

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20250127002

# 低山工厂育苗移栽与播期调控对高海拔玉米制种的影响

高国文<sup>1</sup> 艾德甫<sup>2</sup> 彭绪冰<sup>3</sup> 袁京华<sup>4</sup> 尤莉<sup>1</sup> 王惠<sup>1</sup> 杨斌<sup>1</sup> 刘斌<sup>1</sup> 王涛<sup>1</sup>( <sup>1</sup>湖北省宜昌市种子监督站,宜昌 443000; <sup>2</sup>宜昌力创生物科技有限公司,湖北宜昌 443007;<sup>3</sup>湖北康农种业股份有限公司,宜昌 443500; <sup>4</sup>湖北省宜昌市夷陵区服务三峡旅游新区发展办公室,宜昌 443199)

**摘要:**宜昌市高海拔地区高温时间短、昼夜温差大,但活动积温低、降水较多,对玉米正常成熟和授粉结实造成了影响,成为制约高山玉米制种高产优质的瓶颈。2023年宜昌市高海拔地区首次尝试玉米制种,产量在300kg左右,属于较低水平。针对高山地区活动积温低和吐丝授粉期降水较多影响母本授粉的问题,一方面分析气象资料以求避开多雨天气授粉,同时借鉴辣椒低山工厂育苗高海拔移栽成功经验,在低山工厂提前播种以增加玉米父母本活动积温,实现制种高产的可行性。设置2个低山工厂苗移栽时期和1个高山直播种植时期,对母本的生育期、农艺性状及产量进行比较。结果表明,4月26日、5月2日低山工厂播种母本育苗移栽到高海拔地区后成活率达100%;4月26日播种,母本籽粒灌浆较充分,千粒重最高,每667m<sup>2</sup>制种产量可达449.2kg,较对照增产18.7%;直播用种量是穴盘苗用种量的2.54倍,工厂育苗大幅减少了制种亲本使用量,减轻了制种压力;低山工厂4月中旬播种母本,5月7日移栽,可与8月中旬多雨天气错期,保障授粉成功率,增加母本生长的活动积温,进而确保玉米种子完全成熟。

**关键词:**玉米制种;低山工厂育苗;高山移栽;可行性;丰产性

## Effect of Seedling Transplantation and Sowing Period Regulation in Low Mountain Factories on High-Altitude Maize Seed Production

GAO Guowen<sup>1</sup>, AIDE Fu<sup>2</sup>, PENG Xubing<sup>3</sup>, YUAN Jinghua<sup>4</sup>,YOU Li<sup>1</sup>, WANG Hui<sup>1</sup>, YANG Bin<sup>1</sup>, LIU Bin<sup>1</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>( <sup>1</sup>Yichang Seed Supervision Station, Yichang 443000, Hubei; <sup>2</sup>Yichang Lichuang Biotechnology Co., Ltd., Yichang 443007, Hubei;<sup>3</sup>Hubei Kangnong Seed Industry Co., Ltd., Yichang 443500, Hubei; <sup>4</sup>Yiling District Service Three

Gorges Tourism New Area Development Office, Yichang 443199, Hubei )

玉米制种是玉米种子产业化最关键的一步,西北的甘肃、宁夏、新疆等地是我国最主要的玉米制种基地,该地区高温时间短、昼夜温差大,玉米散粉吐丝期少雨,适合玉米生长<sup>[1]</sup>。宜昌市西部高海拔山区也具备昼夜温差大、高温时间短的特点,但活动积温不足、降水较多且分布不均。近年来,随着湖北康农种业股份有限公司的不断发展,地方政府希望企业为乡村振兴贡献力量的呼声越来越高,为助力康农种业实现在本地制种增加农民收入的目的,宜昌

市种子监督站联合宜昌力创生物科技有限公司开展了在宜昌高海拔地区提高玉米制种产量的研究工作,以破除制约制种高产的活动积温低及散粉吐丝期多雨的问题。

宜昌市位于湖北省西部,介于29°56'~31°35'N、110°15'~111°52'E之间,属武陵山、巫山、大巴山余脉,全市山地面积达13034.94km<sup>2</sup>,占国土面积的61.34%,海拔2000m以上山峰有54座,1000m以上山峰有960座,拥有丰富的高海拔山地资源<sup>[2]</sup>。但是高海拔地区制种仍面临着活动积温不足和抽雄吐丝期降水日较多的问题。如长阳土家族自治县火烧

