



郝玉波,于洋,钱春荣,等.不同熟期玉米品种茎秆抗倒伏特性研究[J].黑龙江农业科学,2020(12):14-18.

# 不同熟期玉米品种茎秆抗倒伏特性研究

郝玉波,于 洋,钱春荣,宫秀杰,李 梁,姜宇博,吕国依

(黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所/农业农村部东北地区作物栽培科学观测实验站,  
黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为促进黑土区玉米抗倒伏栽培和育种,本试验以不同熟期 16 个玉米品种(早熟品种 4 个,中熟品种 3 个,晚熟品种 9 个)为供试材料,种植密度为 6 万株 $\cdot$ hm<sup>-2</sup>,对株高、穗位高、节间长度、粗度、质量、密度及其穿刺强度、折断力进行研究,探讨黑龙江省不同熟期玉米品种茎秆抗倒伏特性差异。结果表明:就不同熟期品种而言,玉米株高、穗位高和穗高系数随熟期延迟呈增加趋势,晚熟品种>中熟品种>早熟品种,早熟、中熟和晚熟玉米品种穗高系数分别为 0.33、0.39 和 0.43。早熟品种第 1、2、3 节间长度和粗度与中晚熟品种差异显著,而中熟品种与晚熟品种差异不显著。早熟品种第 1、2 节间重和第 1、5 节间密度显著高于中晚熟品种。不同品种穗下全部节位的节间重和密度均值呈早熟品种>晚熟品种、中熟品种的变化趋势。就玉米茎秆不同节间而言,随玉米节间位置的上升,各玉米品种节间粗度、密度、穿刺强度和折断力下降;中晚熟品种节间重和长度呈单峰曲线变化,最大值出现在第 5、6 节。总体而言,早熟品种较中晚熟品种株高、穗位低,节间重、密度和穿刺强度大,有利于茎秆抗倒伏,而中晚熟品种较早熟品种节间长度小、粗度大和抗折断力强,因此不同熟期玉米品种茎秆抗倒伏特性需综合评价。

**关键词:**玉米;茎秆;倒伏;熟期;品种

倒伏是作物生产中普遍存在的问题,已成为高产稳产的重要限制因素之一<sup>[1]</sup>。据统计玉米倒伏率每增加 1%,大约减产 108 kg $\cdot$ hm<sup>-2</sup><sup>[2]</sup>,每年因倒伏所致的产量损失为 5%~25%<sup>[3-4]</sup>。玉米倒伏的主要原因是玉米茎秆及根系质量性状随密度增加而逐渐变劣<sup>[5]</sup>,茎秆作为支撑玉米地上部的主体,其形态性状和机械强度与倒伏抗性密切相关,尤其是玉米穗下节间<sup>[6]</sup>。

黑龙江省是我国第一大玉米产区,纬度跨度大,从南到北有 6 个积温带,玉米活动积温范围为 1 900~2 800 ℃,玉米熟期差异明显。而玉米活动积温直接影响玉米生物学特性。周颖等研究认为,不同熟期玉米品种茎秆特性存在显著差异,中晚熟品种较晚熟品种植株低、茎秆粗、茎秆与籽粒含水量均较低、茎秆力学强度低,成熟度更高<sup>[7]</sup>。关于玉米品种的茎秆抗倒伏特性,已有报道多是

针对某一生态区相同熟期品种或是不同生态区某一品种进行研究,在玉米籽粒机收背景下亟需加强同一生态区不同熟期玉米品种茎秆抗倒伏特性研究,本试验选用黑龙江省不同熟期的 16 个普通玉米品种为材料,研究其茎秆形态特征和抗倒性能,以期为未来宜机收粒、抗倒玉米品种的选择和抗倒伏栽培提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在黑龙江省农业科学院民主乡试验基地进行(45°85'N,126°84'E)。试验土壤为黑钙土,有机质含量 32.4 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup>,全氮含量 1.45 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup>,全磷含量 0.53 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup>,全钾含量 0.87 g $\cdot$ kg<sup>-1</sup>,土壤 pH 6.61。

