

DOI:10.11686/cyxb2021273

http://cyxb.magtech.com.cn

付东青, 贾春英, 张力, 等. 新疆干旱灌溉区青贮玉米农艺性状和发酵品质动态分析及评价. 草业学报, 2022, 31(8): 111—125.

FU Dong-qing, JIA Chun-ying, ZHANG Li, *et al.* Agronomic traits and fermentation quality of maize silage harvested at different grain-development stages in irrigated drought areas of southern Xinjiang. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(8): 111—125.

新疆干旱灌溉区青贮玉米农艺性状 和发酵品质动态分析及评价

付东青¹, 贾春英², 张力^{3*}, 张凡凡^{1*}, 马春晖¹

(1. 石河子大学动物科技学院, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆生产建设兵团第三师畜牧兽医工作站, 新疆 图木舒克 843806; 3. 新疆农垦科学院作物研究所, 新疆 石河子 832000)

摘要:为研究荒漠灌溉地区青贮玉米农艺性状和发酵品质动态变化规律以及筛选第三师地区最佳青贮玉米栽培品种, 选择4个青贮专用和11个粮饲兼用型玉米品种为试验材料, 分别在灌浆期、1/4乳线期、1/2乳线期和3/4乳线期进行农艺性状测定并调制青贮饲料。发酵60 d进行青贮饲料发酵品质、营养成分和体外消化测定, 以农艺性状、营养成分、发酵品质和消化特征为评价指标, 利用相似优先比法对15个玉米品种进行综合评价。结果表明: 随生育期推进各青贮玉米株高、穗位、鲜草产量、全株鲜重、茎秆鲜重、果穗鲜重、籽粒鲜重、干物质(DM)、粗蛋白(CP)、可溶性碳水化合物(WSC)、淀粉含量和代谢能(ME)不断递增, 到3/4乳线期达到峰值; 其中, 3/4乳线期大丰30鲜草产量最高, 金玉9号DM含量最高, 新饲玉10号CP含量最高, 先玉696 WSC含量最高, 屯玉765淀粉含量最高, 均与其他品种差异显著($P < 0.05$)。随生育期推进, 中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量、氨态氮:总氮($\text{NH}_3\text{-N/TN}$)、有机物消化率(OMD)和产气速率不断递减, ADF、NDF、 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 在3/4乳线期达到最优, 其中, 3/4乳线期新饲玉12号 ADF含量最低, 新饲玉10号 NDF含量最低, 新饲玉11号 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 最低, 均与其他品种差异显著($P < 0.05$); OMD和产气速率在灌浆期最优, 其中, 先玉696 OMD最高, 新饲玉10号产气速率最高, 均与其他品种差异显著($P < 0.05$)。随生育期推进各玉米品种pH值先降低后升高, 乳酸(LA)含量先升高后下降, 乙酸(AA)和丙酸(PA)无明显变化规律。pH值在1/2乳线期达到最优, 最优品种为屯玉765, LA在1/4乳线达到最高, 最优品种为新饲玉12号, 均与其他品种差异显著($P < 0.05$)。综上所述, 在3/4乳线期收获能获得高产优质的青贮玉米, 新沃1号、屯玉765和大丰30综合价值较优, 适宜在第三师地区及相似生态区域推广种植。

关键词:新疆; 青贮玉米; 农艺性状; 发酵品质; 干旱灌溉; 消化率

Agronomic traits and fermentation quality of maize silage harvested at different grain-development stages in irrigated drought areas of southern Xinjiang

FU Dong-qing¹, JIA Chun-ying², ZHANG Li^{3*}, ZHANG Fan-fan^{1*}, MA Chun-hui¹

1. College of Animal Science and Technology, Shihezi University, Shihezi 832000, China; 2. Animal Husbandry and Veterinary Workstation, the Third Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Tumxuk 843806, China; 3. Crop Research Institute of Xinjiang Academy, Agricultural Reclamation Sciences, Shihezi 832000, China

Abstract: To study the changes in agronomic traits and fermentation quality of maize silage harvested at different stages of grain development in desert irrigated areas and to screen for the best-performing maize silage cultivars in the

收稿日期: 2021-07-12; 改回日期: 2021-10-18

基金项目: 兵团区域创新引导计划项目优质饲草料高效种植产业化研发与示范(2018BD037), 新疆生产建设兵团科技特派员创新创业计划项目(2019CB034)和财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系项目(CARS)资助。

作者简介: 付东青(1995-), 男, 甘肃陇南人, 在读博士。E-mail: 595521990@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: zhangfanfan@shzu.edu.cn, 490507226@qq.com

Third Division area, four silage-specific and 11 grain-feeding maize varieties were evaluated, and agronomic traits determined. Silages were prepared at the grain-filling stage, and when the milk line reached the 3/4 milk stage, 1/2 milk stage and 1/4 milk stage, of grain development. Nutrient composition, fermentation quality and *in vitro* digestion were measured after 60 days of fermentation, and the agronomic traits, nutrient composition, fermentation quality and digestion characteristics were used as evaluation indexes for the multi-factor evaluation of the 15 maize varieties using the similarity priority ratio method. It was found that silage corn plant height, cob position, fresh dry herbage yield, whole plant fresh weight, stalk fresh weight, cob fresh weight, seed fresh weight, dry matter (DM), crude protein (CP), water soluble carbohydrates (WSC), starch content and metabolizable energy increased incrementally as grain development progressed, and reached a peak at the 3/4 milk stage. Among the varieties, Dafeng 30 had the highest fresh herbage yield, Jinyu 9 had the highest DM content, Xinsiyu No. 10 had the highest CP content, Xianyu 696 had the highest WSC content, and Tunyu 765 had the highest starch content, with values significantly different from other varieties ($P < 0.05$). Conversely, the contents of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), the ratio of ammonia nitrogen: total nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}:\text{TN}$), the organic matter digestibility (OMD) and the gas production rate decreased incrementally as the reproductive period progressed, and ADF, NDF and $\text{NH}_3\text{-N}:\text{TN}$ were lowest at the 3/4 milk line stage. Among the varieties, ADF content was the lowest in Xinsiyu No. 12, NDF content was the lowest in Xinsiyu No. 10 and $\text{NH}_3\text{-N}:\text{TN}$ was the lowest in Xinsiyu No. 11 at the 3/4 milk line stage, with their values significantly different from other varieties ($P < 0.05$). OMD and gas production rate peaked in the filling period, with Xianyu 696 having the highest OMD and Xinsiyu No. 10 having the highest gas production rate, with both significantly different from other varieties ($P < 0.05$). The pH of the silage of each maize variety initially decreased and then increased at different grain-development stages, while the lactic acid (LA) content initially increased and then decreased, and there was no significant pattern of change with fertilizer in acetic acid and propionic acid. The silage pH value was lowest when harvested at the 1/2 milk line stage, and the variety with lowest pH was Tunyu 765. Silage LA content was highest when harvested at 1/4 milk line stage, with Xinsiyu No. 12 significantly higher than from other varieties ($P < 0.05$). In summary, harvest of silage maize at the 3/4 milk line stage produced high yielding and high quality silage forage, and the multi-factor scores of Xinwo No. 1, Tunyu 765 and Dafeng 30 were highest among the tested varieties. Therefore these three varieties are recommended for planting in the Third Division area of Xinjiang and in ecologically similar regions.

Key words: Xinjiang; silage corn; agronomic traits; fermentation quality; drought irrigation; digestibility

全株玉米(*Zea mays*)青贮饲料不仅营养丰富、适口性好、易消化、保存时间长,且在提高奶牛产奶量、经济效益等方面具有积极作用^[1];同时,全株玉米青贮饲料保证了草食家畜四季粗饲料供应,对草食家畜的发展有举足轻重的作用,是当前最为重要的反刍家畜粗饲料之一^[2]。目前,为加快我国“粮改饲”政策推行,需进行青贮玉米高产高效配套栽培技术集成,以满足现代标准化、规模化反刍家畜养殖的需求,尤其对于南疆地区,其作为我国西部重要的枢纽,经济、政治地位尤为重要;而该区普遍存在人均耕地少、耕地质量差、水资源短缺、农牧业生产水平低、饲草料供应短缺等问题,导致牛羊养殖规模、效益不高。家畜养殖业的发展很大程度上取决于饲草料的供应及饲草品质等因素,但南疆地区种植业中青贮玉米种植模式不完善,青贮玉米品种选择和栽培管理等均较为薄弱,种植盲目性较大;青贮饲料生产时又因种种生产问题造成营养物质的流失和青贮饲料的腐败变质,对家畜和人类健康造成危害。所以选择合适的玉米品种进行生产加工是南疆地区亟须解决的重要问题。当前其他地区青贮玉米种植技术为南疆地区提供了借鉴。其中,综合产量和营养品质分析得出,四川省西昌地区适宜推广种植青贮玉米先玉508、先玉696、先玉045^[3]。广州地区雅玉8号综合性能表现最为优异^[4]。河南地区适宜种植青贮932和伟科106^[5];此外,中原地区CK732、京单28和雅玉青贮26也能表现出较好的产量和品质^[6]。陕西关中地区新单60综合性能最为突出,适宜在当地种植^[7]。鲁南地区筛选最佳种植品种为京科青贮516、饲玉1号、饲玉2号、

诺达 1 号和登海 605^[8]。贵州省毕节地区最佳种植品种为金玉 818、黔玉 3 号、GX276^[9]。CLO135 作为专用型青贮玉米能获得高产优质的青贮原料,适宜在宁夏黄灌区进行推广种植^[10]。新饲玉 12 号在新疆伊犁地区种植,在生物产量和品质方面均有较大的潜力^[11]。粮饲兼用型新饲玉 13 号和 18 号生育期较短,在新疆阿拉尔和库尔勒地区种植,可获得优质高产的青贮原料^[12]。纵观以往研究发现,不同地区在青贮玉米品种选择上存在较大差异,而南疆地区由于特殊的气候和水资源条件,导致不同地区选择的玉米品种并不一定适用。鉴于此,本研究选用 15 个玉米品种在南疆第三师进行试验,通过对农艺性状、营养成分、发酵品质等指标的详细分析,并采用相似优先比法进行综合评价,筛选出适合当地的青贮玉米品种,为当地科学栽培和生产提供理论依据和技术支持,促进南疆草牧业发展。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及材料

