

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0553

甘淑萍, 杨学贵, 马玉清, 李想, 朱丽丽, 陈志国, 贺晨帮, 毛小锋. 青海省中晚熟青贮玉米‘铁研 53’的引种栽培. 草业科学, 2021, 38(5): 927-934.

GAN S P, YANG X G, MA Y Q, LI X, ZHU L L, CHEN Z G, HE C B, MAO X F. Introduction and cultivation of the mid-late silage maize ‘Tieyan53’ in Qinghai Province. Pratacultural Science, 2021, 38(5): 927-934.

青海省中晚熟青贮玉米‘铁研 53’的引种栽培

甘淑萍¹, 杨学贵², 马玉清¹, 李 想^{3,4}, 朱丽丽^{3,4},
陈志国^{3,4,5}, 贺晨帮⁶, 毛小锋¹

(1. 青海省种子管理站, 青海 西宁 810003; 2. 青海省小寨良种试验站, 青海, 西宁 810005; 3. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 4. 中国科学院大学, 北京 100049; 5. 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810008; 6. 青海大学农林科学院, 青海 西宁 810016)

摘要: 在青海 4 类农业区分别开展青贮玉米品种‘铁研 53’栽培试验, 通过开展播期、种植密度以及肥效试验, 分析不同处理对其产量以及品质的影响。结果表明, 1) 在终霜日前 7 d, 海北州和海南州以 75 000~82 500 株·hm⁻² 的密度种植‘铁研 53’能达到高产, 海西州以 90 000 株·hm⁻² 的密度种植获得高产。东部农业区在终霜日前 15 d 以 105 000 株·hm⁻² 的密度种植获得高产。2) 东部农业区乐都试验点终霜日时播种的‘铁研 53’蛋白质含量达 6.82%, 中性洗涤纤维含量为 40.3%, 酸性洗涤纤维含量为 20.1%, 淀粉含量为 48.7%, 品质最佳。3) 播种密度为 60 000 株·hm⁻² 时综合营养品质最佳。综合肥效试验和品质分析结果, 青海省各地区在种植‘铁研 53’时应合理施用氮肥, 密度应控制在 75 000~82 500 株·hm⁻² 时产量及综合营养品质最佳。

关键词: 青贮玉米; 播期; 密度; 营养成分; 高产; 品质

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2021)05-0927-08

Introduction and cultivation of the mid-late silage maize ‘Tieyan53’ in Qinghai Province

GAN Shuping¹, YANG Xuegui², MA Yuqing¹, LI Xiang^{3,4}, ZHU Lili^{3,4},
CHEN Zhiguo^{3,4,5}, HE Chenbang⁶, MAO Xiaofeng¹

(1. Qinghai Seed Management Station, Xining 810003, Qinghai, China; 2. Qinghai Xiaozhai Fine Seed Testing Station, Xining 810015, Qinghai, China; 3. Northwest Institute of Plateau of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, Qinghai, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
5. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, Qinghai, China;
6. Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Qinghai University, Xining 810016, Qinghai, China)

Abstract: A cultivation experiment of the mid-late silage maize ‘Tieyan 53’ was performed in four agricultural areas of Qinghai. The results were as follows. 1) ‘Tieyan 53’ should be planted at a density of 75 000~82 500 plants·ha⁻², seven days before the last frost date in Haibei and Hainan, and at a density of 90 000 plants·ha⁻², seven days before the last frost date in Haixi. In the eastern agricultural region, high yields could be achieved by planting ‘Tieyan 53’ at a density of 105 000 plants·ha⁻², 15 days before the final frost date. 2) The results of quality analysis at the Ledu test site in the eastern agricultural region showed that ‘Tieyan 53’ had a protein content of 6.82%, neutral detergent fiber content of 40.3%, acid detergent fiber

收稿日期: 2020-10-09 接受日期: 2021-03-10

基金项目: 青海省重点研发与转化计划项目 (2019-NK-C05); 中国科学院种子创新研究院 (INASEED); 青海省种子工程项目 (2019016); 海西州财政支持农业项目 (HXNM-001)

第一作者: 甘淑萍 (1992-), 女, 青海民和人, 农艺师, 硕士, 主要从事农作物品种试验推广工作。E-mail: qhganshuping@163.com

通信作者: 毛小锋 (1963-), 男, 陕西凤翔人, 推广研究员, 本科, 主要从事农作物品种试验推广工作。E-mail: maoxiaofeng6363@163.com

<http://cykx.lzu.edu.cn>

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

content of 20.1%, and starch content of 48.7%, with the best quality, on the last frost day. 3) The best comprehensive nutritional quality was achieved when the planting density of 'Tieyan 53' was 60 000 plants·ha⁻². Based on the results of fertilizer efficiency test and quality analysis, when 'Tieyan 53' was planted in various regions of Qinghai, the yield and comprehensive nutritional quality were the best when nitrogen fertilization was applied reasonably and the planting density was controlled at 75 000 ~ 82 500 plants·ha⁻².

