

# 近 61 年来渭河上游陇西段气候变化特征分析

周宝鹏<sup>1</sup>, 彭永武<sup>1</sup>, 赵春玲<sup>1</sup>, 丁春伟<sup>1</sup>, 苗国秀<sup>2</sup>, 刘小金<sup>3</sup>, 王 胜<sup>3</sup> (1. 甘肃省陇西县气象局, 甘肃陇西 748100; 2. 甘肃省张掖市气象局, 甘肃张掖 734000; 3. 甘肃省平凉市气象局, 甘肃平凉 744000)

**摘要** 利用陇西县气象站 1957—2017 年气温和降水观测资料, 采用趋势分析、Mann–Kendall 检验法和滑动  $t$  检验法, 分析近 61 年来渭河上游陇西段气候变化特征。结果表明, 近 61 年来渭河上游陇西段气温呈上升趋势, 上升幅度为 0.270 °C/10 a; 春夏秋冬四季气温均呈上升趋势, 其中冬季气温上升最为明显, 上升幅度为 0.312 °C/10 a; 20 世纪 50 年代—80 年代初, 气温呈缓慢下降趋势, 80 年代后期开始, 气温逐渐回升, 在 1997 年发生了一次明显增暖的突变。近 61 年来渭河上游陇西段降水量呈下降趋势, 下降幅度为 9.535 mm/10 a; 其中夏、秋两季降水量呈下降趋势, 春、冬两季降水量呈上升趋势, 上升幅度较小; 降水量在近 61 年来没有出现明显的突变现象。

**关键词** 气温; 降水量; 变化特征; 渭河上游; 陇西县  
**中图分类号** S16; P467 **文献标识码** A **文章编号** 0517–6611(2018)11–0125–04

**Analysis on Climate Change Characteristics of Longxi in the Upstream of Wei River in Recent 61 Years**  
**ZHOU Bao-peng, PENG Yong-wu, ZHAO Chun-ling et al** (1. Longxi County Meteorological Bureau, Longxi, Gansu 748100)

**Abstract** Using the temperature and precipitation observation data in Longxi meteorological stations from 1957 to 2017, the characteristics of climatic change in Longxi in the upstream of Wei River in recent 61 years were analyzed by linear tendency analysis, Mann-Kendall test and  $t$ -test methods. The results showed that the temperature presented ascending trend in Longxi in the upstream of Wei River in recent 61 years, the tendency rate was 0.270 °C/10 a. The temperature ascended at all seasons, most obviously in winter, the tendency rate was 0.312 °C/10 a. From 1950s to early 1980s, the temperature decreased slowly, and the temperature began to rise gradually in the late 1980s. The temperature had a ascending abrupt change in 1997. The precipitation showed decending trend in the past 61 years, the tendency rate was 9.535 mm/10a. The precipitation showed decending trend in summer and autumn; the precipitation showed a small ascending trend in spring and winter. Precipitation had no obvious abrupt change in the past 61 years.

**Key words** Temperature; Precipitation; Change characteristic; Wei River upstream; Longxi County

过去 100 多年全球气候变暖趋势毋庸置疑, 政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 2013 年发布的第五次评估报告指出, 全球地表温度近 130 年 (1880—2012 年) 来升高了 0.85 °C<sup>[1]</sup>。《第三次气候变化国家评估报告》<sup>[2]</sup> 指出, 近百年 (1909—2011 年) 来我国陆地区域平均增温速度高于全球, 平均值为每百年升温 0.9 ~ 1.5 °C。近 52 年 (1961—2012 年) 来西北区域气温呈显著上升趋势, 气温变化倾向率为 0.312 °C/10 a; 以黄河为界, 黄河以西区域降水呈增多趋势, 黄河以东区域呈减少趋势, 降水量减少的幅度明显高于增加的幅度<sup>[3]</sup>。近 54 年 (1960—2013 年) 来甘肃省平均气温呈上升趋势, 平均降水量呈微弱增加趋势<sup>[4]</sup>。近 47 年 (1967—2013 年) 来定西市平均气温呈上升趋势, 上升幅度为 0.355 °C/10 a, 年降水量呈减少趋势, 减少幅度为 11.026 mm/10 a<sup>[5]</sup>。在经济高速发展的时代, 人们对天气变化的关注度越来越高, 气候变化对人类生产生活、社会经济发展和生态环境的影响越来越深入, 研究某一地区气候变化趋势显得十分重要。

