

# 不同栽培条件种植工业大麻的研究进展

王庆峰, 张 雪, 李庆鹏, 王世发\*, 解林昊

(吉林省农业科学院经济植物研究所, 长春 130033)

**摘要:** 本文从露地栽培技术、国内外温室大棚研究情况和实验室育种技术等方面综述了不同栽培条件下种植工业大麻的研究进展, 并提出对工业大麻产业发展的建议, 旨在为工业大麻的育种和栽培提供理论基础。

**关键词:** 栽培; 工业大麻; 育种

中图分类号: S563.3 文献标识码: A 文章编号: 2096-5877(2020)06-0045-05

## Progress on Cultivating Cannabis under Different Cultivation Conditions

WANG Qingfeng, ZHANG Xue, LI Qingpeng, WANG Shifa\*, XIE Linhao

(Economic Botany Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Field cultivation, greenhouse domestic and abroad laboratory breeding techniques under different cultivation conditions were reviewed. Some advices of industrial hemp development were put forward to provide theoretical basis for the breeding and cultivation of cannabis.

**Key words:** Cultivate; Cannabis; Breed

大麻的种植始于新石器时期, 在古代主要用于制作绳索。大麻籽是榨油和制作化妆品的天然原料, 大麻籽可食用, 饼粕可以作为动物饲料, 麻秆可以用于环保建筑材料和特种功能作训鞋<sup>[1]</sup>。工业大麻秆可以制备活性炭<sup>[2]</sup>, 大麻可治疗癫痫<sup>[3]</sup>, 其  $\Delta^9$ -四氢大麻酚能抑制癌细胞扩散并使其死亡<sup>[4]</sup>。2016年杭州 G20 峰会上, “吉麻良丝”工业大麻服饰成为指定服饰, 并提供峰会宴会场地的地毯、墙布<sup>[5]</sup>。在 2018 年, 历时十数年坚持不懈的努力, 雅戈尔将曾“闻毒色变”的大麻涅槃重生成 21 世纪最具发展前景的绿色低碳天然材料, 并建成全球唯一的工业大麻全产业链, 走在世界领先行列<sup>[6]</sup>。宋淑敏等<sup>[7]</sup>研究蔓越莓工业大麻籽多肽口服液, 并得到口服液的最佳配方。研究工业大麻的种植及栽培条件来提高工业大麻的产量和品质至关重要, 本文主要就工业大麻的不同栽培条件进行阐述, 旨在为工业大麻的栽培及种植提供技术支持和理论基础。

## 1 露地栽培技术

### 1.1 国内外主要栽培品种

目前, 我国选育的工业大麻品种主要集中在黑龙江、云南、山西、安徽等省份, 主要栽培品种如表 1 所示。云麻 1 号是中国第一个工业用大麻品种, 全世界第 26 个工业大麻品种。汾麻 3 号是适合山西省生态条件的第一个籽用工业大麻品种。

表 2 中的法国栽培品种 Santhica 23 和 Epsilon 68 是 1996 年法国注册的一种新型不含 THC (或 THC 含量小于 0.05%) 品种。

### 1.2 研究进展情况

20 世纪初我国开始对工业大麻从不同施肥水平、种植密度、播种期、种植模式、灌溉周期等方面进行广泛研究。从镉、锌、铅、铜等重金属污染方面研究, 利用植物自身的修复能力来治理土壤重金属污染问题, 从而提高工业大麻产量的同时保护生态环境, 充分体现了工业大麻绿色、环保的特点。而钾是重要的肥料之一, 对大麻品种地上部的产量影响较大。所以应从多方面、多角度去研究工业大麻。表 3 为不同胁迫条件对工业大麻种子萌发和幼苗生长影响的研究<sup>[8-14]</sup>。

露地试验研究以其操作简单易行、成本较低而受到工业大麻育种者及栽培者的青睐, 但其缺

收稿日期: 2019-02-18

基金项目: 吉林省农业科技创新工程自由创新项目 (CXGC2018ZY028); 国家麻类产业技术体系长春亚麻试验站 (CARS-16-S02)

