

# 刈割期对燕麦+箭筈豌豆/豌豆混播饲草产量及品质的影响

高小丽<sup>1</sup>, 杨文才<sup>2\*</sup>

(1. 西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850032; 2. 西藏自治区农牧科学院草业科学研究所, 西藏 拉萨 850032)

**摘要:**为探究西藏高寒地区1年生禾本科和豆科最佳混播比例及刈割期,研究了燕麦与箭筈豌豆、饲用豌豆混播组合在不同刈割期内饲草株高、生产性能和营养价值变化规律,采用灰色关联加权法进行综合评价。结果表明:刈割期可以显著影响饲草产量和品质,随着刈割期的推迟,饲草产量逐渐增加,营养品质降低。不同混播组合干鲜重较单播燕麦略有降低,但高于单播豆科处理。7月25日刈割,饲草干草产量最高, A<sub>1</sub>B<sub>4</sub>处理下,即燕麦+箭筈豌豆播量为 112.5 kg/hm<sup>2</sup>+37.5 g/hm<sup>2</sup>(5:5),饲草干草产量最高为 21 903 kg/hm<sup>2</sup>; A<sub>2</sub>B<sub>4</sub>处理下,即燕麦+豌豆播量为 112.5 kg/hm<sup>2</sup>+75.0 kg/hm<sup>2</sup>(5:5)时,饲草干草产量最高为 17 550 kg/hm<sup>2</sup>。灰色加权关联度评价结果表明,随着刈割期的延长,不同处理下加权关联度逐渐增加。综合加权关联度排名靠前的分别为 A<sub>1</sub>B<sub>7</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>处理,即燕麦+箭筈豌豆播量为 45.0 kg/hm<sup>2</sup>+60.0 kg/hm<sup>2</sup>(2:8)时,燕麦+豌豆播量为 157.5 kg/hm<sup>2</sup>+45.0 kg/hm<sup>2</sup>(7:3)时,此时饲草产量最高,营养价值最优。因此,推荐燕麦+箭筈豌豆混播比例为 2:8、燕麦+饲用豌豆混播比例为 7:3,在拉萨周边附近人工建植。

**关键词:**刈割期;混播;饲草产量;饲草品质

中图分类号:S512.6

文献标志码:A

## Effects of Cutting Period on Yield and Quality of Different Oat and Pea Mixed Sowing Combination

GAO Xiaoli<sup>1</sup>, YANG Wencai<sup>2\*</sup>

(1. Institute of Agriculture, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China; 2. Institute of Pratacultural Science, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China)

**Abstract:** To explore the best mixed sowing ratio and cutting period of annual *Gramineae* and *Leguminosae* in alpine region of Tibet, this experiment studied the forage plant height, production performance and nutritional value of mixed sowing combination of *Avena* (shepHerd) and common vetch (Lanjian No.3) and forage vetch (green bean) in three cutting periods. The grey correlation weighting method was used for comprehensive evaluation. The results showed that the cutting period could significantly affect the yield and quality of forage. With the delay of the cutting period, the yield of forage increased gradually and the nutritional quality content decreased. The dry and fresh weight of different mixed sowing combinations was slightly lower than that of single sowing oat, but higher than that of single sowing legume treatment. On July 25, the highest dry weight of forage was 21 903 kg/hm<sup>2</sup> when the sowing amount of oat and common vetch was 180.0+15.0 kg/hm<sup>2</sup> (8:2). When the sowing amount of oat and pea was 157.5+45.0 kg/hm<sup>2</sup> (7:3), the highest dry weight of forage was 17 550 kg/hm<sup>2</sup>. With the delay of cutting period, the crude protein content, crude fibre, crude fat, crude ash, acid detergent fibre, neutral detergent fibre, total nitrogen, total pHospHorus and total potassium of forage grass gradually decreased. The results of grey weighted correlation evaluation showed that the weighted correlation degree increased gradually under different treatments with the extension of cutting period. The A<sub>1</sub>B<sub>7</sub> and A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> treatments were ranked in the top of the comprehensive weighted correlation degree. When the sowing amount of oat and common vetch was 45.0 kg/hm<sup>2</sup>+60.0 kg/hm<sup>2</sup> (3:7), and the sowing amount of oat and common vetch was 157.5 kg/hm<sup>2</sup>+45.0 kg/hm<sup>2</sup> (7:3), the forage yield was the highest and the nutritional value was the best, which is suitable for artificial planting near Lhasa.

