

# 中早熟玉米品种在晋南高海拔冷凉区的适应性研究

张晶<sup>1</sup> 赵云娟<sup>2</sup> 张定一<sup>1</sup> 段峰<sup>2</sup> 李民祥<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>山西农业大学小麦研究所,临汾 041000; <sup>2</sup>山西省临汾市农业农村局,临汾 041000;

<sup>3</sup>山西省临汾市蒲县农业农村局,蒲县 041000)

**摘要:**为提高晋南高海拔冷凉区玉米品种与光热资源的吻合度,明确中早熟玉米品种和育 187 和迪卡 1563 在当地的适应性,2022 年以蒲县 6 个村为试验点,以当地农户种植品种为对照,调查产量及其构成要素、穗部性状和收获期成熟度。研究认为通过地膜覆盖弥补自然积温不足而种植中晚熟品种不是该区域最佳选择。岔上村、瓷窑河村、木掌村及夏家岭村气温偏高、降雨多的区域,和育 187 增产幅度较大,达 21.42%~91.73%;上柳村海拔较高,气温偏低,和育 187 在收获期乳线比例为 88.14%,粒重潜力未充分发挥,导致产量增幅较小,和育 187 和迪卡 1563 分别为 13.61%、5.28%;后沟村肥力差且低温少雨,生育期延迟,导致和育 187 在收获期成熟度差,乳线比例仅为 58.24%,产量显著降低,百粒重为主要限制因子。中早熟品种和育 187 在气温偏高、降雨多的冷凉区域具有很好的适应性,而在海拔较高、气温偏低的区域适宜的玉米品种有待进一步筛选。

**关键词:**中早熟;玉米;冷凉区;适应性

## Study on Adaptability of Middle Early Maturing Maize Varieties in High Altitude Cold Area in South Shanxi

ZHANG Jing<sup>1</sup>, ZHAO Yunjuan<sup>2</sup>, ZHANG Dingyi<sup>1</sup>, DUAN Feng<sup>2</sup>, LI Minxiang<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Wheat Research, Shanxi Agricultural University, Linfen 041000, Shanxi; <sup>2</sup>Linfen Agricultural and Rural Bureau, Linfen 041000, Shanxi; <sup>3</sup>Puxian Agricultural and Rural Bureau, Puxian 041000, Shanxi)

作物生长发育除了要求适宜的温度范围外,对热量的总量也有一定的要求<sup>[1-2]</sup>,有效积温是衡量农业气候资源的主要指标,是决定玉米产量高低和玉米品种能否在某个地区安全种植的首要生态因素<sup>[3]</sup>。白彩云等<sup>[4]</sup>研究表明,同一品种在不同热量资源生态区表现出极显著的积温需求差异,这种差异归于玉米品种对外界温度资源条件的自我生理调节。董桂芳等<sup>[5]</sup>研究指出,不同熟期品种因其各自生育阶段所处的温光条件不同,其物质积累与分配特性有所不同,干物质积累进而直接影响玉米产量。目前晋南高海拔冷凉区推广种植的品种多为春播中晚熟玉米,从播种到成熟需要 2700~2750℃ 的有效

积温。该地区早霜冻是主要的气象灾害之一,早霜冻发生正值玉米生长进入乳熟阶段,此时玉米的耐寒能力较弱,一旦遭受冷害,主要表现在后期所需有效积温不足,玉米穗粒不能正常成熟,灌浆不饱满,玉米产量较低,产量损失通常占 20%~30%,最严重时达 50% 以上。因此,低温冷害已经成为玉米生产过程中主要制约因素,与玉米后期的产量有着紧密联系<sup>[6]</sup>。如何利用现有自然条件,最大限度地提高玉米对光温资源的利用来提高其产量,成为亟待解决的问题<sup>[7]</sup>。本研究在晋南蒲县气候寒冷潮湿区 6 个试验点开展中早熟玉米品种的适应性研究,调查早霜冻来临时玉米成熟程度、穗部性状及产量,旨在提高晋南高海拔冷凉区玉米品种与光热资源的吻合度,大幅度提高玉米产量和抗低温能力,对保障山西

