

种植密度对不同饲用玉米产量与品质的影响

郭晓锋¹, 史堂¹, 施斐¹, 李天银²

(1. 临泽县新华草业有限责任公司, 甘肃 临泽 734200; 2. 甘肃亚盛
田园牧歌牧草科技研究院, 甘肃 酒泉 735000)

摘要: 通过研究河西地区水肥一体化条件下不同种植密度对不同饲用玉米品种产量和品质的影响, 为河西地区饲用玉米高产栽培及品种筛选提供科学依据和技术支撑。选用饲用玉米品种垦玉 1608、正德 305 和豫单 1851 进行了不同种植密度(7.5 万、9.0 万、10.5 万、12.0 万株/hm²)比较试验, 在玉米籽粒乳线达到 1/2 时测定全株玉米相关农艺性状、产量和品质并进行分析。结果表明, 饲用玉米品种与种植密度的交互作用对其农艺性状和产量无显著影响($P>0.05$), 品种对株高、穗位高、叶面积、穗粗、穗行数、秃尖长具有显著影响($P<0.05$), 种植密度对穗位高、茎粗、叶面积、穗长、穗粗、穗行数、穗粒数、秃尖长、单株产量、单穗重、产量具有显著影响($P<0.05$), 种植密度与饲用玉米粗蛋白含量呈负相关, 与中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量呈正相关。正德 305 耐密性好, 适宜种植密度为 10.5 万株/hm², 垦玉 1608、豫单 1851 的适宜种植密度为 9.0 万株/hm²。

关键词: 饲用玉米; 品种; 种植密度; 农艺性状; 产量; 品质

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)01-0067-06

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.01.011

Effects of Planting Density on the Yield and Quality of Different Forage Maize Varieties

GUO Xiaofeng¹, SHI Tang¹, SHI Fei¹, LI Tianyin²

(1. Linze County Xinhua Grass Industry Co., Ltd., Linze Gansu 734200, China; 2. Gansu Yasheng Tianyuanmuge Forage Grass Science and Technology Institute, Jiuquan Gansu 735000, China)

Abstract: In order to study the effects of different planting densities on the yield and quality of silage maize under the condition of water and fertilizer integration in Hexi area so as to provide scientific basis and technical support for the high-yield cultivation and variety screening of silage corn in the Hexi area, three silage maize varieties (Kenyu 1608, Zhengde 305 and Yudan 1851) were selected as the experiment materials, and four planting densities (7.5×10⁴ plants/ha, 9.0×10⁴ plants/ha, 10.5×10⁴ plants/ha and 12.0 plants/ha) were set, respectively. Agronomic traits, yield and quality of whole corn were measured when the milk line reached 1/2. Results showed that the interaction between maize variety and density had no significant effects on agronomic traits and yield ($P>0.05$), but maize variety had significant effects on plant height, ear height, leaf area, ear diameter, ear row number and bald tip length ($P<0.05$). Density had significant effects on ear height, stem diameter, leaf area, ear length, ear diameter, row number of ears, kernel number per ear, bald tip length, plant weight, ear weight and yield of silage maize ($P<0.05$). Density had a negative correlation with crude protein content of silage maize, and a positive correlation with neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents. Zhengde 305 has good density tolerance compared with the other two varieties, and the suitable planting density are 10.5×10⁴ plants/ha, while the suitable planting density of Kenyu 1608 and Yudan 1851 are 9.0×10⁴ plants/ha.