作者简介: 王庆峰 (1985-), 男, 助理研究员, 主要从事麻类育种与栽培。

通讯作者: 王世发, 男, 研究员, E-mail: wangshifa.flax@126.com

表1 国内工业大麻主栽品种

| 序号 | 品种    | 选育单位            | 类型      | 序号 | 品种    | 选育单位             | 类型  |
|----|-------|-----------------|---------|----|-------|------------------|-----|
| 1  | 中大麻1号 | 中国农业科学院麻类研究所    | -       | 8  | 火麻1号  | 黑龙江省农业科学院大庆分院    | 纤维型 |
| 2  | 云麻1号  | 云南省农业科学院        | 籽纤兼用型   | 9  | 皖大麻1号 | 安徽省六安农业科学研究所     | -   |
| 3  | 云麻2号  | 云南省农业科学院        | 早熟籽用型   | 10 | 皖大麻2号 | 安徽省六安农业科学研究所     | 纤维型 |
| 4  | 云麻3号  | 云南省农业科学院经济作物研究所 | 早熟籽纤兼用型 | 11 | 汾麻3号  | 山西省农业科学院经济作物研究所  | 籽用型 |
| 5  | 云麻4号  | 云南省农业科学院        | 籽纤兼用型   | 12 | 汾麻4号  | 山西省农业科学院经济作物研究所  | -   |
| 6  | 晋麻1号  | 山西省农业科学院经济作物研究所 | 纤维型     | 13 | 龙大麻1号 | 黑龙江省农业科学院经济作物研究所 | 纤维型 |
| 7  | 庆大麻1号 | 黑龙江省农业科学院大庆分院   | 纤维型     | 14 | 龙大麻3号 | 黑龙江省农业科学院经济作物研究所 | 纤维型 |

表2 国外工业大麻主要栽培品种

| 品种           | 选育国家 | 品种特性 | 品种              | 选育国家 | 品种特性 |
|--------------|------|------|-----------------|------|------|
| Biatobrzskie | 波兰   | 雌雄同株 | 金刀15            | 乌克兰  | 雌雄同株 |
| Beniko       | 波兰   | 雌雄同株 | Santhica 23     | 法国   | 雌雄同株 |
| 耶尔马科夫        | 乌克兰  | 雌雄同株 | Epsilon 68      | 法国   | 雌雄同株 |
| IOCO-14      | 乌克兰  | 雌雄同株 | Kompolti        | 匈牙利  | 雌雄异株 |
| Anka         | 加拿大  | 雌雄同株 | Bialobrzses-kie | 波兰   | 雌雄同株 |

表3 不同胁迫条件对工业大麻种子萌发和幼苗生长的影响

| 序号 | 胁迫条件       | 对工业大麻的影响   | 参考文献 |
|----|------------|--|------|
| 1  | 镉          | 镉胁迫抑制大麻种子萌发、抑制大麻幼根伸长。大麻幼根与叶在镉胁迫下可通过提高抗氧化酶SOD、POD活性来清除活性氧的产生,降低脂质过氧化,保护自身免遭氧化损伤 | [8]  |
| 2  | 锌          | 锌对大麻光合机制有明显的影 响,缺锌和高浓度锌对大麻光合代谢过程有抑制和损害   | [9]  |
| 3  | 铅          | 各生理生化指标和富集特征均表明工业大麻苗期具有较强的适应和积累Pb能力,并具有稳定光合系统和抗氧化能力以此自我调节生理指标来缓解高Pb浓度胁迫        | [10] |
| 4  | 铜          | 低浓度对种子萌发有促进作用,高浓度会抑制种子萌发和胚根的生长,甚至出现“无根苗”                                       | [11] |
| 5  | 钾          | 低钾胁迫对大麻地上部的产量影响较大,对根重的影响较小;不同品种在不同处理下各器官的钾离子和干物质的分配有差异                         | [12] |
| 6  | 干旱         | 不同的大麻品种对干旱胁迫的响应模式不同,有的品种是在干旱胁迫前后叶片水分含量下降,有的则是持续下降;15%的土壤含水量可作为大麻抗旱栽培措施的临界点     | [13] |
| 7  | 盐(主要是NaCl) | 盐胁迫下工业大麻叶片SOD活性持续增高,第6天达最大值;可溶性糖含量在各个胁迫时期与对照差异无统计学意义;可溶性蛋白含量则先增加后降低,第4天达最大值    | [14] |

点是试验周期长、种子易退化、病虫害易发,且易受环境因素影响等,制约了新品种育成的速度,从而影响了工业大麻乃至其相关产业的发展。所以,应与分子育种、扦插快繁等技术相结合进行研究。