**Key Words:** cutting period; mixed sowing; forage yield; forage quality

收稿日期:2023-08-05

基金项目:西藏科技厅自然基金项目(XZ202101ZR0055G);西藏自治区科技厅重大项目(XZ201901NB03)

作者简介:高小丽(1984-),女,副研究员,主要从事杂粮种质资源与遗传改良研究,E-mail:xiao\_li931@163.com; \*为通讯作者:杨文才(1981-),男,副研究员,主要从事牧草栽培及草地生态学方面的研究,E-mail:jhgs02@sohu.com。

西藏是我国五大牧区之一,全区草地面积占土地总面积的68.11%<sup>[1]</sup>,畜牧业可持续高质量发展是农牧民增收和生产生活改善的有力保障。长期以来受当地气候特征、天然草地特性及种植结构的影响,该区每年冬春季都会出现饲草供应短缺的现

象,严重制约草畜供需平衡。高寒地区人工建植草地可以弥补季节性饲草匮乏,有效缓解草畜矛盾,促进畜牧业健康发展<sup>[2]</sup>。燕麦(*Avena sativa*)是1年生草本植物,具有产量高、抗逆性强、饲用营养品质优等特征特性<sup>[3]</sup>,为抗灾保畜、提升草地畜牧业生产水平做出了巨大贡献,在高寒地区的种植面积日益增加。豆科饲草具有广适、抗寒、蛋白质含量高等优点,其根系根瘤菌固氮能力强,既可改善土壤结构,又能提高土壤肥力,而且种植管理粗放,西藏种植面积常年保持在6 667 hm<sup>2</sup>左右,有力地保障了粮食安全和草畜平衡。燕麦和豆科混播人工建植通过科学合理的种间组合与播种配比,有效地提升了物种对养分、光照及空间等的利用效率<sup>[4-5]</sup>,具有提高牧草生产性能、营养品质和控制杂草等优势<sup>[6]</sup>,国内外相关研究主要集中在混播组合、比例、方式等对饲草生产性能、营养品质和土壤养分的影响等方面<sup>[7-12]</sup>。西藏地区有关燕麦和豆料混播的研究结果也有差异,海拔4 500 m左右的羊八井镇附近,箭筈豌豆+燕麦混播组合为5:5建植时<sup>[13]</sup>,牧草产量品质最优;拉孜县一带海拔4 000 m左右、尼洋中上游海拔3 400 m左右一带的燕麦和箭筈豌豆混播比例7:3是最佳组合<sup>[14-15]</sup>。适宜的刈割期是牧草获得高产优质的重要因素<sup>[16]</sup>,受土壤条件、区域气候、种植品种、栽培措施等因素共同影响,在内地得出的结论不一定能更好地指导西藏本地生产实际。因此,分析特定环境条件下不同物种混播搭配比例及适宜刈割期对生产性能和品质的影响,是建植人工混播草地极其重要的研究内容,对混播草地维持较高生产力具有重要意义。本研究在西藏海拔3 600 m左右的高寒地区,比较不同刈割期燕麦混播豆科组合下产量和品质的差异,旨在筛选出高产优质最佳刈割期及最佳组合,为区域高产优质人工草地生产提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于拉萨市,地理坐标为经度91.0°E,纬度29.6°N,平均海拔3 650 m,年平均气温为7.0℃,年降水量440 mm,无霜期120 d。试验地为水浇地,前茬作物为荞麦。

1.2 供试材料

供试燕麦品种为“牧王”,豌豆品种为青豆。

1.3 试验设计

试验采取单因素随机区组设计,混播组合为A<sub>1</sub>(燕麦+箭筈豌豆),A<sub>2</sub>(燕麦+饲用豌豆),设7个混播比例,分别为B<sub>1</sub>~B<sub>7</sub>,单播处理为对照B<sub>8</sub>(单播燕麦)、B<sub>9</sub>(单播箭筈豌豆/豌豆),共9个水平,每个处理3次重复,共54个小区(表1),小区面积25 m<sup>2</sup>(5 m×5 m),行距25 cm,各小区间隔0.5 m。燕麦、箭筈豌豆、豌豆单播量分别为225、75和150 kg/hm<sup>2</sup>,按照不同混播配比确定小区播种量。2022年4月15日播种,混播方式为人工条播,同行播种,播种深度4~5 cm,于燕麦拔节期和灌浆期追肥2次,每次追施尿素5 kg/667 m<sup>2</sup>。

表1 试验设计

处理	混播比例	播量/(kg·hm <sup>-2</sup> )			
		A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	
		燕麦	箭筈豌豆	燕麦	豌豆
B <sub>1</sub>	8:2	180.0	15.0	180.0	30.0
B <sub>2</sub>	7:3	157.5	22.5	157.5	45.0
B <sub>3</sub>	6:4	135.0	30.0	135.0	60.0
B <sub>4</sub>	5:5	112.5	37.5	112.5	75.0
B <sub>5</sub>	4:6	90.0	45.0	90.0	90.0
B <sub>6</sub>	3:7	67.5	52.5	67.5	105.0
B <sub>7</sub>	2:8	45.0	60.0	45.0	120.0
B <sub>8</sub>	0:10	—	75.0	—	1 500.0
B <sub>9</sub>	10:0	225.0	—	180.0	—

注:表中混播比例指燕麦与箭筈豌豆/豌豆的混播比例。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 株高