陇西县位于甘肃省东南部、定西市中部、渭河上游, 总面积 2 408 km<sup>2</sup>, 地理坐标位于 104°18′ ~ 104°54′ E、34°50′ ~ 35°23′ N, 海拔 1 612 ~ 2 798 m, 地势自西北向东南倾斜。属黄土高原地区, 温带大陆性季风气候。渭河自西向东贯穿全境, 在陇西县境内长 46.1 km, 流域面积 2 364 km<sup>2</sup><sup>[6]</sup>。近年来, 许多学者对渭河流域的气候变化进行了研究<sup>[7–9]</sup>, 但针对陇西县气候变化方面的分析较少。为了更加深入了解陇西县气候变化特征, 同时为促进地方经济建设、指导农业生

产、加强环境保护、改善人居环境、提高气候资源利用等提供重要的理论参考依据, 笔者利用近 61 年来陇西县气象站气温和降水观测资料, 采用气候趋势分析、Mann–Kendall 检验和滑动  $t$  检验方法对陇西县气温、降水量的年际和季节变化趋势以及气候突变现象进行了分析。

## 1 资料与方法

**1.1 数据来源** 数据使用陇西县国家气象站 1957—2017 年月平均气温和降水量气象观测资料。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 气候倾向率。**气候要素的趋势变化一般用一元线性回归方程表示, 即

$$\hat{x}_t = a_0 + a_1 t (t = 1, 2, \dots, n) \\ a_1 = d\hat{x}_t/dt$$

式中,  $a_0$  为回归常数,  $a_1$  为回归系数,  $a_1 \times 10$  为气候倾向率。回归系数  $a_1$  定量反映气象要素随时间的线性变化趋势。 $a_1 > 0$ , 说明随时间的增加, 要素值呈上升趋势;  $a_1 < 0$ , 说明随时间的增加, 要素值呈下降趋势。

**1.2.2 Mann–Kendall 检验法。**Mann–Kendall (M–K) 检验法是一种非参数统计检验法, 在对时间序列分析时, M–K 检验法是世界气象组织 (WMO) 推荐的非参数检验法, 广泛用于分析气温和降水等要素随时间的变化趋势和突变检测<sup>[10]</sup>。

**1.2.3 滑动  $t$  检验法。**滑动  $t$  检验法是把一气候序列中两段子序列均值有无显著差异看为来自 2 个总体均值有无显著差异的问题来检验。如果两段子序列的均值差异超过了一定的显著性水平, 可以认为均值发生了质变, 有突变发生<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 气温变化特征** 由图 1 可见, 近 61 年来陇西县气温呈

上升趋势,上升幅度为 $0.270\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,可见陇西县气温变化趋势与气候变暖的大背景一致,上升幅度略低于定西市气温上升幅度( $0.355\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ )<sup>[5]</sup>。最高气温出现在2016年,为 $9.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;最低气温出现在1984年,为 $6.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。近61年来气温出现了一次较大波动,20世纪50年代—80年代初气温呈缓慢下降趋势,下降幅度为 $0.171\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ;80年代后期开始,气温逐渐回升;90年代以来,增温趋势更加明显,尤其是1997年以来,年平均气温均高于61年来的平均值( $8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )。

由图2可见,近61年陇西县春、夏、秋、冬四季气温变化趋势与年气温变化趋势一致,均呈上升趋势。冬季增温幅度最大,为 $0.312\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,春、夏、秋三季增温幅度较均匀,为 $0.247\sim 0.279\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。结合图1可以看出,春季和夏季气温变化趋势与年气温变化趋势相似度较高。