Key words: Silage corn; Variety; Planting density; Agronomic character; Yield; Quality

饲用玉米主要用于制作青贮饲料, 具有茎叶产量高、营养丰富、光合效率高等特点^[1-3]。近年来, 随着甘肃河西走廊畜牧业迅速发展, 饲用玉米作为河西走廊发展牧区的重要饲料来源, 其种植面积也在逐年递增^[4-5]。但由于河西地区水资源

有限, 降水量偏少, 蒸发量较大, 所以开展膜下滴灌技术尤为重要。利用滴灌合理的灌溉和施肥能充分发挥水肥一体化效应, 达到玉米优质高产的目的^[6]。在水肥一体化条件下进行适度规模化种植优质饲用玉米, 不仅可以发展河西地区的经

收稿日期: 2023-10-20; 修订日期: 2024-10-25

作者简介: 郭晓锋(1996—), 男, 甘肃酒泉人, 助理农艺师, 主要从事牧草生产管理和技术推广工作。Email: 1653769805@qq.com。

通信作者: 李天银(1963—), 男, 甘肃临泽人, 高级农艺师, 主要从事牧草生产技术研究及推广工作。Email: 4476426469@qq.com。

济,而且可以显著降低河西地区畜牧业养殖成本^[7-8],大力推广饲用玉米种植具有一定的市场优势和发展潜力^[9]。获取高产优质饲用玉米的基础是对玉米品种和种植密度的选择。不同饲用玉米品种的株型相似,但产量和品质却差异显著^[10-11]。种植密度是影响饲用玉米产量和农艺性状的主要因素之一^[12-14],适宜的种植密度能提高光照、温度、水肥利用率,是提升饲用玉米产量和品质的关键措施^[15-16]。研究表明,种植密度与产量呈正相关,但达到最佳种植密度后,随着密度的增加,植株间竞争力增加,从而降低植株的生物量^[17]。因此筛选优质饲用玉米品种和适宜的种植密度可以有效促进当地农牧业的发展^[18-19]。本研究在甘肃河西地区种植模式和栽培管理条件下,选用3个饲用玉米品种,设置不同种植密度,测定其不同处理下的产量和农艺性状,以期筛选出适宜河西地区水肥一体化条件下种植的饲用玉米品种及种植密度,为河西地区饲用玉米高产栽培及品种筛选提供科学依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省张掖市甘州区亚盛田园牧歌草业集团石岗墩基地(110° 33' E, 38° 45' N)。当地 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年均积温为2 734 $^{\circ}\text{C}$,年均无霜期165 d,年均蒸发量为1 966.8 mm,年均降水量为132.6 mm。试验地土壤表层30 cm含有机质5.32 g/kg、碱解氮39.69 mg/kg、有效磷49.37 mg/kg、速效钾25.00 mg/kg。

1.2 供试材料

供试饲用玉米品种为垦玉1608、豫单1851(甘肃农垦良种有限责任公司提供)和正德305(张掖市多成农业有限公司提供)。

1.3 试验方法

试验采用裂区试验设计,以品种为主区,分别为垦玉1608(P1)、正德305(P2)、豫单1851(P3);种植密度为副区,设置4个密度梯度,分别为7.5万株/hm²(M1)、9.0万株/hm²(M2)、10.5万株/hm²(M3)、12.0万株/hm²(M4)。小区面积为28.8 m²,重复3次。试验采用全生物降解膜(厚0.01 mm、幅宽140 cm)覆盖窄行播种栽培技术,每个小区覆4行地膜,行长4 m,每膜按不同设计种植密度

株距分别为29.6、24.7、21.2、18.5 cm人工点穴种植4行。各处理的水肥水平一致,灌溉方式为滴灌,全生育期灌溉12次,灌溉总量为5 700 m³/hm²。播前结合整地一次性基施磷酸二铵450 kg/hm²,玉米生长后期随水肥一体化追施肥料8次,共施入尿素750 kg/hm²、颗粒锌肥30 kg/hm²、硫酸钾150 kg/hm²、大量元素水溶肥(N-P₂O₅-K₂O为18-18-18+TE)30 kg/hm²,其余管理同大田一致。

1.4 测定指标及方法

各品种饲用玉米均于2022年5月5日播种,9月22日进行数据采集。在生育期间定期观察玉米的生育进程,适时灭草防虫,待玉米籽粒乳线达到1/2时收获,去掉每个小区中间2行两端各1 m,取中间两行长度1 m的玉米样品,测量鲜重。农艺性状随机选取具有代表性的连续9株,分别测定其单株产量、单穗重、株高、穗位高、茎粗(地上第3节中部的横位直径)、穗长、叶面积(测量棒三叶最大展开叶,叶面积=长×宽×0.75)等。各测定指标均重复3次。

