



张庆娜,邵广忠,孙殷会,等. 种植密度对玉米茎秆抗倒伏性能及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2023(7):1-6.

# 种植密度对玉米茎秆抗倒伏性能及产量的影响

张庆娜,邵广忠,孙殷会,程 娟,傅迎军,孟祥海,胡颖慧,王佰成

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院,黑龙江 牡丹江 157000)

**摘要:**为促进黑龙江省玉米密植高产抗倒伏栽培,充分挖掘其高产潜力,实现增产增收,以牡丹江地区 10 个市场上主栽的玉米品种为材料,设置 3 个种植密度,田间采用随机区组设计,探讨不同密度对玉米茎秆强度性状和产量的影响。结果表明,利合 328、P5697、益农玉 10 号、富尔 116 和德美亚 3 号的最高产量分别为 12 567.0, 12 457.0, 13 254.9, 13 204.9 和 12 624.4  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,最佳种植密度为 7.50 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,适宜密植;牡单 19、绿单 4 号、吉农大 935 和牡单 27 的最高产量分别为 12 986.8, 12 687.3, 13 605.3 和 12 765.5  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,最佳种植密度为 6.75 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,中等耐密;和育 187 的最高产量为 13 686.2  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,最佳种植密度为 6.00 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,种植不宜过密。参试玉米品种茎秆针刺强度和压碎强度都随着密度增大呈现减小的趋势,总体表现为随着节位上升呈下降趋势,不同品种间的也存在很大差异。不同种植密度下,益农玉 10 号在第 3 节、第 4 节、第 5 节承受针刺强度和茎秆压碎强度都是最强的。参试玉米品种整体上表现为随种植密度增加,株高、穗位高降低,秃尖变长,穗粗变细,百粒重降低,穗长变短。

**关键词:**玉米;密度;茎秆性状;产量

合理密植是建立玉米高产群体的核心,适宜的种植密度可以增加产量,提高商品性,降低生产成本,减少病害发生,同时也是发挥良种增产潜力的一种重要栽培措施<sup>[1]</sup>。增密种植、提高单位面积有效收获穗数依旧是国内外玉米获得高产的关键栽培措施之一<sup>[2-3]</sup>。高密度栽培已经成为目前玉米高产潜力挖掘的关键措施之一,但是随着群体密度的增大导致植物间争光气、争肥水,玉米茎秆细弱,从而增加玉米的倒伏风险<sup>[4]</sup>。茎倒伏是植株未发生根倒伏前,从基部以上某个节位折断,折断的部位多是抗折能力弱的节或节间<sup>[5]</sup>。玉米倒伏发生的时期不同对产量的影响也不尽相同。研究表明,随着玉米种植密度增加,玉米倒伏率呈上升趋势<sup>[6-9]</sup>。从吐丝至乳熟中期,玉米倒伏发生的越早减产越严重,单株穗粒数越少,同时百粒重较低<sup>[10]</sup>。在灌浆期至成熟期穗部发育阶段发生群体大面积倒伏,将导致植株冠层空间结构被破坏、光合作用能力下降、果穗数量减少、玉米籽粒品质降低、后期机械化收获损失大等<sup>[11-12]</sup>。玉米茎倒伏所造成的产量损失比根倒更严重<sup>[13]</sup>。近年来在玉米生产中因种植密度过大,生育期内遭遇雷雨大