省低温冷凉区粮食稳中增产具有重要意义。

## 1 材料与方法

**1.1 试验设计** 试验于 2022 年在蒲县气候寒冷潮湿区(蒲县东部和东南部的中山地带)进行,此区年均气温 6.7~7.3℃,≥10℃的有效积温 2547℃,年降水量为 600~650mm,无霜期 157d 左右。以 2 个中早熟品种和育 187 (2450℃)、迪卡 1563 (2500℃) 为试验材料,试验地点分别为黑龙关镇岔上村(海拔 1292.0m)、西坪垣乡瓷窑河村(海拔 1399.3m)、乔家湾乡木掌村(海拔 1340.4m)、太林乡夏家岭村(海拔 1350.5m)、克城镇后沟村(海拔 1382.8m)和克城镇上柳村(海拔 1480.6m),以每个试验点农户种植品种为对照,并按照当地常规种植方式及田间管理进行,9月25日(早霜冻发生后)进行调查。

**1.2 测定项目与方法** 调查各试验点每个品种穗数,选取中间 3 行,随机收获连续 30 株玉米的果穗,待风干后进行室内考种,测定穗长、穗粗、秃尖长、轴粗、轴重等穗部性状以及穗行数(果穗中部的籽粒行数)、行粒数(所测果穗 1 个中等长度行的粒数)

和百粒重(随机取籽粒 100 粒称重,3 次重复,重复间差异小于 0.5g)。籽粒产量按 14% 含水量计算折合产量。玉米灌浆程度调查分别取具有代表性的果穗 5 穗,各果穗取中部 30 粒混匀,用游标卡尺测量乳线比例。

$$\text{乳线比例}(\%) = \text{乳线下移量} / \text{籽粒长} \times 100$$

**1.3 数据处理** 数据采用 Excel 2016 和 DPS 15.10 软件进行分析数据处理。

## 2 结果与分析

**2.1 不同试验点玉米品种产量及其构成** 由表 1 可知,岔上村中早熟品种与农户品种(覆膜)穗数无显著差异,穗粒数、百粒重和产量在 3 个品种间差异均达到了显著水平,其中和育 187 百粒重和产量均较高,迪卡 1563 产量次之,增产主要与穗粒数有关,农户品种(覆膜)穗粒数和产量均最低。中早熟品种较农户品种(覆膜)产量分别提高 41.19%、25.23%。瓷窑河村各品种穗数无显著差异,穗粒数差异显著,迪卡 1563 穗粒数最高,农户品种次之,百粒重以和育 187 最高,迪卡 1563 和农户品种百

表 1 不同试验点玉米品种产量及其构成

试验地点	品种	穗数	穗粒数	百粒重(g)	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
岔上村	和育 187	52486a	700b	41.7a	11867.73a
	迪卡 1563	52263a	828a	31.2c	10526.25b
	农户品种(覆膜)	52390a	576c	35.7b	8405.26c
瓷窑河村	和育 187	51225a	644c	41.3a	10683.75a
	迪卡 1563	51670a	846a	34.5b	10563.00a
	农户品种	51026a	774b	33.8b	8799.00b
木掌村	和育 187	51211a	700b	36.2a	10368.71a
	迪卡 1563	51245a	784a	33.7b	9555.12b
	农户品种	51093a	666c	25.5c	7155.75c
夏家岭村	和育 187	57062a	656b	36.9a	12048.77a
	迪卡 1563	54129b	688ab	35.3a	10116.75b
	农户品种	54194b	528c	31.5b	6284.28d
后沟村	农户品种(覆膜)	54269b	720a	31.6b	9481.59c
	和育 187	52646a	700a	31.5b	7749.22b
	迪卡 1563	52537a	720a	29.1b	7665.18b
上柳村	农户品种(覆膜)	52476a	560b	39.0a	10185.36a
	和育 187	56973a	616c	38.4a	11744.27a
	迪卡 1563	55834a	684b	32.7b	10883.54b
	农户品种(覆膜)	54199a	820a	29.0c	10337.25c

