

# 主要气象因子对半干旱地区糜子倒伏性状指标的影响

王宇先,李清泉,赵 蕾,刘玉涛,徐莹莹,杨慧莹,高 盼

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**为促进糜子产业发展,利用自动气象观测站记录 2015-2017 年试验区生长季主要气象资料。通过对比分析 3 a 生长季的活动积温、降雨量的变化情况,揭示活动积温和降雨量等气候条件对糜子倒伏的影响。结果表明:丰沛或正常年份的生长季降雨量能促进糜子生长发育,使株高、鲜重、倒伏系数增加,根干重降低会造成倒伏几率增加,而干旱年份则相反。生长季降雨量的变化,尤其是生育后期的降雨量是影响糜子发生倒伏现象的主要气象因素。

**关键词:**半干旱地区;糜子;倒伏;气象因子

**中图分类号:**S516 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)11-0013-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.11.0013

由于国家“镰刀湾”政策的实施及气候条件的变化,围绕“镰刀湾”地区结构调整的目标任务,调减高纬度、干旱区的玉米,改种耐旱的杂粮作物,发挥杂粮作物传统种植优势。黑龙江省西部半干旱地区是黑龙江省重要的商品粮生产基地和杂粮主产区,积极发展杂粮种植,可打破生育期、积温、水量对大宗作物生产的限制,有利于充分利用黑龙江省西部地区的光、热、水等自然资源发挥优势。糜子营养价值高,含有小麦、水稻等粮食作物不具有的多种营养成分,生育期短,耐旱,耐瘠薄,具有明显的资源和生产优势。随着社会经济的发展,人们追求的生活质量也逐步提高,对于饮食结构和饮食习惯正趋于多元化发展,开发和发展糜子产业,不仅可以抵御干旱威胁,提高糜子价值,而且对改善膳食结构,增加农民收入,建设现代农业,构建和谐社会意义重大<sup>[1-2]</sup>。多年来,糜子都是作为救灾、避灾作物被长期种植,很少进行深层次的研究和开发。随着糜子产量进一步的提高,高产与倒伏的矛盾日益突出。随着农业生产机械化进程的加快和气候变化的多样性,倒伏成为影响糜子产量的主要限制因素之一,对实现糜子高

产高效及机械化收获构成严重威胁<sup>[3-4]</sup>。

本文通过对比近 3 年高纬度半干旱地区的气候资料分析和糜子不同品种发生的倒伏变化特征,寻找不同年际间水热条件下糜子倒伏性状指标的变化特征,为糜子适应机械化生产及糜子产业发展提供支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2015-2017 年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院科研试验基地轮作圃进行,试验基地位于黑龙江省齐齐哈尔市富拉尔基区科研委, N 47°16', E 123°41', 海拔 145.0 m。试验地地势平坦,排灌方便,前茬种植玉米,土壤类型为碳酸盐黑钙土。

### 1.2 材料

供试品种为当地主栽糜子品种年丰 1 号、年丰 3 号、年丰 5 号、年丰 6 号、年丰 7 号、齐黍 1 号、齐黍 2 号。2015-2017 年生长季即每年 5 月 1 日至 9 月 30 日的气象资料,由黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院自动气象站提供。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 采用小区随机区组设计,每个糜子品种(系)设 6 行区,5 m 行长,行距 0.65 cm, 3 次重复。常规水肥管理。收获前 7 d 进行抗倒伏指标测定。各年的试验地块、品种、播期、收获期、施肥量、种植密度及田间管理措施相同。为保证出苗只在播种前进行一次充分灌溉,灌溉量为 30 mm,除发生重大干旱,生育期间一般不进行补

收稿日期:2017-10-15

**基金项目:**国家谷子糜子产业技术体系资助项目(CARS-07-06B);齐齐哈尔市科技局农业科技攻关资助项目(NYGG-201509)

**第一作者简介:**王宇先(1982-),男,黑龙江省鸡西市人,硕士,助理研究员,从事旱作农业技术研究。E-mail:wyx13836209470@163.com。

**通讯作者:**李清泉(1968-),男,黑龙江省齐齐哈尔市人,学士,研究员,从事杂粮育种研究。E-mail:zls1968@163.com。

充灌溉。

1.3.2 测定项目与方法 (1)根干重(W):成熟期每份材料随机取样 30 穴(地下 0~30 cm)总根量洗净后烘干并称重。计算出每茎所占根量(g)。(2)茎秆抗折力(S):采用浙江托普仪器有限公司生产的 YYD-1 型茎秆强度测定仪测量第二节节强度。(3)株高(H):每份材料随机取 30 株,测其株高,取其平均值,即为该份材料的株高(cm)。(4)单茎鲜重(G):带穗、叶和叶鞘的完整地上部分单茎鲜重,随机取 30 棵测平均值(g)。(5)倒伏系数:株高(H)和地上部鲜重(G)的乘积与茎秆机械强度(M)和根量(W)的乘积之比,计算公式为  $LC = H \cdot G / W \cdot M$ 。