风等不良天气危害致倒伏时有发生<sup>[14]</sup>。每年由于玉米倒伏而造成的产量损失约 5%~25%,个别年份甚至更高<sup>[15]</sup>。如果玉米田间发生大面积倒伏,则无法进行机械收获,而人工收获耗时耗力耗成本。玉米倒伏问题一直是东北地区创高产和机械收获的严重障碍之一。本研究以黑龙江省牡丹江地区 10 个市场上主栽玉米品种为材料,研究不同种植密度对玉米茎秆抗倒伏性能及产量的影响,以期筛选出耐密高产抗倒玉米品种,为提高玉米单产水平提供理论依据,对实现玉米超高产栽培具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为 10 个市场上主栽玉米品种,即牡单 19(黑审玉 20200044,半紧凑型植株,机收籽粒品种)<sup>[16]</sup>、牡单 27(半紧凑型植株,机收籽粒品种)、利合 328(蒙审玉 2018006,耐寒耐旱)、P5697(蒙审玉 2016026,紧凑型植株,高抗茎腐病)、绿单 4 号(黑审玉 2015015,半紧凑型植株,高抗茎腐病)、和育 187(国审玉 2017014,半紧凑型植株)、益农玉 10 号(国审玉 20180043,半紧凑型植株,高抗茎腐病)、吉农大 935(吉审玉 20180043,半紧凑型植株)、富尔 116(国审玉 2015604,半紧凑型植株,高抗茎腐病)、德美亚 3 号(吉审玉 2013001,半紧凑型植株)。

收稿日期:2023-03-14

基金项目:牡丹江市科学技术计划项目(HT2020NS032)。

第一作者:张庆娜(1979—),女,硕士,助理研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail:zhangqingna8@163.com。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2022 年在黑龙江省农业科学院牡丹江分院试验基地进行,田间采用 3 次重复,随机区组设计,设计 3 个密度处理,分别为处理 1:7.50 万株·hm<sup>-2</sup>(株距 20.5 cm)、处理 2:6.75 万株·hm<sup>-2</sup>(株距 22.8 cm)和处理 3:6.00 万株·hm<sup>-2</sup>(株距 25.6 cm),小区面积为 20 m<sup>2</sup>,行距 65 cm,5 行区种植。试验区四周设保护行,田间管理与当地大田生产相同。

1.2.2 测定项目及方法 株高、穗位高测量:于乳熟期在每小区随机取样,各处理取样 5 株,用塔尺在田间直接测量株高及穗位高。

茎秆抗倒伏性能的测定:在乳熟期用 YYD-1 型茎秆强度测定仪测定茎秆穿刺强度与压碎强度,每个小区选取 3 株具有代表性的植株,剥去叶和鞘,取植株基部茎第 3、第 4 和第 5 节。将横截面积为 0.01 cm<sup>2</sup>探测头沿茎秆中部垂直缓慢匀速插入,读取穿刺茎秆表皮的最大值,表示茎秆穿刺强度;然后换成横截面积为 1 cm<sup>2</sup>的探测头垂直于茎秆缓慢压下,直到茎秆破裂,读取最大值,表示茎秆压碎强度。

室内考种及测产:每小区取中间 3 行测量小区

产量,从 3 行中选取 10 穗进行考种。测定的性状有穗长(cm)、秃尖长(cm)、穗粗(cm)及百粒重(g)。

1.2.3 数据分析 试验数据统计分析和处理采用 Excel 2010 和 DPS v7.05 软件。

2 结果与分析

2.1 不同种植密度对参试玉米品种农艺性状的影响

2.1.1 株高和穗位高 由表 1 可知,牡单 19、绿单 4 号、和育 187 和富尔 116 在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下株高显著高于处理 1(7.50 万株·hm<sup>-2</sup>)和处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>);利合 328、P5697、益农玉 10 号、吉农大 935、德美亚 3 号和牡单 27 在处理 3 条件下株高显著高于处理 1,与处理 2 无显著差异。

牡单 19、P5697 和牡单 27 在处理 3 条件下穗位高显著高于处理 1,与处理 2 无差异显著;利合 328、绿单 4 号、和育 187、益农玉 10 号、吉农大 935、富尔 116 和德美亚 3 号在处理 3 条件下穗位高显著高于处理 1 和处理 2,处理 1 和处理 2 之间无显著差异。参试品种在高密度种植条件下,株高、穗位高与低密度条件下差异显著(表 1)。