分别于6月25日、7月10日、7月25日(燕麦孕穗期、抽穗期和开花期,箭筈豌豆、饲用豌豆初花期、盛花期和结荚期)从每小区随机选取20株,测量从地面至植株最高部位的自然高度。

1.4.2 鲜干草产量

分别于6月25日、7月10日、7月25日从每小区随机选取1个具有代表性的1 m<sup>2</sup>的样方(远离边行),齐地刈割,称取其鲜草质量,取1 kg鲜样,于105℃烘2 h后,再于65℃烘干至恒重,计算鲜干比,根据鲜干比及鲜草产量折算干草产量。

1.4.3 营养成分测定

在测定完鲜、干草产量之后,将剩余新鲜样品在遮阴条件下自然风干1个月,将饲草茎秆、叶片用粉碎机粉碎后混和均匀,过40目筛,送交甘肃省

农业科学院农业测试中心检测,方法参照《饲料分析及饲料质量检测技术》<sup>[17]</sup>。

根据中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量,计算各处理的相对饲用价值(RFV: relative feeding value)<sup>[18]</sup>。

1.5 数据处理

用Excel和SPSS 20.0软件进行汇总与统计分析,处理间方差分析用One-way ANOVA法,处理间的多重比较用邓肯氏法。灰色关联度采用加权综合评价法<sup>[19]</sup>。

2 结果与分析

2.1 刈割期对株高的影响

混播组合对燕麦、箭筈豌豆和豌豆株高有显著影响( $p<0.05$ ),燕麦株高随着豆科播种量的增加而增加(表2),豌豆对燕麦株高的贡献大于箭筈豌豆。混播组合下燕麦、豌豆、箭筈豌豆株高均高于单播处理。孕穗期(6月25日)燕麦平均株高为126.6 cm,豌豆为119.7 cm,箭筈豌豆为99.99 cm。抽穗期(7月10日)燕麦平均株高141.2 cm,豌豆为140.0 cm,箭筈豌豆为114.9 cm。抽穗至灌浆期(7月25日)燕麦平均株高149.8 cm,豌豆为140.0 cm,箭筈豌豆为135.3 cm。

表2 不同刈割期及不同混播组合对燕麦等株高的影响 cm

处理	燕麦			箭筈豌豆/豌豆		
	6月25日	7月10日	7月25日	6月25	7月10日	7月25日
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	120.87±6.87b	136.87±1.37ab	144.93±2.90ab	112.07±1.36a	131.40±1.31a	145.90±2.35ab
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	120.80±2.72b	140.80±2.72b	144.33±4.27ab	111.77±5.92a	138.43±5.50ab	151.70±4.49b
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	128.50±5.74bc	136.83±1.95ab	145.93±2.68ab	112.90±2.80a	138.90±2.80ab	147.87±1.62ab
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	123.33±2.68b	144.67±1.89b	149.13±2.80b	115.27±4.21a	138.60±4.73ab	152.20±3.67bc
A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	123.37±3.16bc	133.03±3.17ab	146.80±3.22 ab	111.43±4.50a	134.77±2.29a	152.83±1.39bc
A <sub>1</sub> B <sub>6</sub>	123.63±4.92bc	138.30±2.84ab	149.37±3.65b	111.57±1.66a	133.90±0.85a	157.43±3.59c
A <sub>1</sub> B <sub>7</sub>	122.63±4.05bc	136.63±1.85ab	151.23±3.89bc	118.40±4.91a	133.67±1.15a	156.43±2.06c
A <sub>1</sub> B <sub>8</sub>	—	—	—	118.47±3.07a	134.13±4.53a	153.47±1.50c
A <sub>1</sub> B <sub>9</sub>	118.53±3.11b	130.53±2.54a	150.77±2.7bc	—	—	—
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	121.30±6.94b	147.97±2.34bc	152.90±3.42bc	121.13±5.66bc	134.47±5.02a	145.57±2.54ab
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	126.87±4.37bc	141.53±1.56b	151.97±4.56bc	119.40±5.20ab	137.73±4.45ab	145.83±5.59ab
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	139.27±3.56c	145.93±5.54bc	148.63±5.90ab	119.36±8.89ab	139.36±8.89ab	148.85±5.14ab
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	132.57±6.15c	149.23±4.33c	143.97±4.11ab	127.17±2.20c	142.50±4.69bc	149.80±5.90bc
A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	133.47±7.42c	144.13±4.14b	146.93±2.59ab	118.40±4.26ab	145.07±5.52bc	150.03±3.51bc
A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	127.13±5.19bc	145.13±3.45c	154.80±2.32bc	121.57±2.53bc	144.90±4.13bc	149.98±6.54bc
A <sub>2</sub> B <sub>7</sub>	131.97±2.47c	140.30±4.33bc	147.13±3.16ab	124.97±1.71bc	144.97±1.71bc	149.73±5.55bc
A <sub>2</sub> B <sub>8</sub>	—	—	—	—	—	—
A <sub>2</sub> B <sub>9</sub>	112.90±3.49a	130.90±7.21a	144.37±4.15ab	111.83±5.9a	130.17±2.91a	145.55±6.76ab

