

甘肃省中部地区小黑麦与饲用豌豆混播草地的生产性能及营养价值研究

李瑞珍¹, 张铁战², 杜文华^{1*}, 任昱鑫¹, 贺俊生¹, 马军¹, 杨永强¹

(1. 甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 陕西省畜牧技术推广总站, 陕西 西安 710016)

摘要:【目的】筛选出甘肃中部地区最适宜与饲用豌豆混播的小黑麦品种。【方法】以小黑麦品系C23、甘农2号小黑麦和饲用豌豆(*Pisum sativa*)为试验材料, 测定并比较临夏县3个地区甘农2号小黑麦单播、甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播、小黑麦品系C23与饲用豌豆混播的草产量和营养品质。【结果】禾豆混播效果明显优于单播; 甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播时, CP含量(12.87%)和综合评价价值均最高(0.77); 在安家坡试验点不论选择哪种种植模式, 其生产性能与营养价值的综合评价价值均最高(0.60); 从试验点和种植模式的交互作用看, 在漫路乡种植甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播时综合评价价值最高(1.00), 干草产量(7.15 t/hm²)较高, CP含量(13.87%)最高。【结论】漫路乡和安家坡乡试验点适合甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播, 尹集镇适宜小黑麦品系C23与饲用豌豆混播。

关键词: 小黑麦; 禾豆混播; 草产量; 营养品质

中图分类号: S544 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2024)06-0101-08

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2024.06.011



小黑麦(*×Triticosecale* Wittmack)是小麦属(*Triticum*)和黑麦属(*Secale*)属间杂交和加倍, 应用染色体工程人工培育的一个新物种。小黑麦既保持了小麦高产、优质, 黑麦抗寒、抗病的优良特点, 又具备了蛋白质和赖氨酸含量高于双亲的特性, 由于其具有在冬春低温条件下生长的优势, 在大多畜牧业发达的国家和地区均有种植, 是优质的牧草之一^[1-2]。饲用豌豆是干旱地区重要的绿肥和饲料作物, 营养价值丰富, 但其单播时由于茎秆柔软, 直立性差, 产量较低, 一般不作饲草单独种植, 与禾本科饲草混播种植, 可达到提高饲草产量的目的^[3]。禾豆混播能提高饲草产

量和粗蛋白含量、降低纤维素含量、提高饲草适口性, 同时可优化饲草料调制^[4], 且能改良土壤, 降低植物间资源的竞争, 改善种间关系^[5]。

临夏县高寒阴湿区属温带半湿润气候, 地处临夏州西南部, 是青藏高原与黄土高原的过渡地带, 地貌为青藏、黄土高原参半, 多山沟, 兼有塬、川, 草牧业是当地的主导产业, 但饲草种类单一, 引进种植适宜于当地气候条件的饲草, 可以丰富饲草资源, 促进草牧业发展^[6]。饲用小黑麦高产优质、抗寒、抗旱, 在临夏州和政县的草产量达8.08 t/hm²^[7]。因此, 本试验在前期研究^[7]的基础上, 进一步研究甘农2号小黑麦品种和小黑麦品系C23在单播和与饲用豌豆混播条件下的草产量与营养品质, 以明确适宜于临夏县不同生态区的小黑麦种质及种植技术, 为当地建植高产优质人工草地提供技术支撑。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省临夏回族自治州临夏县, 地处

收稿日期: 2023-03-01; 修回日期: 2023-07-14

基金资助: 国家自然科学基金项目(32260339); 甘肃省高等学校产业支撑计划项目(2022CYZC-49); 农业部重大项目(2023ZD0402605-02)

作者简介: 李瑞珍(1999-), 女, 甘肃定西人, 硕士研究生。

E-mail: 1523031248@qq.com

*通信作者。E-mail: duwh@gsau.edu.cn

甘肃省中部,3个试验点的气候条件见表1。

青建1号饲用豌豆,种子均由甘肃农业大学提供,千粒重分别为52.12、31.92、71.90 g。

1.2 试验材料

试验材料为甘农2号小黑麦、小黑麦品系C23和

表1 试验地概况

Table 1 Overview of the test site

试验点	平均海拔/m	年均降水量/mm	年均气温/°C	灌溉条件	农田类型
漫路乡	2 298	717	6	无	高寒阴湿区旱田
安家坡乡	2 000	450	6.5	无	高寒阴湿川塬区旱田
尹集镇	2 210	501	6	有	高寒阴湿川塬区灌溉田

1.3 试验设计

裂区设计。主区为试验点,设3个水平,分别为临夏县漫路乡(D1)、安家坡乡(D2)和尹集镇(D3);副区为种植模式,设3个水平,分别为甘农2号小黑麦单播(A1),甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播(A2),小黑麦品系C23与饲用豌豆混播(A3),各种种植模式的播种密度和播种量见表2。条播,混播方式为同行混播,行距