### 1.3 病虫害防治技术

工业大麻的病害主要有立枯病、猝倒病、枯萎病、霜霉病和顶枯病。其中以苗期立枯病和后期的顶枯病危害较为严重。王福亮等<sup>[15]</sup>在生物防治

方面,主要是撒施草木灰或火土灰,可减少猝倒病和立枯病的发生;化学防治方面,则用70%敌克松、50%多菌灵、高锰酸钾、75%百菌清可湿性粉剂<sup>[16]</sup>,作为常规措施针对5月底以后播种的夏麻预防1次,可控制猝倒病、立枯病和霜霉病的发生。

工业大麻的虫害主要有跳甲、地下害虫、蚜虫、蜡象、螟虫。其中,以跳甲、地下害虫危害普遍。虫害则需根据田间情况喷施菊酯类或阿维菌

素类杀虫剂,用以防治跳甲等害虫。种衣剂或药物拌种也是一种非常有效且对环境危害较小的防治病虫害的方法。郭鸿彦等<sup>[17]</sup>人用4个大麻专用种衣剂和6个其他作物种衣剂对云麻1号种子进行包衣,得到3个较优种衣剂及其相应的药种比,对云麻1号安全、有效,且有显著保苗和增产作用。

工业大麻的草害主要是阔叶杂草空心莲子草、马唐、旱稗等为主。以苗期危害较重。防治措施主要是出苗前的除草剂封闭,苗期喷施除草剂等。陈学文等<sup>[18]</sup>在工业大麻播种前5~7 d向土壤均匀喷施除草剂,结果表明:杂草防控试验效果最好的为25%噁草酮(每667 m<sup>2</sup>使用量是130 g,兑水40 L)。

工业大麻作为一种高经济价值的作物,其市场前景广阔,更促使其向规模化、集约化发展。种衣剂以其成本低廉、制作简单的优点更能有效地推进工业大麻的商品化进程,保证大面积种植工业大麻的用种质量,保证苗数,有利于工业大麻产业链的发展。但是目前工业大麻种衣剂的研究在国内还较少,急需研究安全、有效的工业大麻种衣剂。

## 2 设施栽培研究现状

### 2.1 国外温室大棚栽培研究现状

北美药用型工业大麻传统种植方式多采用仓储式种植。即将小型相对封闭的屋子或者是较大面积仓储结构的厂房,良好的设施环境包括必需的补光灯、空气环流兼过滤系统、温控等设备。2018年加拿大Village Farms公司与Emerald Health Therapeutics公司联合投资协议,将位于Ladner的25英亩(合10 hm<sup>2</sup>)温室转型为生产医用工业大麻的生产场地。表明北美将工业大麻在温室栽培正在成为一种趋势,正在经历从传统仓库生产模式转向新型温室种植<sup>[19]</sup>。

Mariotti Kde C等<sup>[20]</sup>阐述了巴西联邦警察通过气相色谱和质谱分析法对大棚中种植的大麻种子进行化学研究,种植50粒不同品种的大麻种子,为期4.5周、5.5周、7.5周、10周和12周。结果表明:THC含量随着植物年龄的增长而增加,而对于其他大麻素,则没有观察到这种相关性。PLS-DA(偏最小二乘法判别分析)分类能够预测植物年龄。Borille等<sup>[21]</sup>通过近红外光谱结合化学计量学研究温室中萌发的大麻种子,得到相似的结果即在室内大麻种植的早期阶段,利用近红外光谱和化学计量工具可以预测大麻的生长阶段。

### 2.2 国内温室大棚栽培研究现状

目前,市场上工业大麻有供不应求的趋势,所以需要冬季加代繁种。目前,我国对于工业大麻的冬季温室栽培技术报道的较少。杨明等<sup>[22]</sup>在云南省新平县嘎洒乡进行冬繁,由于云麻1号日照时间小于11 h,营养生长期短,从播种至开花只有43 d,0.13 hm<sup>2</sup>土地出苗率仅有56%,产量仅有46 kg。不管在南方还是北方,冬季种植工业大麻发芽率低、光照时间不足的问题仍是制约冬季繁种量的因素。

温室大棚在东北越来越受到农民的青睐,北方天气冬季寒冷只能有一年一熟作物,而温室大棚一是能使麻农在春季提前育苗,5月份即可移栽工业大麻苗,提高其保苗株数;二是温室能人工控制温度、湿度等气候条件,使工业大麻可在冬季扩繁种子,提高第二年的种植面积。其缺点是冬季温室大棚需要人工供暖和补光,这就增加了工业大麻的生产成本,所以,研究出无须供暖自然增温的温室大棚是关键问题之一。