### 1.2 材料

试验材料选用适应黑龙江省不同积温带的 16 个玉米生产主推品种,其中早熟品种 4 个,中熟品种 3 个,晚熟品种 9 个。所有种子均来自正规种子商店。

### 1.3 方法

**1.3.1 试验设计** 试验采用大区对比设计,采用垄作种植方式,种植密度 6 万株 $\cdot$ hm<sup>-2</sup>,该密度为黑龙江省玉米普遍采用的种植密度。小区行长为 6 m,面积 15.6 m<sup>2</sup>。玉米播种前一次性施入缓控

收稿日期:2020-09-29

**基金项目:**主要农作物提质增效栽培技术专项(HNK2019 CX12);黑土耕地资源可持续利用技术专项(HNK2019 CX13);黑龙江省科技计划省院科技合作项目(YS18B14);黑龙江省农业科学院高效、绿色现代农业示范项目(TYG-2019-09);国家自然科学基金青年资助项目(31501252);黑龙江省农业科学院院级科研项目(2018YYF034,2014QN017)。

**第一作者:**郝玉波(1982-),男,博士,助理研究员,从事玉米抗逆高产栽培研究。E-mail:yubohao2005@163.com。

**通讯作者:**钱春荣(1973-),女,博士,研究员,从事作物耕作栽培研究。E-mail:qcr3906@163.com。

肥(N:P:K=24:12:12)600 kg•hm<sup>-2</sup>。其他管理与当地高产玉米田相似。

表 1 不同玉米品种生育期

Table 1 Growth stage of different maize hybrids

熟期 Maturities	序号 Number	品种 Hybrids	≥10℃活动积温 Active acumulative temperature/℃	生育天数 Growth days/d
早熟	1	德美亚 2 号	2000	108
	2	德美亚 1 号	2100	110
	3	克玉 15	2200	113
	4	德美亚 3 号	2250	115
中熟	1	垦单 10 号	2400	119
	2	鑫鑫 1 号	2400	120
	3	誉成 1 号	2550	123
晚熟	1	丰禾 1 号	2650	127
	2	丰禾 10 号	2650	127
	3	先玉 335	2680	127
	4	利民 33	2730	128
	5	先玉 696	2750	125
	6	龙作 1 号	2750	128
	7	农华 101	2750	128
	8	郑单 958	2850	129
	9	中单 909	2900	129

1.3.2 调查项目及方法 在各玉米品种乳熟期测定茎秆形态特征和抗倒力学指标。形态指标包括株高、穗位高、茎粗和节间长,用米尺测量株高、穗位高和节间长,用游标卡尺测量茎粗;天平称量法测定节间干重;节间穿刺强度和折断力用植物茎秆强度仪测定;穗高系数=穗位高/株高。

1.3.3 数据处理 采用 Excel 2003 绘制相关图表,并用 DPS 7.05 对所有数据进行统计,利用最小显著极差法(LSD)进行方差检验。

2 结果与分析

2.1 不同熟期玉米的株高和穗位高

乳熟期,早熟、中熟和晚熟玉米品种株高变化范围分别为 218~287 cm、257~302 cm 和 265~334 cm,说明随着品种熟期延长,玉米植株高度呈增加趋势,但由于同一熟期玉米品种株高变幅较

大,因此不同熟期玉米株高均值差异不显著。穗位高变化规律与株高一致,早熟品种与晚熟品种差异显著。早熟、中熟和晚熟玉米品种穗高系数分别为 0.33、0.39 和 0.43,说明玉米果穗高度随熟期延长而提高,植株重心高度提升这就可能增加灌浆期中晚熟玉米植株倒伏的风险。早熟品种与中晚熟品种的穗高系数差异显著,但中熟品种与晚熟品种差异不显著。

表 2 不同熟期玉米品种株高和穗位高变化

Table 2 Plant height and ear height of maize hybrids differing in maturities

品种 Hybrids	株高均值 Mean plant height/cm	穗位高均值 Mean ear height/cm	穗高系数 Ear height coefficient
早熟品种	265±27.8 a	87±12.8 b	0.33±0.03 b
中熟品种	273±20.4 a	108±8.9 ab	0.39±0.02 a
晚熟品种	293±24.8 a	127±14 a	0.43±0.03 a