表 1 密度对参试玉米品种株高和穗位高的影响

项目	处理	牡单 19	利合 328	P5697	绿单 4 号	和育 187	益农玉 10 号	吉农大 935	富尔 116	德美亚 3 号	牡单 27
株高/cm	1	294.0 b	307.7 b	299.3 b	330.0 b	303.0 b	345.7 b	321.7 b	304.0 b	315.7 b	291.3 b
	2	298.7 b	325.7 a	312.0 ab	334.3 b	306.0 b	352.0 ab	329.3 a	306.0 b	322.7 a	298.3 ab
	3	312.0 a	330.7 a	327.0 a	342.3 a	313.0 a	358.0 a	336.0 a	314.3 a	328.3 a	306.3 a
穗位/cm	1	137.0 b	128.3 b	125.3 b	144.0 b	129.7 b	141.3 b	132.0 b	119.3 b	123.3 b	124.0 b
	2	139.0 ab	131.0 b	128.3 ab	147.7 b	131.7 b	142.3 b	133.0 b	121.3 b	126.3 b	129.0 ab
	3	143.0 a	136.3 a	132.0 a	154.0 a	136.3 a	148.3 a	137.3 a	124.3 a	132.3 a	132.3 a

注:不同小写字母表示同一品种相同性状不同处理间在 P<0.05 水平差异显著。下同。

2.1.2 穗部性状 由表 2 可知,所有参试玉米品种均在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下穗长最长,且显著高于处理 1 和处理 2。其中牡单 19、绿单 4 号、益农玉 10 号、吉农大 935、富尔 116、德美亚 3 号和牡单 27 在处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下穗长显著高于处理 1(7.50 万株·hm<sup>-2</sup>);和育 187、利合 328 和 P5697 穗长处理 2 和处理 1 间无显著差异。

玉米品种牡单 19、绿单 4 号和德美亚 3 号随着种植密度的增加,未出现秃尖现象,表现出较好的穗部群体性状。利合 328、益农玉 10 号、吉农大 935、和育 187 和 P5697 在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)和处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下无秃尖,与处理 1 均呈现显著差异;富尔 116 和牡单 27 在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下无秃尖,显著低于处理 1 和处理 2,且处理 1 显著高于处理 2。

所有参试玉米品种均在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下穗粗最粗,其中牡单 19、利合 328、益农玉 10 号和吉农大 935 在处理 3 条件下穗粗显著高于处理 1,与处理 2 无显著性差异;P5697、绿单 4 号、和育 187、富尔 116、德美亚 3 号和牡单 27 在处理 3 条件下穗粗显著高于处理 1 和处理 2,处理 1 和处理 2 之间无显著性差异。

说明种植密度对不同玉米品种农艺性状影响不同。参试玉米品种种植密度达到处理 1(7.50 万株·hm<sup>-2</sup>时),秃尖变长,穗粗变细,穗长影响不大;参试品种在种植密度处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>)和处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)下的性状差异不大。玉米品种牡单 19、绿单 4 号、德美亚 3 号随着种植密度的增加,未出现秃尖现象,表现出较好的群体穗部性状。

表 2 密度对参试玉米品种穗部性状的影响

项目	处理	牡单 19	利合 328	P5697	绿单 4 号	和育 187	益农玉 10 号	吉农大 935	富尔 116	德美亚 3 号	牡单 27
穗长/cm	1	20.2 c	20.4 b	19.6 b	18.8 c	20.4 b	19.7 c	18.9 c	20.5 c	18.0 c	21.4 c
	2	21.5 b	20.6 b	20.0 b	19.5 b	20.7 b	20.5 b	19.5 b	21.0 b	19.5 b	22.0 b
	3	21.9 a	21.0 a	20.4 a	20.5 a	21.0 a	21.0 a	20.8 a	21.4 a	20.3 a	22.5 a
秃尖/cm	1	0 a	1.1 a	1.6 a	0 a	1.5 a	1.4 a	0.8 a	2.8 a	0 a	1.8 a
	2	0 a	0 b	0 b	0 a	0 b	0 b	0 b	1.5 b	0 a	1.5 b
	3	0 a	0 b	0 b	0 a	0 b	0 b	0 b	0 c	0 a	0 c
穗粗/cm	1	4.90 b	4.47 b	4.43 b	5.17 b	4.90 b	4.67 b	4.80 b	4.93 b	4.67 b	4.56 b
	2	5.16 a	4.67 ab	4.53 b	5.27 b	4.97 b	4.90 a	4.90 ab	5.07 b	4.76 b	4.67 b
	3	5.27 a	4.80 a	4.73 a	5.47 a	5.13 a	4.97 a	4.97 a	5.37 a	5.03 a	4.92 a