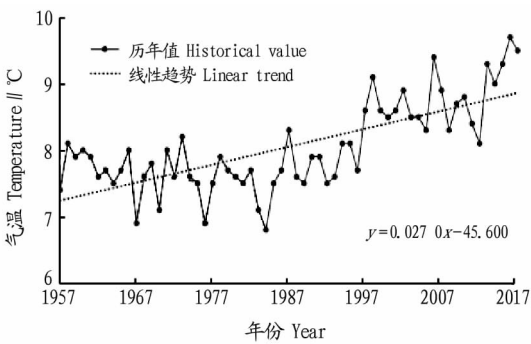


图1 1957—2017年陇西县年平均气温变化特征  
Fig.1 Characteristics of annual average temperature in Longxi County from 1957 to 2017

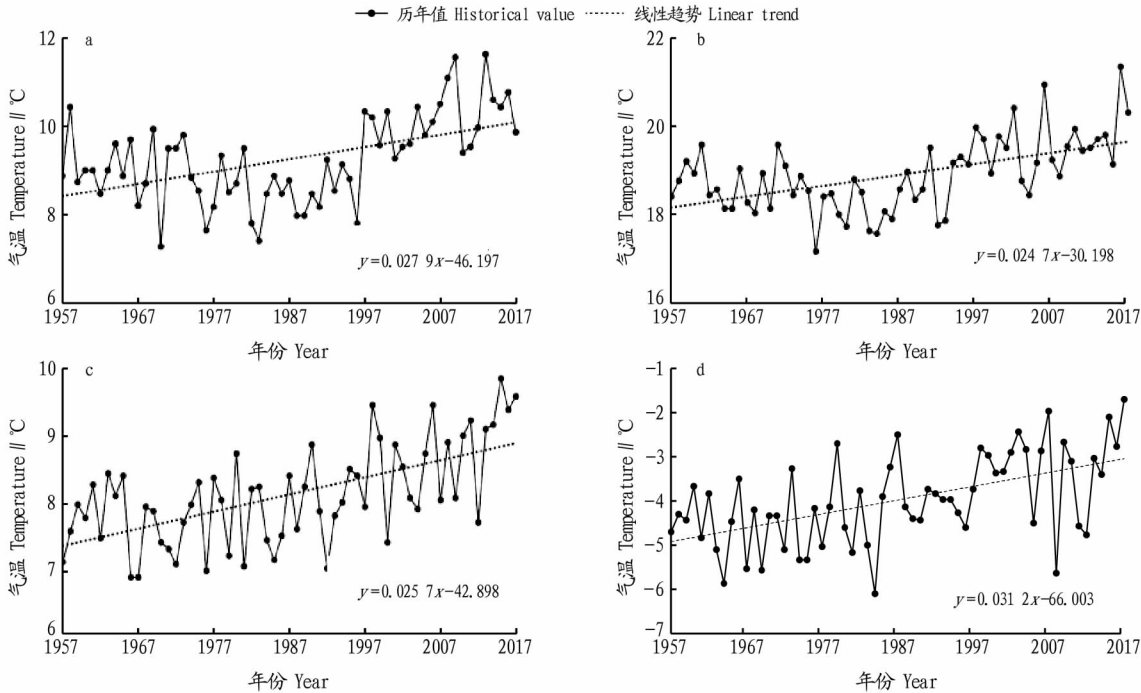


图2 1957—2017年陇西县春季(a)、夏季(b)、秋季(c)和冬季(d)气温变化特征

Fig.2 Change characteristics of temperature in spring(a), summer(b), autumn(c) and winter(d) in Longxi County from 1957 to 2017

2.2 气温突变 由图3a可见,1994年之后,UF曲线大于0,并呈上升趋势,1999年以后,UF曲线超过了置信水平 $\alpha=0.05$ 的临界值( $\pm 1.96$ ),之后甚至超过了 $\alpha=0.01$  ( $U_{\alpha}=\pm 2.58$ )的

