

玉米倒伏成因与控制措施研究进展

王恒亮¹, 吴仁海^{1*}, 朱 昆², 张永超¹, 张玉聚¹, 孙建伟¹

(1. 河南省农业科学院 植物保护研究所, 河南省农作物病虫害防治重点实验室, 河南 郑州 450002;

2. 河南省农业科学院 科技成果示范推广处, 河南 郑州 450002)

摘要: 玉米倒伏已经成为影响玉米高产、稳产的重要因素。从植株特性、茎秆组织解剖特性、茎秆的化学成分、遗传分析等内在因素以及气候、种植密度、肥料、病虫害危害等外在因素综述了玉米倒伏的原因和机制, 对抗倒伏措施做了介绍, 指出当前需要对化学控制倒伏进行引导和促进。

关键词: 玉米; 倒伏; 成因; 控制措施

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)10-0004-05

Reviews of Causes and Control of Maize Lodging

WANG Heng liang¹, WU Ren hai^{1*}, ZHU Kun², ZHANG Yong chao¹,

ZHANG Yu ju¹, SUN Jian wei¹

(1. Henan Key Laboratory of Crop Pest Control, Institute of Plant Protection, Henan Academy of

Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 2. Demonstration and Extension Department,

Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Lodging is one of major factors affecting the yield of maize. This paper reviewed the internal factors and external factors of maize lodging. The internal factors included plant characteristics, anatomical characteristics and chemical composition of stem tissues, and genetic traits. The external factors included planting density, the climate, fertilizer, pest damage and so on. The management of plant lodging was discussed. The chemical regulators might be used and promoted to prevent maize lodging.

Key words: Maize; Lodging; Causes; Control measures

玉米倒伏是由于外力引发的玉米根或茎秆倒折的现象。倒伏使叶片组织遭到破坏, 光合效率锐减; 茎折能破坏茎秆的输导系统, 影响水分和养分从根部向上运输, 同时也影响叶片向果穗输送光合产物, 使得玉米结实率明显下降, 产量严重受损^[1]。据统计, 倒伏导致玉米减产达 15%~25%, 玉米倒伏率每增加 1%, 大约减产 108 kg/hm²^[2]。我国每年因为倒伏造成玉米产量损失近 100 万 t^[3]。倒伏已经成为玉米高产、稳产的主要限制因子。其中, 对产量影响最大的是茎折, 其次是根倒, 茎倒对产量的影响最小^[4]。导致玉米倒伏的成因很多, 有密度不当、风雨较大、施肥不当等外因, 也有品种抗倒伏能力差等

内因。目前, 国内外很多学者对玉米抗倒伏问题做了广泛而深入的研究。为此, 综述了玉米倒伏的原因及对抗倒伏的研究进展, 以期对相关研究和生产提供参考和指导。

1 玉米倒伏的外因分析

1.1 气候影响

目前, 造成玉米倒伏最直接的外力是大风和暴雨。有研究表明, 玉米倒伏和风速呈正比关系^[5], 而降雨对玉米倒伏的影响是由于雨滴打击力、雨水附重力, 以及土壤湿润提供支撑力的下降, 几乎所有的玉米大面积倒伏均是伴有大风和大雨共同形成的。

收稿日期: 2011-04-12

基金项目: 河南省重大科技攻关项目(08210110900)

作者简介: 王恒亮(1973), 男, 河南遂平人, 副研究员, 主要从事农药应用技术研究。E-mail: hlw2000@126.com

*通讯作者: 吴仁海(1976), 男, 河南信阳人, 副研究员, 博士, 主要从事农药应用技术研究。E-mail: laohaige@163.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