试验地位于新疆生产建设兵团第三师 51 团 2 连(39°52′37″ N,79°29′38″ E,海拔 1094 m),当地属温带极干旱荒漠气候,日照时间长,昼夜温差大,年平均气温 11.60℃,最高(7 月)平均气温 25.00~26.70℃,最低(1 月)平均气温 -7.30~-6.60℃,年平均无霜期 225 d,年降水量 38.30 mm。试验以青贮专用型和粮饲兼用型 15 个玉米品种为研究材料(表 1,2)。

表 1 供试玉米品种

Table 1 Maize varieties tested

品种 Varieties	育成时间 Breeding time (a)	生育期 Growth period (d)	类型 Type	育种单位 Breeding unit
新饲玉 10 Xinsiyu No. 10	1998	101~105	青贮玉米 Silage corn	新疆农垦科学院作物研究所 Crop Research Institute of Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation Sciences
新饲玉 11 Xinsiyu No. 11	2007	120~125	青贮玉米 Silage corn	新疆农垦科学院作物研究所 Crop Research Institute of Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation Sciences
新饲玉 12 Xinsiyu No. 12	2013	110~120	青贮玉米 Silage corn	新疆沃特生物工程有限责任公司 Xinjiang Wote Bioengineering Co.
新饲玉 13 Xinsiyu No. 13	2013	120~125	粮饲兼用 Grain and feed	新疆沃特生物工程有限责任公司 Xinjiang Wote Bioengineering Co.
新沃 1 号 Xinwo No. 1	2005	120~125	青贮玉米 Silage corn	新疆沃特生物工程有限责任公司 Xinjiang Wote Bioengineering Co.
屯玉 80 Tunyu 80	2009	110~120	粮饲兼用 Grain and feed	山西屯玉种业科技股份有限公司 Shanxi Tunyu Seed Technology Co.
屯玉 168 Tunyu 168	2013	110~118	粮饲兼用 Grain and feed	北京屯玉种业有限责任公司 Beijing Tunyu Seed Co.
屯玉 765 Tunyu 765	2019	120~129	粮饲兼用 Grain and feed	北京屯玉种业有限责任公司 Beijing Tunyu Seed Co.
铁研 53 Tieyan 53	2010	110~118	粮饲兼用 Grain and feed	铁岭市农业科学院 Tieling Academy of Agricultural Sciences
大丰 30 Dafeng 30	2007	110~127	粮饲兼用 Grain and feed	山西大丰种业有限公司 Shanxi Dafeng Seed Industry Co.
先玉 696 Xianyu 696	2014	120~125	粮饲兼用 Grain and feed	铁岭先锋种子研究有限公司 Tieling Pioneer Seed Research Co.
京科 968 Jingke 968	2011	120~128	粮饲兼用 Grain and feed	北京市农林科学院玉米研究中心 Maize Research Center, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences
金玉 9 号 Jinyu No. 9	2008	110~120	粮饲兼用 Grain and feed	山西金鼎生物种业股份有限公司 Shanxi Jinding Biological Seeds Co.
Q1901	—	112~115	粮饲兼用 Grain and feed	—
Q1902	—	112~115	粮饲兼用 Grain and feed	—

Q1901, Q1902: 未经审定品种 Not approved.

1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,每个小区种植 1 个品种,小区面积 15 m²(5 m×3 m),每个小区 20 次重复,共计 300 个小区,4500 m²。覆膜,株行距配置结合当地宽膜 55 cm 等行距。试验播种密度 90000 株·hm⁻²,四周设保护行。试验播期参考当地大田玉米播种时间,于 2019 年 5 月 7 日人工播种。播前大水漫灌。播种深度 3~5 cm,及时除

草、定苗。全生育期浇水5次,灌水量4500~6000 m³·hm⁻²。施肥:尿素 675 kg·hm⁻²,磷酸一铵 300 kg·hm⁻²,钾肥(磷酸二氢钾)150 kg·hm⁻²。试验在青贮玉米灌浆期、乳线1/4、1/2和3/4期取样进行农艺性状测定,随后立刻将其粉碎至2 cm左右,混合均匀,分别装入3个塑料桶[规格85 cm×II(10 cm)²]进行发酵;每桶装(16±0.5) kg(密度为600 kg·m⁻³),压紧用真空计抽干桶内空气,室温避光保存60 d后开罐(模拟开窖)。

1.3 指标测定

农艺性状主要测定株高、穗位、鲜草产量、全株鲜重、茎秆鲜重、果穗鲜重和籽粒鲜重。其中,株高(从地面到雄穗顶端的高度)和穗位(从地面至最上面一个果穗的节生位)用水准仪双面伸缩刻度标尺测量,每个小区随机选取20株,求其平均值(cm)。鲜草产量测定:随机选择3个小区(即3次重复),将整个小区刈割(留茬5 cm)称鲜重,折算鲜草产量。全株鲜重测定:将鲜草产量/每个小区株数,求得全株鲜重;然后取下果穗,称量果穗鲜重/每个小区果穗数,求其平均值(g);每个小区果穗剥去葆叶,剥下玉米籽粒,称量籽粒鲜重,求其平均值(g);最后,用全株鲜重—果穗鲜重求得茎秆鲜重(g)。

采用国标法^[13]测定营养品质含量。其中,采用重量法测定干物质(dry matter, DM)含量,凯氏定氮法测定粗蛋白(crude protein, CP)含量,蒽酮比色法测定可溶性碳水化合物(water soluble carbohydrates, WSC)含量,范氏(Van Soest)洗涤纤维法测定中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)含量,采用高氯酸水解—蒽酮比色法测定淀粉(starch)含量,采用索氏浸提法测定粗脂肪(ether extract, EE)含量。

使用酸度计测定pH,采用高效液相色谱法测定乳酸(lactic acid, LA)、乙酸(acetic acid, AA)、丙酸(propionic acid, PA)和丁酸(butyric acid, BA)含量^[14],采用苯酚—次氯酸钠比色法测定NH₃-N含量^[15],同时折算氨态氮:总氮(NH₃-N/TN)。

体外产气试验按照卢德勋等^[16]描述的方法测定,具体操作如下:分别称取220 mg饲料样品(风干基础)置于100 mL玻璃培养管底部,空白组不加饲料,所有培养管放置39℃培养箱预热,量取一定体积哈沙克羊(试验动物来源于石河子大学动物试验站,动物日粮参照中国肉羊饲养标准配制,试验期间每天早上10:00和下午18:00投喂饲料,自由饮水,每周对圈舍进行消毒清理,日粮精粗比4:6,精料由天康生物技术公司提供:玉米51%、麸皮24%、豆粕18%、碳酸氢钙2.5%、添加剂2%、尿素1.5%、食盐1%,粗料主要以青贮玉米为主)瘤胃液与人工培养液混合(体积比1:2)形成培养液,其中人工培养液参照Menke等^[17]的方法配制,用分液器分别向所有培养管注入30 mL人工瘤胃培养液,置于39℃恒温水浴摇床中培养,期间测定第2、4、6、8、10、12、24、36、48 h的产气量(gas production, GP),同时分析有机物消化率(organic matter digestibility, OMD)和代谢能(metabolizable energy, ME)。OMD=0.986×GP+0.0606×CP+11.03; ME=0.1639×GP+0.0079×CP+0.0239×EE+0.04。式中:GP为24 h的产气量;CP为粗蛋白含量百分数;EE为粗脂肪含量百分数^[18]。

1.4 数据分析与统计

使用Excel 2019软件初步整理试验数据,采用SPSS 20.0对各指标进行方差分析,采用单因素方差分析(one-

表2 参考品种综合品质及其权重

Table 2 Reference variety comprehensive quality and its weight

指标 Index	数值 Value	权重 Weight
鲜草产量 Fresh grass yield (t·hm ⁻²)	97.50	0.25
干物质 DM (%)	38.00	0.15
粗蛋白 CP (%DM)	9.50	0.05
中性洗涤纤维 NDF (%DM)	30.00	0.10
酸性洗涤纤维 ADF (%DM)	25.00	0.10
可溶性碳水化合物 WSC (%DM)	22.00	0.05
淀粉 Starch (%DM)	35.00	0.15
pH	3.50	0.01
乳酸 LA (%FM)	5.50	0.01
乙酸 AA (%FM)	1.60	0.01
氨态氮/总氮 NH ₃ -N/N (%FM)	1.00	0.01
丙酸 PA (%FM)	1.60	0.01
有机物消化率 OMD (%)	80.00	0.10
代谢能 ME (MJ·kg ⁻¹)	11.50	0.10

注:青贮玉米品质参考GB/T25882-2010标准。

Note: Silaged corn quality refer to GB/T25882-2010 standard.

way ANOVA) 进行不同品种之间的对比,采用 Duncan 法进行多重比较,使用 Origin 8.0 进行绘图。产气量参数模型选择一元非线性回归模型(Gompertz 模型)^[19],为: $X_2=C_1 \times \exp[-C_2 \times \exp(-C_3 \times X_1)]$,式中: X_2 为产气量; C_1 为理论最大产气量(mL); C_2 为产气速率常数(mL·h⁻¹); C_3 为产气延滞时间(h); X_1 为体外培养时间(h)。采用模糊相似优先比法评价最优品种^[20],运用 DPS V7.05 软件将样品 14 项指标进行分析计算(根据青贮玉米栽培和质量评价标准,仅选择有标准参考的指标进行综合评价),对其设定识别标识为 1,固定样本即为参考品种(各指标为理论最优),识别标识为 0,执行“模糊相似优先比分析”功能,权重选取见表 2,求得各青贮玉米与参考品种间各指标的相似序号之和,相似度越小,该青贮玉米品种与理想品种的综合价值越接近。