显著性水平。UF曲线和UB曲线相交于1997年,且交点在临界线之间,表明近61年来陇西县气温在1997年发生了一次增暖的突变。为了确定这一突变的发生是否真实,通过滑

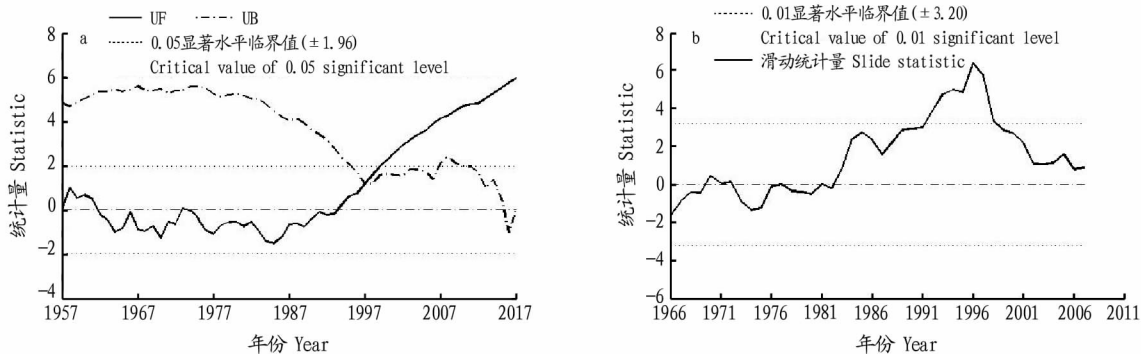


图3 1957—2017年陇西县气温M-K检验(a)和滑动t检验(b)

Fig.3 Temperature M-K test(a) and sliding t test(b) in Longxi County from 1957 to 2017

动  $t$  检验法做进一步检验。序列长度  $n=61$ , 2 个子序列长度均取 10, 显著性水平  $\alpha=0.01$ , 自由度  $f=18$ , 给定  $t_{0.01}=\pm 3.20$ 。由图 3b 可见, 陇西县气温在 1997 年发生了一次明显增暖的突变, 与 M-K 检验结果一致。陇西县气温突变年份相比张涵丹等<sup>[9]</sup>分析的定西市气温突变年份(1994 年)迟 3 年, 说明陇西县气温变化趋势的区域差异性和时间滞后性。

**2.3 降水量变化特征** 由图 4 可见, 近 61 年来陇西县降水量呈下降趋势, 下降幅度为 9.535 mm/10 a, 这与孙润等<sup>[5]</sup>分析的定西市降水量变化趋势一致, 下降幅度小于定西市降水量下降幅度(11.026 mm/10 a)。最多降水量年份出现在 1967 年, 为 607.3 mm; 最少降水量出现在 1997 年, 为 236.0 mm, 没有出现明显的波动。

由图 5 可见, 近 61 年来陇西县降水量四季变化趋势不一致, 冬、春两季降水有微弱的上升趋势, 但不明显, 上升幅度分别为 0.528 和 0.049 mm/10 a; 夏、秋两季降水量呈下降趋势, 下降幅度分别为 2.827 和 7.026 mm/10 a。另分析表明, 陇西县夏、秋两季降水量占全年降水量的 75%, 所以这 2 个季节降水量分布趋势在一定程度上决定了陇西县全年降水量分布趋势。