基金项目:宜昌市农业农村局科技攻关资助项目

坪乡平均海拔 1800m,年平均气温 7.6℃,最高气温不超过 29.0℃,极端最低气温可达 -20.1℃,年超过 10℃的活动积温仅约 2600℃<sup>[3]</sup>,处于玉米生产所需活动积温的边缘;2015–2024 年长阳 8 月平均降雨日达 14.6d,其中上旬 5.1d,中旬 5.2d,下旬 4.3d;由于活动积温不足,绝大多数玉米品种在此地种植不能正常成熟,8 月降水较多则对玉米正常授粉结实有较大的影响。2023 年在火烧坪乡首次制种后发现,制种玉米收获时水分含量高,制种产量不高。因此,解决宜昌市高海拔地区制种问题将成为促进宜昌市玉米产业发展的强大力量。

为弥补玉米高海拔制种活动积温不足的短板,2024 年宜昌市种子监督站承担了宜昌市“揭榜挂帅”课题,一方面研究玉米穴盘育苗技术,另一方面对低山工厂穴盘苗移栽至高海拔地区制种的可行性进行探究。本文将对低山工厂穴盘苗移栽至高海拔地区制种的研究结果进行阐述,以期对玉米高海拔制种提供解决方案和参考依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 低山工厂育苗地点位于湖北省宜昌市猇亭区宜昌力创生物科技有限公司,海拔 65m。移栽地点为长阳土家族自治县火烧坪乡青树苞村刘其元责任田,海拔 1630m。

**1.2 供试材料** 制种亲本为 sc1135 (母本)和 sc1134 (父本),均由湖北康农种业股份有限公司提供,母本从播种到成熟需活动积温 3100℃。

**1.3 试验设计** 研究低山工厂苗移栽到高山地区后的适应性,检验弥补活动积温的实际效果,检验降水对结实情况的影响。试验采用单因素随机区组设计,设置 3 个不同播种移栽期的处理,每个处理 3 次重复,共 9 个小区,小区面积 23.64m<sup>2</sup>。每小区种植母本 144 株,密度 4046 株/667m<sup>2</sup>,父母本行比为 1:4。处理 1:低山工厂 2024 年 4 月 26 日下午播种母本,5 月 2 日下午播种父本,15d 后移栽至高海拔地区。处理 2:低山工厂 2024 年 5 月 2 日上午播种母本,5 月 8 日上午播种父本,15d 后移栽。处理 3 为对照:高海拔地区 2024 年 5 月 10 日直播母本,5 月 16 日直播父本,直播为穴播,每穴播 3 粒种,5~7 叶期定苗。高海拔地区制种田每 667m<sup>2</sup> 施总养分含量 45% (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=15%-15%-15%) 的商品复合肥 50kg 和商品有机肥 100kg 作底肥后起垄、

覆地膜,拔节期追施尿素 10kg,大喇叭口期追施尿素 5kg。直播田 5~7 叶时结合追肥定苗。

**1.4 观测项目与方法** 查询宜昌城区和长阳县 2020–2024 年气象资料,研究 5 年内活动积温和降水情况。对高海拔地区制种田移栽后的幼苗成活率进行记载,移栽 15d 后连续数 100 株,凡需补苗均计为死苗。生育期:记录播种期、移栽期、抽雄期、散粉期、吐丝期、成熟期。穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、穗粒数:每小区量取 10 个果穗的平均值。千粒重:取 10 株果穗风干后脱粒,将籽粒混合均匀后数取 1000 粒种子称重,测水分含量,将籽粒重量折合成 13% 含水量的千粒重。果穗含水量 (%) = 1–10 个果穗重量 / 晒干后 10 个果穗重量 × 100。实收产量:分小区收获全部果穗,带苞叶一起称重,取 10 株果穗带苞叶现场称重后带至实验室测定含水量和出籽率,计算折合 13% 含水量的玉米干籽粒重和每 667m<sup>2</sup> 产量。

**1.5 数据处理** 根据气象资料,测算 2024 年工厂育苗积温增加值及玉米在高山地区生长所能获得的活动积温,解释玉米品种不能正常成熟的原因。根据 2015–2024 年降水资料,计算 8 月上旬、中旬、下旬平均降水日数,解释玉米制种结实出现差异的原因。直播用种量与穴盘苗成活苗用种量比值的计算:直播用种量与穴盘苗移栽成活苗用种量比值 = 直播每穴用种量 / 穴盘苗每穴用种量;直播每穴用种量为 3 粒,穴盘苗移栽成活苗用种量 = 1 (穴) / 穴盘苗平均成苗率 × 移栽成活率;穴盘苗平均成苗率为随机调查 5 盘苗的成苗率平均值。