20 cm,播种深度为3~5 cm,小区面积 $20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$,3次重复。播种时间分别为:尹集镇2021年3月15日,安家坡乡2021年3月22日,漫路乡2021年3月28日。播种前施磷酸二铵($N+P_2O_5 \geq 64.0\%$) 300 kg/hm^2 ,试验期间防除杂草,尹集镇在出苗期和拔节期进行了灌水。

表2 不同种植模式下的播种密度和播种量

Table 2 Sowing density and rate of different planting patterns

种植模式	试验材料	播种密度/ $(\times 10^4 \text{ 基本苗} \cdot \text{hm}^{-2})$	播种量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$
A1	甘农2号小黑麦	720	375
A2	甘农2号小黑麦	576	300
	青建1号饲用豌豆	26	45
A3	小黑麦品系C23	576	184
	青建1号饲用豌豆	26	45

1.4 测定指标及方法

株高:开花期刈割前进行^[8]。每小区随机选取10株小黑麦(禾-豆混播以群体株高作为该小区的株高),测量从地面至最高点的自然高度,并将10株株高的平均值作为该小区的株高。

草产量:开花期进行^[8]。齐地面刈割每个小区内所有植株的地上部分(除去边行和地头两边的50 cm部分),称重,得到鲜草产量。同时随机取样500 g,自然风干至恒重,计算鲜干比,并折算出干草产量。

营养品质:粉碎机粉碎自然风干后的草样,过16目筛,从混合均匀的草样中随机取4份样品,平行测定各项指标。粗蛋白(CP)含量测定采用凯氏定氮法,中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量的测定采用范氏洗涤纤维分析法^[9],并按照式(1)计算干物质消化率(DMD)。

$$\text{DMD} = 88.9 - 0.779 \times \text{ADF}^{[10]} \quad (1)$$

1.5 综合评价

利用隶属函数法^[9]对三个试验点和三个种植模式的饲草营养品质进行综合评价,隶属函数值 $[X_{(\mu_1)}, X_{(\mu_2)}]$ 计算公式为:

$$X_{\mu_1} = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

$$X_{\mu_2} = 1 - X_{(\mu_1)} \quad (3)$$

式中:X为试验点或种植模式下某一指标的测定值; X_{\max} 为所有试验点或种植模式下某一指标的最大值; X_{\min} 为所有试验点或种植模式下某一指标的最小值。若所测指标与其营养价值呈正相关,则采用(2)式计算隶属值,负相关则用(3)式。

进行综合评价时,根据干草产量、CP含量和DMD含量在小黑麦种植生产中的重要程度,对各指标分配权重,利用公式(4)计算不同处理下的综合评价。

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^4 \xi_{ijk} \times W_k \quad (4)$$

($i=1,2,3;j=1,2,3;k=1,2,3$)

式中: i 代表试验点,1-3分别代表3个试验点D1-D3; j 代表种植模式,1-3分别代表3个种植模式A1-A3; k 代表测定指标:1代表干草产量,2代表CP含量,3代表DMD含量; r_{ij} 代表在第*i*个试验点、第*j*个种植模式下的综合评价值; ξ_{ijk} 代表第*i*个试验点、第*j*个种植模式下测定指标对应的隶属函数值; W_k 代表各指标的权重^[9]。

1.6 数据统计

数据整理和作图采用 Microsoft Excel。利用

表3 种植模式、试验点及其交互作用间株高、草产量和营养品质的方差分析

Table 3 Analysis of variance of plant height, forage yield and nutritional quality between planting patterns, experiment sites and their interactions

变异来源	株高	鲜草产量	干草产量	CP含量	ADF含量	NDF含量	DMD
种植模式	8.368**	6.025*	2.966	24.638**	6.821**	3.864*	6.821**
试验点	20.680**	1.036	2.870	12.968**	44.696**	83.181**	44.696**
种植模式×试验点	17.649**	2.985*	3.400*	3.856*	3.560*	6.802**	3.560*

注:*表示0.05水平显著;**表示0.01水平显著。

2.2 试验点间小黑麦生产性能和营养品质的差异

2.2.1 株高 3个试验点中D1的平均株高最高,为135.57 cm,其次是D2,为126.81 cm,平均株高最低的是D3,为119.15 cm,三者间均存在显著差异($P<0.05$)。

2.2.2 营养品质 3个试验点间D3的平均CP含量(12.07%)最高,显著高于D2(10.14%)($P<0.05$),与D1间差异不显著;平均ADF含量最低的是D1(33.79%),显著低于D3(41.6%)($P<0.05$),与D2间差异不显著;平均NDF含量最低的是D1(55.86%),D2(64.11%)次之,最高的是D3(60.82%),3个试验点间均存在显著差异($P<0.05$);平均DMD最低的是D2(56.50%),最高的是D1(62.58%),二者差异显著($P<0.05$)(图1)。