## 3 实验室栽培

### 3.1 组织培养技术

利用工业大麻的茎段(带腋芽)、茎尖、叶子、下胚轴等采用组织培养技术,能够提高繁殖速度且稳定工业大麻的遗传性状,为快速选育大麻品种提供有利条件。W H T Loh等<sup>[23]</sup>对工业大麻的外植体胚、叶片和茎成功诱导出愈伤组织。姜颖等<sup>[24]</sup>利用工业大麻种子经过5%次氯酸钠消毒后接种于MS培养基上,生长10 d后,取工业大麻实生苗的下胚轴作为外植体进行愈伤组织的诱导,最终得到工业大麻的完整植株。

### 3.2 扦插技术

工业大麻一般为雌雄异株植物,品种内个体差异较大,给育种者进行栽培和研究带来困扰。扦插是通过无性繁殖技术快速繁殖出同一基因型的工业大麻幼苗,从而可以繁育出较纯的工业大麻品种,这样可以显著提高育种和栽培的可靠性和科学性。研究表明,由一粒工业大麻种子出发,经90~120 d后能获得扦插苗50~100棵<sup>[25]</sup>。

### 3.3 分子标记技术

利用ISSR、RAPD、AFLP等分子标记技术对工业大麻种质资源的遗传多样性、大麻素化学型、基因型等进行分析与评价。其优点是可以快速构建工业大麻的遗传图谱,快速、准确鉴定品种间的遗传差异和亲缘关系;但其缺点是研究过程中

需要使用价格较高的试验药品和仪器,致使成本较高,且操作过程复杂,试验操作人员需要进行单独的培训。Shannon等<sup>[26]</sup>采用AFLP分子标记技术利用10对引物对纤维型和药用型大麻品种进行扩增分析,18条谱带在所有试验大麻品种间具有稳定的遗传多态性。Kaitlin等<sup>[27]</sup>通过分子标记技术构建大麻的遗传图谱,结果表明,大麻素生物合成基因通常是不相连的,但是芳香丙基转移酶(AP)、产生THCA和CBDA合成酶(THCAS和CB-DAS)的底物与总大麻素含量的已知标记物紧密相连。

### 3.4 其他技术

辐射是利用电离辐射处理植物,能使种子内的染色体断裂,使它的位置、基因结构发生变化。这种变化致使植株的某些特性发生变化,从中选出目标性状优良的变异个体就是新品种。其优点是射线对种子的基因突变是多方面的,得到的新的性状的种子数量较多,对于创新种质资源提供基础条件。缺点是辐射产生的变异可能不明显或没有得到目标性状的基因。国内的报道主要是通过 $Co^{60}$ - $\gamma$ 射线进行辐射。唐蜻、姜颖等<sup>[28-29]</sup>对工业大麻种子进行了辐射( $Co^{60}$ - $\gamma$ 射线),姜颖认为工业大麻种子的筛选计量在100~200 Gy之间,唐蜻认为辐射剂量与出苗率呈负相关。所以,利用射线辐射工业大麻种子能够开拓一种快速、简捷的方法进行种质资源的改良和创新。

## 4 讨论与结论

工业大麻全身都是宝,培育出产量高、品质好、CBD含量高的工业大麻品种是育种工作者的育种目标。且工业大麻是一种具有较高价值的经济作物,准确、快速、安全、绿色的栽培技术是很重要的。目前,工业大麻栽培技术研究范围较为广阔,但仍以露地栽培为主,且缺乏系统化的栽培技术体系,种植面积受到制约,品种单一,纯度不高,CBD含量较低,致使产量不理想。针对以上问题,提出几点建议:(1)政府适当放宽种植工业大麻的相关政策;(2)相关单位和育种科研人员多向农民宣传工业大麻的经济效益,鼓励农民加大工业大麻的种植面积;(3)工业大麻育种及栽培技术人员研究能够规模化、集约化、工厂化生产工业大麻的栽培技术,从而提高工业大麻的产量和品质,在节能环保的同时增加农民的收入;(4)多引进性状优良、抗性强的品种,通过育种技术得到多元化、高纯度的种质资源,为丰富

工业大麻种质提供帮助。工业大麻的大麻毛在绝热保温方面与玻璃棉具有一样的性能,甚至比石棉和玻璃棉有着更大的优势,它能够调节房屋内部的湿度,使房屋更加舒适。大麻纤维还可以降低塑料的磨损性能,在模铸和切割时更加容易,且更易回收利用。所以,找到规模化、集约化、工厂化生产工业大麻的制种技术和栽培技术势在必行。