注:同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平差异显著性(P≤0.05)。下同。

Note:Different lowercases after the column data mean significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 不同熟期玉米节间长度和粗度

2.2.1 节间长度 由表 3 可知,早熟品种穗下节间长度随节位的升高持续增加,中熟和晚熟品种则呈单峰变化。早熟品种第 1、2、3、7 节间长度与中晚熟品种差异显著,中熟品种各节间长度与晚熟品种差异不显著。就全部节间长度的均值而言,穗下节间长度早熟品种>晚熟品种>中熟品种,说明早熟品种生育前期茎秆纵向发育较快。

2.2.2 节间粗度 由表 4 可知,玉米穗下节间粗度随节位的升高逐渐减少,同一节位晚熟品种>中熟品种>早熟品种,说明玉米品种随着熟期的延迟茎秆粗度增加。早熟品种第 1、2、3 节间粗度与中晚熟品种差异显著,其他节间差异不显著。中熟品种各节间粗度与晚熟品种差异不显著。综合表 3、表 4,早熟品种茎秆节间呈纵向伸长、横向紧缩状态。

表 3 不同熟期玉米品种节间长度变化

Table 3 Internode length of maize hybrids differing in maturities

(cm)

品种 Hybrids	节间长度 Internode length										均值 Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
早熟品种	8.2±1.7 a	14.4±2.2 a	18.1±2.2 a	19.3±1.8 a	20.3±4.1 a	22.1±3.8 a	25.8±2.5 a	-	-	-	18.2±5.4
中熟品种	6.6±0.5 b	10.6±0.1 b	15.1±3.5 b	15.6±0.3 b	18.2±0.2 a	20.3±0.9 a	19.7±2.1 b	18.1±0.6 a	-	-	15.5±4.8
晚熟品种	5.3±1.5 b	11.5±3.4 b	14.2±3.2 b	18.3±4.2 ab	21.2±4.7 a	21.7±4.8 a	20.6±2.8 b	19.2±2.8 a	20.7±2.2	19.3±1.5	17.3±6.5

表 4 不同熟期玉米品种节间粗度

Table 4 Internode diameter of maize hybrids differing in maturities (mm)

品种 Hybrids	节间粗度 Internode diameter										均值 Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
早熟品种	21.5±1.4 b	21.1±0.9 b	20.6±0.4 b	20.4±0.3 a	19.5±0.7 a	16.9±1.3 a	17.0±0.9 a	-	-	-	19.6±1.7
中熟品种	24.2±0.4 a	22.9±1.0 a	22.2±0.6 a	21.3±0.9 a	19.9±0.9 a	18.6±0.5 a	17.5±0.7 a	16.4±0.7 a	-	-	20.4±2.6
晚熟品种	24.3±2.0 a	23.9±2.3 a	23.0±2.1 a	21.8±1.9 a	20.6±1.7 a	19.1±1.9 a	18.5±1.4 a	18.3±1.7 a	17.5±0.8	16.4±1.5	20.3±3.0

2.3 不同熟期玉米节间重和密度

2.3.1 节间重 由表 5 可知,中熟和晚熟品种玉米穗下节间重分布呈单峰曲线变化,最大的是第 5 节,而早熟品种最大的为第 1 节,这主要由品种遗传生育特点所决定。全部节间重的均值呈早熟

品种>晚熟品种>中熟品种变化规律。早熟品种第 1、2、3、5、7 节间重显著高于中熟品种;早熟品种第 1、2 节间重显著高于晚熟品种,而第 3~7 节间重两者无显著差异;晚熟品种第 4 和第 8 节间重显著高于中熟品种。

表 5 不同熟期玉米品种节间重

Table 5 Internode weight of maize hybrids differing in maturities (g)