注:同列不同小写字母表示不同混播方式间差异显著( $p<0.05$ )。表3同。

2.2 刈割期对不同混播比例饲草产量的影响

不同刈割期内,饲草鲜重随着生育期的推进呈先增加后降低的趋势,干重则逐渐增加(表3)。6月25日刈割饲草平均鲜、干重分别为60 193、14 895 kg/hm<sup>2</sup>;7月10日刈割,饲草平均鲜、干重分别为72 734、17 067 kg/hm<sup>2</sup>;7月25日刈割,饲草平均鲜、干重分别为69 847、17 947 kg/hm<sup>2</sup>。6月25日刈割不同混播组合饲草鲜重差异不显著( $p>0.5$ ),7月10日、7月25日刈割,不同混播组合饲草质量

差异显著( $p<0.5$ ),但均高于单播豆科,低于单播燕麦。干草产量随着豆科比例的增加而减少,单播燕麦干草产量显著高于其余处理( $p<0.5$ ),主要是由于随着豆科比例的增加,豆科饲草重量不及燕麦,本试验地处拉萨,燕麦养分快速积累期正逢雨热同期,为营养物质的积累提供了充沛的光、热、水、温、肥等资源,促使了产量大幅度提升。太早收割,饲草水分含量较高,干物质相对较少,只有在适宜的时候刈割才能获得最佳产量。本试验产量与谭海

运<sup>[14]</sup>研究结论差异较大,一是饲草品种本身特征特性差异,二是不同地区地力差异较大,三是海拔、气候、积温、降水等生长期的影响导致产量差异较大,四是本试验设置在拉萨,播期提前,一直都是精细化管理。综上所述,7月25日刈割,饲草干草产量最高,其中A<sub>1</sub>B<sub>4</sub>处理下,即燕麦+箭筈豌豆播量为112.5 kg/hm<sup>2</sup>+37.5 kg/hm<sup>2</sup>(5:5),饲草干草产量最高

为21 903 kg/hm<sup>2</sup>,比单播箭筈豌豆增产了6 188 kg/hm<sup>2</sup>,比单播燕麦增产了3 157 kg/hm<sup>2</sup>;A<sub>2</sub>B<sub>4</sub>处理下,即燕麦+豌豆播量为112.5 kg/hm<sup>2</sup>+75.0 kg/hm<sup>2</sup>(5:5)时,饲草干草产量最高为17 550 kg/hm<sup>2</sup>,比单播豌豆增产了3 388 kg/hm<sup>2</sup>,比单播燕麦减产了567 kg/hm<sup>2</sup>。

表3 不同刈割期对豌豆+燕麦产量的影响

处理	6月25日			7月10日			7月25日		
	鲜草质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干草质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干鲜比/%	鲜草质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干草质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干鲜比/%	鲜草质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干草质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干鲜比/%
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	63 732±760b	15 758±206c	0.25±0.11	79 040±663e	18 489±299cd	0.23±0.07a	76 197±924cd	19 906±841ef	0.26±0.07ab
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	63 668±1 400b	14 527±445b	0.23±0.07	78 516±911de	18 275±297cd	0.23±0.07a	72 336±762cb	18 398±402de	0.25±0.08ab
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	64 907±1 287b	14 386±372b	0.22±0.05	75 111±854cd	19 840±331de	0.26±0.06a	73 503±178c	20 229±499f	0.28±0.06b
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	62 839±722b	15 497±278c	0.25±0.11	75 688±1 024cd	21 307±223e	0.28±0.08a	75 134±843cd	21 903±283f	0.29±0.06b
A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	64 335±1 006b	15 218±403c	0.24±0.08	75 343±1 283cd	19 361±193de	0.26±0.05a	74 694±979c	19 830±298ef	0.27±0.11b
A <sub>1</sub> B <sub>6</sub>	60 940±903b	15 433±354c	0.25±0.08	74 072±996c	17 566±329bcd	0.24±0.41a	69 465±597b	18 521±380de	0.27±0.09b
A <sub>1</sub> B <sub>7</sub>	63 677±1 028b	15 918±502c	0.25±0.13	75 624±1 053cd	18 251±399cd	0.24±0.06a	70 127±583b	18 821±262de	0.27±0.08b
A <sub>1</sub> B <sub>8</sub>	45 439±1 095a	11 557±259b	0.25±0.08	55 514±902a	14 189±349b	0.26±0.08a	51 336±1 210a	15 215±283b	0.30±0.08b
A <sub>1</sub> B <sub>9</sub>	65 061±1 224b	16 397±345d	0.25±0.05	79 358±521	18 568±405cd	0.23±0.06a	71 791±957b	18 746±204e	0.26±0.04a
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	66 902±1 494b	15 696±262c	0.24±0.11b	71 639±1 497cb	16 104±792c	0.22±0.08a	71 233±1 553b	17 200±1 610cd	0.24±0.075a
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	69 871±296b	15 585±172c	0.22±0.08	72 632±1 255bc	16 277±590cd	0.23±0.08a	71 742±2979b	16 687±2854bc	0.23±0.07a
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	66 799±252b	15 614±333c	0.23±0.12ab	73 695±863c	16 331±2 003cd	0.23±0.04a	71 939±1 387b	17 357±2 396bc	0.24±0.07ab
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	66 536±1 321b	15 477±328c	0.23±0.21ab	73 903±623c	15 970±523bc	0.23±0.05a	70 840±7 777b	17 550±1 525cd	0.24±0.07ab
A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	69 597±778b	14 737±173b	0.21±0.09a	72 428±567bc	15 696±516bc	0.22±0.07a	70 601±1 334b	16 785±1 134cd	0.24±0.11ab
A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	66 567±1 697b	14 698±619b	0.22±0.11a	71 596±1 159bc	15 681±1 628b	0.22±0.07a	70 672±2 187b	16 137±1 737cd	0.23±0.11aa
A <sub>2</sub> B <sub>7</sub>	67 672±1 694b	14 629±381b	0.22±0.07a	71 668±1 308b	15 378±1 495b	0.23±0.11a	68 264±1 059b	17 478±1 192cd	0.24±0.08a
A <sub>2</sub> B <sub>8</sub>	55 169±3 931a	12 373±206a	0.23±0.06ab	57 230±3 931a	13 040±1 015a	0.24±0.11ab	55 169±2 040a	14 162±1 485a	0.25±0.04bc
A <sub>2</sub> B <sub>9</sub>	66 332±1 237b	14 610±203b	0.22±0.06a	76 154±909d	16 885±1 002e	0.24±0.09ab	72 203±1 194c	18 117±1 137e	0.24±0.05bc