各处理样品粗蛋白(CP)含量、酸性洗涤纤维(ADF)含量和中性洗涤纤维(NDF)含量均委托唐山科博兰谷饲料检测技术服务有限公司检测。粗蛋白(CP)利用凯氏定氮法测定,酸性洗涤纤维(ADF)与中性洗涤纤维(NDF)利用全自动纤维仪(Ring-bioR-2000,中国)测定。各测定指标均重复3次。

1.5 数据统计与分析

采用Microsoft Excel 2016进行数据统计,SPSS 26.0软件进行单因素方差分析,利用一般线性模型进行两因素方差分析,主效应包括品种效应、密度效应以及品种与密度交互。

2 结果与分析

2.1 不同处理对饲用玉米农艺性状的影响

由表1可知,品种和种植密度交互作用对饲用玉米农艺性状影响不显著($P>0.05$),品种对株高、穗位高、叶面积、穗粗、穗行数及秃尖长的影响显著($P<0.05$)。种植密度对穗位高、茎粗、叶面积、穗长、穗粗、穗行数、穗粒数、秃尖长的影响显著($P<0.05$)。在不同品种间,株高、穗粗、穗行数表现为P1>P2>P3,且差异显著($P<0.05$);穗位高表现为P1>P3>P2,且差异显著($P<0.05$);叶面积表现为P3>P1>P2,且差异显著($P<$

表 1 不同处理下各饲用玉米品种的农艺性状

处理	株高 /cm	穗位高 /cm	茎粗 /mm	叶面积 /cm ²	穗长 /cm	穗粗 /mm	穗行数 /行	穗粒数 /粒	秃尖长 /cm
P1M1	378.56±11.47	163.00±16.04	29.00±0.67	885.79±29.09	21.80±0.88	58.67±1.17	20.89±1.02	760.22±89.60	0.79±0.31
P1M2	371.11±9.48	147.56±11.79	26.89±1.95	867.41±55.68	21.66±1.07	57.22±0.22	20.22±1.39	724.00±28.34	0.92±0.38
P1M3	380.89±9.85	172.33±10.20	25.56±1.50	841.33±7.34	19.83±1.54	55.67±0.38	19.56±1.54	660.00±126.56	1.33±0.62
P1M4	377.67±2.33	164.33±13.92	25.22±0.39	769.43±45.65	19.10±1.55	53.89±1.06	17.33±1.34	624.67±64.55	1.15±0.32
P2M1	347.33±13.08	133.56±13.54	27.00±0.88	819.93±35.60	21.71±0.66	54.44±1.63	20.67±0.67	670.00±102.16	1.10±0.10
P2M2	358.00±19.08	143.45±5.70	27.22±0.51	812.60±53.78	21.01±0.72	55.00±1.17	17.33±0.00	666.22±80.75	1.23±0.15
P2M3	358.11±19.54	141.00±9.24	26.89±1.68	797.47±28.19	20.74±0.22	53.56±0.68	16.89±1.68	654.22±74.73	1.45±0.49
P2M4	367.11±9.84	140.22±6.01	25.55±1.57	781.33±46.76	18.26±2.40	50.78±1.97	16.45±0.39	540.66±185.76	1.53±0.32
P3M1	340.89±1.17	133.78±4.84	27.67±0.34	897.05±36.12	22.73±0.53	54.56±0.11	19.56±1.54	676.67±19.87	1.42±0.26
P3M2	344.55±7.24	138.89±7.82	26.33±1.34	887.18±28.98	21.89±0.70	53.22±0.22	17.33±0.00	622.44±10.24	1.48±0.33
P3M3	354.78±10.18	152.00±9.95	25.00±0.33	870.12±17.01	20.42±0.47	52.78±0.89	16.89±1.02	593.33±39.62	1.82±0.20
P3M4	341.34±4.73	138.78±5.85	24.55±1.35	827.88±58.00	20.19±0.60	51.33±0.69	16.45±0.39	565.33±24.33	2.27±0.26
品种效应									
P1	377.06±8.56 a	161.81±14.63 a	26.67±1.90 a	840.99±56.93 a	20.60±1.63 a	56.36±2.22 a	19.50±1.80 a	692.22±91.32 a	1.05±0.43 c
P2	357.64±15.42 b	139.56±8.71 b	26.67±1.27 a	802.83±39.22 b	20.43±1.75 a	53.44±2.73 b	17.84±1.91 b	632.78±116.17 ab	1.33±0.32 b
P3	345.39±8.18 c	140.86±9.45 b	25.89±1.52 a	870.56±42.64 a	21.31±1.20 a	52.97±1.47b	17.56±1.49 b	614.44±48.34 b	1.75±0.42 a
密度效应									
M1	355.59±19.50 a	143.45±18.20 b	27.89±1.05 a	867.59±46.43 a	22.08±0.78 a	55.89±2.72 a	20.37±1.16 a	702.30±81.31 a	1.10±0.34 b
M2	357.89±16.09 a	143.30±8.50 b	26.81±1.27 ab	855.73±53.17 a	21.52±0.83 a	55.15±2.03 ab	18.29±1.60 b	670.89±61.67 a	1.21±0.36 b
M3	364.59±17.24 a	155.11±16.18 a	25.82±1.42 bc	836.31±35.89 a	20.33±0.90 b	54.00±1.65 b	17.78±1.83 bc	635.85±82.56 ab	1.53±0.47 a
M4	362.04±17.12 a	147.78±14.85 ab	25.11±1.14 c	792.88±51.23 b	19.18±1.68 c	52.00±2.48 c	16.74±0.85 c	576.89±105.90 b	1.65±0.56 a
P 值									
品种	<0.05	<0.05	0.20	<0.05	0.15	<0.05	<0.05	0.09	<0.05
密度	0.34	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
品种×密度	0.51	0.27	0.36	0.75	0.68	0.85	0.30	0.96	0.72