2 结果与分析

2.1 不同青贮玉米生育期和鲜草产量

对各青贮玉米生育期和鲜草产量测定发现,不同青贮玉米进入同一生育期的时间参差不齐(表 3),其中,新饲玉 13 号、大丰 30 和京科 968 最早达到灌浆期(7 月 18 日),新饲玉 12 号达到灌浆期的时间最晚(8 月 7 日)。屯玉 80、大丰 30、先玉 696 和金玉 9 号达到 3/4 乳线的时间最早(8 月 14 日),新饲玉 12 号最晚(9 月 4 日)。不同生育期各青贮玉米鲜草产量差异显著($P<0.05$),且各青贮玉米均随生育期推进不断递增,其中,灌浆期和 1/4 乳线,鲜草产量新饲玉 11 号最高,1/2 和 3/4 乳线,鲜草产量新沃 1 号最高。

2.2 不同收获期各玉米品种农艺性状、营养成分和发酵品质变化规律

鲜草产量、株高、穗位、全株、茎秆、果穗和籽粒鲜重随收获期的推迟整体呈递增趋势(图 1)。其中,整个收获期各青贮玉米之间株高差异均较小,全株鲜重 1/4 乳线各青贮玉米之间差异较小,茎秆、果穗和籽粒鲜重 3/4 乳线各青贮玉米之间差异较小。随收获期推迟 DM、CP、WSC 和淀粉含量不断增加,ADF、NDF 含量不断递减。其中,DM 含量各青贮玉米之间在灌浆期差异较小,WSC、ADF 和淀粉含量各青贮玉米之间在 1/2 和 3/4 乳线差异均较小,NDF 含量各青贮玉米之间在 1/2 乳线差异较小,CP 含量各青贮玉米之间在灌浆期和 1/4 乳线差异较小。pH 和 AA 含量随收

表 3 各玉米品种收获期及鲜草产量

Table 3 Harvest period and fresh grass yield of maize varieties

指标 Index	收获期 Harvest time	新饲玉 10 号 Xinsiyu No. 10	新饲玉 11 号 Xinsiyu No. 11	新饲玉 12 号 Xinsiyu No. 12	新饲玉 13 号 Xinsiyu No. 13	屯玉 80 Tunyu 80	屯玉 168 Tunyu 168	屯玉 765 Tunyu 765	铁研 53 Tieyan 53	新沃 1 号 Xinwo No. 1	大丰 30 Dafeng 30	Q1901	Q1902	先玉 696 Xianyu 696	京科 968 Jingke 968	金玉 9 号 Jinyu No. 9
生育期 Growth period (Month-day)	灌浆期 Filling stage	07-30	07-28	08-07	07-18	07-22	08-01	07-24	07-23	07-28	07-18	07-28	07-23	07-22	07-18	07-22
	1/4 乳线 1/4 milk line	08-07	08-01	08-14	07-24	07-28	08-07	08-02	07-29	08-07	07-24	08-04	07-29	07-28	07-28	07-28
	1/2 乳线 1/2 milk line	08-12	08-12	08-26	08-08	08-04	08-12	08-12	08-12	08-14	08-04	08-08	08-10	08-04	08-08	08-04
	3/4 乳线 3/4 milk line	08-26	08-28	09-04	08-26	08-14	08-26	08-23	08-26	08-26	08-14	08-26	08-20	08-14	08-26	08-14
鲜草产量 Fresh grass yield (t·hm ⁻²)	灌浆期 Filling stage	58.20Dj	71.85Da	46.40Di	59.30Di	58.20Dj	60.00Dh	60.75Dg	65.25Dd	70.20Db	61.35Df	57.30Dk	67.50Dc	60.75Dg	71.40Db	64.14De
	1/4 乳线 1/4 milk line	60.80Cj	76.40Ca	47.60Ci	64.40Cf	61.40Ci	64.20Cf	61.95Ch	69.00Cd	76.35Ca	62.85Cg	60.30Ck	72.30Cb	65.85Ce	71.85Cc	71.48Cc
	1/2 乳线 1/2 milk line	61.70Bj	81.20Bb	50.00Bk	65.30Bh	64.40Bi	64.50Bi	67.80Bg	76.20Bd	85.35Ba	67.95Bg	61.65Bj	75.00Be	64.20Bi	76.95Be	71.85Bf
	3/4 乳线 3/4 milk line	64.40Al	88.50Ab	58.20Am	69.00Aj	68.90Ak	68.70Ak	72.60Ag	70.35Ai	92.25Aa	74.70Af	70.20Ai	78.60Ad	70.65Ah	81.15Ac	76.95Ae

注: 同列不同大写字母表示不同生育期差异显著($P<0.05$); 同行不同小写字母表示不同品种差异显著($P<0.05$), 下同。

Note: Different capital letters in the same column indicate significant differences among different growth periods ($P<0.05$); Different lowercase letters in the same row indicate significant differences among different varieties ($P<0.05$). The same below.

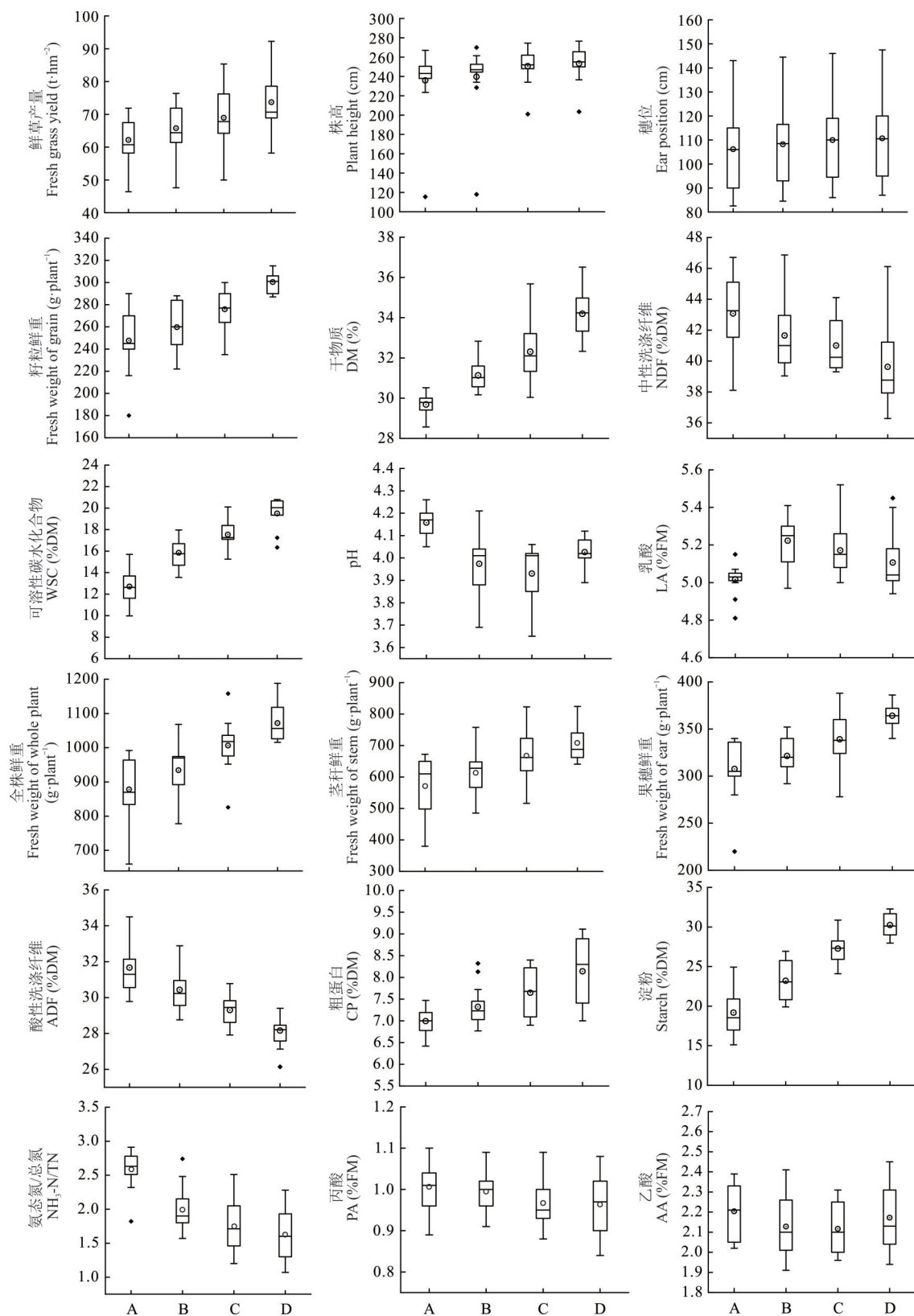


图1 不同收获期各玉米农艺性状、营养成分和发酵品质变化规律

Fig. 1 Variations of agronomic traits, nutrient components and fermentation quality of various maize in different harvest periods

箱体上下边缘分别表示上四分位数和下四分位数,上下四分位数构成箱体,表示数据的离散程度;中间横线表示中位数,空心圆表示平均值,小黑点表示异常值,A、B、C、D分别代表灌浆期、1/4乳线期、1/2乳线期和3/4乳线期。In the box chart, the upper and lower edges of the box represent the upper quartile and the lower quartile respectively, and the upper and lower quartiles constitute the box, indicating the degree of data dispersion; The middle horizontal line represents the median, the hollow circle represents the average, and the small black dot represents the abnormal value, A, B, C and D represent filling stage, 1/4 milk line stage, 1/2 milk line stage and 3/4 milk line stage, respectively.