Keywords: silage corn; sowing date; density; nutrient composition; high yield; quality

Corresponding author: MAO Xiaofeng E-mail: maoxiaofeng6363@163.com

青贮玉米 (*Zea mays*) 是主要的饲草作物之一^[1-2], 一般在籽粒达到蜡熟期后全株收获制作青贮饲料。与普通玉米相比, 青贮玉米植株高大、叶片繁茂、生物量高, 茎叶中含有丰富的糖、蛋白质、胡萝卜素等营养物质, 能够积累较高的能量; 整株收获后经无氧发酵可长期保存, 营养价值高, 适口性好, 牲畜易消化^[3]。随着我国农业结构的调整和畜牧业的快速发展, 饲用玉米的发展越来越被重视^[4]。推广饲用玉米可为农牧交错地区饲草生产和生态环境保护提供新途径, 对弥补饲草料短缺、减缓草地退化、保障饲料冷季供应具有重要意义, 是农牧交错地区解决草食牲畜冬春饲草料短缺的有力保障。

适时播种、合理密植、科学施肥是提高青贮玉米产量和质量的关键。合理密植是青贮玉米高产优质的保障, 但过度密植可能会导致玉米冠层郁闭、光照不足, 进而引起倒伏和严重的减产^[5-8]。因此, 开展青贮玉米的播期、播种密度、施肥量等试验, 提出青贮玉米在青海各地区适宜的栽培方案, 是青贮玉米能否在青海顺利发展的重要前提。

'铁研 53' 是辽宁省铁岭市农业科学院选育的粮饲兼用型玉米品种, 植株生命力强, 枝大叶茂, 株型紧凑, 抗倒伏。具有生物量高、营养丰富、适应性广等特点。经测定, 其籽粒粗蛋白含量为 10.0%, 粗脂肪含量为 4.4%, 粗淀粉含量为 73.9%, 赖氨酸含量为 0.28%, 品质优良。在辽宁的试验中粮食产量为 8.15 t·hm⁻², 在拉萨市的引种试验中青贮平均产量为 237 t·hm⁻², 首次在高原地区实现高产。目前, '铁研 53' 在我国黄淮夏播地区及西南地区被广泛种植。2017 年 '铁研 53' 由牛必乐公司引入青海, 经过两年的引种试验, 2018 年在青海省进行了引种备案。引种试验中, '铁研 53' 在青海青贮平均产量为 112.91 t·hm⁻², 比对照纪元 8 号增产 16.81%。2018 年 '铁研 53' 在青海省内推广种植 1 027 hm²。本研究在青海不同生态

农业区开展 '铁研 53' 栽培试验, 旨在通过探索合理的栽培条件, 为 '铁研 53' 高产优质栽培与合理利用提供理论与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

研究在青海 4 类农业区进行, 分别是, 东部农业区 (东部地区): 西宁市湟源县, 海东市乐都区、民和县、互助县; 海南州农业区 (海南州): 共和县; 海北州环湖农业区 (海北州): 海晏县、门源县; 海西州柴达木绿洲农业区 (海西州): 德令哈市、都兰县、乌兰县。各试验点概况如表 1 所列。

1.2 试验材料与设计

供试材料为青贮玉米 '铁研 53'。统一设计试验方案, 于 2018–2019 年分别在 10 个试验点同时进行。

1.2.1 播期试验

青海地处青藏高原温带冷凉地区, 玉米播期随各地晚霜期不同各有差异, 为确定各个地区适宜的青贮玉米播期, 开展播期试验。分别以当地气候条件和 20 年平均终霜日为参考, 设置终霜日前 15 d 为 A₁ 播期, 终霜日前 7 d 为 A₂ 播期, 终霜日为 A₃ 播期, 终霜日后 7 d 为 A₄ 播期, 终霜日后 15 d 为 A₅ 播期, 共 5 个播期, 采用顺序排列, 3 次重复, 小区面积 5 m × 3.6 m, 覆膜播种, 密度 90 000 株·hm⁻²。

1.2.2 密度试验

设置 5 个种植密度, 分别为 B₁ (60 000 株·hm⁻²)、B₂ (75 000 株·hm⁻²)、B₃ (90 000 株·hm⁻²) 和 B₄ (105 000 株·hm⁻²)、B₅ (120 000 株·hm⁻²), 小区面积 5 m × 3.6 m, 覆膜播种, 随机区组设计, 3 次重复。按各地适宜播期播种。