### 参考文献:

- [1] 刘凤兰,杨玉琦,杨文堂.汉麻杆粉在功能性鞋面材料中的应用[J].皮革与化工,2013(6):24-26,28.
- [2] 石雨,刘爽,田媛,等.汉麻秆基活性炭的制备研究[J].黑龙江科学,2016(1):12-13.
- [3] Friedman D, Devinsky O. Cannabinoids in the Treatment of Epilepsy[J]. N Engl J Med, 2015, 373(11): 1048-1058.
- [4] Pokrywka M, Goralska J, Solnica B. Cannabinoids—a new weapon against cancer[J]. Postepy Hiq Med Dosw, 2016, 70: 1309-1320.
- [5] 郭莹颖.“吉麻良丝”为G20峰会定制工作服[J].纺织服装周刊,2016(34):33.
- [6] 王虹.我国汉麻产业取得突破性进展:雅戈尔掀起绿色纤维新革命[J].中国纤检,2018(11):124-126.
- [7] 宋淑敏,石杰,魏连会,等.蔓越莓汉麻籽多肽口服液的研制[J].食品工业,2018(10):125-127.
- [8] 黄玉敏,邓勇,李德芳,等.镉胁迫对大麻幼苗生长及生理生化影响[J].中国麻业科学,2017,39(5):227-233.
- [9] 保琦蓓,唐寅,田光明.锌胁迫对汉麻光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J].安徽业科学,2016,44(28):85-88,108.
- [10] 徐艳萍,郭孟璧,张庆滢,等.铅胁迫对工业大麻苗期生理生化及富集特征的影响[J].西部林业科学,2018,47(3):1-6,40.
- [11] 徐艳萍,陈璇,郭孟璧,等.4种重金属胁迫对工业大麻种子萌发的影响[J].西部林业科学,2014,43(4):78-82.
- [12] 徐云,袁青,胡华冉,等.低钾胁迫下不同大麻品种的耐性差异研究[J].中国麻业科学,2016,38(4):156-161.
- [13] 郭媛,王玉富,邱财生,等.干旱胁迫对不同大麻品种生理特性和生长的影响研究初报[J].中国麻业科学,2011,33(5):235-239.
- [14] 程霞,苏源,窦玉敏,等.盐胁迫下工业大麻苗期生理生化特性的研究[J].昆明学院学报,2016(6):81-84.
- [15] 邓才明,李军,孙涛,等.高温高湿条件下汉麻(云麻)病虫害发生规律及防治措施[J].云南农业科技,2007(4):48-49.
- [16] 王福亮.黑龙江省主要大麻病害的综合防治[J].吉林农业科学,2009,34(3):44-45.
- [17] 郭鸿彦,刘正博,胡学礼,等.工业大麻种衣剂的筛选[J].中国麻业,2006,28(1):24-28.
- [18] 陈学文,李树忠,龙岑,等.苗前处理除草剂防除工业大麻大麻田一年生杂草的田间试验[J].农技服务,2014,31(10):55.
- [19] 秦四春.北美地区医用大麻典型种植模式及远景[J].农业

- 工程技术(综合版),2018(4):78-80.
- [20] Mariotti Kde C, Marcelo M C, Ortiz R S, et al. Seized cannabis seeds cultivated in greenhouse: A chemical study by gas chromatography-mass spectrometry and chemometric analysis[J]. Science & justice,2016,56(1):35-41.
- [21] Borille B T, Marcelo M C A, Ortiz R S, et al. Near infrared spectroscopy combined with chemometrics for growth stage classification of cannabis cultivated in a greenhouse from seized seeds[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2017, 173: 318-323.
- [22] 杨明,张亮华,钱金良.大麻冬繁加代试验[J].云南农业科技,1996(6):22-23.
- [23] W H T Loh, S C Hartsel, L W Robertson. Tissue Culture of *Cannabis sativa* L. and in vitro Biotransformation of Phenolics[J]. Journal of Plant Physiology, 1983,111(5):395-400.
- [24] 姜颖,夏尊民,韩承伟,等.工业大麻高效再生体系的初步研究[J].中国麻业科学,2015,37(3):126-129,147.
- [25] 一种工业大麻扦插繁殖的方法[J].农村实用技术,2013(8):28.
- [26] Shannon L D, George D W. Genetic variation in hemp and marijuana (*Cannabis sativa* L.) according to amplified fragment length polymorphisms[J].J Forensic Sci, 2006, 51(2): 371-375.
- [27] Kaitlin U Laverty, Jake M Stout, Mitchell J Sullivan, et al. A physical and genetic map of *Cannabis sativa* identifies extensive rearrangements at the THC/CBD acid synthase loci[J]. Genome Research, 2018, 12: 1-11.
- [28] 唐靖,臧巩固,赵立宁,等.几个大麻品种种子辐射敏感性的初步确定[J].中国麻业科学,2011,33(5):240-243.
- [29] 姜颖,孙宇峰,潘冬梅,等.  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐射对工业大麻种子萌发及幼苗生长的影响[J].农业与技术,2017,37(15):5-7.