1.3.3 统计分析 试验数据采用 WPS 表格、DPS 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 年际间气象因子变化特征分析

2.1.1 年际间生育期温度变化特征分析 由图 1 看出,根据自动气象观测站的数据记录结果表明,试验区 2015-2017 年生长季(播种期至收获期)活动积温分别为 2 915.1、2 975.0、2 952.4 °C,年际间生长季总活动积温最大相差 59.9 °C,没有出

现大幅度的活动积温变化。年际间各月活动积温趋于一致,仅 2015 年 5 月和 2017 年 9 月气温偏低,且未对各年际间试验处理造成影响。2015 年、2016 年、2017 年均属于活动积温正常年份。在生长季活动积温未发生大幅度变化。

2.1.2 年际间生育期降雨量变化特征分析 从图 2 可知,试验区 2015 年至 2017 年生长季降雨量年际间变化较大,属于降雨量差异不同年份。2015 年降雨量为 411.4 mm 属于降雨充沛年份,高于多年平均降雨量(330 mm);2016 年降雨量为 283.2 mm 属于降雨缺少年份;2017 年降雨量为 327.2 mm 属于降雨平均年份。年际间各月降雨量变化较大且时空分布不均,2015 年总体降雨量偏高但各月降雨量分布较为平均且表现出比正常年份偏高趋势,未出现干旱、内涝天气;2016 年 5 月属正常水平,6 月份高于往年平均水平,对于糜子营养积累具有促进作用,7 月、8 月降雨量偏少出现持续干旱天气,虽然对产量有一定影响,但有利于提高糜子抗倒伏能力;2017 年 5 月、6 月、7 月降雨量偏少,8 月、9 月降雨量偏高,此时正直糜子灌浆期和成熟期,地上部分重量较大,土壤地表松软,如伴有大风天气极易发生倒伏现象。

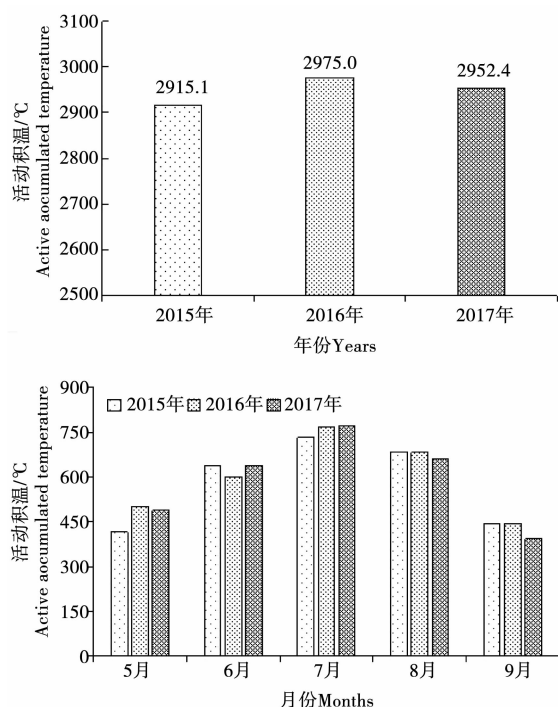


图 1 年际间生育期温度变化特征

Fig. 1 The characteristics of temperature variation during the interannual growth period