2.3 刈割期对不同混播比例饲草品质的影响

刈割期显著影响牧草的产量和营养品质<sup>[20]</sup>,不同刈割期内饲草营养品质含量差异显著( $p<0.05$ )。混播组合品质高于单播处理,单播箭筈豌豆/豌豆饲草的粗蛋白含量高于燕麦与箭筈豌豆/豌豆混播。随着刈割期的延长,A<sub>1</sub>和A<sub>2</sub>处理下,饲草粗蛋白、粗纤维、粗灰分、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、全氮、全磷、全钾逐渐降低;A<sub>1</sub>处理下饲草粗脂肪含量逐渐升高,A<sub>2</sub>处理下,粗脂肪先降低后升高(表4),主要是由于分析样品是饲草的整株混合样,随

着生育期的增加,秸秆和茎叶中的主要营养成分如粗蛋白、矿物质元素等逐渐转移到籽粒中。燕麦与箭筈豌豆混播饲草的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、氮、磷含量高于燕麦与豌豆混播。随着刈割期的延长,燕麦与豌豆混播饲草中粗纤维含量逐渐高于燕麦与箭筈豌豆混播,中性和酸性洗涤纤维差异不显著。越早刈割,饲草营养品质和相对饲喂价值较高,但产量较低,因此,只有采用科学的评价方法,客观综合评价不同刈割期对混播组合下饲草产量和品质的影响,才能消除人为评价的误差。



表4 不同刈割期对饲草品质的影响

刈割期	处理	粗蛋白/%	粗脂肪/%	粗纤维/%	粗灰分/%	酸性洗涤纤维/%	中性洗涤纤维/%	全氮/%	总磷/%	钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	相对饲喂价值
6/25	A1	12.73±2.17bc	2.14±0.18a	31.90±1.95b	9.31±0.76b	38.06±1.20b	56.11±4.59b	2.04±0.34b	0.39±0.03b	19.20±1.89c	12.73±2.17ab
	A2	11.11±1.41b	2.33±0.38a	31.67±1.17b	8.52±0.52a	38.27±1.47b	54.21±4.61ab	1.78±0.23a	0.39±0.04b	17.33±2.39c	11.11±1.41a
7/10	A1	11.92±2.05b	2.40±0.18c	30.41±1.95a	8.04±0.76b	36.48±3.11ab	54.99±3.62ab	1.91±0.33b	0.30±0.23a	12.30±1.53b	11.92±2.05a
	A2	11.02±0.92b	2.31±0.35c	28.61±2.07a	7.56±0.45b	36.82±2.21ab	52.24±4.12ab	1.76±0.15a	0.33±0.03ab	11.96±1.93b	11.02±0.92a
7/25	A1	11.47±1.54b	2.55±0.40c	27.66±1.50a	7.47±0.53b	34.83±1.70a	50.29±4.35a	1.83±0.25b	0.29±0.03a	10.05±1.18a	11.47±1.54a
	A2	10.37±0.60a	2.45±0.28c	28.82±1.92a	7.39±0.41b	33.73±3.84a	52.38±3.44ab	1.66±0.10a	0.30±0.04a	9.91±1.66a	10.37±0.60a

