

西藏自治区青贮玉米适宜种植密度研究

杨 涛, 拥 嘎

(西藏自治区山南市农业技术推广中心, 西藏 山南 856000)

摘要: 针对西藏自治区山南河谷农区当前青贮玉米种植密度过高的现状, 为研究青贮玉米 (*Zea mays* L.) 在西藏河谷农区的适宜种植密度, 以西藏当前主要青贮玉米品种“郑单958”为试验材料, 设置5个种植密度梯度, 研究种植密度对其产量和品质的影响。结果表明: 玉米株高、生物产量、籽粒产量、粗纤维含量和中性洗涤纤维含量随种植密度的增加呈先升高后降低的趋势, 茎粗、叶宽、叶面积、叶绿素SPAD值、单株鲜质量和单株籽粒产量随种植密度的增加呈降低趋势, 各指标在不同密度间差异有统计学意义 ($p < 0.05$)。“郑单958”作为青贮玉米在西藏山南河谷农区栽培的种植密度以11.25~13.5万株/hm²为宜, 其产量和品质综合表现最佳。

关键词: 西藏自治区; 青贮玉米; 种植密度; 叶绿素; 产量

中图分类号: S513

文献标识码: A

Study on the Suitable Density of Tibetan Silage Maize

YANG Tao, Yongga

(Shannan Agricultural Technology Extension Center, Tibet Shannan.856000, China)

Abstract: In view of the current high peanting density of silage maize cultivation in the Shannan Valley agricultural area of Tibet, in order to explore the optimal planting density of silage maize (*Zea mays* L.) in the river valley agricultural areas of Tibet, the main silage maize variety in Tibet, 'Zhengdan 958', was used as the test variety, and five density gradients were set to study the effect of planting density on its yield and quality. The results showed that: corn plant height, leaf length, silage yield and grain yield, crude fiber content and neutral detergent fiber content increased first and then decreased with the increase of planting density. Stem width, leaf width, leaf area, chlorophyll SPAD value, fresh weight per plant and grain weight per plant showed a decreasing trend with the increase of planting density, and there were significant differences in each index between different densities ($p < 0.05$). The density of 'Zhengdan 958' used as silage maize in the agricultural area of Shannan Valley of Tibet is 112 500 to 135 000 plants/hm², and its comprehensive performance of yield and quality is the best.

Key Words: Tibet; silage maize; planting density; chlorophyll; yield

青贮玉米因其生物学产量高、营养价值高、吸收率好和适口性好等优点被当作重要的饲料来源^[1-3]。为获得更高的生物产量, 青贮玉米的种植密度一般较籽粒玉米大。但种植密度过大时, 会对其籽粒产量产生影响, 降低其营养价值。故青贮玉米的种植应遵循籽粒和秸秆并重, 产量和品质均佳的原则^[4]。研究表明提高农作物品种对高密度的耐受性和抗逆性、合理增加种植密度是提高单产的核心和关键^[5-8]。种植密度过低, 单株产量虽然增加, 但作物群体效益偏低; 种植密度过高, 往往加剧个体之间光照、水分的竞争, 影响个体生长并增加

倒伏和病虫害概率。已有不少学者开展了种植密度对青贮玉米影响的研究, 但结论并不一致^[9-16]。西藏作为我国的四大牧区之一, 尽管有着丰富的植物资源, 牧草和草坪草种类繁多^[17], 但全区饲草料供不应求。研究发现西藏优质饲草缺口达50%^[18], 冬春季节饲料短缺问题已成为限制西藏畜牧业发展的瓶颈^[19-20]。探索开发利用牧草资源, 增加青绿饲料来源, 对解决西藏地区冬春季节饲料短缺问题具有重要意义^[21]。青贮玉米适宜种植密度的有关研究多在内地, 在西藏地区开展青贮玉米种植密度的研究较少。结合前期田间调查发现, 当前山南河谷农区青贮玉米种植密度大部分在15.0~19.5万株/hm², 远超内地推荐种植密度水平。而西藏自治区特殊的地理区位导致气候与内地差异较大, 为研究当前生产上采用的种植密度是否适合当地自然条件, 本研究通过在西藏山南河谷农区对当前主要的青饲