获期延迟先降低后升高, $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 和 PA 含量随收获期延迟不断递减, LA 含量先升高后下降。其中, pH 各青贮玉米之间在灌浆期和 3/4 乳线差异较小, LA 含量各青贮玉米之间在灌浆期差异较小, PA 含量各青贮玉米在 1/4 和 1/2 乳线差异较小, $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 各青贮玉米之间在灌浆期和 1/4 乳线差异较小。

2.3 不同收获期全株青贮饲料营养成分及发酵品质

测定不同收获期各玉米全株青贮饲料营养成分和发酵品质发现(表4), 不同生育期各玉米品种 DM、NDF、ADF、WSC 和淀粉含量差异显著($P < 0.05$), 不同生育期 CP 含量除新饲玉 10、13 号、屯玉 168、铁研 53、Q1901 和先玉 696 外, 其他品种均差异显著($P < 0.05$)。DM 含量除新饲玉 10 号、屯玉 80 和 Q1902 外, 其他均随生育期推进不断递增, NDF 含量除新饲玉 12 号、大丰 30、Q1902 和金玉 9 号, 其他均随生育期推进逐渐减小, ADF 含量除新饲玉 13 号, 其他品种均随生育期推进逐渐减小, 各品种 WSC 和淀粉含量均随生育期推进不断递增, 其中, 灌浆期, DM 含量京科 968 最高, CP 含量屯玉 765 最高, WSC、淀粉含量屯玉 168 最高, NDF 含量先玉 696 最低, ADF 含量新饲玉 11 号最低。1/4 乳线, DM 含量 Q1902 最高, CP 含量新饲玉 10 号最高, WSC 含量屯玉 80 和新沃 1 号最高, 淀粉含量屯玉 168 最高, NDF 含量大丰 30 最低, ADF 含量新饲玉 12 号最低。1/2 乳线, DM 含量新饲玉 10 号最高, CP 含量新饲玉 12 号最高, WSC 含量屯玉 80 最高, 淀粉含量 Q1902 最高, NDF 含量大丰 30 最低, ADF 含量新饲玉 12 号最低。3/4 乳线, DM 含量金玉 9 号最高, CP 含量新饲玉 10 号最高, WSC 含量新饲玉 12 号和屯玉 80 最高, 淀粉含量屯玉 765 最高, NDF 含量新饲玉 10 号最低, ADF 含量新饲玉 12 号最低。

不同生育期各品种 LA 含量、pH 及 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 差异显著($P < 0.05$), PA 含量不同生育期差异不显著($P > 0.05$)。其中, 灌浆期金玉 9 号 pH 值最低且 LA 含量最高, 新饲玉 12 号 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 最低, 1/4 乳线期先玉 696 pH 值最低, 新沃 1 号 LA 含量最高, 屯玉 765 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 最低, 1/2 乳线期屯玉 765 pH 值和 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 最低, 铁研 53 LA 含量最高, 3/4 乳线期京科 968 pH 值最低, 新饲玉 11 号 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 最低, 京科 968 LA 含量最高, 均与其他品种差异显著($P < 0.05$)。

2.4 各青贮玉米不同收获期有机物消化率、代谢能和产气模型参数

体外降解测定结果表明, 各青贮玉米品种 OMD、理论最大产气量和产气速率随生育期推进不断降低, 且不同生育期各青贮玉米差异性显著, 即灌浆期 $> 1/4$ 乳线期 $> 1/2$ 乳线期 $> 3/4$ 乳线期($P < 0.05$), 其中, 灌浆期 OMD 先玉 696 最高, 1/4 乳线期(表5), 新饲玉 11 号最高, 1/2 和 3/4 乳线期均为京科 968 最高, 与其他品种差异显著($P < 0.05$)。理论最大产气量, 灌浆期新沃 1 号最高, 1/4 乳线期大丰 30 最高, 1/2 和 3/4 乳线期屯玉 80 最高, 与其他品种差异显著($P < 0.05$)。产气速率, 灌浆期新饲玉 10 号最大, 1/4 乳线期新饲玉 13 号最大, 1/2 和 3/4 乳线期 Q1902 最大, 与其他品种差异显著($P < 0.05$)。ME 随生育期推进不断递增, 且不同生育期各青贮玉米差异性显著($P < 0.05$), 其中, 灌浆期新饲玉 10 号最大, 1/4、1/2 和 3/4 乳线期 Q1901 最大, 均与其他品种差异显著($P < 0.05$)。

2.5 青贮玉米不同收获期各品种综合评价

随生育期不断推迟, 青贮玉米生物产量不断递增, 在 3/4 乳线达到最高。其 DM、WSC、淀粉含量和 ME 在 3/4 乳线均达到最高, 同时 NDF 和 ADF 含量处于最低水平, 而且在此时期青贮发酵饲料 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 最小。综合考虑, 3/4 乳线期收获青贮玉米能获得最大的生物产量, 同时又能获得优质的饲草。因此, 选择 3/4 乳线期数据进行模糊相似优先比分析, 并对各品种进行综合评价, 结果表明, 综合品质排名为新沃 1 号 $>$ 屯玉 765 $>$ 大丰 30 $>$ 新饲玉 11 号 $>$ 铁研 53 $>$ Q1901 $>$ Q1902 $>$ 金玉 9 号 $>$ 新饲玉 12 号 $>$ 京科 968 $>$ 先玉 696 $>$ 新饲玉 10 号 $>$ 屯玉 168、屯玉 80 $>$ 新饲玉 13 号(表6)。

3 讨论

3.1 不同青贮玉米农艺性状变化规律

青贮玉米生育期不仅可以反映品种特性, 也可直观反映其在当地适应性, 同时也为获得优质高产青贮饲料以及合理调配种植结构提供指导。南疆第三师地区各供试玉米品种进入不同生育期时间点不同, 各生育阶段经历

表4 不同收获期全株青贮饲料营养成分及发酵品质

Table 4 Nutrient composition and fermentation quality of whole plant silage at different harvest periods

