冯玉香等,1999);且冬小麦拔节后 10~15 d 小麦雌雄蕊分化期耐寒能力最差,此时出现低温,则受冻最重(张雪芬等,2006)。因此,综合考虑冬小麦霜冻高发期、重霜冻害主要发生的时段、冬小麦的耐寒能力以及安徽省冬小麦生长的实际情况,将春霜冻研究时段分为拔节前 15 至 5 d、拔节前 4 d 至拔节后 10 d 和拔节后 11~20 d 三段。

分品种指标的确定:根据安徽省冬小麦品种生态气候适宜性区划(马晓群等,2012),淮北中北部为半冬性品种适宜种植区,淮北南部、沿淮至江淮东北部半冬性和春性品种均适宜,江淮丘陵为春性品种适宜种植区。品种的区域适宜性也决定了他们耐寒性的差异性。为了提供针对性更强的指标,本文根据已有的霜冻指标,并利用长序列的农业气象观测站冬小麦春霜冻害观测调查资料与日最低气温进行

对比分析,根据不同品种冬小麦霜冻害临界温度的差异,以及春霜冻灾情调查受害植株形态等情况,将冬小麦春霜冻害等级指标分为半冬性和春性两种类型进行细化分级。其中指标确定用 1961—2000 年的数据资料,指标验证用 2001—2010 年的数据资料。

2 结果与分析

2.1 春霜冻害等级划分

本文根据安徽省 12 个冬小麦农业气象观测站 1981—2010 年农业气象报表和《中国农业气象灾害大典(安徽卷)》(温克刚等,2007)中冬小麦春霜冻害的记录,查阅相关文献和安徽省已有的霜冻指标*(2008),按冬小麦遭受霜冻害危害时的幼穗受害株率来表示春霜冻强度,分为轻度和重度两个等级种。其中低温导致冬小麦叶片受冻,或有少量幼穗受冻,以后抽出哑铃穗、半截穗等,穗受害株率不大于 50% 的定为轻霜冻害;低温导致冬小麦幼穗受冻,包括幼穗水浸状、发粘,不抽穗或抽出哑铃穗、半截穗、白穗,主茎冻死、大分蘖冻死,幼穗受害株率大于 50% 的定为重霜冻害。本文中 1981—2010 年冬小麦春霜冻害样本的受害等级即根据此形态指标来确定。

2.2 冬小麦春霜冻害与最低气温

统计分析表明,1981—2010 年安徽省冬小麦发生春霜冻害时的最低气温差异很大,最低为 -5.6°C ,最高为 2.8°C ,随着春霜冻害的时间推迟,最低气温有逐渐升高的趋势。按不同时段不同温度区间进行统计,计算发生春霜冻害的次数在总次数中占的百分率(表 1)发现:春性品种以拔节前 4 d 至拔节后 10 d 春霜冻发生频率最高,尤其在 $-1.0^{\circ}\text{C} < T_{\min} \leq -0.1^{\circ}\text{C}$ 时发生最集中;其次是拔节前 5 d 至前 15 d,最低温度集中在 $-3.0^{\circ}\text{C} < T_{\min} \leq -2.1^{\circ}\text{C}$ 、 $-6.0^{\circ}\text{C} < T_{\min} \leq -5.1^{\circ}\text{C}$ 两个温度段;拔节后 11~20 d 发生频率最低,最低温度多为 $0.9^{\circ}\text{C} < T_{\min} \leq 1.0^{\circ}\text{C}$ 。而半冬性品种则是拔节前 15 d 至前 5 d 春霜冻发生频率最高,其次是拔节前 4 d 至拔节后 10 d,两个时段均在为 $-0.1^{\circ}\text{C} < T_{\min} \leq$

* 气象与减灾,2010,(1):36-44.

