



三江源区燕麦种植模式和收获期对青贮品质的影响

赵继丽¹, 李长慧¹, 徐世晓², 胡林勇², 年 勇³, 陈伟元³

(1.青海大学 农牧学院, 西宁 810016; 2.中国科学院 西北高原生物研究所, 西宁 810008; 3.青海大学 畜牧兽医科学院, 西宁 810016)

摘 要 旨在探讨三江源试验区燕麦种植模式和收获期对青贮品质的影响,为三江源试验区青贮方法的精准化提供理论依据。在拔节期、开花期、乳熟期和蜡熟期分别对‘加燕2号’(*Avena sativa* L.cv.‘Jiayan No.2’) + ‘西牧333A’(*Vicia sativa* L.cv.‘Ximu333A’)、‘加燕2号’ + ‘西牧333A’ + ‘黑饲麦1号’(*Secale cereal* L.cv.‘Heisicao No.1’)和‘加燕2号’3种植模式下的饲草青贮,60 d后对8个青贮品质指标测定分析。结果表明:不同收获期对饲草的青贮品质影响显著,随收获期推迟,干物质质量分数增加,粗蛋白(CP)质量分数逐渐下降,酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)及碳水化合物质量分数先增加后降低;开花期 pH 和氨态氮/总氮比值显著低于其他收获期;与燕麦单播相比,2种混播青贮显著改善饲草发酵品质,其中燕麦+箭筈豌豆+黑麦青贮品质最佳,CP质量分数显著提高,ADF和NDF的质量分数显著降低;燕麦+箭筈豌豆+黑麦在开花期收获青贮品质最优,CP为35.1%DM,pH为4.09,氨态氮/总氮为6.5%TN,ADF为29.9%DM,NDF为46.8%DM;与对照相比,不同收获期3种燕麦种植模式青贮饲草部分营养成分均提高,CP质量分数增加,ADF和NDF质量分数显著降低。

关键词 三江源试验区;收获期;种植模式;青贮品质;燕麦

中图分类号 S812.8

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2019)05-0703-10

三江源位于青藏高原腹地的长江、黄河、澜沧江源区,是中国高原生态的安全屏障^[1]。草地类型以高寒草原为主,草地畜牧业是当地的经济支柱产业^[2]。近年来,三江源地区由于自然条件和人为因素的影响,导致草原生态环境恶化,草场退化,草畜矛盾已然成为制约当地畜牧业可持续发展的关键因素^[3-4]。在水热条件相对较好的地区建立人工饲草基地,进行加工与贮藏,保证全年优质饲草的均衡供应,是缓解放牧草地压力最有效的办法之一^[5-6]。由于‘加燕2号’(*Avena sativa* L.cv.)、‘黑饲麦1号’(*Secale cereal* L.cv.)和‘西牧333A’(*Vicia sativa* L.cv.)3种牧草饲料作物营养丰富,耐旱耐寒,成为牧区首选的优质饲草,三者混播是三江源试验区比较常见的种植模式^[7-8]。

青贮是当前应用较为广泛的饲草加工与贮藏的方法^[9]。将人工饲草在最适收获期刈割,通过

青贮的方式加工调制,达到长期保存饲草营养的目的,可满足家畜全年对优质饲草的需求。收获期不同的青贮燕麦品质差异很大,且不同原料混合青贮能创造不同发酵条件,因此,确定最适收获期和种植模式是青贮技术精准改良的关键之一^[10-12]。国内外不少学者对燕麦及其混播种植模式的最适收获期做了大量研究^[13-15]。1991年杨发林等^[16]提出燕麦与箭筈豌豆混播在抽穗期和开花期收获,光能转化率高。而2001年马春晖等^[17]则认为燕麦单播及其与箭筈豌豆混播的最佳刈割期应为燕麦在乳熟末期至蜡熟早期,碗豆在下部豆荚全充满时期。杨云贵等^[18]认为燕麦最适收获期为抽穗、灌浆、乳熟这3个时期。国外学者Keles等^[19]2014年研究发现燕麦青贮质量在孕穗期和乳熟期差异不大,同年Zamarchi等^[20]提出燕麦在盛花期刈割青贮pH低,但营养价值不如初花期。2015年Paris等^[21]认为初花

收稿日期:2018-10-19 修回日期:2019-01-03

基金项目:青海省科技厅重大科技支撑项目(2015-SF-A4-2)。

第一作者:赵继丽,女,硕士研究生,研究方向为饲草资源开发与利用。E-mail:1318217210@qq.com

通信作者:李长慧,男,教授,研究方向为饲草资源开发与利用。E-mail:746886595@qq.com

期收获燕麦,青贮品质好。

针对燕麦种植模式的研究,国内外多集中于燕麦与箭筈豌豆。据泽亮等^[22]研究发现燕麦与箭筈豌豆混贮效果优于单播燕麦。曾植虎^[23]研究认为燕麦与箭筈豌豆混贮可提高粗蛋白质量分数。2015年Chen等^[24]还提出燕麦和箭筈豌豆混贮可提高有氧稳定性。Jahangiri等^[25]研究提出燕麦与箭筈豌豆混贮比例以60:40为宜。到目前为止,针对燕麦不同种植模式及最适收获期的确定,国内外专家学者还未得出相对统一的结论。如果饲草不能在最适收获期青贮,势必会造成饲草产量偏低或者营养价值偏低,无法获得质量兼优的青贮饲料。

迄今为止,关于燕麦青贮的报道多集中于燕麦单独青贮、燕麦与豆科牧草混播后青贮的研究,而燕麦+箭筈豌豆+黑麦混播后青贮的研究未见报道。本研究在三江源试验区水热条件相对较好的贵南县开展,探究不同收获期的燕麦+箭筈豌豆、燕麦+箭筈豌豆+黑麦及燕麦单播3种植模式对饲草青贮品质的影响,筛选出三江源试验区青贮品质最佳的种植模式和收获期,为贵南地区乃至三江源试验区青贮生产技术的精准化提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验样地位于青海省海南藏族自治州贵南县森多乡(隶属三江源试验区),35°30'N,100°58.11'E,地处青海湖南侧的黄河山谷地带,平均海拔3100m,年平均气温2.1℃,年平均日照时间2727h,无霜期一般为37~86d,牧草生长期为100~180d。年降水量为350.9~484.6mm,属于高原大陆性气候,天然草地类型以高寒草原为主^[26]。土壤类型为栗钙土和淡栗钙土。