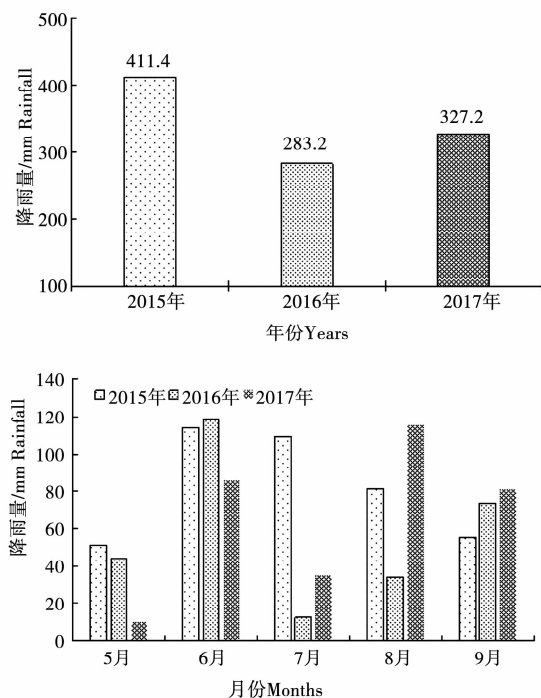


图 2 2015-2017 年生育期的降雨量变化

Fig. 2 Changes of rainfall during the growth period from 2015 to 2017

## 2.2 年际间气象因子变化对糜子倒伏性状指标的影响

2.2.1 年际间糜子倒伏程度的变化 从图3看出,对比2015-2017年各年际间糜子倒伏程度调查结果表明,年际间主要气象因子的改变导致糜子发生倒伏程度不同。2015年部分糜子品种发生倒伏,主要有年丰1号、年丰3号、年丰7号和齐泰1号,倒伏程度在15%~30%,其它糜子品种倒伏现象均在5%以下;2016年各糜子品种倒伏程度均<5%,各品种均未发生大面积倒伏现象;2017年所有品种均发生倒伏现象,其中齐泰1号倒伏程度达到95%以上,年丰7达到90%,其它品种倒伏程度也达到70%以上。

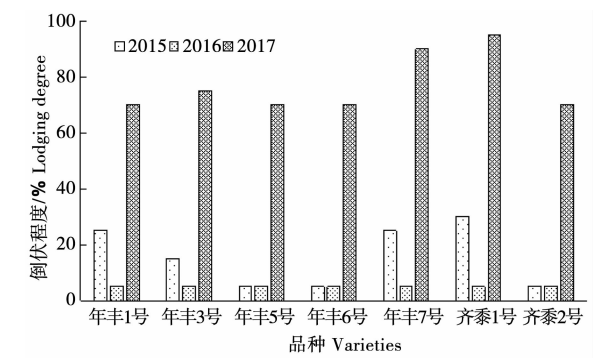


图3 2015-2017年糜子倒伏程度变化对比  
Fig. 3 Comparison of lodging degree of *Panicum miliaceum* L. from 2015 to 2017

2.2.2 年际间糜子株高的变化 从图4看出,对比不同年际间各糜子品种的株高可知,降雨丰沛年份和降雨正常年份的糜子株高要显著高于降雨缺少年份,其中以年丰7号、齐泰1号、齐泰2号的差异显著性较大。原因可能是由于年丰7号、齐泰1号、齐泰2号3个品种为近年新审定的糜子品种,喜肥水性较强,对干旱较为敏感导致。年丰1号、年丰5号、年丰6号、齐泰1号在降雨丰沛年份的株高要高于降雨正常年份的株高,年丰3号、年丰7号、齐泰2号相反,且除了齐泰1号、年丰5号表现出株高差异显著外,其他糜子品种株高在降雨丰沛年份和降雨正常年份差异均不显著,说明干旱年份对糜子株高影响较大,但在降雨量正常或者丰沛年份间差异不明显。

2.2.3 年际间糜子鲜重的变化 对比不同年际间各糜子品种的鲜重可知(见图5),降雨丰沛年份和降雨正常年份的糜子鲜重要显著高于降雨缺少年份,说明降雨量的变化对糜子植株鲜重影响较大,在干旱少雨年份的植株鲜重降低幅度较大,

在降雨量正常或者丰沛年份间差异不明显。

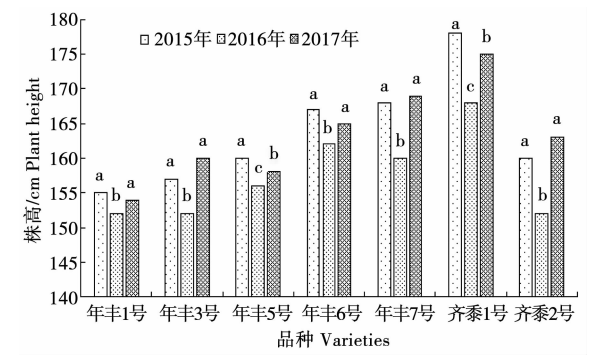


图4 2015-2017年糜子株高对比  
Fig. 4 Comparison of plant height of *Panicum miliaceum* L. from 2015 to 2017