7-9 月份是我国高温、多雨的季节,此时夏玉米处于旺长期,茎秆的生长速度快,茎秆机械组织较幼嫩、脆弱,若遇大风大雨天气,极易发生倒伏。

1.2 密度不当

种植密度是影响玉米倒伏的一个重要因素。近年来,随着紧凑型玉米品种的成功选育及大面积推广,玉米种植密度大增。但是,种植密度增加,往往带来玉米抗倒伏能力的减弱,特别是在灌浆成熟期间影响尤为严重^[6]。不同玉米品种耐密性差异较大,张洪生等^[7]以目前正在推广的品种金海 5 号和已推广品种郑单 958 为研究对象,比较不同种植密度下的抗倒伏性,结果表明,在中等密度条件下,金海 5 号抗倒伏能力明显强于郑单 958;高密度(7.5 万株/hm²)种植条件下,金海 5 号较郑单 958 更易倒伏。

密植条件下,玉米植株间对水肥和光照的竞争加剧,对玉米多项生理生化指标产生影响,从而影响其抗倒伏性。丰光等^[3]对 21 个玉米组合进行研究,表明,同一个品种茎秆穿刺强度随着密度的增大而降低,这种茎秆穿刺强度的降低使玉米更易倒伏。勾玲等^[8]研究了种植密度对茎秆的抗倒力和农艺性状的影响。结果表明,随着群体密度的增加,茎秆的压碎强度和外皮穿刺强度以及节间直径、干质量、干物质百分比、单位茎长干物质质量显著降低,而节间长度有所增加,这些农艺指标的改变均会导致玉米抗倒伏性的下降。不同品种在密植栽培下农艺指标变化差异较大。随着群体密度的加大,耐密的品种登海 3719 基部节间会变细、伸长,但节间干质量、干物质百分比和单位茎长干物质质量均降低缓慢,而茎秆第 4、6 节间的压碎强度和穿刺强度对密度反应迟缓,群体抗倒耐密能力较强;稀植品种京科 519 对密度反应敏感,当密度增加到 7.5 万株/hm² 的敏感密度以上时,节间直径和长度发生明显变化,与节间干质量相关的指标减少较快,而且茎秆的压碎强度和穿刺强度显著降低,尤其在第 4 节间这一敏感部位以上(包括第 4 节间)表现最为突出,抗倒伏能力迅速下降。由此可见,在密植下,玉米为了适应高密度群体而产生多种性状的改变,这种生态选择性的改变导致其抗倒伏性改变,不同品种在密植栽培下抗倒伏能力差异较大。因此,在密植栽培时,必需选择合适的玉米品种。

1.3 施肥不当

施肥不当也是影响玉米倒伏的主要因素。施底肥时,钾肥用量过少,氮肥过多,造成玉米营养失衡,生长过快,植株过高,茎秆细长,基部机械组织强度差,易发生倒伏;追肥时,肥料离根部过近,烧断根基

部,或者施入地表过浅,造成玉米根下扎滞缓,导致根支持作用减弱而发生倒伏^[4]。

1.4 病虫害的影响

受气候影响,病虫害的发生率也随之上升。青枯病、细菌性茎腐病、纹枯病等在我国发生面积逐年增加,这些病害降低了玉米光合作用的效率,致使茎秆脆弱。玉米食茎害虫一般进入到茎秆内部,蛀空茎秆破坏疏导组织,使茎秆脆弱,遇风雨天气易倒伏^[9]。玉米食根虫类能够损坏玉米的根系,降低根的抗拉性,使田间倒伏率增加。由于农村劳动力短缺、劳动力成本上升,玉米的栽培管理越来越粗放,铁茬直播、秸秆还田、机械化施药等措施越来越普遍,这使得玉米病虫害发生加重,一些次要病虫害发生逐年上升,势必增加玉米倒伏的风险。