2.2 种植密度对玉米百粒重和产量的影响

2.2.1 百粒重 由表 3 可知,密度对参试玉米品种百粒重影响较大,百粒重随着密度增大而显著降低。百粒重在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下最大,显著高于处理 1 和处理 2,且处理 2 显著高于处理 1。

2.2.2 产量 由表 4 可知,玉米品种利合 328、P5697 和德美亚 3 号在处理 1(7.50 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下产量最高,分别为 12 567.0,12 457.0 和 12 624.4 kg·hm<sup>-2</sup>,且显著高于处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>)和处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)。益农玉 10 号在处理 1 条件下产量最高(13 254.9 kg·hm<sup>-2</sup>),与处

理 2 无显著差异,显著高于处理 3。富尔 116 在处理 1 条件下产量最高(13 204.9 kg·hm<sup>-2</sup>),不同处理间无显著差异。牡单 19 和牡单 27 在处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>)条件下产量最高,分别为 12 986.8 和 12 765.5 kg·hm<sup>-2</sup>,与处理 1 和处理 3 均有显著差异。绿单 4 号在处理 2 条件下产量最高,为 12 687.3 kg·hm<sup>-2</sup>,与处理 1 无显著差异,与处理 3 有显著差异。吉农大 935 在处理 2 条件下产量最高,为 13 605.3 kg·hm<sup>-2</sup>,与处理 3 无显著差异,与处理 1 有显著差异。和育 187 在处理 3 条件下产量最高,为 13 686.2 kg·hm<sup>-2</sup>,与处理 2 无显著差异,与处理 1 差异显著。

表 3 密度对参试玉米品种百粒重的影响

处理	百粒重/g									
	牡单 19	利合 328	P5697	绿单 4 号	和育 187	益农玉 10 号	吉农大 935	富尔 116	德美亚 3 号	牡单 27
1	33.4 c	35.3 c	37.1 c	33.2 c	36.9 c	31.5 c	29.2 c	37.2 c	36.7 c	32.6 c
2	37.2 b	37.5 b	38.6 b	37.2 b	38.7 b	33.6 b	32.3 b	39.1 b	39.6 b	35.4 b
3	39.2 a	38.2 a	39.0 a	38.3 a	39.1 a	36.5 a	34.2 a	39.6 a	40.4 a	38.5 a

表 4 密度对参试玉米品种产量的影响

处理	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )									
	牡单 19	利合 328	P5697	绿单 4 号	和育 187	益农玉 10 号	吉农大 935	富尔 116	德美亚 3 号	牡单 27
1	11471.8 b	12567.0 a	12457.0 a	12397.2 ab	12950.2 b	13254.9 a	12440.4 b	13204.9 a	12624.4 a	11860.9 c
2	12986.8 a	11898.5 b	11722.5 b	12687.3 a	13500.0 a	12957.7 a	13605.3 a	12998.0 a	11365.3 b	12765.5 a
3	11831.2 b	11474.8 c	11041.8 c	12064.7 b	13686.2 a	12482.7 b	13360.0 a	12885.3 a	11431.3 b	12284.6 b

2.3 种植密度对玉米品种茎秆抗倒伏性能的影响

2.3.1 茎秆针刺强度 由表 5 可知,茎秆针刺强度随着密度增大呈现减小的趋势,除吉农大 935 外,总体是随着节位上升呈下降趋势,不同品种间的茎秆针刺强度存在很大差异。参试品种在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)密度条件下,第 3、第 4、第 5 节承受茎秆针刺强度最大。牡单 19、利合 328、和育 187、益农玉 10 号、吉农大 935 和牡单 27 在第 3、第 4、第 5 节承受茎秆针刺强度表现为