## 2 结果与分析

**2.1 移栽成活率与亲本生育期** 直播每穴播 3 粒种,5 叶期定 1 株苗。低山工厂育苗每穴播 1 粒种,成苗率 85%,移栽成活率 100%,穴盘苗每穴用种量平均为 1.18 粒,直播用种量是穴盘苗移栽成活苗用种量的 2.54 倍。如表 1 所示,处理 1 母本吐丝期为 8 月 4 日,处理 2 为 8 月 9 日,对照为 8 月 14 日。各处理均于 11 月 2 日收获,收获时籽粒基部均无黑层,表明收获时各处理籽粒均未完全成熟。如表 2 所示,各处理父本播栽期均较母本推迟 6d,抽雄时间较母本吐丝期迟 1d,散粉期较母本吐丝期迟 4d 左右,各处理父本抽雄相差 5d,散粉时间相差 4d 左右。总体来说,工厂育苗与直播均能实现母等父的

花期相遇目标,且理论上处理2能够接受处理1和对照的花粉。

在活动积温方面,母本成熟所需活动积温为3100.0℃;对照在5月10日播种,11月2日收获,可供玉米生长的活动积温为2638.5℃,与所需活动积温相差461.5℃;4月26日低山工厂播种母本育苗,5月10日移栽,15d工厂育苗与对照相比可为母本增加活动积温335.5℃,与种子成熟所需积温仍相差126.0℃;5月2日低山工厂播种母本育苗,5月16日移栽,15d工厂育苗可为母本增加活动积温243.5℃,与种子成熟所需积温相差218.0℃。在降雨日方面,3个处理父本雄穗散粉期分别为8月8日、8月14日和8月18日;2024年气象资料显示,8月8-13日仅有8月9日下阵雨,其他时段无降水,最高气温29.0℃,有利于父本雄穗盛花期花粉传播与母本授精;8月14-18日,连续降雨5d,而处理2此时间段刚好处在雄穗盛花期,授粉受到严重影响;8月18-26日仅有8月18日当天降小雨,对照的父本雄穗开始散粉,授粉受天气影响较小;长阳县2020-2024年气象资料显示,8月上旬雨日最少,平均为2.6d,中旬为4.0d,下旬为4.4d,因此使父本在8月上旬处于盛花期是比较好的安排。

**2.2 农艺性状变化** 如表3所示,3个处理的穗粗、穗长、穗行数、秃尖长测量结果相近,表明果穗至吐丝期发育比较充分、正常。行粒数方面,处理1为

27.4粒,较对照(26.5粒)增加0.9粒;处理2为23.6粒,较对照减少2.9粒。穗粒数在3个处理间有较大差别,处理1穗粒数383粒,较对照(371粒)多12粒,增幅3.2%;处理2穗粒数331粒,较对照减少40粒,减幅10.8%;以上结果表明,处理1正常完成了生殖生长,但处理2和对照的生殖生长在吐丝后均受到不同程度的影响。处理1无花粒穗,处理2有70%的花粒穗,对照有30%的花粒穗,说明处理1授粉正常,环境对处理2授粉产生了较大影响,环境对处理3授粉也造成了一定影响。从果穗含水量看,处理1、处理2、对照分别为26.6%、30.7%、33.7%,表明处理1成熟度最高,处理2次之,对照成熟度最低。千粒重在3个处理间也有较大差别,处理1最高,达289.8g,较对照(251.8g)增加38.0g,增幅15.1%;处理2千粒重280.6g,较对照增加28.8g,增幅11.4%。综上所述,低山工厂育苗移栽的处理籽粒灌浆较好。

**2.3 产量变化** 如表4所示,出籽率在3个处理间有较大差别,处理1的平均出籽率为50.48%,较对照(44.82%)增加5.66个百分点;处理2出籽率为46.38%,较对照增加1.56个百分点,表明处理1果穗和籽粒发育最好。3个处理的产量有较大差别,处理1每667m<sup>2</sup>平均产量为449.2kg,处理2平均产量377.5kg,对照平均产量378.4kg;处理1较对照增产70.8kg,增幅为18.7%;处理2较对照减产0.9kg,

表1 母本生育期

处理	播种期	移栽期	吐丝期	收获期	生育期(d)	籽粒基部黑层
1	4月26日	5月10日	8月4日	11月2日	190	无
2	5月2日	5月16日	8月9日	11月2日	184	无
对照	5月10日	直播	8月14日	11月2日	176	无

表2 父本生育期

处理	播种期	移栽期	抽雄期	散粉期
1	5月2日	5月16日	8月5日	8月8日
2	5月8日	5月22日	8月10日	8月14日
对照	5月16日	直播	8月15日	8月18日