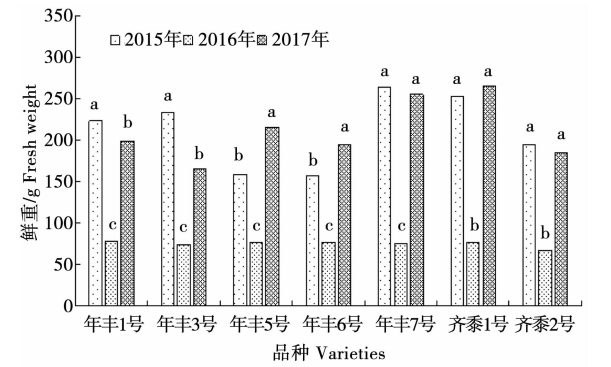


图5 2015-2017年糜子鲜重对比  
Fig. 5 Comparison of fresh weight of *Panicum miliaceum* L. from 2015 to 2017

2.2.4 年际间糜子根干重的变化 对比不同年际间各糜子品种的根干重可知(见图6),2016年是降雨缺少年份,各糜子品种的根系相对发达,根干重显著大于2015年降雨丰沛年份和2017年降雨正常年份。2015年和2017年各糜子品种的根干重差异不显著。说明降雨量缺少的年份,由于

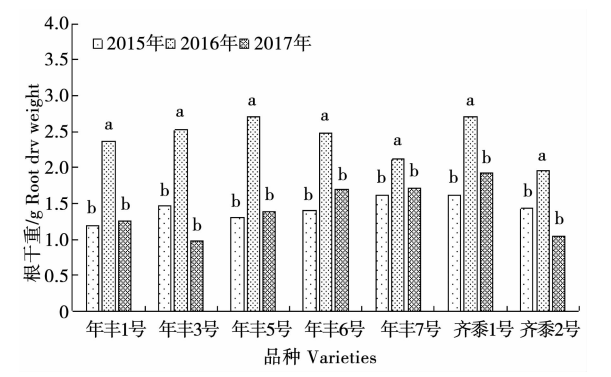


图6 2015-2017年糜子根干重对比  
Fig. 6 Comparison of root dry weight of *Panicum miliaceum* L. from 2015 to 2017

干旱导致糜子根系发达,根干重增加,有利于提高糜子抗倒伏能力,降雨分配或者正常年份,由于水分相对充足,糜子根系较弱,根干重较小,不利于提高糜子抗倒伏能力。

2.2.5 年际间糜子抗折力的变化 对比不同年际间的茎秆抗折断能力的大小可知(见图7),2015年降雨丰沛年份的年丰6号、齐泰1号的抗折力显著高于2016年干旱年份和2017年正常年份的茎秆抗折力,其它各糜子品种的抗折力年际间差异不显著。说明年际间降雨量的变化对糜子茎秆抗折力大小的影响较小,但降雨量的增加使一些糜子品种的抗折力显著提高。

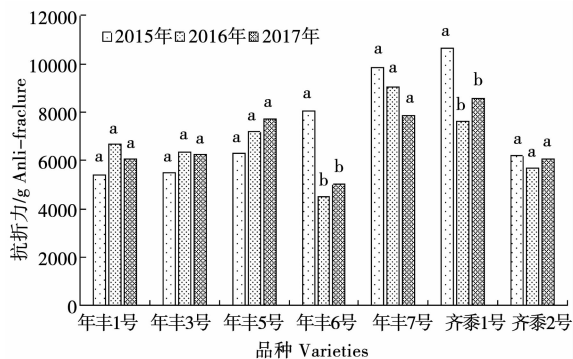


图7 2015-2017年糜子抗折力对比

Fig. 7 Comparison of anti-fracture of *Panicum miliaceum* L. from 2015 to 2017

2.2.6 年际间糜子倒伏系数的变化 由图8可知,降雨丰沛的2015年和降雨正常的2017年的糜子倒伏系数要显著高于降雨缺少的2016年,说明降雨量的变化对糜子倒伏系数的影响较大,在干旱少雨年份的糜子倒伏系数降低幅度较大,抗倒伏能力较强,在降雨量正常或者丰沛年份倒伏系数较大,抗倒伏能力较弱,易发生倒伏现象。