1.2 试验设计

青贮原料为不同种植模式下、不同收获期的燕麦以及燕麦混播饲草。3种植模式为:燕麦(‘加燕2号’)+箭筈豌豆(‘西牧333A’)(以下简称Y+J,播量为3:1)、燕麦+箭筈豌豆+黑麦(‘黑饲草1号’)(以下简称Y+J+H,播量为2:1:2)和燕麦单播(以下简称Y);4个收获期为:拔节期(燕麦拔节期,箭筈豌豆分枝期,黑麦拔节期)、开花期(燕麦开花期,箭筈豌豆现蕾期,黑麦开花初期)、乳熟期(燕麦乳熟期,箭筈豌豆开花

末期,黑麦乳熟期)和蜡熟期(燕麦蜡熟期,箭筈豌豆结荚期,黑麦蜡熟期)。

1.3 青贮方法

材料采集:分别在拔节期(2017-08-14)、开花期(2016-08-14)、乳熟期(2016-08-26)和蜡熟期(2016-09-04)采集原料。随机选取各处理中的1m²样地,齐地面刈割饲草,每个处理取3个样地,分装后带回实验室,备用。

青贮:将不同收获期所采集的3种饲料牧草分别切短(1.5~2cm)混匀,控制样品含水量为65%~75%,各取200g样品于真空压缩袋中,加入0.8mL台湾亚芯乳酸菌秸秆青贮剂(5g/L)真空密封青贮,室温下保存60d。为了便于青贮料和原料营养成分的比较,将采回的3种材料另取1kg于阴凉处晾干,作为相应的对照(CK)。

1.4 测定指标及方法

干物质(Dry matter, DM)质量分数采用烘干法^[27]测定;粗蛋白(Crude protein, CP)质量分数用BÜCHI K-350全自动定氮仪测定^[28];中性洗涤纤维(Neutral detergent fiber, NDF)和酸性洗涤纤维(Acid detergent fiber, ADF)质量分数用VELP-FIWE6纤维分析仪测定^[29];可溶性糖(Water soluble carbohydrates, WSC)和淀粉(Starch)质量分数采用硫酸-苯酚比色法测定^[30];pH用酸度计测定^[31];氨态氮(Ammonia nitrogen, AN)质量分数测定采用苯酚一次氯酸钠比色法^[32];总氮质量分数(Total nitrogen, TN)采用凯氏定氮法测定^[33]。

1.5 数据处理

采用Excel 2017对数据进行初步整理,用SPSS 17.0软件进行LSD方差分析。

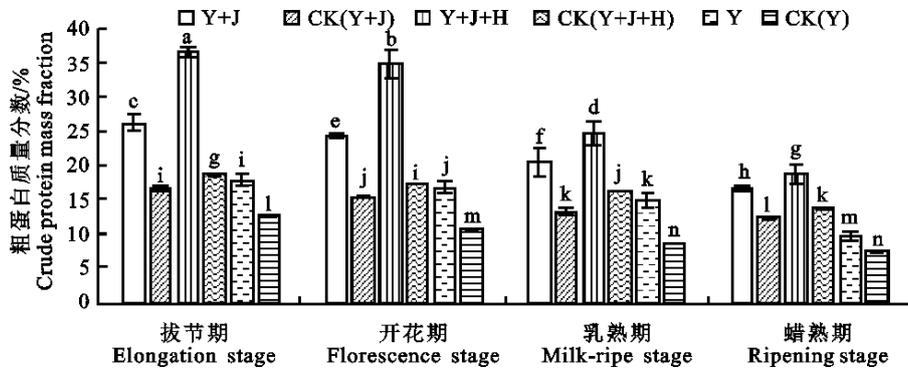
2 结果与分析

2.1 收获期与种植模式对青贮料CP质量分数的影响

由图1可以看出,青贮可显著提高饲草的CP质量分数($P < 0.05$),随着收获时期的推迟,CK和青贮饲料的CP质量分数总体呈逐渐下降的趋势,其中拔节期CP质量分数最高,蜡熟期最低。3种燕麦种植模式中,Y+J和Y+J+H种植模式CP质量分数较Y种植模式显著增加($P < 0.05$),其中,Y+J+H种植模式CP质量分数最高。拔节期Y+J+H种植模式CP质量分数可达36.7%DM,开花期为35.1%DM,同时期

Y 种植模式 CP 质量分数分别为 17.9%DM 和 16.8% DM。综合分析不同收获时期与不同种植模式交互下,拔节期 Y+J+H 种植模式青贮 CP

质量分数显著高于其他收获期 Y+J 和 Y 种植模式($P<0.05$)。



不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同 Different lowercase letters indicate sufficient difference($P<0.05$). The same below
图 1 不同种植模式下不同收获期青贮料粗蛋白的测定结果

Fig.1 Determination of crude protein in silage at different harvesting stages under different planting patterns

2.2 收获期与种植模式对青贮料 DM 质量分数的影响

由图 2 可知,3 种植模式 CK 和青贮料的干物质质量分数随收获期推迟均呈逐渐上升的趋势,拔节期最低,蜡熟期最高。4 个收获时期中,拔节期和开花期青贮料的干物质质量分数显著高于 CK($P<0.05$),乳熟期和蜡熟期显著低于 CK($P<0.05$),造成该现象的原因可能是青贮料在密封包裹之前通过杀青晾晒使其水分控制在 65%~75%FW,因而导致生长前期青贮料 DM

高于 CK。3 种植模式中,不论是 CK 或是青贮料,Y+J+H 种植模式的干物质质量分数均高于其他两种种植模式($P<0.05$)。蜡熟期 Y+J 与 Y+J+H 种植模式 CK 干物质质量分数无显著差异($P>0.05$)。3 种燕麦种植模式随收获期推迟青贮料 DM 质量分数逐渐增加,在蜡熟期达最大值,依次为 Y+J+H>Y+J>Y。综合收获期与燕麦种植模式交互对青贮料 DM 质量分数的影响,发现蜡熟期 Y+J+H 青贮料 DM 质量分数最高。