处理 3 显著高于处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>)和处理 1(7.50 万株·hm<sup>-2</sup>)。P5697、绿单 4 号和德美亚 3 号在第 3、第 4 节间承受茎秆针刺强度表现为处理 3 显著高于处理 1,但与处理 2 无显著差异,在第 5 节间承受茎秆针刺强度表现为处理 3 显著高于处理 1 和处理 2。富尔 116 在第 4、第 5 节承受茎秆针刺强度表现为各处理间均无显著差异,在第 3 节承受茎秆针刺强度表现为处理 3 显著高于处理 1,与处理 2 无显著差异。

表 5 密度对参试玉米品种茎秆针刺强度的影响

节位	处理	茎秆针刺强度/N									
		牡单 19	利合 328	P5697	绿单 4 号	和育 187	益农玉 10 号	吉农大 935	富尔 116	德美亚 3 号	牡单 27
第 3 节	1	47.5 b	35.7 b	36.9 b	33.0 b	30.9 b	55.4 b	25.8 b	40.0 b	33.8b	31.0 b
	2	51.4 b	41.0 b	40.9 ab	42.6 ab	39.7 b	71.2 b	32.8 b	45.4 ab	58.5 a	38.3 b
	3	75.2 a	65.7 a	55.8 a	63.2 a	71.0 a	99.3 a	77.7 a	49.9 a	62.2 a	81.4 a
第 4 节	1	41.6 b	33.5 b	33.7 b	29.9 b	28.5 b	53.2 b	37.7 b	41.0 a	29.9 b	29.1 b
	2	44.7 b	38.9 b	38.7 ab	37.7 ab	41.6 b	70.3 b	36.1 b	42.9 a	54.8 a	36.5 b
	3	67.0 a	64.0 a	46.9 a	58.6 a	68.2 a	97.1 a	79.1 a	47.5 a	57.9 a	55.9 a
第 5 节	1	36.4 b	34.2 b	34.1 b	28.2 b	25.2 b	47.7 b	36.4 b	36.6 a	31.8 b	32.1 b
	2	37.7 b	36.0 b	36.2 b	33.2 b	34.8 b	52.4 b	35.7 b	39.4 a	44.5 b	32.1 b
	3	55.9 a	61.2 a	50.6 a	54.1 a	55.2 a	95.5 a	78.9 a	43.3 a	48.8 a	55.1 a

2.3.2 茎秆压碎强度 由表 6 可知,茎秆压碎强度随着密度增大呈现减小的趋势,且随着节位上升而下降,不同品种间的茎秆压碎强度存在较大差异。参试品种在处理 3(6.00 万株·hm<sup>-2</sup>)密度条件下,第 3、第 4、第 5 节承受茎秆压碎强度最大。牡单 19、P5697、和育 187、吉农大 935 和牡单 27 在第 3、第 4、第 5 节承受茎秆压碎强度表现为处理 3 显著高于处理 1(7.50 万株·hm<sup>-2</sup>),

与处理 2(6.75 万株·hm<sup>-2</sup>)无显著差异;利合 328、绿单 4 号和益农玉 10 号在第 3、第 4、第 5 节承受茎秆压碎强度表现为处理 3 显著高于处理 1 和处理 2;富尔 116 和德美亚 3 号在第 4、第 5 节承受茎秆压碎强度表现为各处理间无显著差异,在第 3 节承受茎秆压碎强度表现为处理 3 显著高于处理 1,与处理 2 差异不显著。