(责任编辑:王昱)

(上接第13页)

吉单513的适宜密度6万~7万株/hm<sup>2</sup>,因此在较高密度下秃尖增加,而吉单513/sm和吉单513/sf的叶片夹角比对照小,耐密性增强,穗长不变,秃尖变小,产量增加。

### 3 结论与讨论

无叶舌自交系主茎与叶片的夹角小,叶片直立,株型收敛,通风透光好,可以作为选育耐密品种的种质资源<sup>[9]</sup>。研究表明,无叶舌性状有显性和隐性2种<sup>[10]</sup>。本研究发现的无叶舌性状受一对隐性基因控制,遗传相对简单,可采用分子标记辅助选择与回交转育技术将茎叶夹角小、叶片直立等性状导入轮回亲本,快速创制出株型收敛的玉米新种质,应用于耐密育种研究。

本研究发现,当杂交种的双亲均为无叶舌自交系时,由于果穗太小而减产;而当一个亲本为无叶舌自交系时,由于耐密性提高而略有增产。从表4看出,无叶舌自交系果穗普遍变短,作为母本制种产量可能会降低,而且其叶鞘包裹比较紧,去雄也会相应困难。用无叶舌自交系做父本,虽然散粉通畅程度不如有叶舌自交系,但加大种植密度可弥补花粉量不足的缺陷,在生产中是完全可行的。山西大丰种业已经利用无叶舌自交系做父本审定了耐密玉米新品种大丰133<sup>[11]</sup>。

有叶舌玉米自交系与隐性无叶舌自交系杂交以后,虽然后代均表现有叶舌,但叶片夹角要比正常有叶舌自交系小,更有利于通风透光<sup>[4]</sup>。骨

干自交系饱和回交以后,自交分离出的纯和显性有叶舌后代也会出现叶片夹角比原来骨干系小的单株。从饱和回交后代的自交分离群体中可以获得两类可以利用的自交系:一类是有叶舌但株型收敛的后代,另一类是无叶舌后代,这两种自交系均对耐密育种具有研究和应用价值。

### 参考文献:

- [1] 焦仁海,刘兴二,徐艳荣,等.外来玉米种质在吉林省的应用与创新[J].东北农业科学,2016,41(1):1-3,19.
- [2] 王秀凤,景希强,葛立胜,等.耐密型玉米育种现状及选育途径探讨[J].杂粮作物,2010,30(1):4-6.
- [3] 王元东,段民孝,邢锦丰,等.玉米理想株型育种的研究进展与展望[J].玉米科学,2008,16(3):47-50.
- [4] 房海悦,李毅丹,曲文丽,等.玉米倒伏影响因素及其QTL定位研究进展[J].东北农业科学,2016,41(5):42-45.
- [5] 张艳红,刘兴二,仲义,等.浅谈东北地区玉米育种材料的选用及选系方法[J].东北农业科学,2020,45(4):5-8.
- [6] 苏书文,高合明,郭新林.不同叶夹角玉米杂交种产量潜力的研究[J].作物学报,1990(4):364-371.
- [7] 潘存生,郑宝林,王汉宁.玉米叶舌遗传的研究[J].甘肃农业大学学报,1986(1):42-46.
- [8] 魏宏斌,邓利爱,郭锐,等.玉米无叶舌种质与杂种优势利用研究[J].山西农业科学,2014,42(11):1153-1157,1182.
- [9] 董春林,张明义,张彦芹,等.一个玉米无叶舌突变体Y43的遗传分析[J].玉米科学,2011,19(4):35-36.
- [10] 王主选.玉米显性无叶舌基因的利用及遗传规律的初步探讨[J].新疆八一农学院学报,1979(2):1-5.
- [11] 郭锐,白琪林,郭宝德,等.玉米无叶舌种质及其杂种优势利用[J].山西农业科学,2016,44(10):1427-1432.

(责任编辑:王昱)