指标 Index	收获期 Harvest time	新饲玉10号 Xinsiyu	新饲玉11号 Xinsiyu	新饲玉12号 Xinsiyu	新饲玉13号 Xinsiyu	电玉80 Tunyu	电玉168 Tunyu	电玉765 Tunyu	铁研53 Tieyan	新沃1号 Xinwo	大丰30 Dafeng	Q1901	Q1902	先玉696 Xianyu	京科968 Jingke	金玉9号 Jinyu
		No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	168	765	53	No. 1	30				696	968	No. 9
干物质	灌浆期Filling stage	29.48Df	28.57Dh	29.86Dd	29.83Dd	29.45Df	30.00Dcd	29.13Dg	29.44Cf	29.88Dd	29.79Dde	30.33Db	29.41Cf	30.14Cc	30.52Ca	29.37Df
DM	1/4乳线 1/4 milk line	32.34Cb	30.57Cg	30.76Cf	31.71Cc	31.60Bcd	30.19Ch	30.83Cf	30.69Bfg	30.17Ch	31.02Ce	31.05Ce	32.83Ba	30.18Ch	31.50Cd	31.48Cd
(%)	1/2乳线 1/2 milk line	35.68Aa	32.84Bd	33.60Bb	32.10Bf	30.04Cj	31.69Bg	33.17Bc	30.86Bi	32.41Be	31.33Bh	31.41Bh	33.48Ab	30.77Bi	31.95Bf	33.21Bc
	3/4乳线 3/4 milk line	33.33Bh	33.12Ai	34.49Ad	32.33Ah	34.26Ae	34.25Ae	34.98Ac	35.12Ac	33.84Ag	34.06Af	34.24Ae	33.33Ah	35.87Ab	33.20Ahi	36.51Aa
可溶性碳	灌浆期Filling stage	11.62Dg	13.69Dc	12.42De	13.66Dc	12.62Dd	15.69Da	13.52Dc	14.09Db	12.44De	10.77Di	11.26Dh	9.98Dj	12.05Df	12.68Dd	14.12Db
水化合物	1/4乳线 1/4 milk line	15.96Cd	14.69Cg	15.76Ce	14.67Cg	17.96Ca	16.69Cc	14.77Cg	16.69Cc	17.96Ca	15.42Cf	14.33Ch	13.56Ci	15.46Cf	16.93Cb	16.69Cc
WSC	1/2乳线 1/2 milk line	17.10Bg	15.25Bh	19.10Bb	15.35Bh	20.10Ba	17.25Bf	17.02Bg	17.25Bf	18.10Bd	17.25Bf	17.82Be	17.25Bf	18.52Bc	18.39Bc	17.25Bf
(%DM)	3/4乳线 3/4 milk line	19.67Ae	16.34Ah	20.67Aa	17.24Ag	20.67Aa	18.34Af	20.55Ab	20.34Ab	20.67Aa	19.34Aef	19.53Ae	20.44Ab	20.80Aa	20.04Ac	19.86Ad
中性洗涤	灌浆期Filling stage	44.09Ae	47.51Aa	46.12Bb	45.24Ad	43.44Af	43.26Ag	42.43Ah	42.28Ah	45.89Ac	42.00Ai	41.15Aj	44.23Ae	40.65Ak	46.12Ab	41.23Aj
纤维	1/4乳线 1/4 milk line	43.62Bd	45.97Bb	46.53Aa	40.56Bj	42.56Be	42.32Bf	41.00Bi	41.32Bh	45.10Bc	39.04Dm	41.10Ai	42.10Bg	39.89Bl	43.56Bd	40.21Bk
NDF	1/2乳线 1/2 milk line	39.29Ci	43.60Ca	42.42Cc	39.57Ch	39.31Ci	40.92Ce	39.79Cg	40.89Ce	42.83Cb	39.28Ci	40.15Bf	42.11Bd	39.42Chi	42.53Cc	39.89Cg
(%DM)	3/4乳线 3/4 milk line	35.29Dk	40.57Dc	38.27Di	39.43Df	38.45Dh	39.67De	38.94Dg	39.47Df	41.23Db	39.93Bd	35.50Cj	41.41Cab	38.11Di	41.55Da	39.96Cd
粗蛋白	灌浆期Filling stage	7.32Bab	7.00Dcd	7.00Dcd	7.32Cb	6.58Df	7.06Bcd	7.47Da	7.00Bcd	7.12Cbc	6.77De	6.42Cf	7.19Db	6.78Ce	6.89Dde	7.00Dcd
CP	1/4乳线 1/4 milk line	8.32Ba	7.48Cd	7.17Cf	7.72Bc	6.77Ch	7.43Ade	8.13Cb	7.03Bg	7.23Cef	7.23Cef	6.89Bh	7.37Cde	6.86BCh	7.03Cg	7.20Cef
(%DM)	1/2乳线 1/2 milk line	8.40Ba	8.37Ba	8.46Ba	7.82Ab	6.90Be	7.46Ac	8.22Ba	7.09Bd	7.77Bb	7.75Bb	7.01Ad	7.68Bb	6.90ABe	7.35Bc	7.60Bb
	3/4乳线 3/4 milk line	9.11Aa	8.89Abe	9.09Aab	7.89Af	7.20Ah	7.55Ag	8.48Ad	7.41Ag	8.92Abe	8.87Ac	7.10Ahi	8.50Ad	7.00Ai	8.30Ae	7.80Af
酸性洗涤	灌浆期Filling stage	31.03Ae	29.78Ai	30.83Af	30.10Ah	32.14Ac	34.31Ab	30.56Ag	31.30Ad	32.13Ac	30.44Ag	31.44Ad	30.84Af	34.15Ab	34.50Aa	31.43Ad
纤维	1/4乳线 1/4 milk line	30.95Bc	28.94Bh	28.76Bi	30.14Ae	30.14Be	32.13Bb	30.46Ad	30.23Be	30.45Bd	29.56Bf	30.14Be	29.14Bg	32.00Bb	32.89Ba	30.62Bd
ADF	1/2乳线 1/2 milk line	29.61Cde	28.53Cg	27.92Ch	29.65Bd	29.00Cf	30.12Cb	29.11Bf	29.61Cde	29.12Cf	28.00Ch	29.83Cc	28.62Cg	30.78Ca	30.14Cb	29.45Ce
(%DM)	3/4乳线 3/4 milk line	28.21Dc	27.58Dd	26.14Df	28.10Cc	28.15Dc	29.33Da	28.11Cc	28.45Db	27.13De	27.14De	28.43Db	28.45Db	29.40Da	29.32Da	28.46Db
淀粉	灌浆期Filling stage	18.53Df	19.82De	16.97Dj	22.91Db	21.40Dc	23.26Da	20.90Dd	20.91Dd	15.85Dk	15.12Di	20.02De	17.70Dh	17.21Di	16.99Dj	18.01Dg
Starch	1/4乳线 1/4 milk line	22.66Ch	24.10Ce	23.23Cf	25.76Cd	24.03Ce	26.93Ca	25.92Cc	26.30Cb	20.81Cj	21.94Cj	20.72Ck	23.07Cg	20.50Cl	19.91Cm	22.17Ci
(%DM)	1/2乳线 1/2 milk line	26.05Bh	27.17Bg	27.51Be	28.22Bd	27.32Bf	27.17Bg	30.16Bb	29.39Bc	27.68Be	25.92Bh	27.48Bf	30.87Ba	24.09Bk	25.01Bi	24.89Bj
	3/4乳线 3/4 milk line	31.21Ac	28.00Aj	30.12Ae	29.86Af	27.96Ak	31.66Ab	32.28Aa	31.73Ab	31.81Ab	31.13Ad	30.11Ae	31.25Ac	29.39Ag	28.99Ah	28.17Ai

续表 Continued Table

指标 Index	收获期 Harvest time	新饲玉 10 号 Xinsiyu No. 10	新饲玉 11 号 Xinsiyu No. 11	新饲玉 12 号 Xinsiyu No. 12	新饲玉 13 号 Xinsiyu No. 13	屯玉 80 Tuny 80	屯玉 168 Tuny 168	屯玉 765 Tuny 765	铁研 53 Tieyan 53	新沃 1 号 Xinwo No. 1	大丰 30 Dafeng 30	Q1901	Q1902	先玉 696 Xianyu 696	京科 968 Jingke 968	金玉 9 号 Jinyu No. 9
粗脂肪 EE	灌浆期 Filling stage	5. 27Ba	5. 11Db	4. 65Dde	5. 06Cb	4. 73Dcd	4. 44Df	4. 56De	4. 23Dg	4. 22Cg	4. 82Dc	3. 82Di	3. 49Dj	3. 19Dk	3. 44Dj	4. 12Dh
(%DM)	1/4 乳线 1/4 milk line	5. 32ABb	5. 44Ca	5. 00Cd	5. 24Bb	5. 12Cc	4. 86Ce	4. 86Ce	4. 75Cf	4. 68Bf	5. 01Cd	4. 12Ch	3. 86Cj	3. 88Cij	3. 97Ci	4. 56Cg
	1/2 乳线 1/2 milk line	5. 23Bd	5. 70Ba	5. 23Bd	5. 50Ab	5. 33Bc	5. 12Bef	5. 21Be	5. 13Bef	4. 99Ah	5. 34Ac	5. 03Bgh	4. 35Bj	4. 31Bj	4. 29Bj	4. 88Bi
	3/4 乳线 3/4 milk line	5. 38Ade	5. 82Aa	5. 51Ac	5. 47Acd	5. 63Ab	5. 29Ae	5. 53Ac	5. 63Ab	5. 03Ag	5. 18Bf	5. 24Aef	5. 01Ag	4. 85Ah	4. 76Ah	5. 26Aef
pH	灌浆期 Filling stage	4. 18Abc	4. 20Aabc	4. 16Abcd	4. 20Aabc	4. 17Abcd	4. 23Aab	4. 07Ae	4. 21Aabc	4. 12Acde	4. 15Acd	4. 07Ae	4. 18Abc	4. 11Ade	4. 26Aa	4. 05Ae
氨态氮/ 总氮 NH ₃ -N/ TN (%FM)	1/4 乳线 1/4 milk line	4. 05Bb	4. 00Bbc	4. 00Bbc	4. 03Bb	4. 01Bbc	4. 02Bbc	3. 78Bd	4. 04Bb	3. 88Cc	4. 06Bb	3. 95Bc	4. 01Bb	3. 69Ce	4. 21Aa	3. 88Bc
	1/2 乳线 1/2 milk line	4. 02Bab	4. 01Bab	4. 01Bab	4. 02Bab	3. 75Cd	3. 85Cc	3. 65Be	4. 06Ba	3. 89Cbc	4. 00Bab	3. 86Bc	3. 77Cd	4. 03Bab	4. 01Bab	4. 02Aab
	3/4 乳线 3/4 milk line	4. 00Bcde	3. 96Be	4. 04Bbcd	4. 08Bab	4. 02Bbcd	4. 12Aa	4. 03Abcd	4. 08Bab	4. 01Bcde	4. 10Aab	4. 00Acde	3. 97Bcde	4. 08Aab	3. 89Cf	4. 08Aab
乳酸 LA (%FM)	灌浆期 Filling stage	5. 02Cb	5. 06Bab	5. 01Cb	4. 91Cc	5. 02Cb	5. 03Cb	5. 07Bab	5. 00Cbc	4. 81Dd	5. 01Cb	5. 04Bb	5. 05Bb	5. 04Bb	5. 03Db	5. 15Ba
	1/4 乳线 1/4 milk line	5. 36Aab	5. 25Abc	5. 39Aa	4. 97BCf	5. 10Be	5. 11Be	5. 21Acd	5. 16Bde	5. 41Aa	5. 30Ab	5. 28Abc	5. 26Abc	5. 18Ade	5. 11Ce	5. 26Abc
	1/2 乳线 1/2 milk line	5. 10Be	5. 09Be	5. 08Cef	5. 01Bf	5. 01Cf	5. 21Acd	5. 25Abc	5. 52Aa	5. 15Bde	5. 16Bde	5. 11Bde	5. 31Ab	5. 00Bf	5. 30Bb	5. 26Abc
	3/4 乳线 3/4 milk line	5. 40Aa	4. 98Cd	5. 18Bbc	5. 11Ac	5. 21Ab	5. 00Cd	5. 01Bd	5. 03Cd	5. 01Cd	5. 04Cd	4. 94Cd	5. 08Bd	5. 02Bd	5. 45Aa	5. 16Bbc
乙酸 AA (%FM)	灌浆期 Filling stage	2. 36Aa	2. 36Aa	2. 39Aa	2. 21Bb	2. 02Dd	2. 33Bab	2. 11Bcd	2. 25Bb	2. 21Bb	2. 31Aab	2. 04BCd	2. 05Bd	2. 04Bd	2. 23Bb	2. 15Abc
	1/4 乳线 1/4 milk line	2. 12Bc	2. 25Bb	2. 01Cd	1. 97Cde	2. 10Ccd	2. 41Aa	2. 01Cd	2. 36Aa	1. 91Bde	2. 20Bb	2. 28Aab	2. 26Ab	1. 98Bde	2. 01Cd	2. 05Bd
	1/2 乳线 1/2 milk line	2. 10Bc	2. 09Cc	2. 08Cc	2. 01Ccd	2. 31Aa	2. 21Cb	2. 25Aa	2. 12Cc	2. 25Aa	1. 96Cd	2. 11Bc	2. 31Aa	2. 00Bcd	1. 99Ccd	1. 96Bd
	3/4 乳线 3/4 milk line	2. 10Bcd	1. 98De	2. 28Bb	2. 31Aab	2. 21Bb	2. 43Aa	2. 06BCD	2. 13Ccd	2. 01Bde	2. 04Cde	1. 94Ce	2. 08Bcd	2. 42Aa	2. 45Aa	2. 14Ac
丙酸 PA (%FM)	灌浆期 Filling stage	1. 01Aabc	1. 04Aabc	0. 93Bc	1. 03Aabc	0. 89Ac	1. 06Aab	1. 05Aab	1. 01Aabc	0. 99Abe	1. 00Aabc	0. 94Ac	1. 04Aabc	1. 10Aa	1. 04Aabc	0. 96Abe
	1/4 乳线 1/4 milk line	0. 94Ac	1. 00Aabc	1. 01Aabc	1. 09Aa	0. 96Abc	1. 05Aab	1. 02Aabc	1. 00Aabc	1. 02Aabc	0. 98Abe	0. 91Ac	0. 97Abe	0. 98Bbc	0. 93Bc	1. 06Aab
	1/2 乳线 1/2 milk line	0. 93Abc	0. 95Abc	0. 90Bbc	0. 97Bbc	0. 92Abc	1. 01Aab	0. 93Abc	0. 95Abc	1. 03Aab	0. 88Ac	0. 99Aab	0. 95Abc	1. 09Aa	1. 00Aab	1. 00Aab
	3/4 乳线 3/4 milk line	0. 89Bc	0. 96Abc	0. 84Bc	1. 08Aa	1. 00Aab	0. 97Abe	1. 05Aab	1. 04Aab	0. 91Abe	0. 89Abe	0. 90Abe	1. 02Aab	0. 99Bab	0. 99Aab	0. 92Ac