收稿日期: 2022-04-23

基金项目: 山南市本级财政农业科研经费项目。

作者简介: 杨涛(1987-), 男, 农艺师, 硕士研究生, 主要从事农作物育种与栽培工作, E-mail: 767813257@qq.com。

玉米品种开展适宜种植密度研究,旨在为西藏青贮玉米的科学栽培提供技术参考。

1 材料和方法

1.1 试验地基本情况

试验地位于西藏自治区山南市乃东区昌珠镇(29°10'11"N, 91°45'53"E),海拔3 600 m,年平均温度为5.8℃,全年无霜期130 d左右,降水量偏少,年均降水量370 mm左右,太阳辐射强度较大,空气相对湿度较小,蒸发强烈^[22]。试验区土壤质地为砂壤土,前茬作物为青稞,0~20 cm耕层土壤有机质含量41.77 g/kg,全氮2.61 g/kg,碱解氮64.48 mg/kg,有效磷63.26 mg/kg,速效钾88 mg/kg,pH值7.26。

1.2 试验材料与与设计

试验品种为“郑单958”,是当前生产上主要的青贮玉米品种。设置5个种植密度,用D1,D2,D3,D4,D5表示,分别代表种植密度为6.75,9.0,11.25,13.5,15.75万株/hm²。随机区组排列,3次重复,采用人工覆膜点播,每行7株,株距0.3 cm,通过行距控制密度,小区2 m×15 m。于5月12日播种,9月25日收获。播前统一施用底肥:尿素75 kg/hm²、磷酸二铵225 kg/hm²、氯化钾75 kg/hm²,于拔节期至喇叭口期追施尿素150 kg/hm²。其他田间管理与当地大田相同。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生长期株高、茎粗测定

各小区标记3株有代表性的植株分别在大喇叭口期、抽雄吐丝期、灌浆初期和收获期对其株高、茎粗(短轴)进行测量,考察不同密度植株生长变化情况。

1.3.2 叶面积及叶绿素含量测定

于灌浆初期对各小区取3株样品测定其主要功能叶(棒三叶)的叶片长度、宽度并计算其叶面

积,叶面积=长×宽×0.75^[23-25]。用叶绿素仪SPAD-502测定棒三叶的叶绿素含量,取平均值。

1.3.3 产量测定

收获期各小区取有代表性的样品10株,测定其植株鲜草质量并计算平均单株鲜质量。测质量时将各小区植株果穗分别收获晾干后脱粒,测定其籽粒产量。各小区分别取样3株进行全株粉碎,混匀后将鲜草装入大牛皮纸袋,105℃杀青30 min,80℃烘至恒定质量后用于品质测定。

1.3.4 品质测定

将相同种植密度处理的整株干样混合均匀后称取300 g进行粉碎,过40目筛作全株营养品质分析。采用张丽英^[26]和杨胜^[27]的方法测定粗蛋白质(crude protein, CP)、粗纤维(crude fiber, CF)含量,采用Van Soest等^[28]的方法测定中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, DNF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)含量。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 软件处理数据及制图,DPS7.05版软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植密度水平青贮玉米株高、茎粗变化表现

从图1可以看出,随着种植密度增加,在不同生育时期内玉米株高呈先升高后降低的趋势。在测量的4个时期中,均是种植密度为D3(11.25万株/hm²)株高最高,且不同种植密度水平下株高差异有统计学意义($p < 0.05$)。收获时各种种植密度株高在278.62~295.09 cm之间。从图2可以看出,在不同的生育期内玉米的茎粗随着种植密度增加而降低,且不同种植密度水平下茎粗差异有统计学意义($p < 0.05$)。收获时各处理茎粗在24.81~33.23 mm之间。