1.2.3 肥效试验

设置 5 个肥效处理, 施用尿素 (N 46%) 和磷酸二铵 (P₂O₅ 46%, N 18%), 各处理的施肥量为 C (尿

表 1 各试验点信息表
Table 1 Test point information

农业区 Agricultural area	试点 Test point	纬度 Latitude (N)	经度 Longitude (E)	海拔 Elevation/m	≥ 10 °C 积温 ≥ 10 °C accumulated temperature/(°C·d)
东部地区 Eastern Region	湟源县 Huangyuan County	36°42′	101°11′	2 691	1 229.3
	乐都县 Ledu County	36°29′	102°01′	2 160	2 423.0
	民和县 Minhe County	36°14′	102°41′	2 100	2 462.0
	互助县 Huzhu County	36°52′	102°01′	2 647	1 449.0
海南州 Hainan State	共和县 Gonghe County	36°11′	100°41′	2 798	1 418.7
海北州 Haibei State	海晏县 Haiyan County	37°01′	100°51′	3 173	1 202.1
	门源县 Menyuan County	37°20′	101°44′	2 770	1 475.6
海西州 Haixi State	德令哈市 Delingha City	37°22′	97°22′	2 998	2 220.2
	都兰县 Dulan County	36°03′	97°47′	3 180	1 869.9
	乌兰县 Wulan County	36°55′	98°29′	2 970	2 220.0

素, 磷酸二铵), 分别为 C₁ (0, 0)、C₂ (0.13 kg, 0.4 kg)、C₃ (0.27 kg, 0.4 kg)、C₄ (0.40 kg, 0.4 kg) 和 C₅ (0.54 kg, 0.4 kg), 在播种时作为底肥一次性施入, 后期不再追施肥料。小区面积 5 m × 3.6 m, 覆膜播种, 密度 90 000 株·hm⁻²。随机区组设计, 3 次重复。按各地适宜播期播种。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 物候期及农艺性状观察记录

播种后观察记录玉米各物候期。蜡熟期在各小区取有代表性植株 5 株, 测量株高、穗位高, 调查单株叶片数及结穗数。

1.3.2 生物量测定

在蜡熟期收获地上部分, 测定鲜重, 并折合公顷产量。

1.3.3 品质测定

蜡熟期乐都区试点各小区取 5 株收获, 风干后

混合粉碎测定淀粉、粗蛋白、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维。指标分析由西北高原生物研究所分析测试中心完成。

1.4 数据分析

数据整理、统计分析及绘图均采用 Excel 2007。

2 结果与分析

2.1 生育期

青贮玉米‘铁研 53’在部分试验点的生育期及农艺性状表现如表 2 所列。

2.2 播期对产量的影响

对 4 类农业区不同播期产量数据进行多重比较分析 (表 3), 结果表明, 海北州和海南州的 5 个播期之间产量没有显著差异 ($P > 0.05$), 均以第 2 个播期产量最高, 分别为 80.4 和 112.72 t·hm⁻²。海南州 5 个

表 2 不同试点青贮玉米‘铁研 53’的生育期及农艺性状
Table 2 Growth period and agronomic performance of ‘Tieyan 53’ at different experimental sites

试点 Test point	播期 Sowing date/ (MM-DD)	出苗期 Period of emergence/ (MM-DD)	抽丝期 Silking stage/ (MM-DD)	生育期 Period of duration/d	全生育期 Total growth period/d	株高 Plant height/m	穗位高 Ear position/m	叶片数 Leaf number	结棒数 Corn cob number
互助县 Huzhu County	05-17	05-30	08-05	129	141	2.87	1.29	14	2.3
乐都县 Ledu County	05-06	05-16	07-31	118	128	3.08	0.89	14	2.0
共和县 Gonghe County	05-17	05-23	08-21	125	141	3.42	1.13	14	2.0
门源县 Menyuan County	05-18	05-28	08-23	130	138	2.20	1.20	16	2.0
德令哈市 Delingha City	05-18	05-24	08-16	134	140	3.04	1.05	13	1.7

表 3 青海省不同地区不同播期处理下青贮玉米‘铁研 53’的产量
Table 3 ‘Tieyan 53’ yield on different sowing dates in four regions

农业区 Agricultural area	t·hm ⁻²				
	播期 A ₁ Sowing date A ₁	播期 A ₂ Sowing date A ₂	播期 A ₃ Sowing date A ₃	播期 A ₄ Sowing date A ₄	播期 A ₅ Sowing date A ₅
海西州 Haixi State	127.86 ± 7.57aA	132.67 ± 15.10aA	123.28 ± 8.47abAB	110.87 ± 8.32bcBC	102.6 ± 7.16cC
东部地区 Eastern Region	164.85 ± 9.75aA	156.27 ± 8.93abA	158.00 ± 7.86abA	156.18 ± 5.15abA	147.3 ± 5.02bA
海南州 Hainan State	102.15 ± 3.67aA	112.72 ± 4.2aA	111.92 ± 2.38aA	101.18 ± 1.22aA	95.95 ± 2.85aA
海北州 Haibei State	70.92 ± 1.91aA	80.4 ± 6.01aA	79.15 ± 6.35aA	76.61 ± 2.88aA	74.42 ± 3.34aA