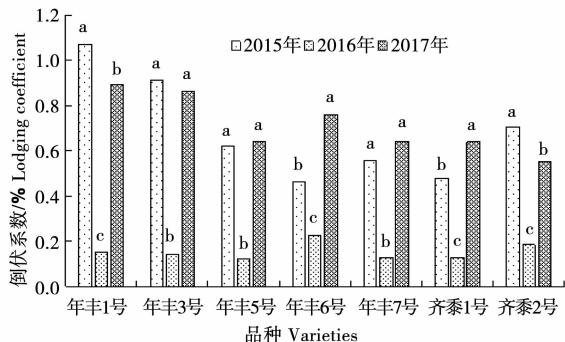


图8 2015-2017年糜子倒伏系数对比

Fig. 8 Comparison of lodging coefficient of *Panicum miliaceum* L. from 2015 to 2017

### 3 结论与讨论

作物倒伏是一个综合的、复杂的现象。它受到外界气候条件、栽培技术、植物本身特性以及支持土壤系统等多重影响,环境气候系统的影响包括降雨、光照、风速、积温的影响<sup>[5]</sup>。降雨量能迅速增加作物耕层土壤中的土壤含水量,改变了土壤耕层构造,使土壤变软不利于作物的根系稳固性,导致作物根部倒伏的可能性增加,而且降雨过程中常常伴有大风天气,加大茎秆基部承受的压力,常常造成作物大面积倒伏<sup>[6-7]</sup>。光强是节间伸长的决定性因素,同时也控制维管组织横向和纵向发育的平衡<sup>[8-9]</sup>;温度的提高也会促进分蘖,增加了群体密度减少光截获,从而影响下位节间,另一个间接效应是高温促进了土壤中氮素的释放<sup>[10]</sup>。

本研究主要针对降雨量和活动积温两个主要气象因素,开展不同年际间气象因素对糜子倒伏性状指标的影响。通过对比2015-2017年3a的活动积温和降雨量等气象条件发现,3a的活动积温相近,对糜子生长进程没有造成影响。降雨量变化差异较大,分别代表丰沛(2015年)、干旱(2016年)、正常(2017年)3个不同类型的年份,在栽培管理措施一致条件下,年际间糜子发生不同程度的倒伏现象。2015年部分糜子品种发生倒伏,2016年各糜子品种未发生倒伏现象,2017年所有品种均发生不同程度的大面积倒伏现象。2015年、2017年在株高、鲜重、倒伏系数、根干重等各项倒伏指标与2016年相比均呈现显著差异,只有抗折力指标差异不显著。说明生长季丰沛或者正常的降雨量能促进糜子生长发育,直接影响糜子倒伏指标的形成,使株高、鲜重、倒伏系数增加,根干重降低出现倒伏几率增加,而干旱年份则相反。同时,在糜子生育后期,即8-9月(籽粒灌浆、成熟期间)由于地上部分重量增大,降雨量过多会直接导致糜子倒伏的发生。因此,生长季降雨量的变化,尤其是生育后期的降雨量是影响糜子发生倒伏现象的主要气象因素。

#### 参考文献:

- [1] 田伯红. 禾谷类作物抗倒伏性的研究方法与其抗倒性评价[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(2): 265-269.
- [2] 李得孝, 康宏等. 作物抗倒伏性研究方法[J]. 陕西农业科学, 2001(7): 20-22.
- [3] 邓妍, 王创云, 赵丽, 等. 群体密度对玉米茎秆性状、土壤水分的影响及其与产量、倒伏率的关系[J]. 华中农学报, 2017, 32(5): 216-223.

(下转第19页)

影响。在奶花芸豆种植密度为  $17.4 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,单株荚数及单株粒数达到最大且显著高于密度为  $22.3 \text{ 万}$  和  $19.5 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$  的处理,此时单株荚数为  $16.0$ ,单株粒数为  $47.7$ 。在本试验条件下,密度小于  $17.4 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$  时随着密度的逐渐升高,产量逐渐增加,并在密度为  $17.4 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$  时的产量最高,为  $3\,033.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;再继续增加密度时,产量逐渐降低。可见,种植密度的大小直接影响奶花芸豆产量的高低。

#### 参考文献:

- [1] 张丙云,袁亚兰,高瑜璟,等.芸豆蛋白的营养价值和功能特性研究[J].食品工业科技,2010,31(11):347-350.
- [2] 黄智慧,黄立新,吕童.花芸豆淀粉的性质研究[J].食品与

发酵工业,2006,32(8):35-39.