2 玉米倒伏的内因分析

2.1 植株特性

2.1.1 植株茎秆特性 玉米茎基根的数量、根系直径、根的生长方向、第 1 节间长度以及植株地上部分的结构都与根倒有关^[10]。玉米三叶期的初生根系与倒伏呈高度负相关,开花和收获时的根倒伏率与初生根系的后生木质部导管数量呈高度负相关,与胚芽鞘长度呈显著的反比例关系^[11]。Pellerin 发现,倒伏植株的断裂点一般在较高节间的不定根上,较高节间根出现的早晚以及根的机械特性在茎的稳定性中占重要地位^[12]。植株第 6 和第 8 节间的长度与根倒呈正相关,第 6 节上根的后生木质部导管数量与根倒伏呈负相关^[13]。茎的粗细对植株的抗倒伏能力影响最大,株高通过茎粗增强抗倒力^[14]。玉米的株高、穗位高、穗位上节数、近地面节间长度、茎粗和茎秆质量对植株的抗倒伏性都有影响^[15]。

2.1.2 茎秆的解剖学特性 从内在因素分析,玉米茎秆的坚固性及其抗倒伏性取决于以下几个方面。第一,机械组织和维管束的数量和质量。观察发现,抗倒伏性强的品种茎内具有较发达的机械组织,细胞层数多且厚度大、细胞壁厚、木质化程度高;茎内外围维管束密度较大,维管束鞘发达,部分维管输导组织退化,转化为纤维束,而且构成机械组织和维管束鞘的纤维细胞质量大,表现为细胞壁厚、纤维长、机械性能好。第二,茎秆中木质化薄壁组织的数量和质量。抗倒强的玉米品种薄壁组织木质化细胞多,胞壁厚,木质化程度高。第三,成熟期茎秆衰老程度和速度。研究表明,抗倒性强的品种成熟期基部茎秆衰老程度轻、速度慢。表现为茎的单位长度

干质量大、木质素含量高,再分解转移出去的物质少;茎外皮绿,坚硬,茎内部细胞养分丰富,水分充足,膨压大,组织充实,因而抗拉、抗压、抗倒伏。Zuber 等的研究表明,株高、穗位高、近地面节间长度、茎粗、茎皮厚度、单位茎秆长度质量和茎皮质量等都能影响茎秆的抗倒折性,抗倒折能力随茎秆变粗、茎皮加厚和茎秆密度增大而提高,随着节间长度加长、植株增高而下降^[16 19]。

2.1.3 茎秆的化学成分 茎秆中总水溶性碳水化合物的含量、蛋白质和钾的含量与倒伏呈负相关,开花期茎秆可溶性物质含量多,茎秆抗倒伏能力强^[8]。玉米倒伏率与茎秆含钾量呈极显著负相关,与茎秆的粗纤维含量呈负相关,而茎秆的含钾量与粗纤维含量呈极显著正相关^[20]。Loesch 从茎秆营养角度研究茎秆的抗倒折性,结果发现,茎秆中木质素、蛋白质、含钾量和总水溶性碳水化合物的含量与茎倒折呈负相关^[21]。作物茎秆一般由纤维素、木质素、果胶质、糖类、蛋白质等生化物质构成,同时含有与抗倒伏有关的硅、钙等成分。木质素含量高的品种抗倒伏能力强^[22]。王群瑛等认为,玉米生育后期,茎秆储藏物质多少对维持茎秆强度有重要作用,掖单 4 号在生育后期茎秆干物质积累多,木质素含量高,再转运物质少,因此表现出秆硬、抗倒^[19]。

2.2 玉米抗倒伏的力学分析

许多学者利用物理学原理对玉米等禾本科作物的倒伏进行了研究。刘兴唐等研究认为,玉米等作物茎秆弯曲度可以用来评价品种的抗倒性,并制定了详尽的测定方法^[22]。袁志华、赵安庆等^[23 24]对玉米抗倒伏进行了力学分析。玉米茎秆的力学简化模型如图 1 所示, q 为茎秆单位长度的质量,茎秆的质量 $Q=qL$ 。图 1 中, L 为株高, h 为穗位高, P 为穗质量。当遇暴风雨时茎秆发生弯曲,作用力消失后,茎秆仍然保持弯曲的形状,即进入倒伏的临界状态。图 2 为玉米临界状态下的模式图, Q_{cr} 为临界状态时茎秆单位长度的质量, P_{cr} 为临界状态时的穗质量。