丁酸含量未检出 Butyric acid content was not detected.

表5 各青贮玉米不同收获期有机物消化率、代谢能和产气模型参数

Table 5 Estimation results of organic matter digestibility, metabolize energy and gas production model parameters at different harvest periods of silage maize

指标 Index	收获期 Harvest period	新饲玉10号 Xinsiyu No. 10	新饲玉11号 Xinsiyu No. 11	新饲玉12号 Xinsiyu No. 12	新饲玉13号 Xinsiyu No.	屯玉80 Tunyu 80	屯玉168 Tunyu 168	屯玉765 Tunyu 765	铁研53 Tieyan 53	新沃1号 Xinwo No. 1	大丰30 Dafeng 30	Q1901	Q1902	先玉696 Xianyu 696	京科968 Jingke 968	金玉9号 Jinyu No. 9
有机物 消化率	灌浆期 Filling stage	75.32Ae	75.77Ac	75.16Af	74.96Ag	75.77Ac	75.10Af	75.88Ab	74.76Ah	75.55Ad	76.04Aa	75.91Ab	75.56Ad	76.12Aa	75.56Ad	75.53Ad
	1/4乳线 1/4 milk line	74.06Bh	75.53Ba	74.58Bef	74.51Bf	75.32Bb	74.66Be	74.79Bd	74.51Bf	74.81Bd	75.34Bb	74.88Bd	74.42Bg	75.45Ba	75.04Bc	74.79Bd
OMD (%)	1/2乳线 1/2 milk line	73.78Cef	74.14Cd	73.17Cg	73.75Cf	74.30Cc	74.32Cc	74.44Cb	73.87Ce	74.35Chc	74.27Cc	74.48Cb	73.86Ce	74.27Cc	74.78Ca	73.86Ce
	3/4乳线 3/4 milk line	73.61De	74.00Db	73.00Di	73.24Dg	73.47Df	73.78Dd	73.83Dcd	73.23Dg	73.72Dd	73.99Db	73.83Dcd	73.11Dh	73.88Dc	74.10Da	73.66De
代谢能 ME (MJ·kg ⁻¹)	灌浆期 Filling stage	9.01Da	8.98Da	8.88Db	8.76Dc	8.63De	8.57De	8.66Dde	8.59De	8.24Df	8.77Dc	8.73Dcd	8.63De	8.93Dab	8.66Dde	8.77Dc
	1/4乳线 1/4 milk line	10.12Cb	9.86Cc	9.72Cd	9.34Cgh	9.14Cj	9.42Cig	9.21Ci	9.27Chi	9.44Cf	9.54Ce	10.31Ca	9.26Chi	9.24Ci	9.37Cfg	9.16Cij
	1/2乳线 1/2 milk line	10.53Bb	10.47Bb	10.25Bd	10.48Bb	10.35Bc	10.19Bde	10.38Bc	10.06Bf	10.18Bde	10.38Bc	10.64Ba	10.17Bde	10.24Bd	10.13Bef	10.24Bd
	3/4乳线 3/4 milk line	10.66Abc	10.86Aa	10.73Ab	10.68Abe	10.67Abe	10.68Abe	10.63Ac	10.59Ac	10.68Abe	10.73Ab	10.88Aa	10.46Ad	10.55Acd	10.55Acd	10.47Ad
理论最大产气 量 Theoretical maximum gas production (C ₁ , mL)	灌浆期 Filling stage	72.36Ade	72.23Af	71.55Ac	72.22Af	72.44Ad	72.87Aa	72.43Ad	72.75Ab	72.88Aa	72.61Ac	72.06Ag	72.29Ae	72.86Aa	72.33Ae	72.64Ac
	1/4乳线 1/4 milk line	71.44Bi	71.89Bfg	70.67Bj	71.94Bfg	72.25Bd	72.30Bc	71.88Bg	72.46Bb	72.49Bb	72.67Aa	71.89Bfg	71.98Bf	72.10Be	71.96Bfg	71.78Bh
	1/2乳线 1/2 milk line	70.55Cf	71.01Ce	70.37Cg	71.10Ce	71.89Ca	71.43Cc	70.56Cf	71.78Cb	71.11Ce	71.10Be	70.59Cf	71.45Cc	71.44Cc	71.21Cd	71.22Cd
	3/4乳线 3/4 milk line	70.43Def	70.75Dd	70.04Dg	70.39Df	71.35Da	70.99Db	70.02Dg	70.39Df	70.77Dcd	70.77Ccd	70.34Df	70.50De	70.90Dbe	70.86De	70.39Df
产气速率 Rate of gas pro- duction (C ₂ , mL·h ⁻¹)	灌浆期 Filling stage	2.84Aa	2.76Aab	2.48Ae	2.77Aa	2.83Aa	2.61Abcd	2.67Abc	2.60Acd	2.50Ade	2.56Ade	2.53Ade	2.67Abc	2.51Ade	2.63Acd	2.64Acd
	1/4乳线 1/4 milk line	2.53Bb	2.51Bbc	2.31Bf	2.66Ba	2.63Ba	2.48Bbcd	2.42Bcd	2.36Bef	2.37Bef	2.41Bde	2.41Bde	2.53Bb	2.37Bef	2.47Bbcd	2.47Bbcd
	1/2乳线 1/2 milk line	2.31Cabc	2.36Cabc	2.17Ce	2.37Cab	2.40Ca	2.33Cabc	2.29Cbc	2.20Cde	2.20Cde	2.27Ccd	2.28Cbcd	2.41Ca	2.26Cde	2.32Cabc	2.35Cabc
	3/4乳线 3/4 milk line	2.17Dabc	2.27Da	2.04Dd	2.21Dabc	2.20Dabc	2.11Dcd	2.15Dbcd	2.14Cbcd	2.21Cabc	2.16Dabc	2.19Dabc	2.27Da	2.15Dbcd	2.21Dabc	2.23Dab
滞留时间 Delayed time (C ₃ , h)	灌浆期 Filling stage	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	1/4乳线 1/4 milk line	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.17	0.18	0.19	0.17	0.17	0.18	0.16	0.17	0.17	0.17
	1/2乳线 1/2 milk line	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.19	0.17	0.17	0.19	0.18	0.17	0.17	0.19	0.19	0.19
	3/4乳线 3/4 milk line	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.16	0.17	0.18	0.16	0.19	0.16	0.19	0.16	0.16	0.16

注：产气模型参数中决定系数 R^2 均大于 0.98。Note: The coefficients of determination R^2 in the gas production model parameters were all greater than 0.98.

的时间也各不相同。本研究中,引进的中晚熟品种在当地生育期较其他地域提前 3~8 d^[21-24],这可能与当地的气候环境和品种的适应性有关,第三师地处干旱荒漠地区,属于灌溉农业,且当地日照时间长,降水量少,一年最高气温(平均气温 31 ℃)在 7—8 月,当地 7 月青贮玉米恰好进入灌浆期,此阶段青贮玉米正经历营养物质积累高峰期,同时结合膜下滴灌技术,能保证青贮玉米对水分的需求,因此,致使青贮玉米生育进程加快。这也说明不同地区气候环境对青贮玉米的生长有明显的影响,需要根据当地气候选择合适的青贮玉米品种才能表现出应有的优良性状并且获得优质的青贮玉米品种。

青贮玉米农艺性状是其品种特性的直接表现,能直观地反映出生物产量情况。本研究中,随生育期推进各青贮玉米生物产量、全株鲜重和茎秆鲜重不断增加,这主要与株高和果穗鲜重增加有关。灌浆期至 3/4 乳线期,株高平均增加 6%,果穗鲜重平均增加 17%,株高和果穗鲜重的增加使全株和茎秆鲜重增加,因此使生物产量增加。同时,本研究也得出不同生育期青贮玉米各农艺指标增加量也不同,具体表现为生物产量、果穗、籽粒鲜重随生育期延迟其增加量不断升高,株高和穗位随生育期延迟其增加量不断降低。其主要原因是不同生育期经历的时间不一致,在不同时间段叶片的内在控制对青贮玉米生长存在影响,直接影响光合产物的积累^[25]。此外,本研究各青贮玉米农艺性状同以往不同地区研究结果存在差异,本研究中,各青贮玉米株高较其他地区低,山西晋北和晋中地区种植的大丰 30 和京科 968 株高分别较本研究高 13% 和 7% 左右^[23-24],青岛地区种植的新饲玉 12 和 13 号株高分别较本研究高 20% 和 5% 左右^[26],西宁地区种植的铁研 53 株高较本研究高 20% 左右^[27],这可能与当地温带极干旱荒漠气候有关,而且南疆地区早晚温差较大,降水量小,可能导致玉