0.05); 秃尖长表现为 $P1 < P2 < P3$, 且差异显著 ($P < 0.05$)。在不同种植密度间, 穗位高表现为 $M3 > M4 > M1 > M2$, 且差异显著 ($P < 0.05$)。茎粗、叶面积、穗长、穗粗、穗行数、穗粒数均存在随着种植密度增加而减小的趋势, 均表现为 $M1 > M2 > M3 > M4$, 且差异显著 ($P < 0.05$); 秃尖长随着种植密度增加而呈逐渐增长的趋势, 表现为 $M4 > M3 > M2 > M1$, 且差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 不同处理对饲用玉米产量及产量性状的影响

由表 2 可知, 品种和种植密度交互作用对饲用玉米产量影响不显著 ($P > 0.05$), 品种对产量、单株产量、单穗重的影响不显著 ($P > 0.05$), 密度对产量、单株产量、单穗重的影响显著 ($P < 0.05$)。在不同品种间, 产量表现为 P1 较 P2 增产 7.26%, 较 P3 增产 6.27%, 但差异均不显著 ($P > 0.05$)。单株产量表现为 P1 较 P2 增加 3.74%, 较 P3 增加 4.82%, 但差异均不显著 ($P > 0.05$)。单穗重表现为 P1 较 P3 增加 7.03%, 差异不显著 ($P > 0.05$); 较 P2 增加

11.13%, 且差异显著 ($P < 0.05$)。在不同种植密度间, 产量以种植密度为 M3 时最高, 为 87 560.43 kg/hm², 较 M2、M4 种植密度水平分别增产 0.27%、6.95%, 增产差异不显著 ($P > 0.05$); 较 M1 种植密度水平增产 14.19%, 且增产差异显著 ($P < 0.05$); 且单株产量、单穗重均随种植密度增加而减小, 并存在显著差异 ($P < 0.05$)。各品种的单株产量对种植密度耐受性由强到弱依次为 P2、P3、P1。P2 相对于 P1、P3 耐密性好, 适宜种植密度为 M3 (10.5 万株/hm²), 产量可达 92 179.40 kg/hm²; 而 P1、P3 的适宜种植密度均为 M2 (9.0 万株/hm²), 产量分别为 91 795.88、89 077.85 kg/hm²。