2.4 灰色关联法综合评价刈割期及混播比例对饲草产量和品质的影响

根据灰色系统理论,将不同刈割期混播组合下不同比例的饲草的生产性能及品质均作为评价指标,对影响饲草生产性能的鲜、干草产量及影响营养品质的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、全氮、全磷、钾、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、相对饲用价值进行综合评价,加权关联度值越大表明越接近“最优配比”。由表5可知,不同刈割期单播处理(B<sub>8</sub>、B<sub>9</sub>)下加权关联度均低于混播组合,A<sub>1</sub>处理下单播燕麦加权关联度高于单播箭筈豌豆,A<sub>2</sub>处理下

单播燕麦加权关联度低于单播豌豆。随着刈割期的延长,不同处理下加权关联度逐渐增加。6月25日刈割饲草加权关联度排名前三的处理为A<sub>2</sub>B<sub>6</sub>>A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>>A<sub>1</sub>B<sub>7</sub>;7月10日刈割饲草加权关联度排名前三的处理为A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>>A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>>A<sub>1</sub>B<sub>7</sub>;7月25日刈割饲草加权关联度排名前三的处理:A<sub>1</sub>B<sub>7</sub>>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>>A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>。三者综合加权关联度排名靠前的分别为A<sub>1</sub>B<sub>7</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>处理,说明在拉萨周边最适宜的刈割时期为7月25日,即燕麦灌浆期、豆科鼓荚期,最佳混播比例为燕麦:箭筈豌豆混播比例2:8、燕麦:饲用豌豆混播比例为7:3。

表5 灰色加权关联法综合评价不同刈割期饲草优劣

处理	6月25日		7月10日		7月25日		综合加权关联度	排名
	加权关联度	排名	加权关联度	排名	加权关联度	排名		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1.083	4	2.236	1	2.063	13	5.382	8
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0.997	6	1.129	18	3.344	3	5.47	7
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	0.846	12	2.033	4	1.642	16	4.521	13
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	1.000	5	2.161	2	2.551	9	5.712	3
A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	0.991	7	1.792	5	1.732	15	4.515	14
A <sub>1</sub> B <sub>6</sub>	0.807	14	1.734	6	2.992	6	5.533	6
A <sub>1</sub> B <sub>7</sub>	1.097	3	2.090	3	4.109	1	7.296	1
A <sub>1</sub> B <sub>8</sub>	0.669	16	1.185	16	1.736	14	3.590	16
A <sub>1</sub> B <sub>9</sub>	0.915	10	1.415	7	2.212	11	4.542	12
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	1.121	2	1.244	14	2.750	7	5.115	10
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	0.887	12	1.257	13	3.672	2	5.816	2
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	0.894	11	1.244	15	2.146	12	4.284	15
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	0.983	9	1.308	8	3.323	4	5.614	4
A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	0.987	8	1.288	10	3.315	5	5.59	5
A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	1.164	1	1.260	12	2.715	8	5.139	9
A <sub>2</sub> B <sub>7</sub>	0.785	15	1.263	11	2.551	10	4.599	11
A <sub>2</sub> B <sub>8</sub>	0.602	17	1.304	9	1.421	17	3.327	17
A <sub>2</sub> B <sub>9</sub>	0.557	18	1.163	17	1.138	18	2.858	18

### 3 讨论与结论

刈割期是决定饲草生产性能和品质优劣的关键因素,是获取优质高产饲草的主要因素之一。生产实际中刈割时期的确定必须在草产量与营养品质均较高时进行。一般来说,刈割越早,饲草越幼嫩,营养价值越高,但此时产量最低,而刈割越晚,饲草临近成熟产量越高,但营养价值有所降低<sup>[21]</sup>。

#### 3.1 刈割期对禾豆混播组合饲草产量的影响

选择适宜刈割时期直接关系饲草作物生产性能和营养品质的高低,但也受当地种植区气候条件、灌溉水平、管理措施及种植品种特征特性的影响。混播比例是影响饲草产量及品质的重要因素之一,合理的混播组合会发挥出混播草地的最大潜力,不同种类的饲草所表现出的生态适应性、生产性能等在特定区域有较大的差异<sup>[22-26]</sup>。马春晖等<sup>[9]</sup>研究表明,不同品种的燕麦与豌豆组合混播较单播豆科饲草产量提高34.0%~59.2%,品质也比单播禾本科饲草有较大的提升。在混播草地中,如果禾本科饲草所占的比例较大,饲草的产量就越高,这跟禾本科饲草的茎秆、返青、生长速率等有密切联系。李估恺等<sup>[1]</sup>在西藏日喀则地区研究燕麦与箭筈豌豆混播效应试验结果显示,燕麦和箭筈豌豆混播3:1组合的干草产量最高,比单播燕麦产草量高15.7%,比单播箭筈豌豆产草量高68.6%。周磊等<sup>[27]</sup>研究结果表明,在北方农牧交错区种植燕麦饲草在灌浆期刈割,可获得相对优质高产的燕麦饲草。何鹏亮等<sup>[21]</sup>认为灌浆期刈割饲用小黑麦鲜(干)草产量最高,营养品质较高。本研究结果表明,7月25日刈割,平均干草质量为17 947 kg/hm<sup>2</sup>,比7月10日刈割增产了880 kg/hm<sup>2</sup>,比6月25日刈割增产了3 052 kg/hm<sup>2</sup>。燕麦7月底齐地刈割完之后,还会再生长50 cm左右,这对半农半牧区饲草留茬收割后充分利用有效光热水资源再生长有一定的参考价值。