A₁, 终霜日前15 d; A₂, 终霜日前7 d; A₃, 终霜日; A₄, 终霜日后7 d; A₅, 终霜日后15 d; 同行不同小写字母和大写字母分别表示同一农业区不同处理间差异显著($P < 0.05$)和极显著($P < 0.01$); 下同。

A₁, 15 days before last frost day; A₂, 7 days before last frost day; A₃, Last frost day; A₄, 7 days after last frost day; A₅, 15 days after last frost day; Different lowercase and uppercase letters in the same agricultural area indicate significant differences between the different treatments at 0.05 and 0.01 levels, respectively; this is applicable for the following tables as well.

播期产量由多到少依次为播期 A₂、A₃、A₁、A₄ 和 A₅，海北州 5 个播期产量由多到少分别为播期 A₂、A₃、A₄、A₅ 和 A₁。海西州播期 A₁、A₂ 和播期 A₄、A₅ 间产量存在极显著差异 ($P < 0.01$)，播期 A₂ 产量最高，达到了 132.67 t·hm⁻²。东部农业区播期 A₁ 和 A₅ 间产量差异显著 ($P < 0.05$)，5 个播期产量在 1% 水平上没有显著差异，播期 A₁ 产量最高，为 164.85 t·hm⁻²。

2.3 不同种植密度对产量的影响

海北州农业区各密度之间产量无显著差异 ($P > 0.05$)，5 个密度处理产量由高到低分别为 B₃、B₅、B₂、B₄ 和 B₁ (表 4)，其中 B₃ (90 000 株·hm⁻²) 产量最高，达到 75.12 t·hm⁻²。海西州柴达木绿洲灌区 3 个高密度处理 B₃、B₄、B₅ 和处理 B₂ 间产量差异显著 ($P <$

0.05)，与低密度处理 B₁ 间产量差异极显著 ($P < 0.01$)，处理 B₅ (12 000 株·hm⁻²) 产量最高，达到 171.49 t·hm⁻²。东部农业区高密度处理 B₄、B₅ 和低密度处理 B₁、B₂ 间产量差异极显著 ($P < 0.01$)，产量随密度增大而增加，密度处理 B₅ 产量达到 150.51 t·hm⁻²。海南州处理 B₂ 和处理 B₁、B₅ 间产量差异显著 ($P < 0.05$)，处理 B₂ 产量最大，为 119.71 t·hm⁻²。

综上，海北州各种植密度间差异不显著，在 90 000 株·hm⁻² 时产量最大，60 000 株·hm⁻² 产量最低，而海南州在 75 000 株·hm⁻² 时产量达到最大 (表 4)。种植过密或过稀会导致产量降低，因此这两个地区的种植密度弹性较大，对两地不同密度处理产量数据进行回归分析 (图 1)，由拟合曲线的回归方程可知，‘铁研 53’在海北州最适种植密度为 84 315 株·hm⁻²，

表 4 青海省不同地区不同密度处理下青贮玉米‘铁研 53’的产量
Table 4 ‘Tieyan 53’ yield under different planting densities in four regions

地区 Area	t·hm ⁻²				
	密度 B ₁ Density B ₁ /(t·hm ⁻²)	密度 B ₂ Density B ₂ /(t·hm ⁻²)	密度 B ₃ Density B ₃ /(t·hm ⁻²)	密度 B ₄ Density B ₄ /(t·hm ⁻²)	密度 B ₅ Density B ₅ /(t·hm ⁻²)
海西州 Haixi State	127.83 ± 15.38bB	139.57 ± 14.29bAB	166.18 ± 6.10aA	163.15 ± 9.04aA	171.49 ± 8.14aA
东部地区 Eastern Region	104.84 ± 10.12cC	117.49 ± 9.45cBC	134.23 ± 7.09bAB	139.67 ± 4.19abA	150.51 ± 8.68aA
海南州 Hainan State	94.40 ± 1.68bA	119.71 ± 3.12aA	105.97 ± 4.28abA	100.6 ± 3.31abA	90.24 ± 15.54bA
海北州 Haibei State	60.29 ± 4.67aA	70.64 ± 3.46aA	75.12 ± 2.05aA	70.21 ± 2.95aA	74.95 ± 1.21aA

B₁、B₂、B₃、B₄、B₅分别表示种植密度为60 000、75 000、90 000、105 000和120 000 株·hm⁻²。

B₁, B₂, B₃, B₄, B₅ indicate the plant densities were 60 000, 75 000, 90 000, 105 000, and 120 000 plant·hm⁻², respectively.