- [3] 柴岩,冯佰利.中国小杂粮产业发展现状及对策[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):145.
- [4] 王强,张亚芝,魏淑红,等.黑龙江省芸豆生产现状与产业化发展[J].中国种业,2008(4):11-12.
- [5] 冯佰利,鱼欢,高小丽,等.中国芸豆品牌发展战略研究[J].中国农学通报,2005,21(6):454-457.
- [6] 蒋桂英,刘建国,李贤英,等.奶花芸豆群体冠层结构特征及产量性状研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(4):211-214.
- [7] 桑素平,杨锦忠,张晓艳,等.种植密度对芸豆叶形态特征影响的图像处理研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2006,26(3):230-232,239.
- [8] 孙学映,朱体超,陈光蓉,等.种植密度和施肥对矮生芸豆产量的影响[J].湖北农业科学,2015,54(13):3167-3170.

## Effect of Planting Density on Agronomic Traits and Yield of Light Speckled Kidney Bean in Northern Area of Heilongjiang Province

CAI Xin-xin, LYU Xiao-li, TAN Juan, WANG Shu, ZHANG Qi-Feng, LIU Xian-yuan, ZHANG Xi-wen  
(Heihe Branch of Heilongjiang Agricultural Sciences, Heihe, Heilongjiang 164300)

**Abstract:** In order to promote high yield of light speckled kidney bean in Heilongjiang province and guide agricultural production, the effect of 5 different planting density on yield of light speckled kidney bean was studied, the optimum planting density of light speckled kidney bean in northern Heilongjiang province was screened. The results showed that when the planting density of light speckled kidney bean in  $1.43 \times 10^5 \sim 2.23 \times 10^5 \text{ plant} \cdot \text{hm}^{-2}$ , the yield increased gradually, and reached the peak in the density of  $1.74 \times 10^5 \text{ plant} \cdot \text{hm}^{-2}$ , the yield was the highest, reaching  $3\,033.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ .

**Keywords:** light speckled kidney bean; planting density; agronomic traits; yield

#### (上接第 16 页)

- [4] 李杰,张洪程,龚金龙,等.不同种植方式对超级稻植株抗倒伏能力的影响[J].中国农业科学,2011,44(11):2234-2243.
- [5] 王宇先,半干旱地区糜子倒伏系数相关及通径分析[J].黑龙江农业科学,2015(7):31-34.
- [6] 高志军,杨文耀,刘景川,等.糜子品种抗倒伏试验研究[J].安徽农学通报,2016,22(8):30-31.
- [7] 田保明,杨光圣,曹刚强,等.农作物倒伏及其影响因素分

析[J].中国农学通报,2006,22(4):163-167.

- [8] 王群瑛,胡昌浩.玉米茎秆抗倒特性的解剖研究[J].作物学报,1991,17(1):70-75.
- [9] 王勇,李晴祺.小麦品种抗倒性评价方法研究[J].华北农学报,1995,10(3):84-88.
- [10] 任佰朝,张吉旺,李霞,等.大田淹水对高产夏玉米抗倒伏性能的影响[J].中国农业科学,2013,46(12):2440-2448.
- [11] 王莹,杜建林.大麦根倒伏抗性评价方法及其倒伏系数的通径分析[J].作物学报,2001,11(6):941-945.

## Effects of Major Meteorological Factors on Lodging Traits of *Panicum miliaceum* L. in Semi-arid Area

WANG Yu-xian, LI Qing-quan, ZHAO Lei, LIU Yu-tao, XU Ying-ying, YANG Hui-ying, GAO Pan  
(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006)

**Abstract:** In order to promote the development of the millet industry, the main meteorological data at the growth season of the pilot zone of 2015-2017 were recorded using the automatic meteorological observation station. The changes in temperature, rainfall and other meteorological factors in recent three years of crop growth season were compared, influence of accumulated temperature, rainfall and other climatic conditions on millet lodging was analyzed. The results showed that the growing season rainfall could promote the growth of *Panicum miliaceum* L. in abundant rainfall year or normal year, the plant height, fresh weight, lodging coefficient increased, root dry weight decreased, and lodging probability increased, the situation in the drought year was just the opposite. Rainfall in growing season, especially at late growth stage, was the main meteorological factors of the millet lodging.

**Keywords:** semi-arid area; millet; lodging; meteorological factors

(该文作者还有闫峰、董扬,单位同第一作者)