穗数为每 hm<sup>2</sup> 穗数;同列不同小写字母表示试验点处理间差异显著( $P < 0.05$ ),下同

粒重差异不显著,产量以和育 187 和迪卡 1563 较高,二者差异不显著,较农户品种分别提高 21.42%、20.05%。木掌村各参试品种的穗数无显著差异,3 个品种间穗粒数、百粒重及产量差异均达显著水平,产量以和育 187 最高,迪卡 1563 次之,中早熟品种较农户品种产量分别提高 44.90%、33.53%。夏家岭村和育 187 穗数最高,与其余品种差异达显著水平,穗粒数则以农户品种(覆膜)最高,迪卡 1563 次之,二者差异不显著,和育 187 和迪卡 1563 百粒重较高,二者与农户品种以及农户品种(覆膜)差异显著,品种间产量达显著水平,表现为和育 187> 迪卡 1563> 农户品种(覆膜)> 农户品种;其中和育 187 较农户品种未覆膜及覆膜产量分别提高 91.73%、27.08%,迪卡 1563 则分别提高 60.99%、6.70%。后沟村中早熟品种与农户品种(覆膜)穗数无显著差异,和育 187 和迪卡 1563 穗粒数较高,二者差异不显著,百粒重和产量均以农户品种(覆膜)最高,且与中早熟品种差异显著,中早熟品种产量分别减产 23.92%、24.74%。上柳村中早熟品种与农户品种(覆膜)穗数无显著差异,穗粒数差异显著,百粒重及产

量均表现为和育 187> 迪卡 1563> 农户品种(覆膜),三者间差异显著,和育 187 和迪卡 1563 较农户品种(覆膜)产量分别提高 13.61%、5.28%。

**2.2 不同试验点玉米品种穗部性状** 6 个试验点均表现为和育 187 穗长最长,为 24.3~26.0cm,除夏家岭试验点农户品种(覆膜)秃尖长为 1.0cm 外,其余试验地均表现为农户品种或农户品种(覆膜)秃尖长较长,为 1.8~4.0cm。岔上村和育 187 穗粗、轴粗、轴重均最高,秃尖长最短,3 个品种轴粗无显著差异,轴重和秃尖长差异达显著水平。瓷窑河村 3 个品种穗长、穗粗和轴重差异均达显著水平,迪卡 1563 穗粗和轴粗均最高,轴重以农户品种最高,和育 187 和迪卡 1563 秃尖长显著低于农户品种。木掌村和育 187 和迪卡 1563 穗长、穗粗及秃尖长差异不显著,轴粗以迪卡 1563 最高,与其余二者差异显著,3 个品种间轴重差异显著,和育 187 最高。夏家岭村和育 187 和迪卡 1563 穗长、穗粗和轴粗均无显著差异,品种间轴重差异达显著水平,农户品种最高,和育 187 秃尖长最短,与迪卡 1563 和农户品种差异显著。后沟村和育 187 和迪卡 1563 穗长

表 2 不同试验点玉米品种穗部性状

试验地点	品种	穗长(cm)	穗粗(cm)	轴粗(cm)	轴重(g)	秃尖长(cm)
岔上村	和育 187	24.3a	62.9a	28.1a	33.2a	1.1c
	迪卡 1563	22.0b	58.2b	27.7a	24.1c	2.1b
	农户品种(覆膜)	20.2c	58.4b	27.8a	31.5b	2.6a
瓷窑河村	和育 187	24.7a	52.1c	27.3b	35.6b	0.5b
	迪卡 1563	22.5c	57.7a	30.8a	29.5c	0.3b
	农户品种	23.4b	55.3b	29.4ab	39.4a	1.8a
木掌村	和育 187	24.5a	53.6a	26.0b	35.3a	1.0b
	迪卡 1563	23.0ab	54.8a	31.4a	29.3b	0.5b
	农户品种	22.0b	49.7b	26.1b	26.3c	2.3a
夏家岭村	和育 187	24.8a	53.5a	29.6a	32.0d	0.5c
	迪卡 1563	24.5a	53.8a	29.6a	35.3b	2.2b
	农户品种	23.0b	52.9ab	30.3a	39.2a	3.1a
	农户品种(覆膜)	24.5a	51.8b	27.5b	33.0c	1.0c
后沟村	和育 187	25.0a	50.9c	27.8c	45.9a	3.0a
	迪卡 1563	24.0a	53.6b	30.2b	39.4b	1.5b
	农户品种(覆膜)	21.2b	55.4a	32.0a	28.8c	2.5a
上柳村	和育 187	26.0a	53.15b	27.80b	43.0a	1.0c
	迪卡 1563	22.0c	58.87a	31.46a	26.2c	2.1b
	农户品种(覆膜)	23.0b	57.23a	29.35ab	40.0b	4.0a