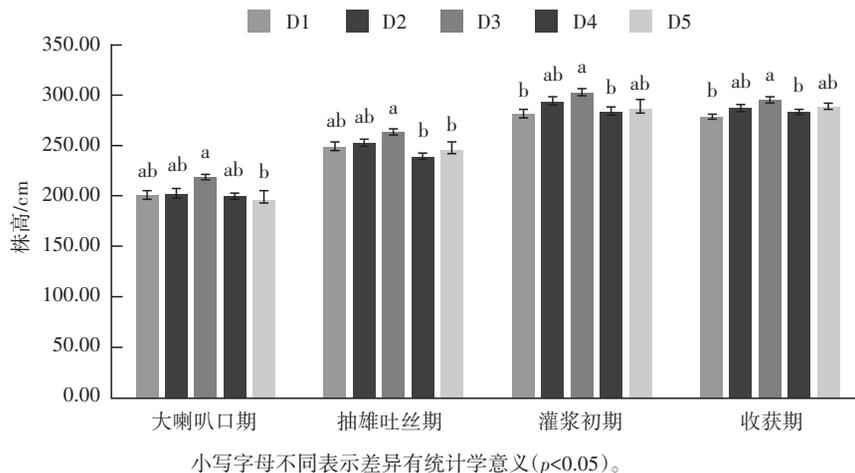
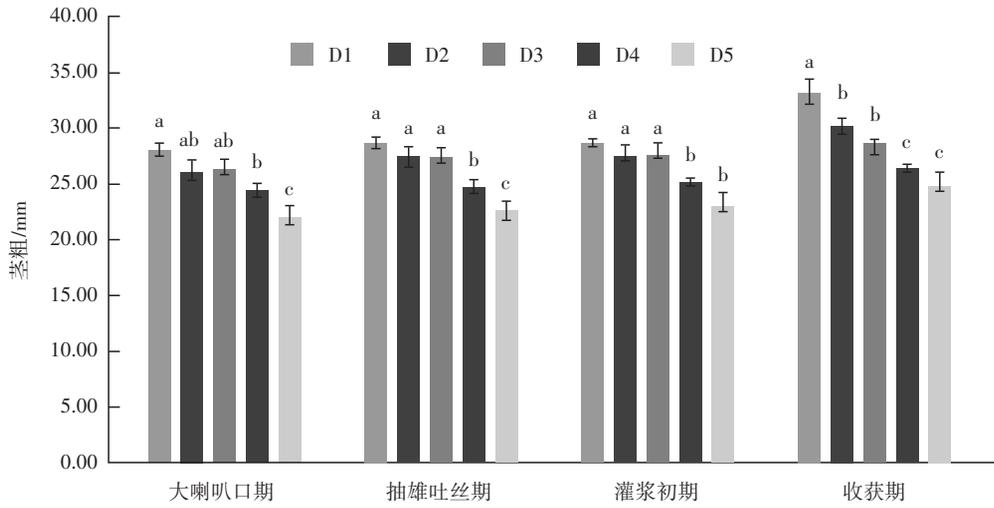


图1 不同种植密度下主要生育期株高变化



小写字母不同表示差异有统计学意义($p < 0.05$)。

图2 不同种植密度下主要生育期茎粗变化

2.2 种植不同密度水平青贮玉米叶面积及叶绿素含量表现

玉米棒三叶叶片长度变化与种植密度无显著规律,而叶片宽度随着种植密度的增加而降低。在D1~D4密度条件下玉米棒三叶平均叶面积差异不大,当种植密度达到D5水平时叶面积显著低于D1~D4密度水平,说明种植密度从6.75万株/hm²增加到13.5万株/hm²对棒三叶叶面积影响并不显著,

但当种植密度增加到15.75万株/hm²时,棒三叶叶面积显著变小。叶绿素含量随着种植密度的增加而降低,且D1~D3之间差异无统计学意义($p > 0.05$),而D4和D5显著低于D1~D3,说明种植密度从6.75万株/hm²增加到11.25万株/hm²对叶绿素含量影响并不显著,而当种植密度达到13.5万株/hm²时叶绿素含量显著降低(表1)。

表1 种植密度对叶面积及叶绿素含量的影响

处理	叶片长/cm	叶片宽/cm	叶面积/cm ²	叶绿素含量 SPAD
D1	96.1±1.92b	12.6±0.13a	906.4±17.73a	60.1±0.56a
D2	102.6±0.57a	12.3±0.15a	942.5±15.50a	59.7±0.52a
D3	100.9±1.49ab	11.9±0.03ab	900.2±11.44a	59.3±0.15a
D4	102.8±1.29a	11.9±0.12ab	913.9±14.96a	55.2±1.01b
D5	98.3±1.88ab	10.9±0.65b	804.5±53.48b	53.2±1.57b