2.3 不同处理对饲用玉米单株产量及籽粒品质的影响

2.3.1 单株产量 由图 1 可知, 随着种植密度的增高, 3 个饲用玉米品种的单株产量均呈下降的趋势。虽然单株产量对种植密度的总体反应趋势一

表 2 不同处理下各饲用玉米品种的产量及产量性状

处理	折合产量 (kg/hm ²)	单株产量 /g	单穗重 /g
P1M1	84 975.80±9 406.87	1 141.31±142.50	380.39±26.02
P1M2	91 795.88±8 294.65	1 022.43±128.67	362.92±9.53
P1M3	86 543.25±7 749.36	792.91±13.76	313.83±28.37
P1M4	84 825.73±1 825.97	710.20±115.90	274.29±35.36
P2M1	68 701.00±6 201.96	987.45±22.08	337.88±36.95
P2M2	81 087.28±1 830.10	960.77±92.29	331.24±40.41
P2M3	92 179.40±13 203.60	864.66±64.04	300.76±21.97
P2M4	82 602.95±6 166.50	721.88±148.58	228.18±73.07
P3M1	76 371.50±9 439.54	1 010.21±61.67	365.43±5.39
P3M2	89 077.85±8 449.54	1 015.77±104.58	312.54±21.46
P3M3	83 958.63±5 882.85	800.77±66.69	291.42±26.65
P3M4	78 179.07±16 474.39	671.32±106.23	274.63±23.67
品种效应			
P1	87 035.17±6 989.87 a	916.71±204.44 a	332.86±49.09 a
P2	81 142.66±11 055.93 a	883.69±134.88 a	299.52±60.56 b
P3	81 896.76±10 589.59 a	874.52±169.55 a	311.01±39.93 ab
密度效应			
M1	76 682.77±10 184.89 b	1 046.33±106.40 a	361.23±29.44 a
M2	87 320.34±7 689.29 a	999.66±99.31 a	335.57±32.13 a
M3	87 560.43±89.72.31 a	819.45±57.84 b	302.00±24.38 b
M4	81 869.25±9 315.45 ab	701.13±110.56 c	259.03±48.20 c
P 值			
品种	0.23	0.55	0.06
密度	<0.05	<0.05	<0.05
品种×密度	0.40	0.54	0.64

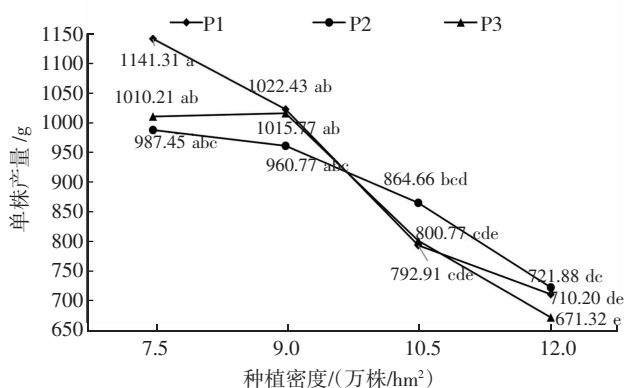


图 1 不同处理下各饲用玉米品种的单株产量

致，但 3 个品种的单株产量的下降速度表现却不同，P2 下降速度最慢；P1 下降速度最快；P3 在 M1 和 M2 种植密度下单株穗重没有明显变化，当种植密度为 M3 时单株产量明显下降，在 M4 时单株产量为 671.32 g，明显低于 P2 (721.88 g) 和 P1 (710.20 g)。由于种植密度的提高，加剧了群体内植株对光照、水分和养分的竞争，导致植株因养