表 1 1981—2010 年,安徽省不同时段、不同日最低气温下冬小麦发生春霜冻害的频率(单位:%)

Table 1 Frequency of spring frost damage to winter wheat during different time and different daily minimum temperature (unit: %)

日最低气温 $T_{min}/^{\circ}C$	拔节前后天数(春性品种)			拔节前后天数(半冬性品种)				
	-15~-5 d	-4~10 d	11~20 d	-15~20 d	-15~-5 d	-4~10 d	11~20 d	-15~20 d
$2.0 < T_{min} \leq 2.9$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6
$1.0 < T_{min} \leq 1.9$	0.0	6.5	3.2	9.7	0.0	3.6	3.6	7.1
$0.0 < T_{min} \leq 0.9$	6.5	9.7	9.7	25.8	7.1	3.6	17.9	28.6
$-1.0 < T_{min} \leq -0.1$	6.5	16.1	6.5	29.0	14.3	17.9	0.0	32.1
$-2.0 < T_{min} \leq -1.1$	6.5	6.5	0.0	12.9	0.0	3.6	0.0	3.6
$-3.0 < T_{min} \leq -2.1$	9.7	3.2	0.0	12.9	7.1	7.1	0.0	14.3
$-4.0 < T_{min} \leq -3.1$	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	7.1
$-5.0 < T_{min} \leq -4.1$	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	3.6
$-6.0 < T_{min} \leq -5.1$	9.7	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
$-6.0 < T_{min} \leq 2.9$	38.7	41.9	19.4	100.0	39.3	35.7	25.0	100.0

注:负值表示拔节前天数,正值表示拔节后天数。

Note: Negative value expresses days before jointing stage, and positive value expresses days after jointing stage.

-1.0℃ 时发生春霜冻害最集中;拔节后 11~20 d 发生频率最低,多为 $0^{\circ}C \leq T_{min} < 0.9^{\circ}C$ 。

2.3 冬小麦春霜冻害日最低气温指标的确定

由于安徽省从 1980 年才开始开展冬小麦农业气象观测,且最初几年缺测较多,用来分析冬小麦春霜冻害发生规律资料序列偏短。为了延长冬小麦拔节期资料序列长度,更好地分析春霜冻害发生规律,本文对 1980 年以前及部分缺测年的冬小麦发育期进行了推算,将资料序列延长至 1961 年。具体方法为:利用安徽省 12 个农业气象观测站 1981—2010 年的冬小麦农业气象观测资料观察冬小麦发育期的变化,发现各站历年拔节期并没有随时间明显提前(或推迟)的现象,因此用这 30 年各站冬小麦平均拔节期的日期(表 2)作为 1961—1980 年相应台站冬小麦的拔节期,用于分析各站冬小麦春霜冻害发生情况(根据安徽省冬小麦种植品种的分布,除地处江

淮地区的天长、合肥种植的是春性品种外,其他各站地处沿淮淮北,种植的是半冬性品种)。

根据延长的拔节期资料序列和农气报表以及《中国农业气象灾害大典(安徽卷)》(温克刚等, 2007)中冬小麦春霜冻害的记录,统计 1961—2000 年安徽省沿淮、淮北和江淮地区 12 个农业气象站点冬小麦拔节前 15 d 至拔节后 20 d 发生春霜冻害时的最低气温,分春性品种和半冬性品种分别制图(图 2)。从图 2 可以看出:春性品种冬小麦比半冬性品种更易受霜冻危害,在拔节后 11~20 d,春性品种冬小麦受害温度为 $-0.4^{\circ}C < T_{min} \leq 1.9^{\circ}C$,而半冬性品种冬小麦为 $-0.6^{\circ}C < T_{min} \leq 1.5^{\circ}C$;拔节前 4 d 至拔节后 10 d,春性品种冬小麦受害温度为 $-2.5^{\circ}C < T_{min} \leq 1.2^{\circ}C$,半冬性品种冬小麦为 $-3.1^{\circ}C < T_{min} \leq 1.0^{\circ}C$;拔节前 15 至 5 d,春性品种冬小麦受害温度为 $-3.8^{\circ}C < T_{min} \leq 0.6^{\circ}C$,半冬性品种冬小麦为 $-4.9^{\circ}C < T_{min} \leq 0.5^{\circ}C$ 。另外根据农