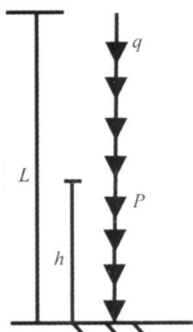


图 1 玉米茎秆的简化模型

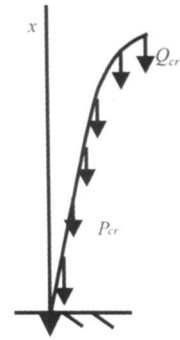


图 2 玉米倒伏的临界平衡状态模型

通过计算得公式 1, 其中 W_{σ} 表示抗倒伏能力, E 为茎秆的弹性模量, I 为截面惯性距。令 $\lambda^2 = \frac{bL^2}{I}$, λ 称为茎秆系数,它综合反映了秆长、截面大小、穗位等茎秆特性,综合评价得出公式 2,此式即为玉米临界力的具体表达式。

$$W_{\sigma} = \frac{8EI}{bL^2} \quad (1), \quad W_{\sigma} = \frac{8E}{\lambda^2} \quad (2).$$

从公式 1 可看出:茎秆越高,临界力越小,茎秆越易倒伏;茎秆越粗,临界力越大,茎秆越不易倒伏;这是从单一性状分析的结果。由公式 2 可知,对于同一玉米品种, λ 值越小, W_{σ} 值越大,茎秆的稳定性越好,抗倒伏能力越强; λ 值越大,抗倒伏能力越弱,茎秆越易倒伏。

2.3 玉米抗倒伏的遗传分析

Radu 等利用双列杂交分析得出:茎秆抗倒伏性的遗传变异占表型变异的 79%,加性效应占表型变异的 1.6%,上位效应占 55%^[25]。李得孝等对 10 个抗倒特性不同的自交系组合进行试验,研究了 9 个与倒伏有关的茎秆性状,认为株高和茎秆横折强度的基因加性效应更重要,茎粗主要受基因非加性效应控制。气生根数和茎秆穿刺强度 2 种基因效应的作用相当,且非加性效应略高^[26]。姚启伦以 10 个不同抗倒折性的玉米自交系组配了 45 个组合,经遗传参数估算和通径分析认为,所有的抗茎倒折性状基因型间存在显著差异;抗茎倒折性状基因型变异中,其一般配合力比特殊配合力重要;同一抗茎倒折性状的不同自交系及同一自交系不同抗倒折性状一般配合力表现出了明显差异;多数抗倒折性状间的遗传呈正相关,丰产的玉米组合茎秆强度大^[27]。Albrecht 等的试验证明了茎秆的强度性状、抗压碎强度和茎皮厚度是由多基因控制的,属数量性状^[28]。

3 玉米抗倒伏措施

3.1 选种抗倒伏玉米品种

抗倒伏性育种的关键在于基础材料,目前国内

很少同时具有矮秆、茎秆坚韧、根系发达、叶片短而适度宽、耐密植等优良基因的玉米材料^[29],这使得抗倒伏育种发展相对缓慢,市场上缺乏同时具备高产、密植、高抗倒伏的玉米品种。目前,种植面积较大的主流品种抗倒伏性状较差,如郑单 958,高产稳产性能较好,适应性广,综合抗病性好,耐密植幅度大,适合我国河北、山东、河南、安徽、江苏、陕西、山西、北京等夏玉米区和我国东北等其他适宜种植区中等以上肥力地种植。但郑单 958 生长后期脱水慢,茎秆软弱容易倒伏。先玉 335 高产、稳产、早熟,后期脱水快,出籽率高,容重高,商品品质好,适合机械化收获,但是其前期发根慢,容易发生根倒,耐密性和适应性稍差^[30]。