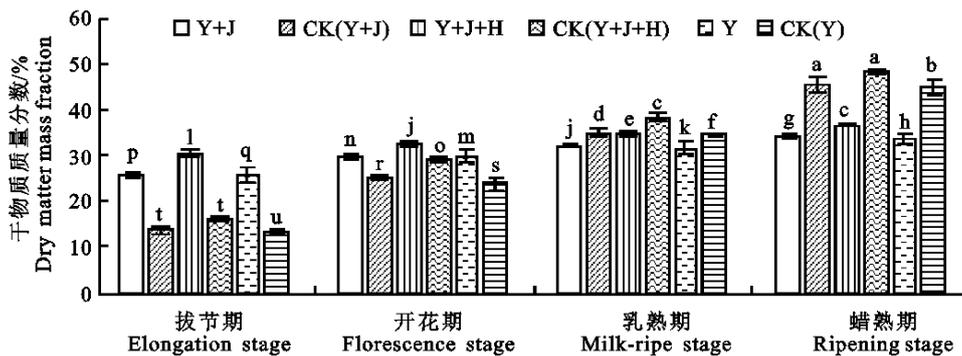


图 2 不同种植模式下不同收获期青贮料干物质测定结果

Fig.2 Determination of dry matter of silage in different harvesting stages under different planting patterns

2.3 收获期与种植模式对青贮料 ADF 质量分数的影响

由图 3 可知,随着收获期推迟,不同燕麦种植模式 CK 和青贮料的 ADF 质量分数总体呈先上升后下降的趋势,拔节期最低,乳熟期最高。不同收获期青贮料显著低于 CK($P<0.05$)。4 个收获期中,拔节期 ADF 质量分数显著低于其他收获

时期,乳熟期最高($P<0.05$)。同一收获期 CK 和青贮料的 Y+J+H 种植模式 ADF 质量分数显著低于 Y 种植模式($P<0.05$)。3 种燕麦种植模式中 Y+J+H 种植模式各收获期 ADF 质量分数最低,Y 种植模式在各收获期 ADF 质量分数最高。收获期与燕麦种植模式交互下,拔节期 Y+J+H 种植模式 ADF 质量分数最低。

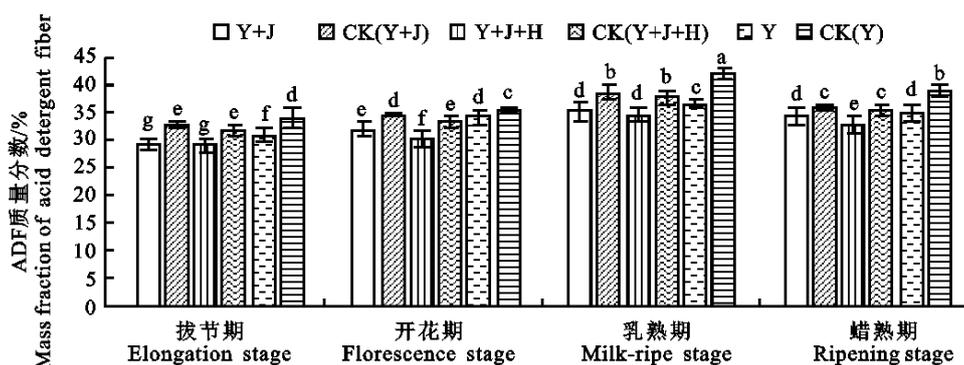


图3 不同种植模式下不同收获期青贮料酸性洗涤纤维测定结果

Fig.3 Determination of acid detergent fiber in silage at different harvesting stages under different planting patterns

2.4 收获期与种植模式对青贮料 NDF 质量分数的影响

由图 4 可知,随着收获期的推迟,不同燕麦种植模式下,CK 和青贮料的 NDF 质量分数总体呈先上升后缓慢下降的趋势,其中拔节期最低,乳熟期最高。4 个收获期青贮料 NDF 质量分数较 CK 显著下降($P < 0.05$)。拔节期青贮料 NDF 质量分数显著低于其他收获期($P < 0.05$),乳熟期最高($P < 0.05$)。蜡熟期青贮料 NDF 质量分数与乳熟期 NDF 质量分数相比有所降低,但差异不

显著($P > 0.05$)。3 种燕麦种植模式中,Y+J+H 混播各收获期 NDF 质量分数最低,Y 种植模式最高。Y+J+H 混播 NDF 质量分数低于 Y+J 混播模式,但在生长后期(乳熟与蜡熟)青贮料 NDF 质量分数无显著差异($P > 0.05$)。同一收获期 CK 和青贮料的 Y+J+H 种植模式 NDF 质量分数均显著低于 Y 种植模式($P < 0.05$)。综合分析收获期与燕麦种植模式两因素对青贮料 NDF 的影响,可知拔节期 Y+J+H 种植模式 NDF 最低。

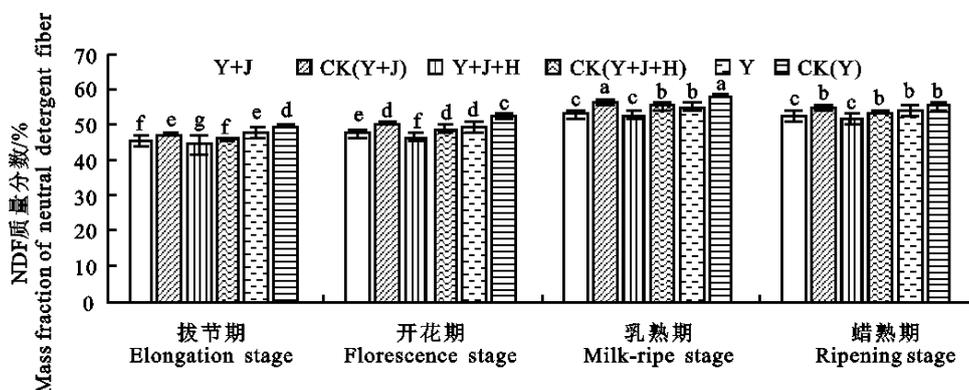


图4 不同种植模式下不同收获期青贮料中性洗涤纤维测定结果

Fig.4 Determination of neutral detergent fiber in silage at different harvesting stages under different planting patterns

2.5 收获期与种植模式对青贮料 WSC 质量分数的影响

由图 5 可知,4 个收获期不同燕麦种植模式下 CK 和青贮料的 WSC 质量分数均随收获时期的推迟呈现先上升后下降的趋势,其中开花期 WSC 质量分数达最大值。4 个收获期青贮料 WSC 质量分数显著低于 CK($P < 0.05$),这是由于青贮微生物发酵消耗所致。开花期 WSC 质量分数最大,自乳熟期开始 CK 和青贮料 WSC 质量分数逐渐下降。3 种燕麦种植模式中,Y+J+H