差异不显著,农户品种(覆膜)穗粗和轴粗均较高,轴重最低,且与其余2个品种差异达显著水平,迪卡1563秃尖长最短,与其余品种差异显著。上柳村3个品种穗长、轴重及秃尖长差异达显著水平,迪卡1563穗粗和轴粗最高,显著高于和育187,和育187轴重最高,秃尖长最短。

**2.3 不同试验点玉米品种乳线比例比较** 乳线是判定玉米籽粒成熟较好的指示物。由表3可知,6个试验点中岔上村、瓷窑河村及木掌村乳线比例均表现为和育187>迪卡1563>农户品种或农户品种(覆膜),且差异达显著水平。夏家岭村乳线比例为和育187>农户品种(覆膜)>迪卡1563>农户品种,且差异达显著水平。后沟村乳线比例则表现为农户品种(覆膜)>和育187>迪卡1563,且差异达显著水平。上柳村乳线比例为和育187>农户品种(覆膜)>迪卡1563,迪卡1563和农户品种(覆膜)乳线比例差异不显著。

表3 不同试验点玉米品种乳线比例调查

试验地点	和育187	迪卡1563	农户品种	农户品种(覆膜)
岔上村	92.35a	77.69b	-	63.24c
瓷窑河村	98.12a	73.52b	66.49c	-
木掌村	94.75a	72.14b	59.21c	-
夏家岭村	88.91a	76.10c	50.11d	80.12b
后沟村	58.24b	50.07c	-	90.15a
上柳村	88.14a	68.42b	-	70.95b

### 3 结论与讨论

高海拔冷凉区传统的种植模式是通过地膜覆盖解决积温不足和玉米生育期长的问题<sup>[8-10]</sup>,胡宇等<sup>[9]</sup>研究表明,覆膜可显著增加玉米产量,该结论在夏家岭试验点得到了证实,但本研究中除后沟村农户品种(覆膜)产量高于中早熟品种外,其余试验点均表现为中早熟品种产量显著高于农户品种(覆膜)。同时前人研究表明,地膜覆盖导致土壤导热性差和不透气,长时间覆盖地膜会使土壤温度过高,透气不良,根系呼吸受阻,造成作物在生长发育中后期出现不同程度的早衰,直接影响其产量提高<sup>[11-12]</sup>。因此通过地膜覆盖弥补自然积温不足而种植中晚熟品种不是该区域的最佳选择。

玉米授粉后,籽粒顶部淀粉会沉积、失水成为固体,形成了籽粒顶部为固体、中下部为乳液的固液

交界线(乳线)<sup>[13]</sup>。通常乳线消失、籽粒水分降至30%~35%时达到生理成熟<sup>[14]</sup>。周颖等<sup>[15]</sup>研究表明不同熟期玉米品种间乳线比例存在明显差异,中晚熟品种籽粒乳线比例大于晚熟品种,本研究结果与其一致,播种区域生态条件以及种植模式(是否覆膜)不同,籽粒淀粉积累程度不同。本研究中,岔上村、瓷窑河村、木掌村及夏家岭村气温偏高,降雨多,中早熟品种显著增产;上柳村在6个试验点中海拔最高,气温偏低,中早熟品种和育187在收获期乳线比例为88.14%,粒重潜力未充分发挥,导致产量增幅较小;后沟村肥力差且低温少雨,低温延迟生育期,减缓发育速度,中早熟品种和育187在收获期成熟度差,乳线比例仅为58.24%,使产量显著降低,百粒重为主要限制因素。

高海拔冷凉区生态类型复杂,在同一地区存在不同的生态气候类型,品种适应性的好坏直接影响品种本身的推广价值和效益<sup>[16-17]</sup>。生育期不同的玉米品种对生态条件反应不同<sup>[18]</sup>。已有研究指出,明确不同生态类型区域的气候变化规律,有利于在生产上合理选用产量潜力更大的品种、充分利用当地光温资源和有效规避自然风险<sup>[19-20]</sup>。晋南高海拔冷凉区玉米品种减产的主要原因是:单位面积有效穗数少、秃尖长,灌浆不充分,个别品种收获期仅为灌浆期的1/2,导致百粒重成为提高产量的限制因素。和育187品种生育期短,籽粒乳线下移快,粒重更早达到最大值,在气温偏高、降雨多的区域收获时基本达到生理成熟,产量品质有保障,具有很好的适应性,而在海拔较高、气温偏低的区域适宜的玉米品种有待进一步筛选。