由于高产是选种时首要考虑的因素,在选种玉米品种时,要根据实地的气候状况,选择适宜本地区种植、抗倒伏能力强、高产的玉米品种。目前,市场上抗倒性较强的品种有金海 5 号、登海 3719、金海 3701、农大 108 和鲁单 9002 等品种^[31]。

3.2 加强田间管理

3.2.1 合理密植 适宜的种植密度是玉米高产、稳产、抗倒伏的关键因素之一。不同玉米品种对种植密度要求不同,在安排种植密度时,要考虑玉米品种特性、气候条件、日照时数、土壤肥力等多种因素。植株高大、叶片数多、叶片较平展、群体透光性差的品种一般耐密性差,种植密度不宜过高,每公顷以种植 4.5 万~5.25 万株为宜;植株较矮、叶片上冲、株型紧凑、群体透光性好的品种或茎秆坚韧、根系发达的品种耐密性强,每公顷可种植 6.75 万~9 万株;一些株型紧凑但抗倒能力稍差的品种,适宜密度为 6 万~7.5 万株/hm²;还有一些紧凑大穗型的品种,个体生产能力强、群体增产潜力大,一般可控制在 5.25 万~8.25 万株/hm²的范围内。高秆和晚熟品种应适当减少,矮秆和早熟品种应适当增加,高产栽培密度可适当增大,但需要种植耐密性品种。目前玉米耐密品种主要有先玉 335、吉东 28、源和 79、郑单 958 及穗育 55 等。郑单 958 较好地协调了密度与高产的关系,适宜密度 6 万~7.5 万株/hm²,但也有报道在 11.25 万株/hm²时产量最高^[32],但抗倒伏性有所下降。

3.2.2 合理施肥、灌溉 肥料是玉米高产的基础。玉米是需肥较多的作物,其在生长发育过程中,需要的营养元素很多,其中以氮、磷、钾需求量最大,需要人工补充。夏玉米适宜的施肥量为: N 300~375 kg/hm², P₂O₅ 75~90 kg/hm², K₂O 75~90 kg/hm²。但是,不同品种、不同种植密度对肥料的需求也有很大差异。同时,施肥的方式也非常重要,要

合理分配底肥、种肥、苗肥、拔节肥及穗肥。在施底肥时,肥料深施比浅施的玉米根系发达,抗倒能力强^[33]。

合理灌溉也是玉米抗倒伏和高产所必需的。在苗期和拔节期适当干旱蹲苗有助于促进生根,茎秆粗壮,积累更多的干物质,增强抗倒伏能力。

3.2.3 病虫害防治 通过拌种或生长期施药,控制纹枯病、青枯病等玉米茎秆侵染性病害以及玉米螟等蛀茎害虫,对控制倒伏、增加产量也是十分必要的。

3.3 使用化控药剂

适时使用一些植物生长调节剂能够增加玉米的抗倒伏性。玉米雄穗伸长期喷洒乙烯利能改变植株形态,使株高、穗位降低,茎秆增粗,并能促进气生根的增加,提高抗倒伏能力。有资料表明,乙烯利含量在 0.56 kg/hm² 以下,随着乙烯利的增加玉米抗倒伏能力增强^[34]。玉米健壮素对玉米植株生长的抑制作用很强,必须严格掌控喷药时期,过早或者过晚均对玉米不利,在 14.9 展叶时喷施效果最好,可使玉米株高、穗位降低,同时使玉米穗长、穗粗、穗粒数、根量、百粒重都有所提高^[35]。在玉米植株生长至 10~12 片可见叶时,用 0.3% 的 PC 复合生长调节剂喷施上部叶片 1 次,可以显著降低玉米的株高和穗位,有效提高玉米的抗倒伏能力^[36]。玉米矮大棒是一种植物生长调节剂的复配制剂,主要作用是抗倒增产。试验表明,在玉米 10 片叶时进行喷施,可使株形矮健、穗位降低、茎秆粗壮、根系发达,延长光合作用时间,增加粒质量、穗长度,达到抗倒、高产、稳产的目的^[37]。在播种前用 40 mg/kg 矮大棒浸种,玉米拔节期叶面均匀喷施 2 mL/L 乙矮合剂,可有效降低玉米株高,增加基部节间茎粗,提高玉米茎秆机械强度和茎秆中纤维素的含量,有效防止和减轻高密度下玉米的倒伏,保证收获穗数,提高玉米粒质量^[38]。由此可见,合理使用植物生长调节剂,能够塑造株型、增强茎秆机械强度、降低株高,从而提高玉米抗倒能力。