种植模式 CK 和青贮料的 WSC 质量分数显著高于 Y+J 种植模式和 Y 种植模式($P < 0.05$),Y 种植模式 WSC 质量分数最低。综合分析收获期与燕麦种植模式两因素对青贮料 WSC 质量分数的影响,可知开花期 Y+J+H 种植模式 WSC 质量分数最高。

2.6 收获期与种植模式对青贮料淀粉质量分数的影响

由图 6 可知,4 个收获期不同燕麦种植模式下 CK 和青贮料的淀粉质量分数随收获期的推迟

均呈上升趋势,其中蜡熟期淀粉质量分数达最大值。4个收获期中,拔节期、开花期及乳熟期青贮料淀粉质量分数显著低于CK($P < 0.05$),蜡熟期青贮料淀粉质量分数与CK差异不显著($P < 0.05$)。4个收获期淀粉质量分数依次为蜡熟期 > 乳熟期 > 开花期 > 拔节期。3种燕麦种植模式中,Y+J+H种植模式CK和青贮料的淀粉质量分数均高于Y+J种植模式,Y种植模式淀粉质

量分数最低。综合分析收获期与种植模式两因素对青贮料淀粉质量分数的影响,可知蜡熟期Y+J+H种植模式淀粉质量分数最高。

2.7 收获期与种植模式对青贮料NH₃-N/TN的影响

由图7可知,随收获期的推迟,4个收获时期不同燕麦种植模式青贮料NH₃-N/TN比值总体呈先下降后上升的趋势,开花期青贮料NH₃-N/

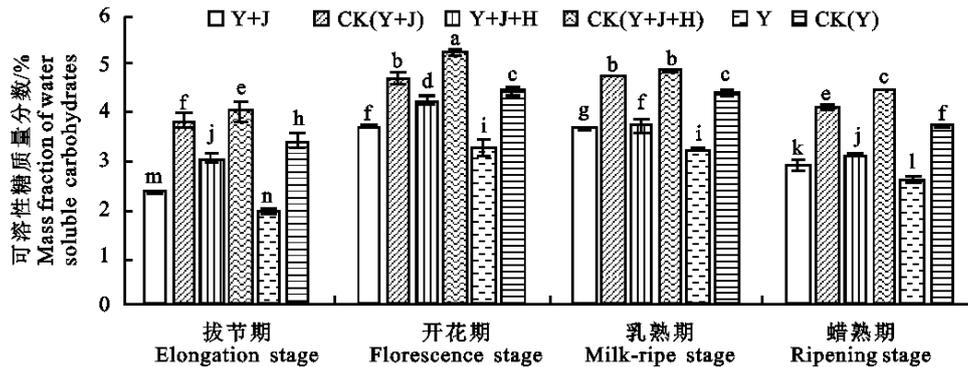


图5 不同种植模式下不同收获期青贮料可溶性糖质量分数测定结果
Fig.5 Determination of soluble sugar quality score of silage in different harvesting stages under different planting patterns

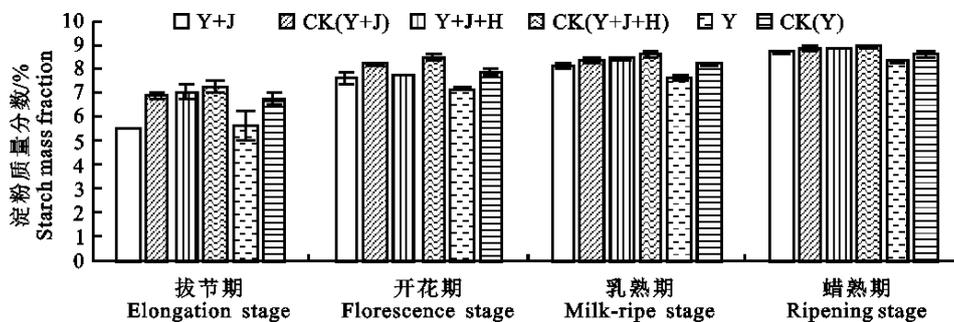


图6 不同种植模式下不同收获期青贮料淀粉质量分数测定结果
Fig.6 Determination of starch quality score of silage in different harvesting stages under different planting patterns

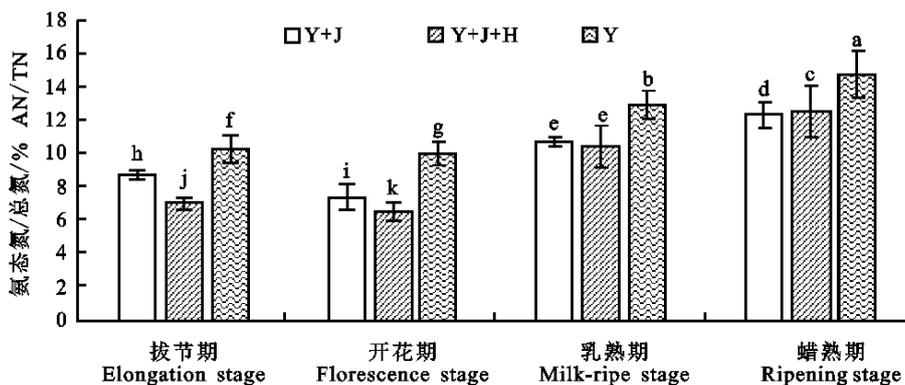


图7 不同种植模式下不同收获期青贮料青贮品质NH₃-N/TN测定结果
Fig.7 Determination of silage quality NH₃-N/TN in different harvesting stages under different planting patterns

TN 比值最低。4 个收获期青贮料 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 比值两两之间差异显著 ($P < 0.05$), 其中开花期 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 比值最小, 蜡熟期最大。除乳熟期外, 同一时期 3 种燕麦种植模式间青贮料 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 比值差异显著 ($P < 0.05$)。3 种燕麦种植模式中, Y+J+H 种植模式 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 比值显著低于 Y+J 和 Y 种植模式 (蜡熟期除外), Y 种植模式最高 ($P < 0.05$)。综合分析收获期与燕麦种植模式两因素对青贮料 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 比值的影响, 可知开花期 Y+J+H 种植模式 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 比值最低, 青贮品质最好。