品种 Hybrids	节间重 Internode weight										均值 Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
早熟品种	10.8±7.7 a	8.8±2.3 a	9.0±2.0 a	8.3±1.5 ab	8.7±1.9 a	7.4±2.3 a	7.5±1.0 a	-	-	-	8.63±3.8
中熟品种	4.2±1.1 b	6.2±2.0 b	6.7±1.9 b	6.5±0.9 b	6.8±1.0 b	6.6±1.1 a	5.7±1.0 b	4.6±0.6 b	-	-	5.91±1.6
晚熟品种	3.5±1.0 b	6.6±1.9 b	7.8±2.1 ab	8.6±2.4 a	8.6±2.2 ab	8.1±2.0 a	6.5±1.2 ab	6.1±0.7 a	5.2±0.3	3.7±0.5	6.47±2.4

2.3.2 节间密度 由表 6 可知,早熟、中熟和晚熟玉米品种节间密度变化范围为 128~208 mg·cm<sup>-3</sup>、115~179 mg·cm<sup>-3</sup>和 92~147 mg·cm<sup>-3</sup>,早熟品种第 1 和第 5 节间密度显著高于晚熟品种和中熟品

种,中熟品种和晚熟品种无显著差异。穗下全部节位的节间密度均值表现为早熟品种>晚熟品种=中熟品种,由此可知,早熟品种茎秆结构更加紧凑、内容物更加致密。

表 6 不同熟期玉米品种节间密度

Table 6 Internode densities of maize hybrids differing in maturities (mg·cm<sup>-3</sup>)

品种 Hybrids	节间密度 Internode densities										均值 Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
早熟品种	208±43 a	174±37 a	147±29 a	132±26 a	157±59 a	155±46 a	128±10 a	-	-	-	162±47
中熟品种	137±37 b	179±15 a	115±20 b	118±11 a	119±9 b	119±11 a	122±14 a	118±6 a	-	-	129±63
晚熟品种	147±26 b	133±24 a	134±20 ab	126±21 a	122±17 b	135±49 a	119±16 a	116±15 a	107±33	92±13	129±28

2.4 不同熟期玉米节间穿刺强度和折断力

由表 7 可知,玉米节间穿刺强度随节位升高而降低,就穗下全部节间平均穿刺强度而言,早熟品种>中熟品种>晚熟品种。除第 1、第 2 节外,同一节位各品种节间穿刺强度差异不显著。由表 8 可知,随节位升高玉米节间折断力逐步减少,早熟、中熟和晚熟玉米品种折断力变化范围为103~

451 N、113~457 N 和 97~525 N。同一节间折断力:晚熟品种>中熟品种>早熟品种。除第 2 节间外,晚熟品种节间折断力均显著高于早熟品种;而中熟品种较早熟品种第 4 节间有显著差异,其他节间均无显著差异。由于各品种第一节间较短,折断力超出仪器量程,因而未测定其折断力数值。

表 7 不同熟期玉米品种节间穿刺强度

Table 7 Internode puncture strength of maize hybrids differing in maturities (N·0.03 cm<sup>-2</sup>)

品种 Hybrids	节间穿刺强度 Internode puncture strength										均值 Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
早熟	66±19 a	62±17 a	56±15 a	48±12 a	40±8 a	37±7 a	44±5 a	-	-	-	50±18
中熟	53±14 b	48±9 b	48±6 a	44±2 a	41±4 a	39±2 a	38±7 a	31±1 a	-	-	43±10
晚熟	61±8 ab	55±8 ab	53±9 a	48±8 a	44±7 a	39±8 a	34±7 a	32±3 a	24±4	26±3	42±13

表 8 不同熟期玉米品种节间折断力

Table 8 Internode breaking force of maize hybrids differing in maturities (N)

品种 Hybrids	节间折断力 Internode breaking force										均值 Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
早熟	-	451±58 a	317±39 b	229±50 b	177±23 b	134±1 b	103±10 b				236±145
中熟	-	457±15 a	364±49 b	325±53 a	226±36 ab	173±13 ab	130±9 ab	113±5 a			255±125
晚熟	-	525±92 a	453±61 a	337±56 a	263±61 a	195±42 a	163±33 a	121±30 a	103±1	97±8	252±147