表 2 安徽省各站冬小麦平均拔节期

Table 2 Mean jointing stage of winter wheat in Anhui province

站名	小麦品种	拔节期	站名	小麦品种	拔节期
亳州	春性	3 月 26 日	亳州	半冬性	3 月 26 日
蒙城	春性	3 月 22 日	蒙城	半冬性	3 月 18 日
宿州	春性	3 月 28 日	宿州	半冬性	3 月 23 日
阜阳	春性	3 月 23 日	阜阳	半冬性	3 月 17 日
霍邱	春性	3 月 17 日	霍邱	半冬性	3 月 17 日
寿县	春性	3 月 21 日	寿县	半冬性	3 月 23 日
凤阳	春性	3 月 25 日	凤阳	半冬性	3 月 25 日
滁州	春性	3 月 15 日	滁州	半冬性	3 月 16 日
天长	春性	3 月 20 日	砀山	半冬性	3 月 28 日
合肥	春性	3 月 15 日	五河	半冬性	3 月 24 日

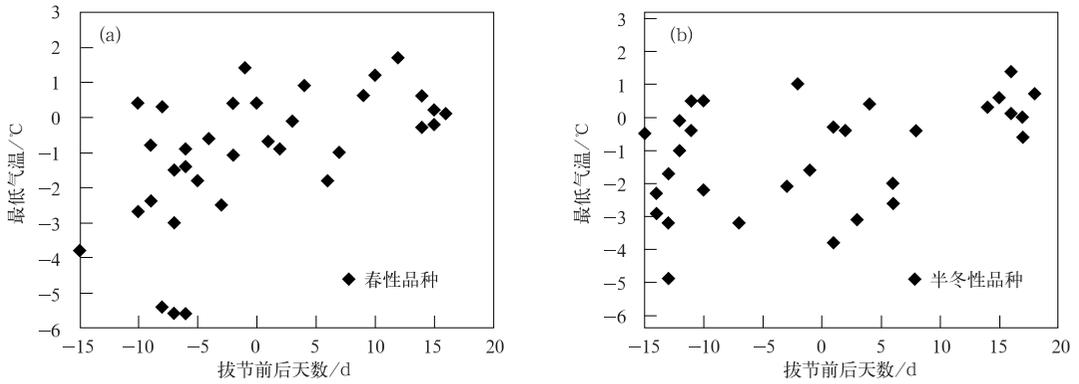


图 2 春性(a)和半冬性(b)品种冬小麦发生春霜冻害时的最低气温
Fig. 2 Minimum temperature of spring frost damage to winter wheat respectively for spring variety (a) and semi-winter variety (b)

表 3 冬小麦春霜冻害日最低气温指标(单位: °C)

Table 3 Index of daily minimum temperature for spring frost damage to winter wheat (unit: °C)

春霜冻害等级	拔节前后天数(半冬性品种)			拔节前后天数(春性品种)		
	-15~-5 d	-4~10 d	11~20 d	-15~-5 d	-4~10 d	11~20 d
轻度	$-5.0 \leq T_{\min} \leq 0.5$	$-3.5 \leq T_{\min} \leq 1.0$	$-1.0 \leq T_{\min} \leq 1.5$	$-5.0 \leq T_{\min} \leq 0.6$	$-3.0 \leq T_{\min} \leq 1.5$	$-0.5 \leq T_{\min} \leq 2.0$
重度	< -5.0	< -3.5	< -1.0	< -5.0	< -3.0	< -0.5

注: 负值表示拔节前天数, 正值表示拔节后天数。

Note: Negative value expresses days before jointing stage, and positive value expresses days after jointing stage.