2.8 收获期与种植模式对青贮料 pH 的影响

由图 8 可知, 随收获期的推迟, 4 个收获时期不同燕麦种植模式青贮料 pH 呈先下降后上升的

趋势, 开花期青贮料 pH 最低 (图 8)。4 个收获时期青贮料 pH 依次为蜡熟期 > 拔节期 > 乳熟期 > 开花期。拔节期 Y+J 种植模式 pH 显著高于 Y+J+H 和 Y 种植模式, 后两者青贮料 pH 差异不显著 ($P > 0.05$)。开花期 Y+J+H 种植模式 pH 显著低于其他两种种植模式, Y+J 和 Y 种植模式 pH 差异不显著 ($P > 0.05$)。乳熟期 Y+J 种植模式 pH 最低, Y+J+H 和 Y 种植模式 pH 差异不显著 ($P > 0.05$)。蜡熟期 3 种燕麦种植模式青贮料 pH 两两之间无显著差异 ($P > 0.05$)。综合考虑收获期与燕麦种植模式两因素对青贮料 pH 的影响, 可知开花期 Y+J+H 种植模式 pH 最低, 青贮品质最佳。

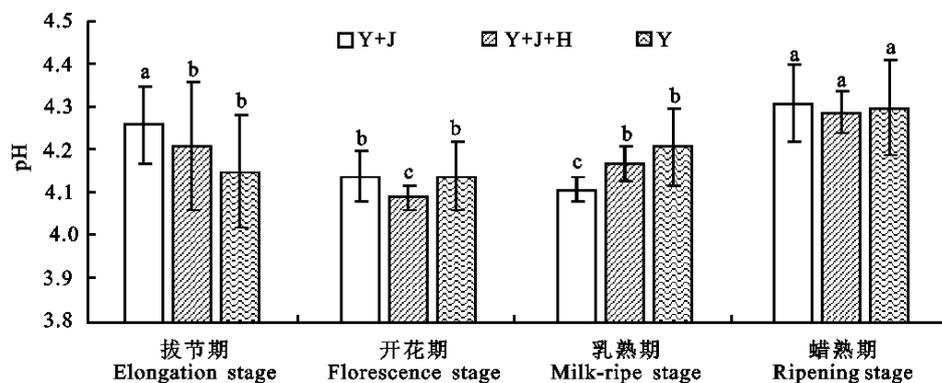


图 8 不同种植模式和收获期青贮料的 pH

Fig.8 Determination of silage quality pH of silage in different harvesting stages under different planting patterns

3 讨论

3.1 不同收获期对青贮料营养品质的影响

收获期对燕麦青贮品质有显著影响, 不同收获期对不同燕麦种植模式下干物质、粗蛋白、酸性洗涤纤维等营养指标都具有显著影响^[34]。理想的青贮原料应具有充足的可溶性碳水化合物 (> 30% DM) 和适宜的干物质质量分数 (> 20% DM)^[35-36]。此外, 酸性洗涤纤维 (ADF) 和中性洗涤纤维 (NDF) 的质量分数对青贮牧草消化率有直接影响, 质量分数越高, 青贮的消化率就越低, 适口性越差, 青贮品质越劣, 反之则适口性好, 易于家畜采食消化。

已有研究表明, 过早或过晚收获均不利于青贮, 这是由于过早收获干物质质量分数低, 而收获过晚碳水化合物质量分数低, 两种情况均不利于青贮^[18]。1986 年 Seale 等^[37] 认为青贮原料中可溶性碳水化合物的质量分数是影响发酵最主要的

限制因素。本研究中拔节期青贮饲料粗蛋白质量分数最高, ADF 和 NDF 质量分数低, 综合表现优于蜡熟期, 利用价值高, 但是拔节期 DM 质量分数低, 不利于青贮而更适于青饲, 这与张耀先等^[38] 的研究结果一致。该时期原料青贮后 pH、氨态氮/总氮比值高于开花期可证明此结论。蜡熟期收获青贮原料含水量和 WSC 质量分数相对其他收获期迅速降低, 无法满足青贮的必备条件。本试验中蜡熟期青贮料 WSC 质量分数最低仅为 2.6% DM, 低于理想青贮原料可溶性碳水化合物的标准。换言之, 蜡熟期收获青贮无法为乳酸菌的生长繁殖提供充足的底物, 产酸速率慢无法迅速降低 pH, 发酵时间延长从而导致大量营养物质被消耗, 青贮品质差。荣辉等^[39] 认为优质青贮饲料的 pH 应该小于 4.2, 且氨态氮/总氮的比值不高于 10% TN。1998 年 Meeske 等^[40] 认为氨态氮/总氮的比值越高, 粗蛋白分解率越高, 青贮品质差。本研究中蜡熟期 pH 最低为 4.29, 氨态

氮/总氮的比值最低为 12.3% TN,均高于优质青贮饲料对 pH 和氨态氮/总氮的要求,该时期青贮蛋白质分解率高,青贮品质差。2012 年秦梦臻等^[41]在对不同生育期全株小麦青贮品质研究中也得出蜡熟期可溶性糖质量分数低,青贮品质较差的结论,与本研究结果一致。因此拔节期和蜡熟期收获青贮后均无法获得高品质青贮饲料,不适合作为三江源试验区饲草青贮的最适收获期。

ADF 和 NDF 是衡量青贮饲料适口性和消化率的重要指标^[42]。乳熟期青贮料干物质和可溶性糖质量分数均满足理想青贮料的要求,但乳熟期青贮料 ADF 和 NDF 质量分数高,青贮料消化率低,适口性差,因此,乳熟期并非三江源试验区牧草青贮的最佳收获时期。杨库等^[43]认为适宜的收获期不仅要考虑牧草产量,营养品质高低同样重要。本研究结果表明,开花期收获青贮,青贮料干物质质量分数虽不及乳熟期和蜡熟期,但粗蛋白、可溶性糖及淀粉质量分数均优于乳熟期,有充足的碳水化合物供乳酸菌生长繁殖,该时期牧草青贮后,青贮料 pH 最高仅为 4.14,氨态氮/总氮的比值最高为 10% TN,蛋白质分解率低,满足优质青贮饲料的要求^[39]。除此之外,开花期收获青贮,CP 质量分数较高,ADF 和 NDF 质量分数显著低于其他收获时期,饲草青贮料适口性好且消化率高,因此,开花期收获青贮可获得青贮品质高、适口性好、消化率高的青贮料,该时期可作为三江源试验区饲草青贮的最佳收获期。