3 结论与讨论

黑龙江省玉米从南到北存在多个熟期差异,且玉米生长期雨热同季、植株生物量大,倒伏问题已经成为制约玉米产业发展瓶颈因素,尤其是近年来北部地区逐步实行玉米籽粒机收,对玉米茎秆抗倒伏性能提出了更高要求。本研究中,随着品种熟期延长,玉米株高、穗位高和穗高系数增加,这就增加了灌浆期中熟和晚熟玉米植株倒伏的风险。茎秆作为支撑玉米地上部的主体,茎基部各节间的长度、直径等性状对玉米植株抗倒伏性有不同程度影响<sup>[8]</sup>。因此研究玉米节间基本性状对茎秆抗倒伏评价具有重要意义。刘卫星等<sup>[9]</sup>研究认为,茎秆力学性状中以基部 3 节的差异最显著,可以作为玉米抗倒伏品种选择的重要农艺性状指标。本研究中,早熟品种较中晚熟品种,节间粗度细、长度长;中晚熟品种玉米穗下节间质量分布呈单峰曲线变化,最大质量是第 5 节,而早熟品种最大质量为第 1 节,这主要由品种遗传生育特点所决定;同一节间质量总体呈早熟品种>晚熟品种>中熟品种的变化规律;穗下全部节位的节间密度:早熟品种>晚熟品种=中熟品种,说明早熟品种茎秆结构更加紧凑、内容物更加致密。

茎秆穿刺强度是评价茎秆表皮抗穿透能力的综合指标,其与茎秆抗倒伏能力具有高度的相关性<sup>[10]</sup>。本研究中,玉米节间穿刺强度节位升高而减少,不同熟期玉米品种茎秆穿刺强度呈早熟品种>中熟品种>晚熟品种的变化规律。节间折断力随节位升高而逐步减少,不同熟期玉米品种茎秆折断力呈晚熟品种>中熟品种>早熟品种的变化规律。

总体而言,早熟品种较中晚熟品种株高和穗

位低,节间质量、密度和穿刺强度大,有利于茎秆抗倒伏,而中晚熟品种较早熟品种节间长度小、粗度大和抗折断力强,因此不同熟期玉米品种茎秆抗倒伏特性存在较大差异。本文中早熟品种以德美亚系列品种为主,其品种茎秆特点与国内自主育成的品种有所不同,因此未来研究玉米茎秆抗倒伏特性需结合品种遗传特点来综合评价。通过本研究明确了不同熟期玉米茎秆生物学特性和抗倒力学特点,以期在黑土区玉米抗倒伏育种和栽培提供借鉴和参考。

参考文献:

[1] 田保明,杨光圣. 农作物倒伏及其评价方法[J]. 中国农学通报,2005,21(7):111-114.

[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,黄长玲,邢锦丰. 玉米抗倒伏的研究进展[J]. 作物杂志,2008(4):12-14.

[4] Norberg O S, Mason S C, Lowry S R. Ethephon influence on harvestable yield, grain quality, and lodging of corn[J]. Agronomy Journal, 1988, 80: 768-772.

[5] 马兴林,徐安波,杨久臣,等. 关于玉米种植密度的思考与讨论[J]. 玉米科学,2020,28(2):96-99.

[6] 马晓君,莫太相,路明远,等. 群体密度对夏玉米穗下茎秆性状及抗倒伏力学特性的影响[J]. 玉米科学,2018,26(4):123-130.

[7] 周颖,顾万荣,赵猛,等. 黑龙江省不同熟期春玉米品种茎秆特性及机收指标差异[J]. 华北农学报,2017,32(S):140-146.

[8] 刘胜群,宋凤斌,朱先灿,等. 玉米穗下节间与抗倒性相关的某些性状对增加密度的响应[J]. 土壤与作物,2013(4):145-149.

[9] 刘卫星,王晨阳,王强,等. 不同玉米品种茎秆抗倒特性及其与产量的关系[J]. 河南农业科学,2015,44(7):17-21.