分供给不足而减产。

2.3.2 籽粒品质 由图 2 可知，3 个玉米品种籽粒的粗蛋白 (CP) 含量随着种植密度的增加而降低，且 CP 含量介于 63.0 ~ 74.0 g/kg，其中 P3 除在种植密度为 M1 时 CP 含量低于 P1 外，其余种植密度下 CP 含量均高于其余品种，其 CP 含量在种植密度为 M1 时最高，为 73.0 g/kg；在种植密度为 M4 时最低，为 69.0 g/kg；二者相差仅 4.0 g/kg，由此可见，随着种植密度的增加，P3 的 CP 含量与 P1、P2 相比，下降速率较缓慢。由图 3、图 4 可知，酸性洗涤纤维(ADF)和中性洗涤纤维(NDF)含量均随着种植密度增加而增加，且 ADF 含量介于 250.0 ~ 292.0 g/kg，NDF 含量介于 414.0 ~ 461.0 g/kg，其中 P3 在不同种植密度下 ADF 含量除在种植密度为 M1 时与 P2 相同外，其余种植密度下 ADF 含量均低于其余品种，其 ADF 含量在种植密度为 M2 时最低，为 250.0 g/kg；在种植密度为 M4 时最高，为 265.0 g/kg；二者相差 15.0 g/kg，由此

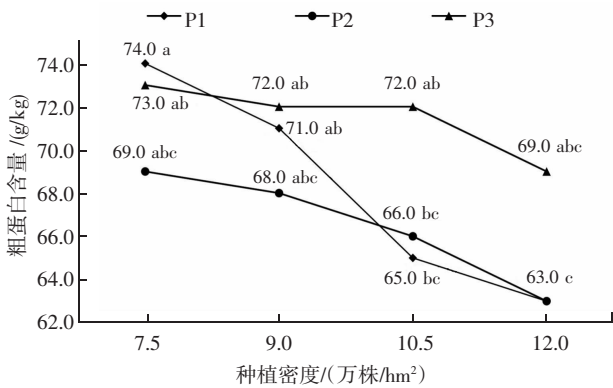


图2 不同处理下各饲用玉米品种的粗蛋白(CP)含量

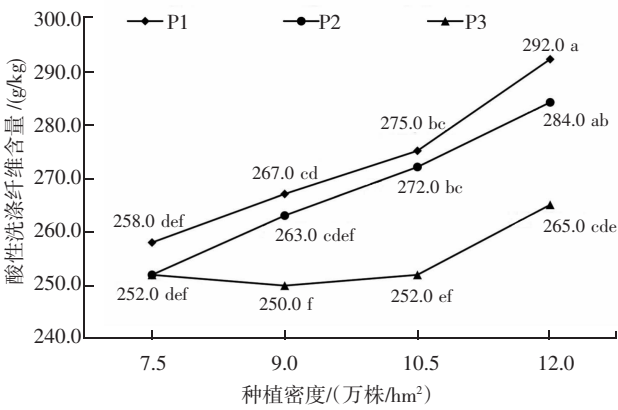


图3 不同处理下各饲用玉米品种的酸性洗涤纤维(ADF)含量

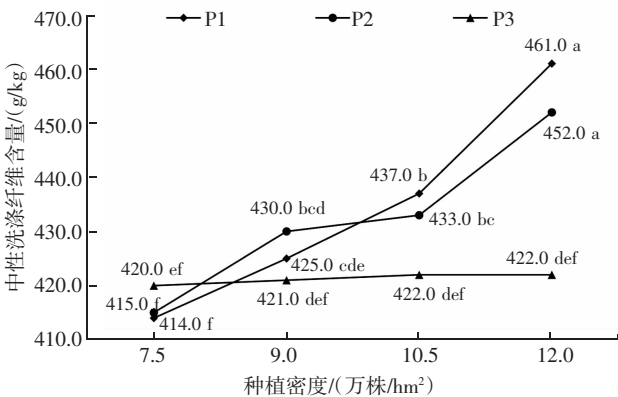


图4 不同处理下各饲用玉米品种的中性洗涤纤维(NDF)含量

可见,随着种植密度的增加,与P1、P2相比,P3的ADF含量增加速率较缓慢。P3在不同种植密度下NDF含量除在种植密度为M1时高于P2、P1外,其余种植密度下NDF含量均低于其余品种,其NDF含量在种植密度为M1时最低,为420.0 g/kg;在种植密度为M3、M4时最高,均为422.0 g/kg;二者仅相差2.0 g/kg,由此可见,随着种植密度的增加,P3的NDF含量与P1、P2相比,增