#### 3.2 刈割期对禾豆混播组合饲草品质的影响

牧草刈割时期的选择除需评价生产性能外,还应考虑营养物质积累与分布规律及家畜喜食程度等。刈割时期过早,产量较低但营养较高;刈割时期过晚干草产量虽大,但可消化利用的营养物质较少,饲用价值较低<sup>[28]</sup>。南铭等<sup>[29]</sup>认为,燕麦产量和营养价值在不同刈割期内差异极显著,乳熟期刈割可保质保量,实现高效利用。韦泽秀等<sup>[30]</sup>认为随着刈割期的推迟,青稞地上部可溶性糖含量先降低后

增加,在孕穗期平均可溶性糖含量最低,乳熟期可溶性糖含量最高;粗脂肪和粗蛋白含量随生育期推进而降低,但粗纤维含量提高,饲草品质有所下降,推荐青稞作为饲草时,乳熟期为最佳刈割期。冯廷旭等<sup>[31]</sup>认为燕麦与箭筈豌豆、饲用豌豆混播时,随着各混播豆科饲草比例增加,饲草粗蛋白含量升高,而酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维含量均降低,这与本试验结论一致。本试验混播中豆科饲草的占比越高,饲草的品质则越好,随着混播比例中豆科饲草的增加,粗脂肪含量逐渐增加,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量减少,说明在混播草地中增加豆科牧草占比可有效提高牧草营养价值,较豆科和禾本科牧草单播,混播牧草营养物质含量更均衡,与徐强等<sup>[32]</sup>、张学梅等<sup>[33]</sup>的结果一致。在实际生产中,饲草的最适宜刈割期因地制宜,既要兼顾产量和营养品质,还要根据利用方式及时调整最佳刈割期才具有实际指导意义。西藏地区单播豆科作物,在开花至灌浆期倒伏严重,影响产量和品质。

#### 3.3 结论

刈割期可以显著影响饲草产量和品质,随着刈割期的推迟饲草产量逐渐增加,营养品质含量降低。7月25日刈割,饲草干草产量最高,A<sub>1</sub>B<sub>4</sub>处理下,即燕麦+箭筈豌豆播量为112.5 kg/hm<sup>2</sup>+37.5g/hm<sup>2</sup>(5:5),饲草干草产量最高为21 903 kg/hm<sup>2</sup>;A<sub>2</sub>B<sub>4</sub>处理下,即燕麦+豌豆播量为112.5kg/hm<sup>2</sup>+75.0 kg/hm<sup>2</sup>(5:5)时,饲草干草产量最高为17 550 kg/hm<sup>2</sup>。随着刈割期的延长,A<sub>1</sub>和A<sub>2</sub>处理下,饲草粗蛋白、粗纤维、粗灰分、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、全氮、全磷、全钾逐渐降低;A<sub>1</sub>处理下饲草粗脂肪含量逐渐升高,A<sub>2</sub>处理下先降低后升高。灰色加权关联度评价结果表明,随着刈割期的延长,不同处理下加权关联度逐渐增加。三者综合加权关联度排名靠前的分别为A<sub>1</sub>B<sub>7</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>处理,即燕麦+箭筈豌豆播量为45.0 kg/hm<sup>2</sup>+60.0 kg/hm<sup>2</sup>(2:8)时,燕麦+豌豆播量为157.5 kg/hm<sup>2</sup>+45.0 kg/hm<sup>2</sup>(7:3)时,饲草产量最高,营养价值最优。

#### 参考文献:

- [1] 李估恺,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.
- [2] 马晓东,孙金金,汪鹏斌,等.青海三江源区燕麦与豆类混播对草产量和品质的影响[J].中国草地学报,2021,43(7):21-27.
- [3] 李春喜,叶润蓉,周玉碧,等.高寒牧区燕麦与箭筈豌豆混播生产性能及营养价值评价[J].草原与草坪,2016,36(5):40-45.