表 6 密度对参试玉米品种茎秆压碎强度的影响

节位	处理	茎秆压碎强度/N									
		牡单 19	利合 328	P5697	绿单 4 号	和育 187	益农玉 10 号	吉农大 935	富尔 116	德美亚 3 号	牡单 27
第 3 节	1	167.2 b	188.1 b	207.3 b	180.3 b	179.4 b	230.0 c	204.8 b	175.7 b	219.3 b	149.9 c
	2	225.8 a	231.4 b	248.4 a	222.8 b	232.3 a	307.0 b	245.0 ab	210.7 a	240.1 a	205.9 a
	3	259.3 a	290.8 a	266.2 a	318.3 a	258.9 a	388.0 a	300.4 a	223.8 a	256.0 a	224.0 a
第 4 节	1	129.3 b	148.3 b	171.5 b	152.6 b	152.3 c	198.7 b	164.9 b	163.9 a	168.7 a	133.7 b
	2	162.8 ab	147.3 b	205.4 ab	179.1 b	189.3 a	247.6 b	196.5 ab	178.0 a	192.7 a	159.4 ab
	3	202.7 a	208.4 a	220.6 a	258.2 a	203.8 a	306.5 a	235.9 a	203.7 a	196.9 a	172.8 a
第 5 节	1	106.7 b	113.3 b	121.0 b	119.9 b	123.5 b	149.3 c	117.0 b	136.7 a	145.3 a	112.2 b
	2	131.8 a	128.0 b	157.8 a	141.8 b	137.1 ab	194.1 b	163.8 ab	147.3 a	146.0 a	134.0 ab
	3	149.5 a	167.6 a	181.0 a	220.5 a	152.4 a	229.1 a	182.3 a	165.1 a	158.0 a	145.6 a

3 讨论

3.1 玉米品种倒伏的特点以及株高、穗位高与密度的关系

玉米倒伏主要分为根倒和茎折,茎折是由于茎秆的机械组织嫩弱、节间脆,降低了茎秆的抗风能力,国内外大多数研究认为玉米倒伏多数发生在抽雄以后,再加上这个时期易产生瞬间强风,茎基部节间横向受力过大,易折断。有关玉米的茎秆抗倒力学的研究,大部分主要从茎秆抗拉弯强度、抗压碎强度 and 外皮穿刺强度等性状进行探究。本试验仅在茎秆拉力和茎秆压碎强度两个方向对

所选育的材料进行了探究,所以还有一些局限性。刘鑫<sup>[17]</sup>研究表明,密度越大,株高和穗位变化也会越大,与本试验结果一致。同时也随着玉米品种的演替,玉米品种株高、穗位高也相对降低了,大幅度提高了抗倒伏能力,为玉米耐密高产种植提供了保障。

3.2 种植密度对玉米穗部性状和产量变化的影响

种植密度对不同玉米品种农艺性状影响不同<sup>[18]</sup>。玉米穗部性状是影响玉米产量的重要因素,穗部性状随密度的增加变化幅度不一,影响最大的性



状是秃尖长度、有效穗长,其次是穗粗等。刘荣等<sup>[19]</sup>研究表明,当前玉米产量的增加主要依靠加大种植密度,但倒伏率和空秆率也随着种植密度增加而升高,致使玉米群体产量降低。虽然高种植密度使单位面积内的有效穗数提高,但会造成群体冠层发育差,植株个体之间对水肥等的竞争加剧,会导致植株营养生长过快,生殖生长不足,果穗因养分供应不足而长势不均,单株产量同时降低<sup>[20]</sup>。随着密度增加,不同类型品种对密度的反应不同,本试验当参试品种种植密度达到 7.50 万株·hm<sup>-2</sup> 时,秃尖变长,穗粗变细,百粒重降低,穗长变短,且不同类型品种对密度的反应差异不同。牡单 19、绿单 4 号、德美亚 3 号随着种植密度的增加,未出现秃尖现象,表现出较好的群体穗部性状。利合 328、P5697、益农玉 10 号、富尔 116 和德美亚 3 号各指标随密度表现出较好的群体增产潜力,适宜密植。牡单 19、绿单 4 号、吉农大 935 和牡单 27 种植密度不宜过大,中等密植;和育 187 随着密度增加,产量降低,不适宜密植。不同品种在生产中应采用适宜的种植密度,保证合理的植株群体冠层结构,具有较强的物质转化与运输能力,实现光合产物高效积累,才能最终达到高产稳产。