表3 母本果穗性状表现

处理	穗粗(cm)	穗长(cm)	秃尖长(cm)	穗行数	行粒数	穗粒数	花粒穗(%)	果穗含水量(%)	千粒重(g)
1	16.0	18.0	0	14	27.4	383	0	26.6	289.8
2	16.1	18.1	0	14	23.6	331	70	30.7	280.6
对照	15.9	17.8	0	14	26.5	371	30	33.7	251.8

表4 小区试验产量结果

处理	区组	带苞叶产量(kg)	出籽率(%)	13%含水量的干籽粒重(kg)	折合产量(kg/667m <sup>2</sup> )
1	1	30.45	50.48	15.4	431.9
	2	33.75	50.48	17.0	478.7
	3	30.80	50.48	15.4	436.9
	平均	31.67	50.48	15.9	449.2a
2	1	28.85	46.38	13.4	376.0
	2	29.20	46.38	13.5	380.5
	3	28.85	46.38	13.4	376.0
	平均	28.97	46.38	13.4	377.5b
对照	1	29.80	44.82	13.4	375.3
	2	31.20	44.82	14.0	392.9
	3	29.15	44.82	13.1	367.1
	平均	30.05	44.82	13.5	378.4b

同列不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著差异

基本持平;处理 1 较处理 2 和对照显著增产,处理 2 和对照差异不显著。

### 3 讨论与结论

本研究表明,导致产量差异的主要原因为千粒重和穗粒数存在较大变化,工厂育苗用种量仅为直播用种量的 1/3 左右,可大幅减少亲本种子用量,节约制种企业制种亲本投入成本。造成千粒重差异和籽粒不成熟的原因主要是各处理全生育期活动积温不足,影响了后期籽粒的灌浆。工厂育苗增加了玉米母本的活动积温,使处理 1 离成熟最近,千粒重最高,处理 2 的成熟度优于对照,说明低山工厂育苗可以弥补高海拔地区制种时母本生长活动积温的不足。

研究表明,连续阴雨天气会造成雄穗不能正常开花散粉,即使有散粉,也常因花粉吸水膨胀而破裂,或粘结成团失去生活力,而雌穗的花丝因未能授粉而不断伸长下垂,致使里面的花丝授粉困难<sup>[4]</sup>。单株父本的雄穗盛花期为开花后 2~4d<sup>[5]</sup>。因此,处理 2 受到连续降水影响最大,是造成授粉不良、行粒数低的主要原因。处理 1 和对照雄穗盛花期遇降水较少,且处理 1 除可能接受本处理内雄穗花粉外,还有接受处理 2 花粉的机会,有多的花粉来源和更长的授粉期,所以处理 1 未出现缺粒果穗,而处理 2 尽管可能接受处理 1 和处理 3 的雄花花粉,但因连续降雨,授粉成功率并不高。

低山工厂 4 月中旬播种母本,5 月 7 日移栽,可确保玉米种子完全成熟。本试验中,低山工厂 4 月

26 日播种母本,5 月 10 日移栽,母本所需活动积温缺少 126.0℃,如果 4 月 20 日播种母本,可增加 6d 的生长时间,正好可获得 120.0℃左右的活动积温,种子在 10 月中旬可完全成熟,雄穗散粉期在 8 月 1 日前后,也可避开 8 月中旬多年降水高峰,因此建议低山工厂在 4 月 20 日播种母本。宜昌高海拔地区虽然 8 月上旬雨日较少,但也可能遇到极端天气或多日连续降雨,为提高授粉结实率,应及时关注天气预报,抢无雨天开展人工授粉。

玉米低山工厂育苗高海拔移栽可增加母本生长的活动积温,同时通过进一步提前播种实现父母本在 8 月上旬完成授粉过程,从而错过常年 8 月中旬多雨天气,是提高玉米高山制种产量和品质,节约亲本用种量的有效措施,在宜昌地区高山制种工作中可以大力推广。

### 参考文献

- [1] 张海军, 栾奕, 于维, 张志财, 郑清. 吉林、新疆、甘肃种子生产情况对比分析及经验借鉴. 种子世界, 2016 (9): 10-11
- [2] 许松林. 宜昌土壤. 武汉: 中国地质大学出版社, 2002
- [3] 黄卫波. 湖北长阳县无公害蔬菜发展现状及对策研究. 武汉: 华中师范大学, 2012
- [4] 张凡, 卫书杰, 许杰辉, 李典军, 崔鹏, 胡学明, 秦光明, 欧阳友香, 蓝玉梅. 河西地区玉米制种结实率低的原因及对策. 中国种业, 2012 (10): 48-49
- [5] 龚立鸿. 玉米制种及高产栽培技术分析—以开阳县为例. 数字农业与智能农机, 2024 (1): 69-72

(收稿日期: 2025-01-27)