注:同列小写字母不同表示差异有统计学意义($p < 0.05$)。

2.3 不同种植密度水平青贮玉米产量表现

表2结果显示:玉米单株鲜质量随着种植密度的增加而降低,除D2和D3单株鲜质量差异无统计学意义($p > 0.05$),其余各处理间差异均有统计学意义($p < 0.05$)。其中D5的单株鲜质量比D1下降39.1%,但由于D5的株数是D1的2.33倍,D5单位面积鲜草产量仍显著高于D1。综合个体和群体的表现,种植密度在D3、D4、D5水平时鲜草产量显著高于D1、D2水平,说明种植密度在11.25~15.75万株/hm²时具有较高的鲜草产量。玉

米籽粒营养价值远高于玉米秸秆,籽粒产量对青贮玉米的营养价值有重要影响。试验结果显示玉米单株籽粒产量随着种植密度的增加呈降低趋势,除D2和D3之间差异无统计学意义($p > 0.05$)外,其余各处理间差异均有统计学意义($p < 0.05$)。当种植密度在D3水平时单位面积籽粒产量最高,其次为D4水平,两者差异无统计学意义($p > 0.05$),但显著高于其他3个密度水平,说明当种植密度在11.25~13.5万株/hm²之间时,籽粒产量较好。

表2 种植密度对产量的影响

处理	单株鲜草质量/kg	公顷鲜草产量/(10 ³ kg·hm ⁻²)	单株籽粒产量/g	公顷籽粒产量/(kg·hm ⁻²)
D1	1.79±0.05a	120.71±3.43c	122.65±5.00a	8278.88±337.54c
D2	1.65±0.06b	148.35±4.99b	105.30±2.97b	9477.30±267.05bc
D3	1.58±0.02b	177.75±2.13a	102.53±3.76b	11534.25±423.04a
D4	1.31±0.04c	177.08±5.01a	75.36±5.26c	10173.60±710.33ab
D5	1.09±0.04d	171.67±6.61a	50.20±3.45d	7905.97±543.86c

注:同列小写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.05$)。

2.4 不同密度水平青贮玉米品质表现

由表3可见,青贮玉米粗纤维含量随种植密度的增加呈先增加后减少趋势,其粗纤维含量在16.70%~19.70%之间,平均含量较西藏常见的冬季饲草(青稞、小麦秸秆)低14.62%,仅为青稞、小麦秸秆粗纤维含量的54.9%。粗蛋白质含量在6.20%~6.78%之间,平均含量较青稞、小麦秸秆高1.35%,是其含量的1.26倍。中性洗涤纤维含量随种植密度的增加呈现先增加后降低趋势,酸性洗涤纤维含量变化与种植密度无明显规律,且二者含量均明显低于青稞、小麦秸秆。

表3 密度对品质的影响

处理	粗纤维/%	粗蛋白质/%	中性洗涤纤维/%	酸性洗涤纤维/%
D1	16.70	6.78	36.70	21.90
D2	18.50	6.54	39.60	21.30
D3	19.70	6.20	40.90	22.00
D4	16.80	6.61	38.00	19.90
D5	17.20	6.28	37.50	20.80
青稞秸秆	28.90	5.46	54.50	33.40
小麦秸秆	35.90	4.81	64.80	43.00

3 讨论

3.1 密度对青贮玉米株高茎粗及叶片的影响

种植密度显著影响青贮玉米株高和茎粗,株高随着种植密度的增加呈先升高后降低的趋势,而茎粗随密度的增加呈降低趋势,这与金兵兵等^[29]和宋英博等^[30]的研究一致。种植密度对玉米棒三叶叶片长度和宽度的影响显著,叶片宽度随密度的增加而降低,这一点与宁芳芳等^[31]和张福喜等^[32]的研究结论一致。而玉米棒三叶叶片长度变化与种植