- [4] 李思达,刘文辉,张永超,等.青海扁茎早熟禾混播草地生产性能与种间关系的研究[J].草地学报,2021,29(12):2827-2837.
- [5] 张永亮,于铁峰,郝凤,等.施肥与混播比例对豆禾混播牧草产量及氮磷钾利用效率的影响[J].草业学报,2020,29(11):91-101.
- [6] 刘文辉,刘勇,马祥,等.高寒区施肥和混播对燕麦人工草地生物碳储量影响的研究[J].草地学报,2018,26(5):1150-1158.
- [7] 那木汗,宋彦涛,杨忠良,等.不同密度单播与混播禾豆牧草的生长特性及种间关系[J].草业科学,2023,40(3):740-751.
- [8] 权欣,武俊喜,杨培志,等.拉萨河谷禾豆混播草地生产力与种间关系研究[J].草地学报,2023,31(3):657-667.
- [9] 郭川,赵艳兰,李香君,等.不同豆禾混播比例对植物种间关系及草地生产力的影响[J].草业科学,2022,39(11):2307-2316.
- [10] 柳茜,乔雪峰,陶雅,等.燕麦与饲用豌豆混播对饲草产量和品质的影响[J].中国奶牛,2022(10):62-66.
- [11] 钱诗伟,德科加,冯廷旭,等.高寒地区一年生禾豆混播对土壤养分与牧草营养的影响[J].青海畜牧兽医杂志,2022,52(4):34-40.
- [12] 郭常英,王伟,蒲小剑,等.播种方式和行距对燕麦/饲用豌豆混播草地生产性能及种间关系的影响[J].草地学报,2022,30(9):2483-2491.
- [13] 周娟娟,白玛嘎翁,魏巍.西藏羊八井箭筈豌豆+燕麦混播的生产性能和营养品质比较[J].黑龙江畜牧兽医,2020(10):105-109.
- [14] 谭海运.西藏高寒干旱半干旱地区饲草混播试验研究[J].西藏农业科技,2022,44(1):47-49.
- [15] 桑旦,尼玛仓决,片多.尼洋河中上游梦龙燕麦与本地豌豆、兰箭3号箭筈豌豆混播对其生产性能和营养品质的影响[J].西藏农业科技,2023,45(2):22-26.
- [16] 马春晖,韩建国,毛培胜.一年生饲用燕麦与豌豆混种最佳刈割期的研究[J].西北农业学报,2001(4):76-79.
- [17] 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.
- [18] 王斌,董秀,李满有,等.不同播量拉巴豆与青贮玉米混播对草地生产性能及牧草品质的影响[J].草地学报,2021,29(4):828-834.
- [19] 冯琴,王斌,王腾飞,等.不同播种量毛苕子与燕麦混播对草地生产性能及营养品质的影响[J].草地学报,2022,30(12):3439-3446.
- [20] 樊江文.在施肥和不施肥条件下刈割频度和强度对红三叶和鸭茅混播草地生产力的影响[J].草业科学,1996,13(3):23-28.
- [21] 何鹏亮,汪娅梅,揭红东,等.不同刈割期对饲用小黑麦草产量和营养品质的影响[J].草地学报,2021,29(11):2609-2614.
- [22] 方伟.高寒地区不同禾豆混播组合与比例对牧草产量及品质的影响[J].青海草业,2022,31(4):1-8.
- [23] 苟文龙,李平,马啸,等.混播比例和刈割茬次对一年生禾豆混播草地根系形态、土壤养分的影响[J].草原与草坪,2020,40(4):1-7.
- [24] 王辛有,曹文侠,王小军,等.河西地区豆禾混播草地生产性能对刈割高度与施肥的响应[J].草业学报,2021,30(4):99-110.
- [25] 张光雨,马和平,邵小明,等.西藏河谷区9个引进燕麦品种的生产性能和营养品质比较研究[J].草业学报,2019,28(5):121-131.
- [26] 祁亚淑,朱林,许兴.宁夏绿洲禾豆牧草混播组合及其比例效应[J].草业科学,2015,32(9):1463-1472.
- [27] 周磊,王璐,赵宝平,等.北方农牧交错区不同播期和刈割期对燕麦饲草产量和品质的影响[J].草地学报,2021,29(10):2355-2363.
- [28] 裴彩霞,董宽虎,范华.不同刈割期和干燥方法对牧草营养成分含量的影响[J].中国草地,2002,24(1):33-38.
- [29] 南铭,李晶,王昶,等.甘肃中部春播燕麦不同刈割期产量和品质比较研究[J].草地学报,2023,31(6):1878-1885.
- [30] 韦泽秀,卓玛,彭君,等.刈割期对青稞生物产量和饲草品质的影响[J].中国饲料,2022(10):25-29.
- [31] 冯廷旭,德科加,向雪梅,等.高寒地区燕麦与豌豆不同混播组合和比例对饲草产量及品质的影响[J].草地学报,2022,30(2):487-494.
- [32] 徐强,田新会,杜文华.高寒牧区黑麦和箭筈豌豆混播对草产量和营养品质的影响研究[J].草业学报,2021,30(8):49-59.
- [33] 张学梅,马千虎,张子龙,等.施肥对高寒荒漠草原区混播人工草地产量和水分利用的影响[J].中国农业科学,2019,52(8):1368-1379.