表 6 各青贮玉米与参考品种相似程度及综合价值排序

Table 6 Similarity degree and comprehensive value ranking of silage maize and reference varieties															
指标 Index	新饲玉10号 Xinsiyu No. 10	新饲玉11号 Xinsiyu No. 11	新饲玉12号 Xinsiyu No. 12	新饲玉13号 Xinsiyu No. 13	屯玉80 Tunyu 80	屯玉168 Tunyu 168	屯玉765 Tunyu 765	铁研53 Tieyan 53	新沃1号 Xinwo No. 1	大丰30 Dafeng 30	Q1901	Q1902	先玉696 Xianyu 696	京科968 Jingke 968	金玉9号 Jinyu No. 9
鲜草产量 Fresh grass yield	14	2	15	11	12	13	7	9	1	6	10	4	8	3	5
干物质 DM	11	13	5	14	6	7	4	3	10	9	8	11	2	12	1
粗蛋白 CP	1	4	2	9	13	11	7	12	3	5	14	6	15	8	10
中性洗涤纤维 NDF	1	13	6	7	3	8	4	5	12	9	2	10	11	14	12
酸性洗涤纤维 ADF	8	4	1	5	7	13	6	10	2	3	9	10	14	12	11
可溶性碳水化合物 WSC	8	12	2	11	2	12	3	5	2	10	9	4	1	6	7
淀粉 Starch	6	14	8	10	15	4	1	3	2	7	9	5	11	12	13
pH	4	2	8	9	6	12	7	9	5	11	4	3	10	1	4
乳酸 LA	2	13	4	6	3	12	11	9	11	8	14	7	10	1	5
乙酸 AA	7	2	11	12	10	14	5	8	3	4	1	6	13	15	9
氨态氮/总氮 NH ₃ -N/TN	3	1	7	4	10	14	2	12	11	13	6	9	15	5	8
丙酸 PA	12	8	13	1	5	7	2	3	10	12	11	4	6	6	9
有机物消化率 OMD	9	2	14	11	10	6	5	12	7	3	5	13	4	1	8
代谢能 ME	6	2	3	4	5	4	7	8	4	3	1	11	9	9	10
平均 Mean	9.18	7.71	8.73	10.37	9.74	9.74	5.47	7.91	5.20	6.93	8.26	8.59	9.09	8.93	8.65
排序 Rank	12	4	9	15	13	13	2	5	1	3	6	7	11	10	8

米生殖生长提前,营养物质主要向籽粒转化和沉积^[28]。

3.2 不同生育期各青贮玉米营养成分及发酵品质变化规律

玉米生长成熟是营养物质不断积累与转化的过程,植株各部分变化都会影响其营养成分^[29]。本研究DM含量变化规律与以往研究结果一致,表明随收获期的延迟,DM含量不断递增^[30-31]。CP是评价青贮玉米品质的主要指标之一,以往研究表明,CP含量随生育期(蜡熟期至完熟期)延迟不断递减^[31-32],本研究CP含量随生育期推进不断增加,这可能与所选生育阶段有关,本研究选择灌浆期至蜡熟期(3/4乳线),此阶段青贮玉米进入灌浆期正值营养物质积累高峰期,因此并未出现降低现象。饲草NDF和ADF含量越低,其品质和饲喂效果越好^[33]。以往学者研究表明,青贮玉米乳熟期至蜡熟期NDF和ADF含量呈递减趋势^[30,34],本研究也得出相似规律。这可能与NDF和ADF主要存在于玉米秸秆中有关,玉米进入灌浆期后大量营养物质向籽粒转化沉积,同时淀粉含量迅速在籽粒中积累,因此,导致NDF和ADF占DM的比例下降^[35]。另一方面,这也可能与各营养成分的沉积速率有关,粮饲兼用型青贮玉米从乳熟期至蜡熟期,CP和淀粉的沉积速率快于NDF与ADF,而蜡熟期之后营养物质沉积速率相反^[30]。对于WSC和淀粉而言,随收获期延迟两者都呈现递增的趋势,这与前人研究结果基本一致^[31],但也有学者^[32,36-37]研究表明,完熟期青贮玉米的淀粉含量较蜡熟期显著下降。这主要是本研究以乳线位置作为收获标准,在最后收获期,即3/4乳线期,青贮玉米并未达到完熟期,此时玉米正处于蜡熟期向成熟期的过渡阶段,光合作用依然在进行,WSC含量在不断积累,因此并未出现下降的趋势。

青贮饲料品质的优劣,直接影响饲喂效果,合理控制青贮发酵体系缓冲能和含水量,能有效提高发酵品质,一般认为青贮原料含水量在65%左右为宜^[38]。本研究中,pH值随收获期延迟先降低后升高,LA含量先升高后降低,这可能与收获期有关,本研究最早收获期为灌浆期,此时,青贮玉米原料含水量超过70%,DM含量偏低且WSC含量较少,WSC是乳酸菌等发酵的基础,水分过高导致底物浓度偏低,影响乳酸菌的生长繁殖,产酸能力下降,LA含量较低,导致pH值较其他收获期高;此外,以往研究表明,全株玉米在整个生长期缓冲容量呈现下降趋势^[29],因此,灌浆期青贮玉米缓冲能较高,也可能是导致pH值较高的主要原因。后期LA含量降低,可能是因为青贮玉米后期乳酸菌异型发酵比例有所增加导致发酵体系AA含量升高,因此,LA含量出现降低现象。本研究中,NH₃-N/TN随收获期延迟不断递减,这与以往研究结果相似^[26],同时也与前人研究规律相符合,即降低发酵体系水分含量,能有效抑制蛋白分解。

体外产气试验可有效反映底物WSC组分被瘤胃微生物利用的程度,饲料中可发酵有机物含量越多,瘤胃的产气量越高^[39]。体外瘤胃液中微生物主要对青贮发酵饲料中WSC和CP含碳部分进行分解利用并产生CO₂等气体,其培养过程中产生的气体主要来源于体外产气量,因此,体外产气量可反映青贮发酵饲料在瘤胃内可发酵程度和降解率^[40]。本研究中,随生育期推进,理论最大产气量、产气速率和OMD不断减小,ME不断增加,这主要与青贮玉米WSC和CP的结构有关,青贮玉米进入灌浆期后WSC和淀粉开始迅速沉积,初期WSC和CP结构相对单一,随生育期推进其结构不断复杂化,因此,体外瘤胃液中微生物可利用的WSC和CP含碳部分减少。另一方面,可能也与青贮玉米木质化程度有关,越到生育期后期青贮玉米木质化程度越高。因此,随生育期推进,产气量、产气速率和OMD不断减小,这也说明合适的收获期在青贮玉米生产过程中起决定性作用。

4 结论

综上所述,各青贮玉米在3/4乳线期收获能获得高产优质的青贮饲草,综合评价新沃1号、屯玉765和大丰30综合价值较优,适宜在新疆生产建设兵团第三师地区及相似生态区域推广种植。

参考文献 References:

- [1] Akins M S, Shaver R D. Influence of corn silage hybrid type on lactation performance by Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(12): 7811—7820.
- [2] Yu Z, Sun Q Z. Forage silage technology. Beijing: China Agricultural University Press, 2011.
玉柱, 孙启忠. 饲草青贮技术. 北京: 中国农业大学出版社, 2011.