**2.4 降水突变** 由图 6a 可见, 20 世纪 90 年代以来, UF 曲线为负值, 说明 20 世纪 90 年代以来降水量呈下降趋势。在

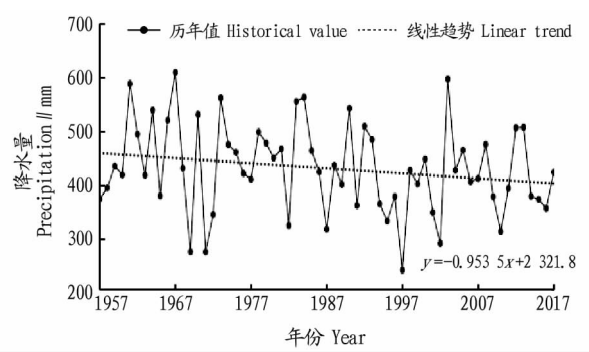


图 4 1957—2017 年陇西县年降水量变化特征  
Fig.4 Characteristics of annual precipitation in Longxi County from 1957 to 2017

置信区间内, UF 曲线和 UB 曲线在 1990、1992、2003、2004 年出现 4 次交点, 但交点之后均未超过置信水平  $\alpha=0.05$  的临界值 ( $\pm 1.96$ ), 说明降水量在 61 年来虽然发生一定变化, 但无突变现象发生。通过滑动  $t$  检验法做进一步分析, 序列长度  $n=61$ , 2 个子序列长度均取 10, 显著性水平  $\alpha=0.01$ , 自由度  $f=18$ , 给定  $t_{0.01}=\pm 3.20$ 。由图 6b 可见,  $t$  统计量一直在给定置信区间内, 降水没有发生突变, 与 M-K 检验结果一致。这一结论与张涵丹等<sup>[9]</sup>分析的定西市降水无明显突变现象一致。

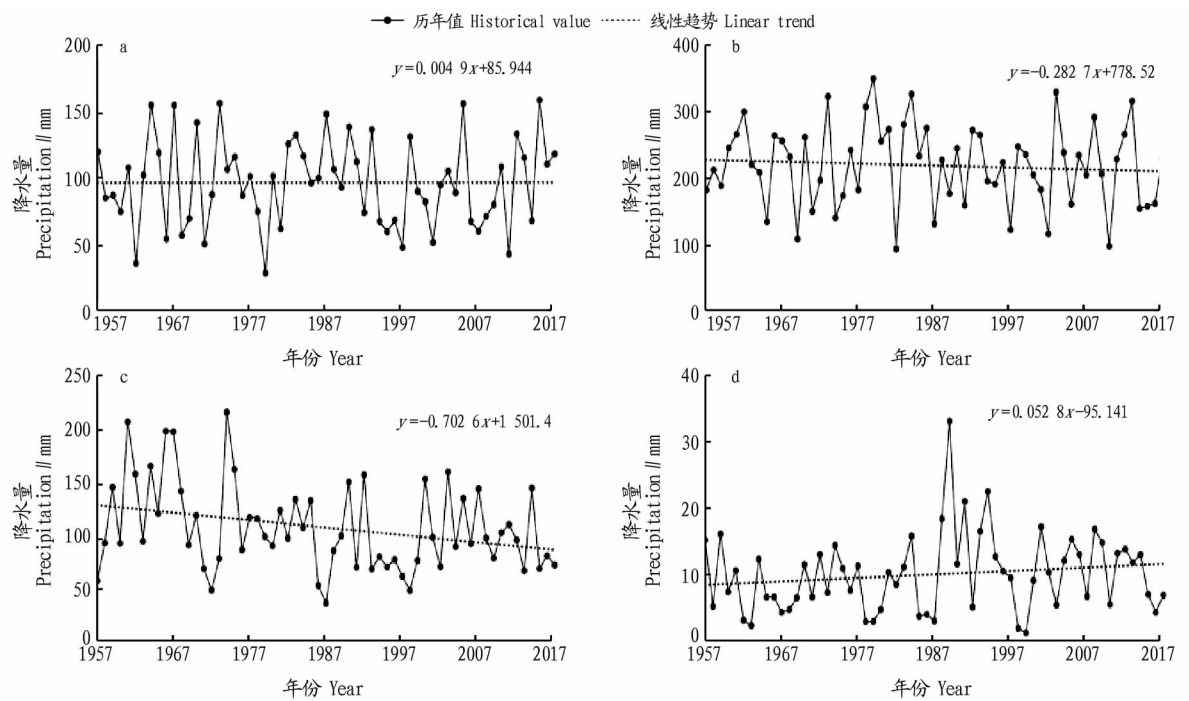


图 5 1957—2017 年陇西县春季(a)、夏季(b)、秋季(c)和冬季(d)降水量变化特征

Fig.5 Change characteristics of precipitation in spring(a), summer(b), autumn(c) and winter(d) in Longxi County from 1957 to 2017