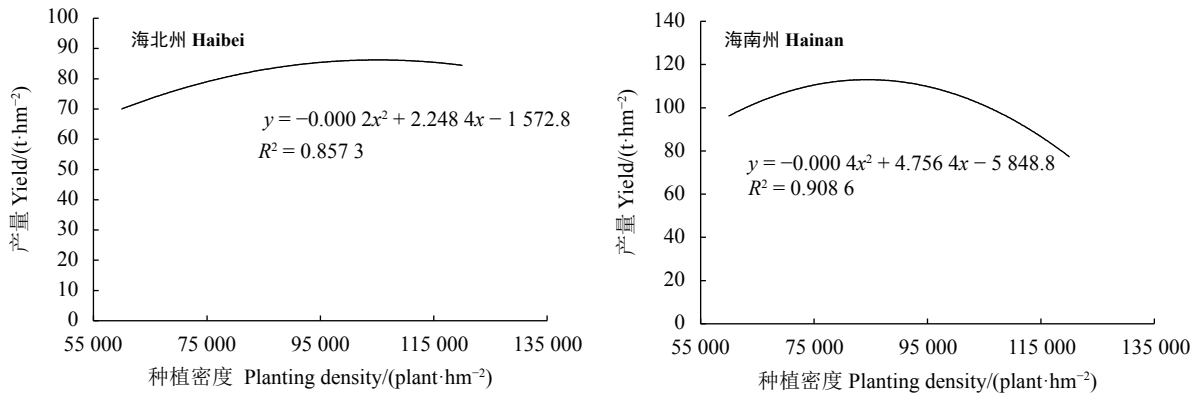


图 1 海北州和海南州青贮玉米‘铁研 53’产量随密度变化的趋势

Figure 1 Trend map of ‘Tieyan 53’ yield versus planting density

理论产量为 71.19 t·hm⁻²，在海南州最适种植密度为 89 175 株·hm⁻²，理论产量为 124.36 t·hm⁻²。

2.4 不同肥效对产量的影响

对同一地区不同施肥水平进行多重比较，结果表明，海南州和海北州试验点高氮肥处理 C₄、C₅ 与低氮肥处理 C₁ 间产量差异显著 ($P < 0.05$)，氮肥对‘铁研 53’青贮产量有显著的增加效应 (表 5)，海西州和东部农业区各施肥处理间产量无显著差异 ($P > 0.05$)。‘铁研 53’青贮产量与氮肥的施肥量整体趋势上呈正相关关系，各试验点的青贮产量随氮肥施肥量的增加而增加。

2.5 不同试验处理对青贮玉米品质影响

在蜡熟期对乐都地区播期、播种密度和施肥 3 个试验的各个处理进行取样，将样品经暴晒后阴干处理，混合研磨后对影响青贮饲料营养品质的淀粉、粗蛋白、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量进

行测定。结果表明，粗蛋白含量随种植密度和氮肥施肥浓度的增加而降低，酸性洗涤纤维在不同密度处理下变化较小 (表 6)。乐都地区播期 A₃ 综合营养品质最佳，播期 A₂ 次之。种植密度 B₁ 综合品质最佳，密度处理 B₂ 次之。肥效处理 C₂ 综合品质较好。

3 讨论与结论

3.1 播种期的影响

适时播种是青贮玉米高产优质的关键，玉米是喜温植物，而青海高原属冷凉地区，积温有限。理论上看，播期越早，获得的积温越多。袁慧敏等^[9]在张家口市开展的研究表明，随着播期推迟，青贮玉米的鲜重、干重及营养品质均呈下降趋势；李生龙^[10]在德令哈种植了 3 个青贮玉米品种，结果表明第 2 个播期 4 月 30 日播种产量最高；在黄淮海地区的研究表明，青贮玉米春播 (5 月 7 日播种) 产量、品质

表 5 青海省不同地区不同施肥处理下青贮玉米‘铁研 53’的产量

Table 5 ‘Tieyan 53’ yield under different fertilizer treatments in four regions

农业区 Agricultural area	肥效 C ₁ Fertilizer C ₁ /(t·hm ⁻²)	肥效 C ₂ Fertilizer C ₂ /(t·hm ⁻²)	肥效 C ₃ Fertilizer C ₃ /(t·hm ⁻²)	肥效 C ₄ Fertilizer C ₄ /(t·hm ⁻²)	肥效 C ₅ Fertilizer C ₅ /(t·hm ⁻²)
海西州 Haixi State	138.81 ± 7.45aA	142.72 ± 11.56aA	138.61 ± 15.21aA	142.97 ± 7.72aA	137.28 ± 12.87aA
东部地区 Eastern Region	119.24 ± 12.31aA	127.21 ± 9.10aA	131.00 ± 13.08aA	133.53 ± 14.34aA	131.46 ± 8.24aA
海南州 Hainan State	106.54 ± 12.07bA	126.67 ± 0.58abA	124.54 ± 5.95abA	125.20 ± 1.68abA	133.49 ± 6.86aA
海北州 Haibei State	59.76 ± 3.03bA	68.48 ± 3.62abAB	68.43 ± 5.95abAB	72.82 ± 1.16aAB	75.96 ± 2.46aA