### 参考文献

- [1] 钱春荣,王荣焕,于洋,徐田军,宫秀杰,郝玉波,姜宇博,赵久然.生态区对不同熟期玉米品种生长发育与有效积温生产效率的影响.黑龙江农业科学,2020(9):1-8
- [2] 杨晓光,刘志娟,陈卓.全球气候变暖对中国种植制度可能影响:VI.未来气候变化对中国种植制度北界的可能影响.中国农业科学,2011,44(8):1562-1570
- [3] 戴明宏,单成钢,王璞.温光生态效应对春玉米物质生产的影响.中国农业大学学报,2009,14(3):35-41
- [4] 白彩云,李少昆,柏军华,张厚宝,谢瑞芝.我国东北地区不同生态条件下玉米品种积温需求及利用特征.应用生态学报,2011,22(9):2337-2342

- 究进展. 中草药, 2019, 50 (4): 992-1000
- [2] 刘佳, 牛景梅, 赵进红, 何文彬, 吕宝兴, 李玉琴. 泰山白首乌研究进展. 广东化工, 2019, 46 (6): 119-120
- [3] 王冬艳, 华欣, 叶记林, 李芹, 陈雁, 季琰. 江苏地产白首乌 C<sub>21</sub> 甾体苷对高血脂大鼠的肝脏保护和抗氧化作用研究. 河北医药, 2016, 38 (3): 335-337
- [4] 惠勇. 白首乌 C<sub>21</sub> 甾体苷对慢性心力衰竭大鼠心肌的保护作用. 中国药物经济学, 2016, 11 (2): 12-15
- [5] 宋俊梅, 王增兰, 丁霄霖, 谷晓红. 白首乌 C<sub>21</sub> 总甾体对 S<sub>180</sub> 腹水瘤抑制作用的研究. 山东轻工业学院学报: 自然科学版, 2002 (2): 52-55
- [6] 杨小红, 周远明, 张瑜, 曾亚翎, 刘谋治, 赵冰清, 唐宇晖. 白首乌多糖降血脂作用研究. 时珍国医国药, 2010, 21 (6): 1381-1382
- [7] 王冬艳, 华欣, 叶记林, 李晶晶, 李芹, 严慧深. 白首乌 C<sub>21</sub> 甾体苷对 Heps 小鼠抑瘤作用和对造血功能影响. 实用临床医药杂志, 2014, 18 (3): 6-8, 22
- [8] 林红梅, 郑威, 徐佳丽, 张如松. 基于 HPCPC 白首乌 C<sub>21</sub> 甾体苷的抗肿瘤活性研究. 中华中医药学刊, 2010, 28 (11): 2370-2371
- [9] 王冬艳, 李心, 张洪泉. 江苏地产白首乌 C<sub>21</sub> 甾体苷对荷瘤小鼠的免疫保护作用. 中国临床药理学与治疗学, 2007 (2): 168-172
- [10] 孙彦敏, 王辉, 徐凌川. 近 10 年白首乌研究进展. 中国中医药信息杂志, 2015, 27 (7): 131-136
- [11] 彭蕴茹, 丁永芳, 李友宾, 段金殿. 白首乌研究现状. 中草药, 2013, 44 (3): 370-378
- [12] 王拯, 张胜全, 宋科, 许春辉, 陈兆波. 环渤海滨海盐碱地小麦丰产技术讨论. 中国种业, 2023 (6): 1-5
- [13] 邵丹丹, 艾海舰. 浅谈定边县盐碱地形成原因及改良技术. 榆林学院学报, 2023, 33 (2): 47-51
- [14] 杨真, 王宝山. 中国盐渍土资源现状及改良利用对策. 山东农业科学, 2015, 47 (4): 125-130
- [15] 吴承东, 沈明晨, 陈镭, 李春阳, 张明. 盐胁迫对白首乌种子萌发特性的影响. 浙江农业科学, 2022, 63 (6): 1262-1265
- [16] 张明, 吴承东. 白首乌杂交新品种盐乌 1406 的选育及栽培技术. 农业开发与装备, 2017 (11): 143, 189
- [17] 孔佳茜, 赵铭森, 孟晓康, 高金虎, 冯旭平, 薛红丽, 康红梅. PEG 模拟干旱胁迫对大麻种子萌发的影响. 种子, 2020, 39 (9): 26-30, 52
- [18] 孙平勇, 张武汉, 舒服, 何强, 张莉, 阳祝红, 彭志荣, 谢芸, 邓华凤. 水稻资源芽期和苗期耐盐碱性综合评价及耐盐基因分析. 生物工程学报, 2022, 38 (1): 252-263
- [19] 黄勇, 郭猛, 张红瑞, 周艳, 李贺敏, 高致明, 王盼盼. 盐胁迫对石竹种子萌发和幼苗生长的影响. 草业学报, 2020, 29 (12): 105-111