### 3.3 种植密度对玉米抗倒性能的影响

随着密度的增加,茎秆中干物质积累和分配发生了变化,造成有效穗长缩短,穗粒数减少,千粒重下降,降低单株产量,群体大小对产量的影响比较大。随着密度的增加,茎秆节间变细,茎壁变薄,从力学指标上看出,茎秆粗细较好地反映了玉米倒伏特点,可以作为判断抗倒的主要质量指标。本试验品种由于抗倒伏能力都较强,品种特性好,均未出现倒伏现象。种植密度升高,茎秆压碎和针刺强度减小,富尔 116 茎秆强度下降较小,无显著差异,适应高密种植,穗部性状变化较小,单株产量受到的影响也较小,群体高密增产效应明显。品种的茎秆穿刺强度与压碎强度均随密度的增加而降低,不同品种在不同密度处理间差异显著。在高密度处理下益农玉 10 号的穿刺强度和压碎强度高于其他品种。进一步说明生产中不应该为了增产而盲目增密种植,随着密度的增加,茎秆强度变脆,倒伏风险会加大。

## 4 结论

本试验结果表明,参试品种的株高、穗位高均随密度增加而呈现下降的趋势。当试验品种种植密度达到 7.50 万株·hm<sup>-2</sup> 时,秃尖变长,穗粗变细,百粒重降低,穗长影响不大。玉米品种利合 328、P5697、益农玉 10 号、富尔 116 和德美亚 3 号最适于在 7.50 万株·hm<sup>-2</sup> 密度条件下种植,适宜耐密种植。牡单 19、绿单 4 号、吉农大 935 和牡单 27 最适于在 6.75 万株·hm<sup>-2</sup> 密度条件下种植,中等耐密种植。和育 187 最适于在 6.00 万株·hm<sup>-2</sup> 密度条件下种植,种植不宜过密。试验品种在 6.00 万株·hm<sup>-2</sup> 密度条件下,第 3、第 4、第 5 节承受茎秆针刺强度最大。茎秆针刺和压碎强度随着密度增大呈现减小的趋势,不同品种间的茎秆针刺强度存在很大差异。富尔 116 在不同种植密度条件下,第 4、第 5 节承受茎秆针刺和压碎强度均无显著差异,当密度达到 7.50 万株·hm<sup>-2</sup> 密度条件下,第 3 节间承受茎秆针刺和压碎强度下降,与另两个密度处理差异较大。不同种植密度下,益农玉 10 号在第 3、第 4、第 5 节承受针刺强度和茎秆压碎强度都是最强的。

### 参考文献:

- [1] 陈国平,高聚林,赵明,等. 近年我国玉米超高产田的分布、产量构成及关键技术[J]. 作物学报,2012,38(1):80-85.
- [2] 刘志全,李万良,路立平,等. 2006 年美国玉米高产竞赛的启示[J]. 玉米科学,2007(6):144-145.
- [3] 赵久然,孙世贤. 对超级玉米育种目标及技术路线的再思考[J]. 玉米科学,2007,15(7):21-23,28.
- [4] 崔丽娜,李令伟,崔廷臣,等. 行距及密度对夏玉米产量及其构成因素的影响[J]. 安徽农业科学,2019,47(13):29-31,34.
- [5] 宋朝玉,张继余,张清霞,等. 玉米倒伏的类型、原因及预防、治理措施[J]. 作物杂志,2006(1):36-38.
- [6] 徐田军,吕天放,陈传永,等. 种植密度和植物生长调节剂对玉米茎秆性状的影响及调控[J]. 中国农业科学,2019,52(4):629-638.
- [7] 付华,李猛,刘兴舟,等. 不同种植密度下玉米品种倒伏与产量的相关分析[J]. 作物研究,2019,33(6):534-537.
- [8] 尚赏,胡启国,郭书亚,等. 种植密度对黄淮海夏玉米品种倒伏率与茎秆抗倒特性的影响[J]. 山西农业科学,2018,46(8):1282-1285,1290.
- [9] 丰光,王孝杰,曹祖波,等. 玉米种植密度与重心高度的关系及对倒伏的影响[J]. 天津农业科学,2017,23(12):65-67.
- [10] 孙世贤,戴俊英,顾慰连. 氮、磷、钾对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 中国农业科学,1989,22(3):23-28.
- [11] 黄海,常莹,胡文河,等. 群体密度对玉米茎秆农艺性状及抗倒伏性的影响[J]. 玉米科学,2014(4):94-101.
- [12] 席吉龙,张建诚,姚景珍,等. 夏玉米灌浆期倒伏对产量的影响模拟研究[J]. 山西农业科学,2015,43(6):705-708.