加速率较缓慢。

3 讨论与结论

品种是影响青贮玉米产量的主要因素^[20-21]。选用高密品种,提高种植密度是青贮玉米获得高产的关键技术之一,占增产贡献率的15%~20%^[22-23]。贾梦杨等^[24]以4个青贮玉米品种为试验材料,研究得出,4个青贮玉米品种的鲜草产量随密度的增加先升高后下降,并且在种植密度为7.95万株/hm²时达到峰值。张晓等^[8]以5个青贮玉米品种为试验材料,研究得出随着种植密度增加,株高、穗位高先升高再降低,单株鲜重、单穗重、茎粗、叶面积、穗粗、穗长等逐渐降低。本研究表明,3个青贮玉米品种的产量、株高、穗位高随密度的增加先升高后下降,单株产量、单穗重等农艺性状则逐渐下降。

侯湃等^[25]研究表明,青贮玉米的品质与粗蛋白(CP)含量呈正相关,与酸性洗涤纤维(ADF)和中性洗涤纤维(NDF)呈负相关。庄克章等^[26]研究表明,随着密度的增加,雅玉8号和登海605的CP含量均降低,ADF、NDF都逐渐升高。本研究表明,随着密度的增加,垦玉1608、正德305、豫单1851随着种植密度的增加,其CP含量均逐渐下降,范围为63.0~74.0 g/kg,ADF、NDF含量均逐渐增加,ADF范围为250.0~292.0 g/kg,NDF范围为414.0%~461.0 g/kg。

合理地增加种植密度是有效提高青贮玉米产量的重要途径^[27-28]。综合分析认为,饲用玉米品种与种植密度的交互作用对其农艺性状和产量无显著影响($P>0.05$),品种对株高、穗位高、叶面积、穗粗、穗行数、秃尖长具有显著影响($P<0.05$),种植密度对穗位高、茎粗、叶面积、穗长、穗粗、穗行数、穗粒数、秃尖长、单株产量、单穗重、产量具有显著影响($P<0.05$),种植密度与饲用玉米粗蛋白含量呈负相关,与中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量呈正相关。并且各参试品种随着种植密度的增加,单株产量均呈下降趋势,但品种株型不同、丰产性不同,品种的单穗重下降速度不同,分析得出各品种的单株产量对种植密度耐受性由强到弱依次为正德305、豫单1851、垦玉1608。正德305相对于垦玉1608、豫单1851耐密性好,适宜种植密度为10.5万株/hm²,产量可达

92 179.40 kg/hm²; 而垦玉 1608、豫单 1851 的适宜种植密度为 9.0 万株/hm², 产量分别为 91 795.88、89 077.85 kg/hm²。

参考文献:

- [1] 王霞, 王振华, 金益, 等. 种植密度对青贮玉米生物产量及部分农艺性状的影响[J]. 玉米科学, 2005(2): 94-96.
- [2] 钱寅森, 武启迪, 季中亚, 等. 我国青贮玉米生产与加工研究进展[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(23): 41-46.
- [3] JOHNSON L, HARRISON J H, HUNT C. Invited review: Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review[J]. Journal of Dairy Science, 1999, 82(12): 2812-2825.
- [4] 安昊云, 王皓, 贾倩民, 等. 禾豆混播与调亏灌溉对河西地区饲草产量、品质和水分利用的影响[J]. 草业科学, 2021, 38(1): 122-135.
- [5] 陈晓燕, 张和平, 胡江林. 张掖市粮改饲工作现状及推进措施[J]. 中国奶牛, 2022(1): 40-42.
- [6] 张秋英, 刘晓冰, 金剑, 等. 水肥耦合对玉米光合特性及产量的影响[J]. 玉米科学, 2001, 9(2): 64-67.
- [7] 解婷婷, 苏培玺. 荒漠绿洲不同种植方式对青贮玉米产量及水肥利用效率的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(3): 249-252.
- [8] 张晓, 苏亚军, 王瑛, 等. 品种和密度对青贮玉米生物量与农艺性状的影响[J]. 饲料研究, 2022, 45(15): 6.
- [9] 马维国, 马海渊. 甘肃河西灌区不同青贮玉米品种经济性状研究[J]. 畜牧兽医学杂志, 2010, 29(1): 16-18.
- [10] 方精云, 景海春, 张文浩, 等. 论草牧业的理论体系及其实践[J]. 科学通报, 2018, 63(17): 13.
- [11] 刘刚, 张红瑞, 郭凯, 等. 河南青贮玉米品种鉴定与青贮质量评价[J]. 草地学报, 2019, 27(2): 510-514.
- [12] 刘武仁, 刘凤成, 冯艳春, 等. 玉米不同密度的生理指标研究[J]. 玉米科学, 2004(2): 82-83; 87.
- [13] 底姝霞, 苏东升, 朱媛. 不同种植密度对青贮玉米产量和营养价值的影响[J]. 中国饲料, 2018(12): 26-30.
- [14] 乔雪峰, 孙启忠, 柳茜, 等. 种植密度对青贮玉米产量和青贮品质的影响[J]. 草学, 2018(4): 59-63.
- [15] 张秋芝, 潘金豹, 南张杰, 等. 不同种植密度对青贮玉米品质的影响[J]. 北京农学院学报, 2007, 22(2): 10-12.
- [16] 钟昌松, 吕巨智, 石达金, 等. 不同生态类型玉米品种生产潜力比较分析[J]. 西南农业学报, 2021, 34(6): 1146-1155.
- [17] ASSEFA Y, CARTER, HINDS M, et al. Analysis of long term study indicates both agronomic optimal plant density and increase maize yield per plant contributed to yield gain[J]. Scientific Reports, 2018, 8(1): 4937.
- [18] 王怡然, 孙芳, 崔文典. “粮改饲”背景下农牧业资源有效配置文献研究[J]. 特区经济, 2017(9): 100-104.
- [19] 李忠秋, 刘春龙. 青贮饲料的营养价值及其在反刍动物生产中的应用[J]. 家畜生态学报, 2010(3): 99-102.
- [20] 马文慧, 郑淑波, 李岩, 等. 吉林省玉米单产发展历程与提升路径分析[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(12): 13-19.
- [21] 刘世梦倪, 宋敏. 品种改良对玉米单产的贡献率分析[J]. 河南农业大学学报, 2021, 55(2): 364-371.
- [22] 张卫建. 对我国玉米绿色增产增效栽培技术的探讨: 增密减氮[J]. 作物杂志, 2015(4): 1-4.
- [23] 孙善文. 黑龙江省玉米单产提高的制约因素及应对策略[J]. 东北农业科学, 2021, 46(2): 23-25; 36.
- [24] 贾梦杨, 姚泽英, 李长青, 等. 种植密度对青贮玉米生长发育、产量和品质的影响[J]. 饲料研究, 2020, 43(10): 105-108.
- [25] 侯湃, 陈彩锦, 张静妮, 等. 宁夏固原地区不同青贮玉米品种生产性能及营养品质研究[J]. 草地学报, 2021, 29(10): 2346-2354.
- [26] 庄克章, 吴荣华, 张春艳, 等. 种植密度对不同生态类型玉米青贮产量和营养价值的影响[J]. 作物杂志, 2019(6): 140-144.
- [27] 宣丽霞. 种植密度对绿洲灌区不同品种青贮玉米生长和产量的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(1): 63-68.
- [28] 温睿婷, 孙会东, 王鹏. 不同玉米品种的产量和营养价值评价[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(8): 736-739.