- [3] Liu Q, Sun Q Z, Xu L J, *et al.* Comparison on production and quality of 6 silage maize cultivars. *China Dairy Cattle*, 2019(2): 50—53.
柳茜, 孙启忠, 徐丽君, 等. 6个青贮玉米品种的产量和品质比较. *中国奶牛*, 2019(2): 50—53.
- [4] Shi Q P, Xu Z H, Zhang J G. Comparison of ten corn varieties as silage material in Guangzhou. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(3): 175—182.
施清平, 徐赵红, 张建国. 十个玉米品种在广州种植和青贮的潜力研究. *草业学报*, 2017, 26(3): 175—182.
- [5] Liu X, Wang B, Zhu X Y, *et al.* A comparison of 21 varieties of silage maize in Henan Province. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, 28(8): 49—60.
刘晓, 王博, 朱晓艳, 等. 21个粮饲兼用型青贮玉米在河南的品种比较试验. *草业学报*, 2019, 28(8): 49—60.
- [6] Li D F, Jiang Y B, Fu N, *et al.* Comparison of silage yield and quality among corn varieties. *Acta Agrestia Sinica*, 2013, 21(3): 612—617.
李德锋, 姜义宝, 付楠, 等. 青贮玉米品种比较试验. *草地学报*, 2013, 21(3): 612—617.
- [7] Wang W X, Yang P Z, Hu T M. Study on production characteristics and nutritional quality of different silage maize in Guanzhong region. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2019, 38(2): 16—19.
王薇星, 杨培志, 呼天明. 关中地区不同品种青贮玉米生产特性与营养品质的研究. *畜牧兽医杂志*, 2019, 38(2): 16—19.
- [8] Zhuang K Z, Wu R H, Xu L H, *et al.* Cluster analysis for the silage maize in Lu'nan region. *Seed*, 2019, 38(1): 124—126.
庄克章, 吴荣华, 徐立华, 等. 鲁南地区青贮玉米品种的聚类分析. *种子*, 2019, 38(1): 124—126.
- [9] Lou F, Pei C J, Li X D, *et al.* Selection of suitable silage maize varieties in the Bijie region based on yield, agronomic and nutritional evaluation. *Acta Prataculturae Sinica*, 2020, 29(6): 214—224.
娄芬, 裴成江, 李小冬, 等. 毕节地区适宜青贮玉米品种(系)筛选及营养价值评价. *草业学报*, 2020, 29(6): 214—224.
- [10] Lin Y F, Zhu H F, Wang L H, *et al.* Yield and nutritional value of silage maize varieties in Ningxia Yellow River irrigation area. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, 28(8): 40—48.
林语梵, 朱鸿福, 王丽慧, 等. 宁夏黄灌区专用青贮玉米品种生产性能和营养价值研究. *草业学报*, 2019, 28(8): 40—48.
- [11] Zhao X W. Whole plant corn silage technology research Zhaosu region. Shihezi: Shihezi University, 2014.
赵新伟. 新疆昭苏地区全株玉米青贮应用研究. 石河子: 石河子大学, 2014.
- [12] Liu M F, Wang D, Xi L Q, *et al.* Comparison between yields and nutritive quality of silage corn in different regions of southern Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2013, 50(8): 7—14.
刘美华, 王栋, 席琳乔, 等. 南疆不同地区青贮玉米产量和品质的品比研究. *新疆农业科学*, 2013, 50(8): 7—14.
- [13] The State Bureau of Technical Supervision. Determination of conventional nutritional components in compound feed of laboratory animals, GB/T 14924. 9. Beijing: China Standards Press, 2001.
国家技术监督局. 实验动物配合饲料常规营养成分的测定, GB/T 14924. 9. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [14] Xu Q F, Zhou H, Yu Z, *et al.* The effect of different storage time and dilution previous fermented juice on bagged alfalfa silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2006, 14(2): 129—133.
许庆方, 周禾, 玉柱, 等. 贮藏期和添加绿汁发酵液对袋装苜蓿青贮的影响. *草地学报*, 2006, 14(2): 129—133.
- [15] Zhang X Q, Jin Y M, Li F D, *et al.* Effect of corn flour on the quality of *Urtica cannabina* silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(1): 190—195.
张晓庆, 金艳梅, 李发弟, 等. 麻叶荨麻与玉米粉混贮对青贮品质的影响. *草业学报*, 2015, 24(1): 190—195.
- [16] Lu D X, Xie C W. Research methods and techniques of modern ruminant nutrition. Beijing: Agriculture Press, 1991.
卢德勋, 谢崇文. 现代反刍动物营养研究方法和技术. 北京: 农业出版社, 1991.
- [17] Menke K H, Raab L, Salewski A, *et al.* The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science*, 1979, 93(1): 217—222.
- [18] Hungate R E. The rumen and its microbes. London: Academic Press, 1996.
- [19] Schofield P, Pitt R E, Pell A N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *Journal of Animal Science*, 1994, 72(11): 2980—2991.
- [20] Zhang F F, Yu L, Zhang Q B, *et al.* Comprehensive assessment of the main legume forages' nutritional value of natural mowing steppe in Shaertao Mountain. *Xinjiang Agricultural Science*, 2014, 51(10): 1907—1915.
张凡凡, 于磊, 张前兵, 等. 沙尔套山天然割草场主要豆科牧草营养价值综合评价研究. *新疆农业科学*, 2014, 51(10): 1907—1915.

- [21] Sun Z Q, Xu F, Zhang Y Q, *et al.* Comparison and correlation of agronomic characteristics and fermentation quality of different types of hybrid corn. *Acta Agrestia Sinica*, 2019, 27(1): 250–256.
孙志强, 徐芳, 张元庆, 等. 不同品种玉米农艺性状及青贮发酵品质的比较及相关性研究. *草地学报*, 2019, 27(1): 250–256.
- [22] Guo Q R, Wang M F, Guo F Q, *et al.* Comprehensive evaluation of grain and forage maize varieties in high latitude and cold area of Shanxi Province. *Corps*, 2019(4): 61–68.
郭庆瑞, 王梦飞, 郭凤琴, 等. 山西高寒冷凉区粮饲兼用型玉米品种的综合评价. *作物杂志*, 2019(4): 61–68.
- [23] Liu J N, Shi Y H, Wu X M, *et al.* Comprehensive evaluation and analysis of the performance and nutritional value of 15 silage maize varieties in Jinzhong basin. *Acta Agrestia Sinica*, 2020, 28(4): 1043–1049.
刘建宁, 石永红, 吴欣明, 等. 晋中盆地 15 个青贮玉米品种生产性能及营养价值评价. *草地学报*, 2020, 28(4): 1043–1049.
- [24] Li H, Wang R J, Wang Y C, *et al.* Adaptability evaluation of maize varieties in northern Shanxi. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(20): 15–20.
李洪, 王瑞军, 王彧超, 等. 不同玉米品种在晋北地区的适应性评价. *中国农学通报*, 2018, 34(20): 15–20.
- [25] Li R F, Liu P, Yang Q L, *et al.* Effects of lower leaf senescence on carbon and nitrogen distribution and yield formation in maize (*Zea mays* L.) with high planting density. *Acta Agronomica Sinica*, 2018, 44(7): 1032–1042.
李荣发, 刘鹏, 杨清龙, 等. 玉米密植群体下部叶片衰老对植株碳氮分配与产量形成的影响. *作物学报*, 2018, 44(7): 1032–1042.
- [26] Wang Q Q, Ge Z P, Pei Y H, *et al.* Comparison of agronomic traits and quality of 38 silage maize varieties. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 33(3): 33–39.
王茜茜, 葛兆鹏, 裴玉贺, 等. 38 个青贮玉米品种的农艺性状及品质比较. *西南农业学报*, 2020, 33(3): 33–39.
- [27] Wang Y C, Lu G X, Deng H, *et al.* Evaluation and screening of agricultural characters of silage maize varieties based on principal component analysis. *Acta Agrestia Sinica*, 2019, 27(6): 1725–1732.
王英成, 芦光新, 邓晖, 等. 基于主成分分析的青贮玉米品种农艺性状评价及筛选研究. *草地学报*, 2019, 27(6): 1725–1732.
- [28] Willson A M, Thompson K. A comparative study of reproductive allocation in British grasses. *Functional Ecology*, 1989, 3(3): 297–302.
- [29] Wang Y. The regulation of nutritional value on different breeds of corn-corn stalk and corn silage. Beijing: China Agricultural University, 2005.
王洋. 不同品种玉米植株在成熟过程中营养价值变化规律及青贮利用价值的研究. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [30] Jiang F G, Cheng H J, Liu D, *et al.* Effects of different harvest stages on nutritional value, fermentation quality and rumen degradability of whole corn silage. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(6): 2807–2815.
姜富贵, 成海建, 刘栋, 等. 不同收获期对全株玉米青贮营养价值、发酵品质和瘤胃降解率的影响. *动物营养学报*, 2019, 31(6): 2807–2815.
- [31] Wang Y T, Yang Z M, Liu J C, *et al.* Effect of cultivars and harvest stages on the maize yield and silage quality. *Acta Agrestia Sinica*, 2018, 26(1): 264–266.
王运涛, 杨志敏, 刘建成, 等. 品种和收获期对全株玉米生物产量和青贮品质的影响. *草地学报*, 2018, 26(1): 264–266.
- [32] Zhu H S, Zou X P, Yu Z, *et al.* Response of productive qualities of corn silage to harvest time and exploration of harvest index of corn silage. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2015, 46(8): 1375–1382.
朱慧森, 邹新平, 玉柱, 等. 青贮玉米生产性能对收获期的响应及收获指数的探讨. *畜牧兽医学报*, 2015, 46(8): 1375–1382.
- [33] Zhang Q P, Tian L H, Jiang H L, *et al.* Comprehensive evaluation of production performance of annual forage crops in Longdong Loess Plateau. *Chinese Journal of Grassland*, 2014, 36(2): 25–28.
张清平, 田莉华, 蒋海亮, 等. 甘肃陇东黄土高原一年生饲草生产性能综合评价研究. *中国草地学报*, 2014, 36(2): 25–28.
- [34] Zhang R X, Liu J H, Niu M, *et al.* Accumulation and distribution of nutrients of silage maize in different harvest periods. *Journal of Maize Sciences*, 2006(6): 108–112, 116.
张瑞霞, 刘景辉, 牛敏, 等. 不同收获期青贮玉米品种营养成分的积累与分配. *玉米科学*, 2006(6): 108–112, 116.
- [35] Ferretto L F, Sshaver R D, Luck B D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated

- corn silage harvesting. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(5): 3937—3951.
- [36] He L W. Quality evaluation of corn silage and its effect on the growth performance and beef quality of finishing cattle. Beijing: China Agricultural University, 2017.
和立文. 全株玉米青贮品质评价及其对肉牛育肥性能和牛肉品质的影响. 北京: 中国农业大学, 2017.
- [37] Johnson L M, Harrison J H, Davidsson D, *et al.* Corn silage management: Effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(2): 434—444.
- [38] Liu Q H, Zhang J G, Lu X L. The effects of lactic acid bacteria inoculation on the fermentation quality and aerobic stability of king grass silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(4): 131—137.
刘秦华, 张建国, 卢小良. 乳酸菌添加剂对王草青贮发酵品质及有氧稳定性的影响. 草业学报, 2009, 18(4): 131—137.
- [39] Cook D E, Com B S D K, Doane P H, *et al.* The effects on digestibility and ruminal measures of chemically treated corn stover as a partial replacement for grain in dairy diets. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(8): 6342—6351.
- [40] Getachew G, Crovetto G M, Fondevila M, *et al.* Laboratory variation of 24 h *in vitro* gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 2002, 102(14): 169—180.