业气象报表记载的几次重度春霜冻, 发生在拔节前 15 至 5 d 的, 日最低气温均 $< -5.0^{\circ}\text{C}$, 品种间没有明显差异; 发生在拔节前 4 d 至拔节后 10 d 的, 半冬性品种冬小麦日最低气温在 $< -3.5^{\circ}\text{C}$; 因此将 -5.0°C 定为拔节前 15 d 至拔节前 5 d 发生重度晚霜冻害的上限, 将 -3.5°C 定为半冬性品种冬小麦拔节前 4 d 至拔节后 10 d 发生重度晚霜冻害的临界值。结合相关文献和安徽省已有的霜冻指标(拔节期间最低气温 $< -3.0^{\circ}\text{C}$ 就会遭受重度春霜冻害), 最终确定了安徽省分时段(拔节前、中、后)、分品种(春性品种和半冬性品种)的冬小麦春霜冻害日最低气温

等级指标(表 3)。

2.4 冬小麦春霜冻害日最低气温指标的验证

利用安徽省 12 个农气站点 2001—2010 年农业气象观测资料和《中国农业气象灾害大典(安徽卷)》(温克刚等, 2007)有关霜冻害观测记载实例, 对冬小麦春霜冻害日最低气温指标进行了验证(表 4): 轻度春霜冻正确率 94%, 重度春霜冻正确率 100%。结果表明: 使用日最低气温指标得出的春霜冻害年份及等级与历史情况基本吻合。

表 4 安徽省冬小麦春霜冻害日最低气温指标验证统计表

Table 4 Verification statistical table of daily minimum temperature index of spring frost damage to winter wheat in Anhui

样本数/个	实况			指标判断		
	轻度	重度	无	轻度	重度	
单站发生春霜冻次数	34	0	2	32	0	

2.5 安徽省冬小麦春霜冻害风险分布

本文根据春霜冻害最低气温指标(表 3), 计算了 1961—2010 年安徽省冬小麦主产区不同品种冬小麦的春霜冻害发生频率 F (单位: %, 图 3 和

图 4)。按发生频率 $F < 10\%$ 的地区为霜冻基本不发生区, $10\% \leq F < 30\%$ 为少发区, $30\% \leq F < 70\%$ 为多发区, $F \geq 70\%$ 的地区为频发区(孙忠富, 2001; 张雪芬等, 2009)的指标, 安徽省冬小麦主产区为轻度春霜冻频发区、重度春霜冻基本不发区, 这与前人

的研究结果(钟秀丽等,2008;罗新兰等,2011)基本一致。分品种的冬小麦春霜冻发生频率分布表明,半冬性品种冬小麦轻度春霜冻害发生频率最高的地区在沿淮淮北中部,而春性品种冬小麦轻度春霜冻害发生频率最高的地区在沿淮中东部至江淮东北部(图 3);半冬性品种冬小麦重度春霜冻害发生频率最高的地区在淮北中部,春性品种冬小麦重度春霜

冻害发生频率最高的地区在沿淮中部(图 4),春性品种冬小麦春霜冻害高发区较半冬性品种冬小麦偏南。已有研究也表明,安徽省遭受春霜冻害较重的地区在江淮地区北部,与该区种植的冬小麦品种多为春性品种,耐寒性较差有关(田红等,2012)。因此,对于沿淮西部至江淮东北部半冬性和春性品种冬小麦都适宜的地区,尽量种植半冬性品种,有利于