3.2 不同燕麦种植模式对青贮品质的影响

本研究选用种植面积达青藏高原地区人工种草面积 70% 的燕麦、优良豆科牧草箭筈豌豆与高产、高碳水化合物的黑麦,共 3 种饲料牧草组成的燕麦 + 箭筈豌豆、燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦和燕麦单播 3 种植模式。燕麦与箭筈豌豆混合种植青贮可弥补燕麦单独青贮 CP 质量分数低的缺点,能有效提高饲草营养价值。本研究结果表明,燕麦 + 箭筈豌豆混播青贮后较燕麦单独青贮 CP 质量分数提高 8.5% DM,ADF 和 NDF 显著降低($P < 0.05$),可溶性糖及淀粉质量分数都得以提升,且能不同程度地降低 pH 和氨态氮/总氮比值。2016 年据泽亮等^[22]对燕麦以及燕麦 + 箭筈豌豆混合(6:4)后裹包青贮发酵品质影响的研究也得出燕麦与箭筈豌豆混贮可显著改善青贮发酵品质,效果优于单播燕麦的结论。

针对燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦种植模式青贮品

质的研究迄今为止未见文献报道。本研究中首次将茎叶量大、富含蛋白质和碳水化合物的黑麦与燕麦 + 箭筈豌豆混合种植青贮,测定其青贮指标,试验结果表明,燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦与燕麦 + 箭筈豌豆种植模式相比,CP 质量分数提高显著($P < 0.05$),同比增加 3.9% DM。此外,燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦种植模式开花期可溶性糖质量分数高出燕麦 + 箭筈豌豆种植模式 0.53% DM,干物质和淀粉质量分数在各收获期也均有不同程度的提高。开花期燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦种植模式青贮料 pH 比同时期燕麦 + 箭筈豌豆种植模式降低 1.2% DM,氨态氮/总氮比值亦降低 1.2% TN,燕麦 + 黑麦 + 箭筈豌豆和燕麦 + 箭筈豌豆两种植模式均达到优质青贮饲料标准,但前者青贮品质更好。另外,燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦种植模式开花期 ADF 和 NDF 质量分数分别为 30% DM 和 46.8% DM,接近特级粗饲料品质分级标准中对 ADF 和 NDF 的要求^[44](ADF 小于 31% DM, NDF 小于 40% DM)。

综合分析各青贮品质指标测定结果,表明 3 种燕麦种植模式中燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦种植模式下饲草青贮品质最优,这可能是由于黑麦富含碳水化合物,因而能够为青贮微生物提供充足的发酵底物,促进酸度积累,抑制因好氧微生物的活动所造成的营养物质消耗,从而有效保存牧草营养价值。青贮后 ADF 和 NDF 降低的原因是由于青贮过程中微生物的活动,使得细胞壁被降解,纤维素、半纤维素被降解。另外,黑麦植株高大,茎秆粗壮,植物冠层高;箭筈豌豆植株纤细,叶量丰富,藤蔓性强,植物冠层低;燕麦营养丰富,干物质产量高,植株冠层刚好处于黑麦和箭筈豌豆之间。将黑麦、燕麦和箭筈豌豆三者混播,一方面箭筈豌豆可利用燕麦、黑麦茎秆攀援生长,可解决箭筈豌豆单播易倒伏的问题^[45]。另一方面,3 种牧草形成的不同植株分层,可优化资源配置,充分利用不同空间的光、热、水、肥等资源,有利于有机物质的积累,因此燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦种植模式青贮品质最好。

4 结论

3 种燕麦种植模式中,燕麦 + 箭筈豌豆 + 黑麦种植模式青贮品质最好;4 个收获期中,开花期收获青贮(即燕麦开花期、箭筈豌豆现蕾期和黑麦开花初期)青贮品质最好;3 种燕麦种植模式

中,燕麦+箭筈豌豆+黑麦种植模式开花期青贮的青贮料营养成分最高;燕麦+箭筈豌豆、燕麦+箭筈豌豆+黑麦和燕麦单播 3 种燕麦种植模式下,饲草在拔节期、开花期、乳熟期和蜡熟期青贮后,青贮料的常规营养成分显著优于原料。

参考文献 Reference:

- [1] 张贺全, 逯庆章. 三江源自然保护区和试验区关系研究[J]. 人民论坛, 2012, 34(8): 156-159.
ZHANG H Q, LU Q ZH. Sanjiangyuan nature reserve and experimental area [J]. *People's Tribune*, 2012, 34(8): 156-159.
- [2] 多杰措. 青海贵南县草产业现状及今后的发展思路[J]. 畜牧与饲料科学, 2010, 31(5): 31-33.
DOUJIECUO. Guinan county, Qinghai province, the status quo of grass industry and the future development of ideas [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2010, 31(5): 31-33.
- [3] 翟俊伟. 青海省贵南县鲁仓沙化土地与封禁保护调查研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
JUN J W. Investigation and research on Lucang desertification land and closure protection in Guinan county of Qinghai province[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2016.
- [4] 马玉寿. 三江源区“黑土型”退化草地形成机理与恢复模式研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2006.
MA Y SH. Study on formation mechanism and restoration mode of ‘Black Soil Type’ degraded grassland in Sanjiangyuan region [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2006.
- [5] 佟桂娟. 牧草青贮的意义和作用[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2014, 30(6): 194.
TONG G J. The significance and role of grass silage [J]. *Zhongguo Xumu Shouyi Wenzhai (Shouyi)*, 2014, 30(6): 194.
- [6] 王有良. 门源县草地利用现状及可持续利用措施[J]. 草业与畜牧, 2007(10): 53-55.
WANG Y L. Grassland utilization status and sustainable utilization measures in menyuan county [J]. *Prataculture & Animal Husbandry*, 2007(10): 53-55.
- [7] 潘美娟. 燕麦草、羊草及其组合日粮对奶牛瘤胃消化代谢的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
PAN M J. Effects of oatgrass, *Leymus chinensis* and their combinations on rumen digestion and metabolism in dairy cows [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [8] 王文奎, 周金梅, 王统华. 燕麦+箭豆混播和燕麦单播青干草的绵羊育肥增重效果[J]. 青海草业, 2002, 11(1): 70-72.
WANG W K, ZHOU J M, WANG T H. Oat + Arrowpea mixed sowing and oat unicast hay sheep weight gain effect [J]. *Qinghai Caove*, 2002, 11(1): 70-72.
- [9] 孙余卓, 吕莉华, 韩吉雨, 等. 青贮研究进展[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2010, 25(3): 307-310.
SUN Y ZH, LÜ L H, HAN J Y, et al. Silage research progress [J]. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities*, 2010, 25(3): 307-310.
- [10] 张越利. 燕麦生育时期、品种及玉米的混合比例对青贮品质的影响[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
ZHANG Y L. The influence of oat growth period, varieties and corn mixture ratio on silage quality [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2012.
- [11] 葛剑, 杨翠军, 杨志敏, 等. 紫花苜蓿和裸燕麦混贮发酵品质和营养成分分析[J]. 草业学报, 2015, 24(4): 104-113.
GE J, YANG C J, YANG ZH M, et al. Quality of mixed naked oats (*Avena nuda*) and alfalfa (*Medicago sativa*) silage [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(4): 104-113.
- [12] 黄晓辉. 苦豆子和玉米秸秆的混合青贮及其品质评价[D]. 兰州: 兰州大学, 2014.
HUANG X H. Mixed silage of bitter bean and corn stalk and its quality evaluation [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2014.
- [13] 杜灵敏, 张显趾, 聂青平. 高寒牧区豌豆与燕麦混播组合的研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1991, 21(6): 18-19.
DU L M, ZHANG X CH, NIE Q P. Study on the combination of peas and oats in alpine pasturing areas [J]. *Qinghai Journal of Animal and Veterinary Medicine*, 1991, 21(6): 18-19.
- [14] TIWANA M S, PURI K P. Forage production potential of oats barley and triticale varieties [J]. *Indian Journal of Agronomy*, 1980, 25(1): 149-150.
- [15] MOREIRA N. The effect of seed rate and nitrogen fertilizer on the yield and nutritive value of oat vetch mixtures [J]. *The Journal of Agricultural Science*, 1989, 112(1): 57-66.
- [16] 杨发林, 胡自治. 高寒牧区燕麦人工草地的营养物质产量及其光能转化率[J]. 草地学报, 1991, 1(1): 106-111.
YANG F L, HU Z ZH. Nutrient yield and light energy conversion rate of oat artificial grassland in alpine pastoral area [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 1991, 1(1): 106-111.
- [17] 马春晖, 韩建国. 一年生饲用作物最佳刈割期的研究[J]. 草业科学, 2001, 18(3): 25-29.
MA CH H, HAN J G. Annual feed for the best castration research [J]. *Pratacultural Science*, 2001, 18(3): 25-29.
- [18] 杨云贵, 程天亮, 杨雪娇, 等. 3 个燕麦品种不同收获期对青贮饲草营养价值的影响[J]. 草地学报, 2013, 21(4): 683-688.
YANG Y G, CHENG T L, YANG X J, et al. Effects of different growth stages of three oat cultivars on the nutritive value of silage [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2013, 21(4): 683-688.
- [19] KELES G, COSKUN B, INAL F, et al. Conservation characteristics and protein fractions of cereal silages ensiled with additives at the booting and dough stages of maturity [J]. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2014, 38: 285-294.
- [20] ZAMARCHI G, PAVINATO P S, MENEZES L F G, et al. Silage of white oat under nitrogen fertilization and pre wilting [J]. *Semina Ciencias Agrarias*, 2014, 35(4): 2185-2195.
- [21] PARIS W, ZAMARCHI G, PAVINATO P S, et al. Black oat silage quality under ensiling phenological stages, particle size and prewilting [J]. *Revista Brasileira de Saude Producao Animal*, 2015, 16(3): 486-498.
- [22] 据泽亮, 赵桂琴, 覃方铨, 等. 含水量对燕麦及燕麦+箭筈

- 豌豆裹包青贮品质的影响[J].草业科学,2016,33(7):1426-1433.
- JU Z L, ZHAO G Q, QIN F C, *et al.* Effect of different moisture quality scores on fermentation quality of baling silage of monoculture oat and oat and common vetch mixture[J]. *Pratacultural Science*, 2016, 33(7):1426-1433.
- [23] 曾植虎.青贮燕麦与箭筈豌豆混播草饲喂肉羊试验[J].山东畜牧兽医,2011,32(7):20.
- ZENG ZH H. Test of silage oats and arrow peas mixed with grass for feeding sheep [J]. *Shangdong Journal of Animal Science and Veterinar*, 2011, 32(7):20.
- [24] CHEN L, GUO G, YU C, *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*, 2015, 86(1):69-76.
- [25] JAHANGIRI H, NEJAD E T, TORABI M, *et al.* Evaluation of yield, land equivalent ratio and silage quality related traits in oat and vetch intercropping[J]. *Journal of Crops Improvement*, 2015, 17 (2):373-384.
- [26] 刘建军.青海省贵南县荒漠化和沙化土地现状分析与治理对策研究[J].林业资源管理,2017(2):12-15.
- LIU J J. Analysis and countermeasures on desertified land and sandified land in Guinan County of Qinghai province [J]. *Forestry Resources Management*, 2017(2):12-15.
- [27] FILYA I, ASHBELL G, HEN Y, *et al.* The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage [J]. *Animal Feed Science and TechNology*, 2000, 88(1-2):39-46.
- [28] KRISHNAMOORTHU U, MUSCATO T V, SNIFFEN C J, *et al.* Nitrogen fractions in selected feed stuffs[J]. *Journal of Dairy Science*, 1982, 65:217-225.
- [29] VANSOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and Nonstarch polysaccharides in relation nutrition[J]. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74:3583-3597.
- [30] 王法琴, 陆兔林, 毛春芹, 等. 3 种比色法测定五味子中多糖 [J]. *中成药*, 2015, 37(4):814-818.
- WANG F Q, LU T L, MAO CH Q, *et al.* Determination of polysaccharides from *Schisandrae chinensis* Fructus by three colorimetric method[J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2015, 37(4):814-818.
- [31] 桑吉惹, 郭同军, 蒋超祥, 等. 番茄渣青贮过程中品质动态变化规律的研究[J]. 西北农业学报, 2017, 26(9):1295-1300.
- SANG JIRE, GUO T J, JIANG CH X, *et al.* Study on dynamic changes of fermentation quality of tomato pomace silage[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2017, 26(9):1295-1300.
- [32] BRODERIEA G A, KANG J H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media[J]. *Journal of Dairy Science*, 1980, 63(1):64-75.
- [33] SHAO T, ZHANG L, SHIMOJO M, *et al.* Fermentation quality of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) silages treated with encapsulated-glucose, glucose, sorbic acid and pre-fermented juices [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2007, 20(11):1699-1704.
- [34] 张莹, 陈志飞, 张晓娜, 等. 不同刈割期对春播、秋播燕麦干草产量和品质的影响[J]. 草业学报, 2016, 25(11):124-135.
- ZHANG Y, CHEN ZH F, ZHANG X N, *et al.* Influence of mowing time on yield and quality of spring and autumn sown oat hay [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(11):124-135.
- [35] MCDONALD P, HENDERSON A R, HERON S J E. The Biochemistry of Silage(2th ed)[M]. Aberystwyth: Cambrian Printers Ltd, 1991.
- [36] LI J, SHEN Y X, CAI Y M. Improvement of fermentation quality of rice straw silage by application of a bacterial inoculant and glucose [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2010, 23(7):901-906.
- [37] SEALE D R, HENDERSON A R, PETERSSON K O, *et al.* The effect of addition of sugar and iNoculation with two commercial inoculants on the fermentation of *Lucerne silage* in Lacerne silage in laboratory silos[J]. *Grass and Forage Science*, 1986, 41:61-70.
- [38] 张耀先, 周兴民, 王启基. 高寒牧区燕麦生产性能的初步分析[J]. 草地学报, 1998, 6(2):113-122.
- ZHANG Y X, ZHOU X M, WANG Q J. Preliminary analysis of oat production performance in alpine pastoral areas [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 1998, 6(2):113-122.
- [39] 荣辉, 余成群, 李志华, 等. 添加糖蜜和尿素对象草青贮发酵品质的影响[J]. 草地学报, 2012, 20(5):940-946.
- RONG H, YU CH Q, LI ZH H, *et al.* Effects of adding molasses and urea on fermentation quality of napier grass silage[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, 20(5):940-946.
- [40] MEESKE R, BASSON H M. The effect of lactic acid bacterial iNoculants on maize silage [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1998, 70(3):239-247.
- [41] 秦梦臻, 沈益新. 生育期对小麦全株青贮发酵品质的影响 [J]. *中国农业科学*, 2012, 45(08):1661-1666.
- QIN M ZH, SHEN Y X. Effects of maturity stage on fermentation quality of whole crop wheat silage [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(8):1661-1666.
- [42] 季婧. 混播比例和刈割期对紫花苜蓿-无芒雀麦混合青贮品质的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017.
- JI J. Effect of mixed ration and clipping stage on the silage quality of mixed *Medicago sativar* L. and *Bromus inermis* Leyss [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017.
- [43] 杨库, 王加启, 王连群, 等. 不同干物质质量分数全株玉米青贮营养成分及有机酸比较 [J]. *中国奶牛*, 2007, 24(8):18-20.
- YANG K, WANG J Q, WANG L Q, *et al.* Comparison of nutrient components and organic acids in whole corn silo with different dry matter quality score [J]. *China Dairy Cattle*, 2007, 24(8):18-20.
- [44] 黄晓辉, 李树成, 李东华, 等. 苦豆子和玉米秸秆的混合青贮 [J]. *草业科学*, 2013, 30(10):1633-1639.
- HUANG X H, LI SH CH, LI D H, *et al.* Mixed silage of bitter bean and corn stalk [J]. *Pratacultural Science*, 2013, 30(10):1633-1639.
- [45] 李信恺, 孙涛, 旺扎, 等. 西藏地区燕麦与箭筈豌豆不