### 3 结论与讨论

(1) 近 61 年来渭河上游陇西段气温呈上升趋势, 上升幅度为 0.270  $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。四季气温变化趋势与年气温变化趋势一致, 均呈上升趋势, 其中冬季气温上升最为明显, 上升幅度为 0.312  $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ , 春、夏、秋三季增温幅度较均匀, 分别为 0.279、0.247、0.257  $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。20 世纪 50 年代—80 年代初,

气温呈缓慢下降趋势, 下降幅度为 0.171  $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ; 80 年代后期开始, 气温逐渐回升; 90 年代以来, 增温趋势更加明显, 在 1997 年发生了一次明显增暖的突变, 突变发生年份比定西市气温突变年份迟 3 年, 这说明陇西县气温变化趋势的区域差异性和时间滞后性。

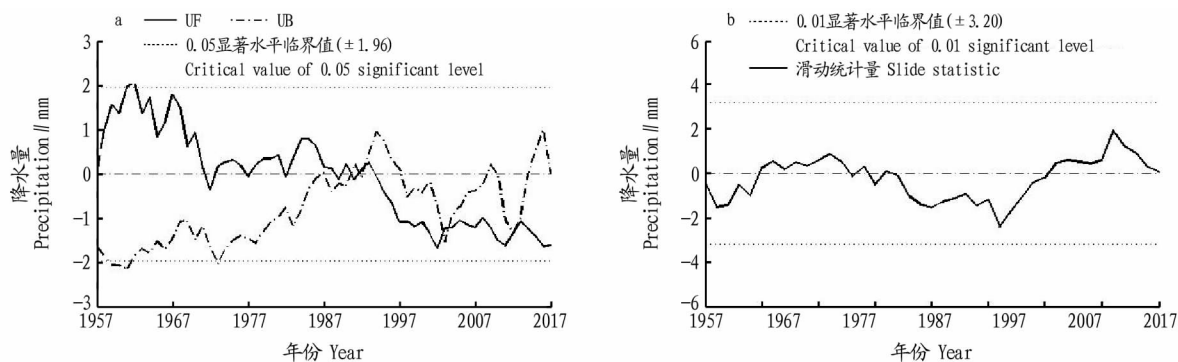


图6 1957—2017年陇西县降水量M-K检验(a)和滑动t检验(b)

Fig. 6 Precipitation M-K test(a) and sliding t test(b) in Longxi County from 1957 to 2017

(2)近61年来渭河上游陇西段降水量呈下降趋势,下降幅度为9.535 mm/10 a。四季降水量变化趋势不一致,其中夏、秋两季降水呈下降趋势,下降幅度分别为2.827和7.026 mm/10 a,春、冬两季降水呈缓慢上升趋势,上升幅度分别为0.528和0.049 mm/10 a。降水量在近61年来没有出现明显的突变现象。

(3)陇西县气温和降水变化趋势与甘肃省和定西市气温和降水量变化趋势基本一致<sup>[4-5,9]</sup>,但年变化幅度、季节变化幅度和气温突变时间存在差异,这些差异反映了气象要素的区域差异性。

#### 参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[R]. Cambridge & New York: Cambridge University

Press, 2013.