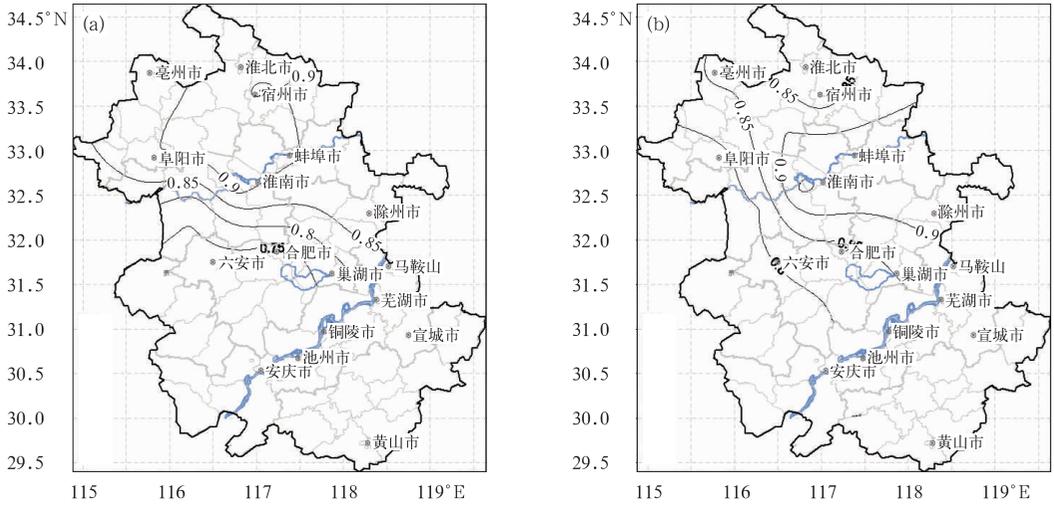


图 3 安徽省沿淮、淮北和江淮地区冬小麦轻度春霜冻害发生频率分布
(a)半冬性品种, (b)春性品种

Fig. 3 Frequency distribution of light spring frost damage to winter wheat in Yanhuai, Huaibei and Jianghuai areas of Anhui
(a) semi-winter variety, (b) spring variety

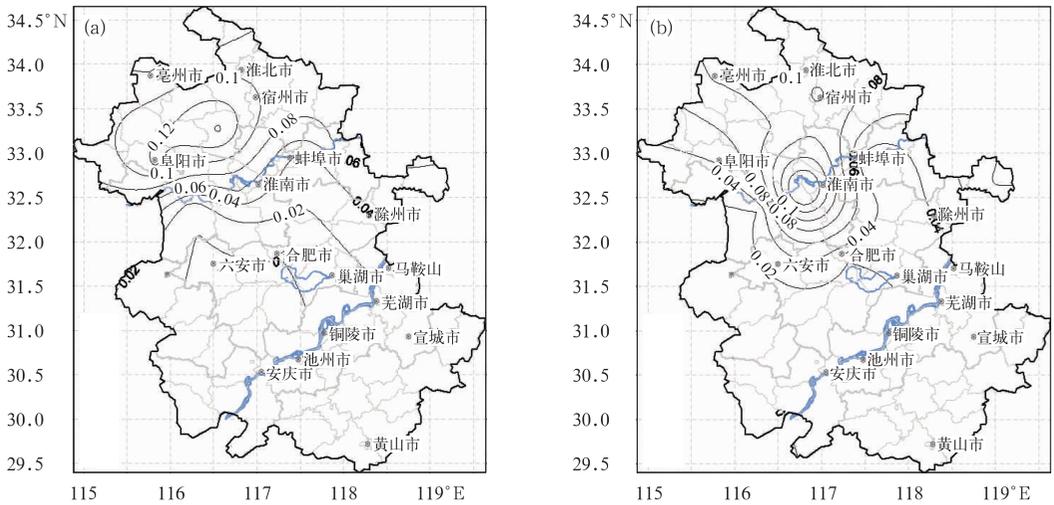


图 4 安徽省沿淮、淮北和江淮地区冬小麦重度春霜冻害发生频率分布
(a)半冬性品种, (b)春性品种

Fig. 4 Frequency distribution of severe spring frost damage to winter wheat in Yanhuai, Huaibei and Jianghuai areas of Anhui
(a) semi-winter variety, (b) spring variety