施肥量(尿素，磷酸二铵)分别为C₁ (0, 0)、C₂ (0.13 kg, 0.4 kg)、C₃ (0.27 kg, 0.4 kg)、C₄ (0.40 kg, 0.4 kg)和C₅ (0.54 kg, 0.4 kg)。
The fertilization rates(urea, diammonium hydrogen phosphate) were C₁ (0, 0), C₂ (0.13 kg, 0.4 kg), C₃ (0.27 kg, 0.4 kg), C₄ (0.40 kg, 0.4 kg), and C₅ (0.54 kg, 0.4 kg).

表 6 不同处理对乐都区青贮玉米‘铁研 53’品质的影响
Table 6 Quality analysis results of different treatments

试验处理 Experimental treatment	淀粉 Starch/%	粗蛋白 Protein/%	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber/%	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber/%
播期 A ₁ Sowing date A ₁	41.5	6.18	44.1	26.8
播期 A ₂ Sowing date A ₂	50.8	6.27	36.5	18.8
播期 A ₃ Sowing date A ₃	48.7	6.82	40.3	20.1
播期 A ₄ Sowing date A ₄	51.7	4.85	35.8	17.6
播期 A ₅ Sowing date A ₅	57.3	6.57	31.2	14.3
密度 B ₁ Density B ₁	48.6	8.04	46.0	22.0
密度 B ₂ Density B ₂	52.1	6.54	36.7	21.4
密度 B ₃ Density B ₃	49.3	6.29	36.7	21.3
密度 B ₄ Density B ₄	48.7	5.94	43.1	21.1
密度 B ₅ Density B ₅	46.2	5.64	43.7	22.1
肥效 C ₁ Fertilizer C ₁	55.1	6.88	33.7	17.1
肥效 C ₂ Fertilizer C ₂	53.4	6.74	33.6	19.8
肥效 C ₃ Fertilizer C ₃	51.5	6.47	41.1	20.6
肥效 C ₄ Fertilizer C ₄	49.8	6.31	39.9	23.8
肥效 C ₅ Fertilizer C ₅	52.8	6.06	41.7	19.1

和农艺性状均优于夏播(6月17日播种)^[11]。本研究设置5个播期,结果显示,海北州、海南州、海西州3类农业区均在第2播期即终霜日前7 d播种青贮产量达到最大。东部农业区由于气候条件相对较好,第1播期即终霜日前15 d播种青贮产量最高。乐都试验点的不同播期品质分析结果表明,终霜日或终霜日前7 d播种营养品质表现较好。因此,青海省在种植青贮玉米‘铁研 53’时为达到优质高产,宜在终霜日前7~15 d播种。

3.2 种植密度的影响

种植密度决定青贮玉米产量和品质,在选择播种密度时不仅要考虑高产,也要考虑营养品质。低密度时单株玉米的产量潜力得到充分发挥,播种密度增加时,单位面积玉米株数增加,产量相应的增加,适当增加种植密度可在一定程度上提高产量。王云霄等^[12]研究表明,青贮玉米‘万佳 19’以 99 700 株·hm⁻²的密度种植时产量最高,相比对照增产了 34.7%。唐保军和丁勇^[13]、胡萌等^[14]、李磊等^[15]的研究也表明,适当密植可以增产。但也有研究表明,随着播种密度的增加青贮玉米的生物量先增加后减少,种植密度

过大时会导致单株个体的水、肥、气等条件不足,出现植株各部位生长失调,根系生长减弱,从而导致减产^[16-18]。更有研究表明,种植过密还可能极大地增加倒伏的发生率^[19-20]。本研究中‘铁研 53’的青贮产量也是先随播种密度的增加而增加,到达一定密度后产量随密度的增加而降低,但是东部农业区青贮产量持续随播种密度的增加而增加,这可能是因为东部农业区热量条件较好,加之‘铁研 53’抗倒伏能力强未造成减产。乐都试验点不同密度处理品质分析结果表明,高密度处理时粗蛋白含量及淀粉含量均低于低密度处理。综合品质分析结果,青海省各农业区在种植‘铁研 53’时,应将种植密度控制在 75 000~90 000 株·hm⁻²为宜。

3.3 氮肥的影响

氮元素是玉米叶片叶绿素的主要成分,叶绿素含量在很大程度上影响光合作用并决定光合产物的形成过程,多项研究表明,合理施用氮肥可显著提高玉米产量及品质^[21]。王爽等^[22]的研究发现,青贮玉米的蛋白质含量随施氮量的增加而增加,但是也有研究显示过量的氮肥反而会降低氮肥利用率,