密度无明显规律,这一结果与前人研究结果不同。张福喜等^[32]认为叶片长度随种植密度的增加而降低,而金兵兵等^[29]认为叶片长度随种植密度的增加呈先增加后降低的趋势,出现这一现象可能与试验区气候条件、密度设计和取样情况等因素相关,还需进一步试验研究。种植密度对玉米叶绿素SPAD值影响显著,叶绿素SPAD值随种植密度增加而呈现降低趋势,这与高英波等^[33]的研究一致。玉米叶片叶绿素含量是作物产量潜力的决定因素,对玉米干物质质量积累起关键作用,高密度种植对玉米叶绿素含量有重要影响^[34]。玉米光合产物合成的主要器官是叶片,适宜的叶面积系数,不仅表现出不浪费光热资源,同时要保证叶片间、植株间的相互遮蔽小,通风透光条件好,有利于光合产物的形成积累。

3.2 种植密度对青贮玉米产量的影响

单株产量随着种植密度的增加而下降,且差异有统计学意义($p<0.05$)。但种植密度增加单位面积上的株数增加,收获的总株数增加,二者相互影响。本试验结果显示:种植密度低于11.25万株/hm²时,单位面积产量随种植密度增加而增加,产量群体效应大于单株效应;种植密度高于11.25万株/hm²时,单位面积产量随种植密度增加呈现轻微下降趋势,但差量差异无统计学意义($p>0.05$),说明产量单株效应稍大于群体效应。种植密度在11.25万株/hm²时鲜草产量最高。而11.25万株/hm²的适宜种植密度较大部分研究结果^[35-41]偏高,这可能与西藏光照强烈且气候干燥的气候特点相关。玉米籽粒作为主要的饲料原料其营养价值远高于秸秆,在青贮产量相同的情况下籽粒产量越高其营养价值越高。本试验结果显示:单株的籽粒产量随着种植密度的增加而降低,且差异有统计学意义($p<0.05$);但种植密度增加单位面积上的株数增加,二者相互影响。当种植密度为11.25万株/hm²时,籽粒产量达到最高,为11 534.25 kg/hm²,显著高于

6.75, 9.0, 15.75万株/hm², 与13.5万株/hm²差异无统计学意义($p>0.05$), 说明密度在11.25万株/hm²~13.5万株/hm²时, 籽粒产量表现较好。

3.3 密度对青贮玉米品质的影响

通过对青贮玉米植株样品主要养分含量和青贮品质测定得出: 青贮玉米的粗纤维含量大幅低于青稞、小麦秸秆, 而粗蛋白质含量高于青稞、小麦秸秆, 说明其饲用营养明显高于目前常见的冬季饲草(青稞、小麦秸秆)。中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量是评价青贮品质的重要指标, 决定着青贮品质的优劣, 根据国家青贮玉米区试品质评价标准, 中性洗涤纤维(NDF)含量越低, 青贮品质越好, 本研究中中性洗涤纤维含量随密度的增加先升高后降低, 在产量较高的密度水平时中性洗涤纤维也处于较高值, 在一定程度上降低了其青贮品质。酸性洗涤纤维(ADF)的含量与反刍家畜对粗饲料的消化率呈负相关, 本研究中密度对酸性洗涤纤维含量的影响并无明显规律。按照《青贮玉米品质分级》(GB/T 25882—2010)标准, 一级青贮玉米品质要求为: $NDF \leq 45\%$, $ADF \leq 23\%$, 本试验中各密度水平下均能达到一级青贮玉米品质标准, 说明“郑单958”较适宜在西藏作为青贮饲料。

3.4 玉米在西藏的前景分析

西藏日照时间长、空气稀薄太阳辐射强度大、海拔高、昼夜温差大、空气干燥病虫害偏少等地理气候条件对玉米生长有利; 但无霜期短(主要为5月至9月)、有效积温偏低的气候条件又限制了玉米的生长。本研究中试验品种以当地安全播期5月12日覆膜播种, 至9月25日(接近当地降霜期)收获时玉米处于乳熟至蜡熟期, 适宜作为青贮玉米收获, 其鲜草产量也明显高于内地水平^[35-39]。但“郑单958”在内地主要作为籽粒玉米种植, 受无霜期短的限制其籽粒在西藏不能完全成熟, 籽粒不饱满, 但通过取样风干后测定其籽粒产量最高也能达到11 534.25 kg/hm²。通过调查发现西藏种植玉米有着较高的双穗率, 这也表明在西藏进行极早熟玉米品种的栽培若能顺利成熟可能出现较高的籽粒产量表现。通过对当地农户青贮玉米栽培密度的调查发现, 绝大部分种植密度在15.0~19.5万株/hm²之间, 空秆率高, 籽粒产量低, 农户只看重生物产量而忽略了营养价值的提升, 同时过高的密度也增加了病虫害和倒伏发生的几率, 不利于当地青贮玉米产业的健康高效发展。今后西藏青贮玉米的发展