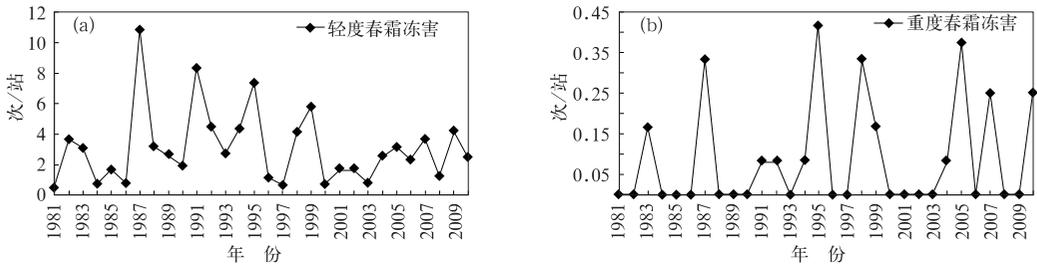


图 5 安徽省冬小麦逐年轻度春霜冻害(a)和重度春霜冻害(b)发生站次图

Fig. 5 Times per station of light (a) and sever (b) spring frost damage to winter wheat in Anhui

减轻其春霜冻害的危害风险。

逐年霜冻发生次数是每年发生霜冻害台站数的时间序列。经统计,近 30 年来,冬小麦轻度春霜冻害以 20 世纪 90 年代发生次数最多,80 年代次之,21 世纪第一个 10 年最少;重度春霜冻害则是 20 世纪 90 年代发生次数最多,21 世纪第一个 10 年次之,20 世纪 80 年代最少(图 5)。可见 20 世纪 90 年代是安徽省冬小麦春霜冻害的多发期,这可能与春季气温变化异常有关,安徽省春季气温变化分析发现 20 世纪 80 年代为冷期,从 90 年代开始,气温呈不断上升趋势(冯妍等,2009);而安徽省 1981—2010 年冬小麦种植品种虽然不同但是其拔节期变化却不明显,80 年代种植的多是半冬性品种,抗寒性强;90 年代安徽省春季气温虽然升高,但春温不稳,异常偏低情况时有发生,因此春霜冻害发生频繁;到 21 世纪初为了应对春季频繁发生的霜冻害,安徽省冬小麦主产区半冬性品种的种植比例又逐渐增加,使春霜冻害发生次数有所减少;这与《中国农业气象灾害大典(安徽卷)》(温克刚等,2007)和安徽省 12 个农业气象基本观测站农气报表中记录的冬小麦春霜冻害实际情况相一致。罗新兰等(2011)研究认为,黄淮海平原冬小麦轻度晚霜冻发生频率的年代变化呈随年代逐渐降低的趋势;中度晚霜冻的发生频率 20 世纪 90 年代 > 80 年代 > 2000—2006 年;这与本文的结论基本一致。但重度晚霜冻的发生频率 20 世纪 80 年代略高于 20 世纪 90 年代与 2000—2006 年,与本文的结论不同,这可能与安徽省冬小麦重霜冻发生次数较少有关,还需要更长时间序列样本的进一步验证。

3 结 论

本研究根据安徽省已有的冬小麦冻害指标,结

合长序列的农业气象观测站冬小麦春霜冻害观测调查资料与日最低气温的对比分析,充分吸纳有关专家和基层农情人员的经验,将冬小麦春霜冻害以拔节普遍期为基本点,分时段、分品种确定了冬小麦春霜冻害最低气温指标。并用 10 年冬小麦春霜冻害发生实况对指标进行验证,与实际情况基本相符,可应用于农业生产工作中的灾害调查及灾害预警。

本文的冬小麦春霜冻害气象指标与已有的指标的异同表现在,一是前人多是从小麦拔节后开始划分霜冻指标,而本文根据春霜冻的实际发生情况,将春霜冻害指标的划分时段提前到拔节前 15 d,为拔节前小麦霜冻害的监测、预警和评估提供了依据;二是基于本文指标的霜冻发生风险分布与已有的研究基本一致,但是分品种的霜冻指标更细致地反映了冬小麦品种间霜冻高发区域的差别,可指导冬小麦品种合理布局,有利于减少冬小麦春霜冻的危害;三是利用安徽省各地区近 50 年的冬小麦春霜冻灾情和气温资料得到的冬小麦春霜冻害气象指标,更符合安徽省冬小麦生产的实际情况;最后,从冬小麦春霜冻害气象指标的实际使用来看,本文所提供的不同品种冬小麦拔节日期的经验资料,对进行调查和使用指标都是一个比较客观的判据、否则只根据冬小麦的外形及一般经验作出判断,在使用春霜冻气象指标时,客观性就较差。