综上所述,玉米抗倒伏研究是涉及到育种、栽培、田间管理、植物保护等多方面的系统工程。就目前而言,在育种领域普遍缺乏耐密抗倒伏品种,而且这种现状不是一朝一夕就能得到彻底改观,需要育种工作者长期积累和改进。在这种状况下,合理密植、加强水肥管理、化学防控等栽培管理措施对玉米抗倒伏显得尤为重要。但是,玉米密植化和高水肥的栽培管理措施是玉米高产的基础,是玉米发展的趋势,因而化学调控成为增强玉米抗倒伏性的最可

行手段之一。然而, 目前玉米田间针对性使用抗倒伏化学调控剂面积十分有限, 使用面积不足玉米栽培面积的 5%, 相关研究也非常有限, 获得国家相关部门批准的正规产品也十分缺乏。因此, 加强化学抗倒伏研究, 引导农民正确使用化学抗倒伏剂是当前推广玉米抗倒伏栽培的必要措施之一。

参考文献:

- [1] 李义钧. 关于套种玉米倒伏的研究[J]. 北京农业科学, 1984(4): 11-16.
- [2] 孙世贤, 戴俊英, 顾慰连, 等. 密度对玉米倒伏产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1989, 20(4): 413-416.
- [3] 丰光, 黄长铃, 邢锦丰. 玉米抗倒伏的研究进展[J]. 作物杂志, 2008(4): 12-14.
- [4] 李春秀. 玉米倒伏的原因及防止措施[J]. 农村科技, 2009(9): 10.
- [5] 北条良夫, 星川清亲. 作物的形态与机能[M]. 郑丕尧译. 北京: 农业出版社, 1983: 414-436.
- [6] 袁刘正, 柳家友, 付家峰, 等. 玉米倒伏后子粒灌浆特性的比较进展[J]. 作物杂志, 2010(2): 38-40.
- [7] 张洪生, 李玲燕, 赵明, 等. 种植密度对玉米抗倒伏性的影响[J]. 中国种业, 2009(6): 327-329.
- [8] 勾玲, 黄建军, 张宾, 等. 群体密度对玉米茎秆抗倒力学和农艺性状的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(10): 1688-1695.
- [9] 石洁, 王振营, 何康来. 黄淮海地区夏玉米病虫害发生趋势与原因分析[J]. 植物保护, 2005, 31(5): 63-65.
- [10] Hebert Y. Root lodging resistance in forage maize: Genetic variability of root system and aerial part[J]. Maydica, 1992, 37(2): 173-183.
- [11] Stamp P. Seedling traits of maize as indicator of root lodging[J]. Agronomie, 1992, 12(2): 157-162.
- [12] Pellerin S. Relationship between morphological characteristics and lodging susceptibility of maize[J]. Agronomie, 1990, 10(6): 439-446.
- [13] Stamp P. Root morphology of maize and its relationship to root lodging[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 1992, 168(2): 113-118.
- [14] 贾志森. 玉米自交系抗倒伏鉴定研究[J]. 作物品种资源, 1992(3): 30-33.
- [15] 王群瑛, 胡昌浩. 玉米茎秆抗倒特性解剖研究[J]. 作物学报, 1991, 17(1): 70-74.
- [16] Zuber M S. Evaluation of progress in selection for stalk quality[J]. Corn Sorghum Res, 1953, 28: 110-122.
- [17] Berzonsky W A, Hawk J A, Pizzolato T D. Anatomical characteristics of three inbred lines and two maize synthetics recurrently selected for high and low stalk crushing strength[J]. Crop Sci, 1986(26): 482-488.