也应该在保证产量的同时更加注重质量的发展。2002年农业农村部的相关技术文件中首次提出了鲜食玉米这一概念^[42], 相关研究^[43-44]表明西藏进行鲜食玉米栽培可行, 而鲜食玉米较籽粒玉米和青贮玉米具有更高的经济价值, 在收获果蔬的同时还可以收获一定量的青饲草。因此玉米在西藏具有较好的推广应用价值。

4 结论

“郑单958”作为青贮玉米在西藏山南河谷农区种植密度在11.25~13.5万株/hm²时鲜草产量和籽粒产量综合表现较好, 过高的密度会显著降低其籽粒产量, 影响其营养价值, 不利于当地青贮玉米产业的健康高效发展。

参考文献:

- [1] 潘金豹, 张秋芝, 郝玉兰, 等. 我国青贮玉米育种的策略与目标[J]. 玉米科学, 2002, 10(4): 3-4.
- [2] JOHNSON L, HARRISON J H, HUNT C, et al. Nutritive Value of Corn Silage as Affected by Maturity and Mechanical Processing: a Contemporary Review [J]. Journal of Dairy Science, 1999, 82(12): 2813-2825.
- [3] RUTGER J N, CROWDER L V. Effect of Population and Row Width on Corn Silage Yields¹ [J]. Agronomy Journal, 1967, 59(5): 475-476.
- [4] 盛良学, 贺喜全. 我国优质饲用玉米育种研究进展[J]. 杂粮作物, 2002, 22(3): 134-137.
- [5] 路海东, 薛吉全, 赵明, 等. 玉米高产栽培群体密度与性状指标研究[J]. 玉米科学, 2006, 14(5): 111-114.
- [6] 李小勇, 唐启源, 李迪秦, 等. 不同种植密度对超高产稻田春玉米产量性状及光合生理特性的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(5): 174-180.
- [7] 杨世民, 廖尔华, 袁继超, 等. 玉米密度与产量及产量构成因素关系的研究[J]. 四川农业大学学报, 2000, 18(4): 322-324.
- [8] 张吉旺, 胡昌浩, 王空军, 等. 种植密度对全株玉米饲用营养价值的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(6): 1126-1131.
- [9] 刘学俭, 张宝龙, 张长勇, 等. 种植密度对青贮玉米高油106产量及品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2012(2): 32-34.
- [10] 张吉旺, 胡昌浩, 王空军, 等. 种植密度对全株玉米饲用营养价值的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(6): 1126-1131.
- [11] 庄克章, 吴荣华, 张春艳, 等. 种植密度对不同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.
- [12] 赵霞, 唐保军, 丁勇, 等. 玉米新品种郑单538适宜种植密度研究[J]. 河南农业科学, 2013, 42(4): 44-46.
- [13] 王佳, 李阳, 贾倩民, 等. 种植密度与施氮对河西灌区青贮玉米产量与品质及水分利用效率的影响[J]. 西北农业学报, 2021, 30(1): 60-73.
- [14] 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.