- [2] 《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第三次气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 903.
- [3] 张秀云, 姚玉璧, 杨金虎, 等. 中国西北气候变暖及其对农业的影响对策[J]. 生态环境学报, 2017, 26(9): 1514-1520.
- [4] 邢铁兰, 邸利, 何毅, 等. 1960-2013年甘肃省气温、降水变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(23): 175-181.
- [5] 孙润, 尚军林. 定西市近47年来气温、降水变化特征分析[J]. 陕西气象, 2015(1): 11-14.
- [6] 彭玉, 韩晓兰, 张定全, 等. 陇西气象[M]. 兰州: 甘肃文化出版社, 2006: 1-4.
- [7] 姚玉璧, 张秀云, 段志勇, 等. 渭河源区气候变化及其对水资源的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(5): 247-252.
- [8] 姚小英, 蒲金涌, 乔艳君, 等. 近39年来渭河上游主要气候因子变化特征[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(34): 19636-19637, 19721.
- [9] 张涵丹, 王伟, 薛蕊. 基于R/S分析和Mann-Kendall检验的定西市气温降水变化特征[J]. 水土保持研究, 2015, 22(6): 183-189.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 62-76.

(上接第119页)

穗腐病、丝核菌穗腐病、木霉穗腐病、青枯病、瀑裂病、丝裂病、早衰病等靶标控制。

#### 4.4 防治措施

**4.4.1 及时割除父本。**一般在去雄结束后10 d左右, 割除父本, 增加通风透光条件, 防止争水肥; 结合割父本, 人工割除黑粉病的病瘤, 并带出田烧毁或深埋。减轻病害的发生, 有利于增加千粒重和产量。

**4.4.2 加强田间管理, 防止早衰。**抽雄结束后, 平衡田间水肥, 防止种子瀑裂病、丝裂病的发生; 根据田间长势, 施尿素300 kg/hm<sup>2</sup>, 延长母本叶片功能期, 防止植株早衰, 增强抗逆性, 提高种子质量。

**4.4.3 药剂喷雾。**在割除父本之后, 集中进行1次药剂防控, 30%戊唑福美双WP、70%噁霉·福美双WP稀释1 000倍液, 75%百菌清WP、80代森锰锌WP稀释500倍液植株叶面、茎秆喷雾, 以防治叶斑病类、茎基腐病类、鞘腐病为目的; 或者与40%毒死蜱EC、10.5%阿维菌素·哒螨灵EC稀释1 500倍, 20%丁硫克百威EC稀释3 000倍液混合进行喷雾

防治, 即可达到防治玉米螟、蚜虫、灰飞虱、玉米红蜘蛛, 又可防治穗腐病类的目的。

**4.4.4 及时收获防冻。**当玉米苞叶变黄、籽粒变硬、下端出现黑层时收获; 或者在收获前15~20 d 站秆苞皮脱水, 以防冻、防霉变、防虫、防鼠, 提高种子健康度。

#### 参考文献

- [1] 刘海启. 我国玉米制种产业发展现状及战略选择[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(1): 9-14.
- [2] 雷玉明, 闫治斌, 郑天翔, 等. 河西走廊制种玉米病害名录[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2015, 12(21): 4-7.
- [3] 雷玉明, 陈丽. 河西走廊玉米苗枯病的发生规律及防治方法[J]. 玉米科学, 2006, 14(4): 151-154.
- [4] 陶富富, 刘庆彩, 徐明良. 玉米粗缩病研究进展[J]. 玉米科学, 2013, 21(1): 149-152.
- [5] 陈龙, 孙广正, 姚拓, 等. 干旱区微生物肥料替代部分化肥对玉米生长及土壤微生物的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(7): 108-113.
- [6] 张小利, 王晓鸣, 何月秋. 玉米细菌性叶斑病——上升中的玉米病害[J]. 植物保护, 2009, 35(6): 114-118.
- [7] 吴海燕, 孙淑荣, 范作伟, 等. 玉米茎腐病研究现状与防治对策[J]. 玉米科学, 2007, 15(4): 129-132.
- [8] 赵琳, 石江, 骆乐谈, 等. 玉米细菌性茎腐病研究初报[J]. 农业科技通讯, 2014(11): 122-124.