- [18] Thompson D L. The lodging resistance traits[J]. Crop Science, 1963(3): 323-325.
- [19] Cloninger F D, Zuber M S, Calvert O H, et al. Methods of evaluating stalk quality in corn[J]. Phytopathology, 1970(60): 295-300.
- [20] 孙世贤, 戴俊英, 顾慰连. 氮、磷、钾肥对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 中国农业科学, 1989, 22(3): 28-33.
- [21] Loesch P J. Inheritance of crushing strength and rind thickness inbred lines corn[J]. Crop Science, 1963(3): 173-175.
- [22] 刘兴唐, 官春云, 雷冬阳. 作物抗倒伏的评价方法研究进展[J]. 中国植物学通报, 2007, 23(5): 203-206.
- [23] 袁志华, 全林斯, 赵祥雄, 等. 玉米茎秆抗倒伏的综合评价[J]. 河南科学, 2002, 20(5): 495-497.
- [24] 赵安庆, 袁志华. 玉米茎秆抗倒伏的力学机制研究[J]. 生物数学学报, 2003, 18(3): 314-313.
- [25] Radu A, Paraschivu U. Use of genetic estimates in breeding maize for resistance to stem breakage[J]. Lucrari Stiintifice(Romania), 1994(7): 70-80.
- [26] 李得孝, 员海燕, 武玉华, 等. 玉米倒伏性状的遗传分析[J]. 西北农业学报, 2004, 13(2): 43-46.
- [27] 姚启伦. 玉米茎倒折性状遗传的研究[J]. 西南农业大学学报, 2008, 25(2): 123-137.
- [28] Albrecht K A, Zuber M S, Grogan C O, et al. Selection reversal in strains of corn previously long term selected for chemical composition[J]. Crop Science, 1986, 26(5): 1051-1055.
- [29] 郑玲玲. 关于玉米抗倒伏(折)性育种的思考[J]. 北京农业, 2008(2): 4-5.
- [30] 佟屏亚. 郑单 958 PK 先玉 335 引发深层思考[J]. 中国种业, 2010(6): 36-37.
- [31] 宋朝玉, 张继余, 张清霞, 等. 玉米倒伏类型、原因及防御、治理措施[J]. 作物杂志, 2006(1): 36-38.
- [32] 刘伟, 吕鹏, 苏凯, 等. 种植密度对夏玉米产量和源库特性的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(7): 1737-1743.
- [33] 王文颇, 李彦生, 周印富. 玉米倒伏及其影响因素(综述)[J]. 河北农业技术师范学院学报, 1998, 12(3): 59-62.
- [34] 李玲, 赵明, 李连禄, 等. 乙矮合剂对玉米产量和茎秆质量的影响[J]. 作物杂志, 2007(5): 54-54.
- [35] 张文彪. 喷施玉米健壮素试验研究[J]. 现代农业科技, 2009(12): 150-155.
- [36] 刘根齐, 郭乐群, 蒋其鳌. DC 复合生长调节剂对玉米主要农艺性状的影响及抗倒伏作用研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 185-188.
- [37] 牛云生, 李建刚, 韩卫红, 等. 新型玉米抗倒增产的使用研究初报[J]. 作物栽培, 2007(2): 39-60.
- [38] 薛金涛, 张保明, 董志强, 等. 化学调控玉米抗倒及产量性状的效应研究[J]. 作物杂志, 2008(4): 72-76.