- [15] 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.
- [16] 胡文河,宋红凯,吴春胜,等. 密度对青贮玉米产量和品质的影响[J]. 玉米科学,2008,16(6):100-102,107.
- [17] 曹仲华,魏军,杨富裕,等. 西藏牧草种质资源剖析[J]. 草业科学,2007,24(8):43-46.
- [18] 曲云鹤,余成群,孙维,等. 基于随机前沿生产函数法的饲草生产技术效率测算及影响因素分析——以西藏“一江两河”地区为例[J]. 草业学报,2015,24(10):70-79.
- [19] YUAN X J, WEN A Y, WANG J, et al. Effects of Ethanol, Molasses and Lactobacillus Plantarum on the Fermentation Quality, in Vitro Digestibility and Aerobic Stability of Total Mixed Ration Silages in the Tibetan Plateau of China[J]. Animal Science Journal = Nihon Chikusan Gakkaiho, 2016, 87(5):681-689.
- [20] CHEN L, GUO G, YU C Q, et al. The Effects of Replacement of Whole-Plant Corn with Oat and Common Vetch on the Fermentation Quality, Chemical Composition and Aerobic Stability of Total Mixed Ration Silage in Tibet[J]. Animal Science Journal = Nihon Chikusan Gakkaiho, 2015, 86(1):69-76.
- [21] 王洪壮,商振达,刘锁珠,等. 西藏地区不同比例油菜与三叶草混合青贮对饲料发酵品质的影响[J]. 高原农业,2018,2(6):647-653.
- [22] 洛桑旺姆,赤桑单吉,拉珍,等. 西藏山南地区气候特征分析[J]. 西藏科技,2010(8):55-60.
- [23] 张旭东,蔡焕杰,付玉娟,等. 黄土区夏玉米叶面积指数变化规律的研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(2):25-29.
- [24] 杨国虎,李建生,罗湘宁,等. 干旱条件下玉米叶面积变化及地上干物质积累与分配的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(5):27-32.
- [25] 王得贤. 四种测定单株玉米总叶面积方法的比较[J]. 青海农林科技,1999(4):20-21.
- [26] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 4版. 北京:中国农业大学出版社,2016.
- [27] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993.
- [28] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition[J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10):3583-3597.
- [29] 金兵兵,姬祥卓,庄泽龙,等. 种植密度对不同玉米品种农艺性状及产量的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2021,56(3):73-85.
- [30] 宋英博,张洪权,孟凡祥,等. 氮密互作对玉米品种和育187农艺性状及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2021(7):6-10.
- [31] 宁芳芳,高雅,黄收兵,等. 密植对玉米叶片下垂特征的影响[J]. 中国农业大学学报,2019,24(6):17-25.
- [32] 张福喜,蔡瑞国,张敏,等. 春玉米叶片生长动态变化及其对种植密度的响应[J]. 河北科技师范学院学报,2009,23(2):15-21.
- [33] 高英波,陶洪斌,黄收兵,等. 密植和行距配置对夏玉米群体光分布及光合特性的影响[J]. 中国农业大学学报,2015,20(6):9-15.
- [34] 耿广涛,宋桂成,董文庆,等. 种植密度对不同叶位玉米叶片光合特性的影响[J]. 核农学报,2015,29(8):1589-1595.
- [35] 王婷,陈树宾,王友德,等. 青贮专用型玉米种植密度对单株和群体效应的影响[J]. 新疆农业科学,2004,41(3):176-178.
- [36] 贾梦杨. 冀西北青贮玉米品种、种植密度筛选及氮肥配施技术研究[D]. 张家口:河北北方学院,2020.
- [37] 徐婷,樊景胜,连永利,等. 不同种植密度对齐齐哈尔地区青贮玉米产量和品质影响[J]. 黑龙江农业科学,2020(1):49-51.
- [38] 孙继颖,高聚林,王志刚,等. 不同类型青贮玉米饲用产量及营养价值对密度调控的响应[J]. 草地学报,2019,27(6):1733-1742.
- [39] 王晓娟,何海军,寇思荣,等. 种植密度对不同品种青贮玉米生物产量和品质的影响[J]. 草业科学,2019,36(1):169-177.
- [40] 雷伏贵,涂前程. 青贮玉米品种明青贮1号的特性及高产栽培制种技术[J]. 种子,2013,32(5):115-116.
- [41] 刘先友,张明,陈甫玖,等. 青贮玉米新品种筑青1号的选育及配套高产栽培技术[J]. 种子,2015,34(2):103-105.
- [42] 徐丽,赵久然,卢柏山,等. 我国鲜食玉米种业现状及发展趋势[J]. 中国种业,2020(10):14-18.
- [43] 时学双. 高海拔寒区不同品种玉米低密度种植模式试验[J]. 西藏农业科技,2021,43(2):7-10.
- [44] 林祥文,魏文明,王怀凤. 西藏日喀则地区鲜食甜玉米引种栽培试验[J]. 上海蔬菜,2014(5):20-22.