- [13] 李永忠. 玉米茎秆和根系的研究概况[J]. 国外农学-玉米, 1990(1):5-9.
- [14] 白永新, 张润生, 李鹏, 等. 玉米品种抗倒伏关联特性的鉴定[J]. 山西农业科学, 2016, 44(11):1592-1596, 1607.
- [15] 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.
- [16] 张庆娜, 傅迎军, 孙殷会, 等. 玉米新品种牡单 19 的选育及栽培技术[J]. 黑龙江农业科学, 2021(9):144-146.
- [17] 刘鑫. 不同玉米品种在不同密度下抗倒伏性能的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.
- [18] 薛源清, 张满良, 张俊丽, 等. 种植密度对玉米品种产量及主要农艺性状的影响[J]. 农业科技通讯, 2018(4):76-78.
- [19] 刘荣, 张卫建, 齐华, 等. 密植型玉米“中单 909”高产群体结构特征[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(5):56-59.
- [20] 张新, 王振华, 魏昕, 等. “郑单 988”玉米不同种植密度对产量的影响[J]. 农学学报, 2014, 4(2):25-28.

## Effects of Planting Density on Lodging Resistance and Yield of Maize

ZHANG Qingna, SHAO Guangzhong, SUN Yinhui, CHENG Juan, FU Yingjun, MENG Xianghai, HU Yinghui, WANG Baicheng

(Mudanjiang Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang 157000, China)

**Abstract:** In order to promote dense planting, high-yield and lodging resistant cultivation of maize in Heilongjiang Province, fully tap its high-yield potential, and achieve yield increase and income increase, three planting densities were set for 10 maize varieties mainly planted in the market in Mudanjiang Area, and random block design was used in the field to explore the effects of different densities on stem strength and yield of maize. The results showed that, the highest yields of Libe 328, P5697, Yinongyu 10, Fuer 116 and Demeiya 3 were 12 567.0, 12 457.0, 13 254.9, 13 204.9, and 12 624.4 kg · ha<sup>-1</sup>, respectively, and the optimum planting density for all of them was 75 000 plants · ha<sup>-1</sup>, which was suitable for planting density tolerance; The highest yields of Mudan 19, Lüdan 4, Jinongda 935 and Mudan 27 were 12 986.8, 12 687.3, 13 605.3 and 12 765.5 kg · ha<sup>-1</sup>, and the optimum planting density for all of them was 67 500 plants · ha<sup>-1</sup>, suitable for medium density tolerance; The highest yield of Heyu187 was 13 686.2 kg · ha<sup>-1</sup> and the optimum planting density was 60 000 plants · ha<sup>-1</sup>, which should not be too dense. The needle-pricking strength and crushing strength of stem decreased with the increase of density, and decreased with the increase of node, and there were also great differences among varieties. Under different planting densities, Yinongyu 10 was the strongest at the 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> internodes in the stress of pricking and crushing. With the increase of maize density, the plant height and ear height of the tested varieties decreased, bald tip became longer, panicle became thicker and thinner, 100-grain weight decreased and panicle length became shorter.

**Keywords:** maize; density; stem character; yield

### 协办单位

黑龙江省作物学会

黑龙江省农业科学院水稻研究所

黑龙江省农业科学院克山分院

黑龙江省农业科学院黑河分院

黑龙江省农业科学院绥化分院

黑龙江省农业科学院佳木斯分院

黑龙江省农业科学院牡丹江分院