抑制产量及品质形成^[23-24]。本研究结果表明,‘铁研53’青贮产量随氮肥量增加而增加,这可能是因为本研究地况差异大,大多为旱地或不保灌水地,土壤基础肥力较低,研究中设置的最高氮肥施肥量还未达到抑制产量的阈值。

青海部分地区属农牧交错区,具有较好种植青

贮玉米的基础和条件。本研究对‘铁研53’单个品种在青海各地的播期、播种密度、营养品质等进行了试验,今后需进一步开展青贮玉米播期、播种密度对玉米生长的影响,氮肥施肥量与青贮玉米产量品质形成及水分利用效率的影响等相关研究,以明确青海青贮玉米的最佳栽培模式。

参考文献 References:

- [1] 李凤霞. 饲用玉米优质高产栽培技术. *河南农业*, 2016(8): 16.
LI F X. High-quality and high-yield cultivation techniques of forage maize. *Agriculture of Henan*, 2016(8): 16.
- [2] 盛良学, 贺喜全. 我国优质饲用玉米育种研究进展. *园艺与种苗*, 2002(3): 134-137.
SHENG L X, HE X Q. Progress in forage maize breeding in China. *Horticulture & Seed*, 2002(3): 134-137.
- [3] 王蕊. 青贮玉米种植的意义及种植技术. *现代畜牧科技*, 2020(1): 33-34.
WANG R. Significance and planting technology of silage maize. *Modern Animal Husbandry Science and Technology*, 2020(1): 33-34.
- [4] 李向拓, 吴权明, 毛建昌. 饲用玉米育种要求性状特征及研究进展. *西北农业学报*, 2003(2): 36-40.
LI X T, WU Q M, MAO J C. Research progress and demanded characters of forage maize breeding. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2003(2): 36-40.
- [5] 房琴, 王红光, 马伯威, 李东晓, 李瑞奇, 李雁鸣. 密度和施氮量对超高产冬小麦群体质量和产量形成的影响. *麦类作物学报*, 2015, 35(3): 364-371.
FANG Q, WANG H G, MA B W, LI D X, LI R Q, LI Y M. Effect of planting density and nitrogen application rate on population quality and yield formation of super high-yielding winter wheat. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, 35(3): 364-371.
- [6] 白桂萍. 密植条件下油菜理想冠层结构研究. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文, 2014.
BAI G P. Study on rapeseed ideal canopy structure in high plant density. Master Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.
- [7] 冯波, 刘开昌. 密植条件下氮肥对不同品种夏玉米氮效率及光合作用的影响. *山东农业科学*, 2018, 50(5): 76-80, 86.
FENG B, LIU K C. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen efficiency and photosynthesis in different summer maize cultivars under close planting. *Shandong Agricultural Sciences*, 2018, 50(5): 76-80, 86.
- [8] 李万华, 邓力华, 沈祖秀, 何发仕, 贺喜全. 粮饲兼用型玉米新品种科玉1108 适宜密度研究. *作物研究*, 2019, 33(6): 531-533.
LI W H, DENG L H, SHEN Z X, HE F S, HE X Q. Study on suitable density for new variety of silage maize Keyu 1108. *Crop Research*, 2019, 33(6): 531-533.
- [9] 袁慧敏, 许瀚林, 刘瑶, 袁晓峰, 瓮巧云, 吕爱枝, 刘颖慧. 播期对北方农牧区青贮玉米产量和品质的影响. *黑龙江畜牧兽医*, 2020(22): 102-107, 113, 168.
YUAN H M, XU H L, LIU Y, YUAN X F, WENG Q Y, LYU A Z, LIU Y H. Effects of different sowing dates on yield and quality of silage maize in northern agricultural and pastoral areas. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020(22): 102-107, 113, 168.
- [10] 李生龙. 德令哈地区青贮玉米高产栽培技术的研究. *青海农林科技*, 2013(3): 7-8, 85.
LI S L. Study on high-yield cultivation techniques of silage corn in Delingha area. *Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry*, 2013(3): 7-8, 85.
- [11] 潘蒙英健, 高峰, 李长忠, 孙震, 苗福泓, 刘洪庆, 孙娟. 黄淮海地区不同青贮玉米品种播期及其适应性研究. *青岛农业大学学报(自然科学版)*, 2018, 35(3): 200-206.
PAN M Y J, GAO F, LI C Z, SUN Z, MIAO F H, LIU H Q, SUN J. Study on different sowing seasons on yields and its adaptability of silage corn in Huang-Huai-Hai Region. *Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science)*, 2018, 35(3): 200-206.
- [12] 王云霄, 张茜, 李牧, 孙泰然. 栽培密度对青贮玉米生产性能的影响. *中国饲料*, 2017(17): 21-23.