同混播比例对牧草产量和质量的影响[J].草地学报, 2011,19(5):830-833.
LI J K,SUN T,WANGZHA,*et al.*Effects on mixture so-

wing ratio on the yield and quality of both vetch and oat in Tibet[J].*Acta Agrestia Sinica*,2011,19(5):830-833.

Effects of Different Harvest Time and Oats Planting Patterns on the Quality of Forage Silage in Sanjiangyuan Area

ZHAO Jili¹, LI Changhui¹, XU Shixiao², HU Linyong²,
NIAN Yong³ and CHEN Weiyuan³

(1.College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University,Xining 810016,China;

2.Northwest Plateau Institute of Biology,Chinese Academy of Sciences,Xining 810008,China;

3.Qinghai University College of Animal husbandry and veterinary science,Xining 810016,China)

Abstract This paper discussed the effects of different harvest time and three kinds of oats planting patterns on the quality of forage silage in Sanjiangyuan area. The aim of this study was to provide theoretical basis for the precision ameliorate of silage method in this area. The harvest was conducted at four different stage, including the elongation stage, florescence stage, milk-ripe stage and ripening stage. And three kinds of oats planting patterns: ‘Jiayan No.2’ (*Avena sativa* L.cv. ‘Jiayan No.2’) + ‘Ximu 333A’ (*Vicia sativa* L.cv. ‘Ximu 333A’), ‘Jiayan No.2’ + ‘Ximu 333A’ + ‘Heisicao No.1’ (*Secale cereal* L.cv. ‘Heisicao No.1’) and ‘Jiayan No.2’, were cradling silage for 60 days. Eight silage quality indexes were measured for analysis. The results showed that the harvest time had significant effect on forage silage quality. With the delay of the harvest period, dry matter increased, and crude protein (CP) quality score gradually decreased. Acid detergent fiber (ADF), Neutral detergent fiber (NDF) and carbohydrate quality score increased firstly and then decreased along with the different harvest time. Among them, the silage pH and ammonia nitrogen/total nitrogen ratio in the flowering stage were significantly lower than those in other harvesting stages. Compared with the oats planting alone, the silage of mixed planting modes significantly improved the quality of forage fermentation, among which oats + common vetch + rye planting mode had the best fermentation quality, with significantly increased CP quality score, and significantly decreased ADF and NDF quality scores. Among different harvesting stages, oats + common vetch + rye had the best silage quality at the flowering stage. At this stage, the CP quality score was as high as 35.1%DM, the pH was 4.09, the ammonia nitrogen/total nitrogen ratio was 6.5%TN, the ADF was 29.9%DM and the NDF was 46.8% DM. Compared with the Raw material forage, the silage of three oats planting mode that harvested at different stages had the better preservation of forage nutrients, with the CP quality score increased, ADF and NDF quality score decreased significantly.

Key words Sanjiangyuan area; Harvest time; Planting patterns; Silage quality; Oats

Received 2018-10-19

Returned 2019-01-03

Foundation item Major Science and Technology Support of Science and Technology Department of Qinghai Province (No.2015-SF-A4-2).

First author ZHAO Jili, female, master student. Research area: development and utilization of forage resources. E-mail: 1318217210@qq.com

Corresponding author LI Changhui, male, professor. Research area: development and utilization of forage resources. E-mail: 746886595@qq.com

(责任编辑:顾玉兰 Responsible editor: GU Yulan)