小麦受霜冻害的程度取决于多种因素:霜冻来临前的低温锻炼、品种、地形、墒情、霜冻发生时降温的速度、低温的持续时间以及不同的农技措施等(陶祖文,1962)。由于资料不足,尚不能进行全面的探讨,仅根据可获取的资料,就不同品种、不同发生时间段的春霜冻气象指标进行初步分析,在实际应用时,霜冻的实际危害程度还需要结合以上多种因素综合判断。

参考文献

- 安徽省农委农业局. 2009. 安徽省主要农作物概况. 北京: 中国统计出版社, 5-6.
- 段旭, 王恒康, 董谢琼. 1998. 云南春季低温标准的研究. 气象, 24(9): 16-20.
- 冯妍, 何彬方, 周后福. 2009. 安徽省近45年最高气温时空变化特征. 安徽农业科学, 37(31): 15316-15319.
- 冯玉香, 何维勋, 饶敏杰, 等. 2000. 冬小麦拔节后霜冻害与叶温的关系. 作物学报, 26(6): 707-712.
- 冯玉香, 何维勋, 孙忠富, 等. 1999. 我国冬小麦霜冻害的气候分析. 作物学报, 25(3): 335-340.
- 胡承霖. 2009. 安徽麦作学. 合肥: 安徽科学技术出版社, 14.
- 李昊宇, 王建林, 郑昌玲, 等. 2012. 气候适宜度在华北冬小麦发育期预报中的应用. 气象, 38(12): 1557-1559.
- 刘瑞文, 董振国. 1992. 小麦叶温对籽粒灌浆的影响. 中国农业气象, 13(3): 1-5.
- 罗新兰, 张彦, 孙忠富, 等. 2011. 黄淮平原冬小麦霜冻害时空分布特点的研究. 中国农学通报, 27(18): 45-50.
- 马树庆, 刘铮, 刘实, 等. 2008. 作物霜冻害等级 QX/T88-2008, 中华人民共和国气象行业标准. 北京: 气象出版社: 1-4.
- 马晓群, 张宏群, 吴文玉, 等. 2012. 安徽省冬小麦品种生态气候适宜性分析和精细化区划. 中国农业气象, 33(1): 86-92.
- 宋迎波, 王建林, 郑昌玲, 等. 2013. 冬小麦气候适宜诊断指标. 气象, 39(6): 768-773.
- 孙忠富. 2001. 霜冻灾害与防御技术. 北京: 中国农业科技出版社, 101-124.
- 陶祖文, 琚克德. 1962. 冬小麦霜冻气象指标的探讨. 气象学报, 32(3): 215-223.
- 田红, 高超, 谢志清, 等. 2012. 淮河流域气候变化影响评估报告. 北京: 气象出版社, 84-85.
- 温克刚, 翟武全, 胡雯, 等. 2007. 中国气象灾害大典(安徽卷). 北京: 气象出版社, 174-222.
- 徐同, 郭品文, 居丽丽. 2007. 中国春季气温异常变率的非线性特征. 气象与环境科学, 30(2): 9-12.
- 杨邦杰, 王茂新, 裴志远. 2002. 冬小麦冻害遥感监测. 农业工程学报, 18(2): 136-140.
- 查良松, 陈晓红, 吉中会, 等. 2010. 1970—2008年安徽省气温时空格局变化. 地理研究, 29(4): 640-653.
- 张雪芬, 郑有飞, 王春乙, 等. 2009. 冬小麦晚霜冻害时空分布与多时间尺度变化规律分析. 气象学报, 67(2): 321-330.
- 中华人民共和国国家统计局. 2012. 中国统计年鉴 2011. 北京: 中国统计出版社, 589-561.
- 钟秀丽, 王道龙, 赵鹏, 等. 2008. 黄淮麦区小麦拔节后霜冻的农业气候区划. 中国生态农业学报, 16(1): 11-15.