- WANG Y X, ZHANG Q, LI M, SUN T R. Effects of cultivated density on production performance of silage corn. *China Feed*, 2017(17): 21-23.
- [13] 唐保军, 丁勇. 种植密度对玉米产量及主要农艺性状的影响. *中国种业*, 2008(10): 35-37.
TANG B J, DING Y. Effects of planting density on yield and main agronomic traits of maize. *China Seed Industry*, 2008(10): 35-37.
- [14] 胡萌, 魏湜, 杨猛, 矫海波, 魏玲, 王焱, 吉彪. 密度对不同株型玉米光合特性及产量的影响. *玉米科学*, 2010, 18(1): 103-107.
HU M, WEI S, YANG M, JIAO H B, WEI L, WANG Y, JI B. Effects of plant density on photosynthetic characters and yield of different plant types corn. *Journal of Maize Sciences*, 2010, 18(1): 103-107.
- [15] 李磊, 马超, 卫丽, 尹钧. 不同种植密度夏玉米产量性状与产量的灰色相关分析. *贵州农业科学*, 2009, 37(11): 32-34.
LI L, MA C, WEI L, YIN J. Analysis on grey correlated degree between yield characters and yield of summer maize with different planting density. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2009, 37(11): 32-34.
- [16] 刘学俭, 张宝龙, 张长勇, 马延华. 种植密度对青贮玉米高油 106 产量及品质的影响. *黑龙江农业科学*, 2012(2): 32-34.
LIU X J, ZHANG B L, ZHANG C Y, MA Y H. Effects of different densities on yield and quality of silage Maize Gaoyou1106. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2012(2): 32-34.
- [17] 陈树玉. 密度和施氮水平对渝青 1 号生物产量及相关性状的影响. *江西农业学报*, 2007(8): 15-17.
CHEN S Y. Effects of planting density and nitrogen supply level on biomass and interrelated characters of Yuqing 1. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2007(8): 15-17.
- [18] 陈树宾. 不同密度下高油玉米生理特性及产量性状研究. 北京: 中国农业大学硕士学位论文, 2005.
CHEN S B. Physiological characteristics and yield traits of high oil maize under different density. Master Thesis. Beijing: China Agricultural University, 2005.
- [19] 何伟. 种植密度对中原单 32 青贮玉米产量及植株性状的影响. *养殖技术顾问*, 2014(1): 198.
HE W. Effect of planting density on yield and plant characters of Zhongyuandan 32 silage maize. *Modern Animal Husbandry Science & Technology*, 2014(1): 198.
- [20] 孙贵臣, 任元, 马晓磊, 张效梅. 不同种植密度对青贮玉米生物产量及主要农艺性状的影响. *山西农业科学*, 2013, 41(2): 146-148.
SUN G C, REN Y, MA X L, ZHANG X M. Influence of sowing densities on biological yield and main agronomic characters for ensilage maizes. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2013, 41(2): 146-148.
- [21] 曹冰, 朱紫薇, 单娟, 姚国旗, 朱英华, 沈军辉, 黄令军, 王成雨. 氮肥与密度对夏玉米生理特性、产量及氮肥偏生产力和抗倒性的影响. *山东农业科学*, 2019, 51(6): 97-101, 107.
CAO B, ZHU Z W, SHAN J, YAO G Q, ZHU Y H, SHEN J H, HUANG L J, WANG C Y. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on physiological characteristics, yield, nitrogen partial factor productivity and lodging resistance of summer maize. *Shandong Agricultural Sciences*, 2019, 51(6): 97-101, 107.
- [22] 王爽, 章建新, 王俊铃, 安沙舟, 杨勇. 不同施氮量对饲用玉米产量和品质的影响. *新疆农业大学学报*, 2007(1): 17-20.
WANG S, ZHANG J X, WANG J L, AN S Z, YANG Y. Effect of different nitrogen on yield and quality of forage maize. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2007(1): 17-20.
- [23] 吕鹏, 张吉旺, 刘伟, 杨今胜, 苏凯, 刘鹏, 董树亨, 李登海. 施氮量对超高产夏玉米产量及氮素吸收利用的影响. *植物营养与肥料学报*, 2011, 17(4): 852-860.
LYU P, ZHANG J W, LIU W, YANG J S, SU K, LIU P, DONG S T, LI D H. Effects of nitrogen application on yield and nitrogen use efficiency of summer maize under super-high yield conditions. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2011, 17(4): 852-860.
- [24] 王佳, 李阳, 贾倩民, 常生华, Shahzad Ali, 张程, 刘永杰, 侯扶江. 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. *西北农业学报*, 2021(1): 1-14.
WANG J, LI Y, JIA Q M, CHANG S H, SHAHZAD ALI, ZHANG C, LIU Y J, HOU F J. Effects of planting density and nitrogen application on yield, quality and water use efficiency of silage maize in Hexi irrigation region. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2021(1): 1-14.

(执行编辑 苟燕妮)