(收稿日期: 2023-07-14)

(上接第 90 页)

- [5] 董桂芳, 邓崇辉. 不同熟期玉米品种产量与气象因素的统计学分析. 吉林农业科学, 1993 (3): 73-77
- [6] 胡宇, 梁烜赫, 赵鑫, 陈宝玉, 王洪君, 王楠, 孙孟琪, 具红光, 曹铁华. 低温冷凉区覆膜玉米子粒灌浆速率和产量特征分析. 玉米科学, 2019, 27 (5): 95-100
- [7] 李洁, 晋凡生, 张冬梅, 梁改梅, 张小宁. 播期对不同熟期玉米品种生育期及产量的影响. 农学学报, 2016, 6 (12): 1-7
- [8] 厉艳璐, 王俊鹏, 于欣志, 魏宏磊, 陈麒宇, 赵洪祥, 徐晨, 边少锋, 张治安. 冷凉区不同地膜覆盖对玉米干物质和氮素积累与分配的影响. 作物杂志, 2022 (5): 124-129
- [9] 胡宇, 具红光, 赵鑫, 曹铁华, 梁烜赫. 不同覆盖条件对吉林省东部冷凉区中晚熟玉米产量的影响. 东北农业科学, 2019, 44 (5): 20-25, 42
- [10] Paponov I A, Sambo P, Erley G S A M, Prestrel T, Geiger H H, Engels C. Grain yield and kernel weight of two maize genotypes differing in nitrogen use efficiency at various levels of nitrogen and carbohydrate availability during flowering and grain filling. Plant and Soil, 2005, 272 (1/2): 111-123
- [11] Li F M, Wang J, Xu J Z, Xu L H. Productivity and soil response to plastics film mulching durations for spring wheat on entisols in the semiarid Loess Plateau of China. Soil and Tillage Research, 2014, 78: 9-20
- [12] 张建军, 樊廷录, 党翼, 赵刚, 王磊, 李尚中. 揭膜时期和施氮量对陇东旱原春玉米群体生理指标及产量的影响. 中国土壤与肥料, 2016 (4): 90-96
- [13] 秦营营. 玉米籽粒黑层形成和乳线消失与粒重及生理特征的关系研究. 泰安: 山东农业大学, 2014
- [14] 樊廷录, 王淑英, 王建华, 杨珍. 河西制种基地玉米杂交种种子成熟期与种子活力的关系. 中国农业科学, 2014, 47 (15): 2960-2970
- [15] 周颖, 顾万荣, 张立国, 李晶, 刘晓双, 左师宇, 曹鑫波, 孙继, 魏湜. 不同熟期春玉米籽粒乳线比例与含水率、粒重及激素的关系. 西南农业学报, 2018, 31 (3): 437-443
- [16] 龚顺良. 高寒山区不同海拔高度对玉米杂交种生物学性状和品质影响的研究. 重庆: 西南大学, 2004
- [17] 杨加存. 不同海拔高度对云南山区玉米产量及相关性状的影响. 重庆: 西南大学, 2020
- [18] 王同朝, 卫丽, 马超, 杜园园, 常晓, 邵扬. 不同生态区夏玉米两类熟期品种籽粒灌浆动态和产量分析. 玉米科学, 2010, 18 (3): 84-89
- [19] 杨慧, 王永军, 吕艳杰, 杨德光, 韩英鹏, 吴兴宏. 吉林省半干旱区 45 年气候变化及基于 Hybrid-Maize 的玉米品种熟期选择. 玉米科学, 2017, 25 (6): 51-57
- [20] 吕硕, 杨晓光, 赵锦, 刘志娟, 李克南, 慕巨英, 陈晓超, 陈范骏, 米国华. 气候变化和品种更替对东北地区春玉米产量潜力的影响. 农业工程学报, 2013, 29 (18): 179-190

(收稿日期: 2023-07-15)