[10] 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.

Study on Anti-lodging Characters of Maize Hybrids

Differing in Maturities

HAO Yu-bo, YU Yang, QIAN Chun-rong, GONG Xiu-jie, LI Liang, JIANG Yu-bo, LYU Guo-yi  
(Institute of Crop Farming and Cultivation, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Scientific Observing and Experimental Station of Crop Cultivation in Northeast China, Ministry of Agriculture and Rual Affairs,

Harbin, 150086, China)

**Abstract:** The paper discussed the difference of anti-lodging characters of maize hybrids differing in maturities in Heilongjiang province, so as to provide reference for the anti-lodging cultivation and breeding in black soil area. In the experiment, sixteen maize hybrids differing in maturities were used as test materials: four early maturity hybrids, three medium maturity hybrids and nine late maturity hybrids, the planting density was 60 000 plants per hectare. And eight stalk morphological characters were investigated, such as plant height, ear height, internode length, diameter, quality, density, puncture strength and breaking force. For maize hybrids differing in maturities, the results showed that plant height, ear height and ear height coefficient increased with the delay of maturities, and the changing tendency was late maturity hybrids > medium maturity hybrids > early maturity hybrids. Ear-height coefficients of early, medium and late maturity maize hybrids were 0.33, 0.39 and 0.43, respectively. The first, second and third internode lengths and diameters of early maturity maize hybrids were significantly different from those of medium and late hybrids, while the difference between the medium and late hybrids was not significant. The internode qualities of the first and second internode and the internode densities of the first and fifth internode of early maturity maize hybrids were significantly higher than those of medium and late hybrids. The means of internode quality and density of all nodes under ear were as follows: late maturity hybrids > early maturity hybrids > medium maturity hybrids. In terms of the different internodes of the stalk, with the increase of internode position, the internodes diameter, density, puncture strength and breaking force decreased. The internode quality and length of medium and late maturity hybrids showed a single peak curve, and the maximum value appeared at the fifth internode and sixth internode. In general, early maturity hybrids were lower plant height and ear height, higher internode quality, density and puncture strength than the medium and late maturity hybrids, so it was conducive to stalk anti-lodging resistance. While the medium and late maturity hybrids were less internode length, higher internode diameter, and stronger breaking force than early maturity hybrids. Therefore, the stalk anti-lodging resistance of maize hybrids differing in maturities needs comprehensive evaluation.

**Keywords:** maize; stalk; lodging; maturity; hybrids

(上接第 13 页)

## Evaluation on Density Tolerance of Early-maturing Superior Germplasm Resources of Soybean

HU Kai-feng, ZHANG Yong, DONG Quan-zhong, XUE Hong, ZHANG Ming-ming, LI Wei-wei, WANG Lei, YANG Xing-yong

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161600, China)

**Abstract:** In order to promote the high-yield and high-density cultivation of soybean in northeast China, 43 main varieties of soybeans were treated under two different planting density conditions in a field experiment of 450 000 and 250 000 plants per hectare. The lodging grade at peak grain stage (R6), lodging grade at maturity stage (R8) and stem strength were investigated. Plant height, main stem node number, effective branch number, bottom pod height, branch position, branch length, barycenter height and so on were measured during the mature period. Then we carried out a plot production test. Through principal component analysis, subordinate function method and cluster analysis, forty-three samples of soybean were evaluated, and the relative density-tolerant soybean resources were selected. The results showed that 10 individual indexes could be transformed into 4 relatively independent comprehensive indexes, and 43 resources were divided into 4 categories according to the density-tolerance by using the methods of membership function and cluster analysis, 13 varieties such as Heihe 42 and HLT8-Heihe 13 had high density-resistance, 12 varieties including Jiamidou No. 6 showed higher density-tolerant, twenty varieties including Heihe 30 were medium towards density-tolerant stress, while nine varieties including Heihe 37 were not density-tolerant.

**Keywords:** soybean; density tolerance; membership function; principal component analysis