2.3 种植模式间小黑麦生产性能和营养品质的差异

2.3.1 生产性能 3个种植模式间A3的平均株高最高,为132.93 cm,显著高于A1(123.04 cm)($P<0.05$),与A2间无显著差异(图2)。3个种植模式间A1的平均鲜草产量(26.68 t/hm²)最低,A3(37.63 t/hm²)最高,比A1高29.10%,两者间差异显著($P<0.05$),A2的平均鲜草产量(34.08 t/hm²)与A1、A3差异不显著。

SPSS19.0软件对不同种植模式间、试验点间、试验点×种植模式交互作用间的株高、草产量、CP含量、NDF含量、ADF含量、DMD的差异显著性进行分析,如果差异显著,用Duncan法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 株高、草产量和营养品质的方差分析

除种植模式间的干草产量与试验点间的鲜草产量、干草产量差异不显著外,其余各测量指标均差异显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)(表3),需分别对存在差异显著和极显著的各个指标进行多重比较。

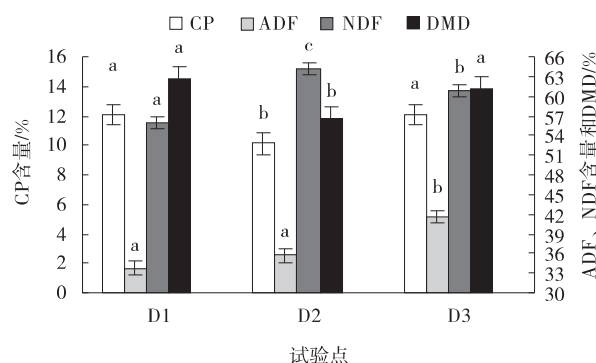


图1 不同试验点间营养品质的差异

Fig. 1 Differences in nutritional quality between different experiment sites

注:同一指标的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),D1代表漫路乡试验点,D2代表安家坡乡试验点,D3代表尹集镇试验点,下同。

2.3.2 营养品质 3个种植模式间A2的平均CP含量(12.87%)最高,其次是A3(11.56%),二者都高于A1(9.82%),与A1差异显著($P<0.05$);多重比较表明3个种植模式间平均ADF、NDF与DMD无显著差异,平均ADF含量最高的是A3(38.7%),最低的是A1(36.9%);平均NDF含量最高的是A3(60.78%),最低的是A2(58.14%);平均DMD最高的是A2(61.22%),最低的是A3(58.75%)(图3)。

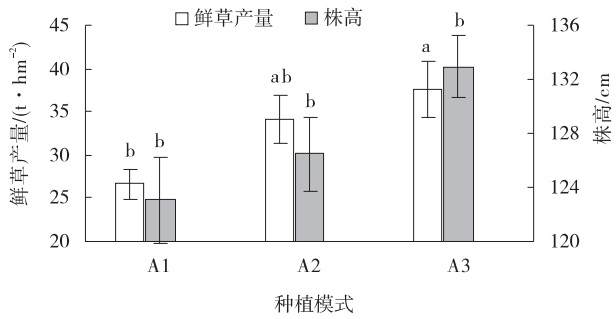


图2 不同种植模式间鲜草产量和株高的差异

Fig. 2 Differences in fresh weight and plant height between different planting patterns

注:A1代表甘农2号小黑麦单播,A2代表甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播,A3代表小黑麦品系C23与饲用豌豆混播,下同。

2.4 试验点×种植模式交互作用间小黑麦生产性能和营养品质的差异

2.4.1 生产性能 从同一试验点看,D1试验点下A1种植模式的株高最高,A2种植模式株高最低,二者间差异不显著;D2试验点下A2种植模式的株高(135.11 cm)最高,A3株高(122.56 cm)最低,二者间差异显著(P<0.05);D3试验点间A3种植模式的株

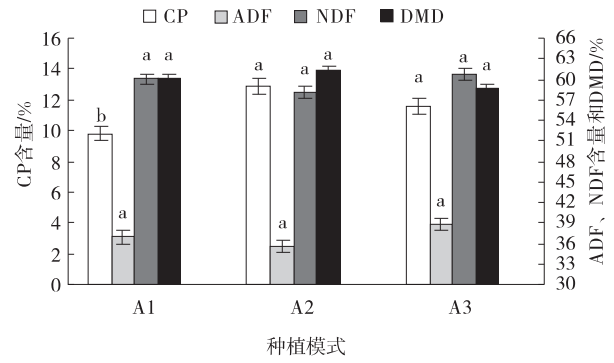


图3 不同种植模式间营养品质的差异

Fig. 3 Differences in nutritional quality between different planting patterns

高(141.44 cm)最高,其次是A2,A1种植模式株高(105.33 cm)最低,三者间均差异显著(P<0.05)。就同一种种植模式而言,A1种植模式下,株高最高的试验点是D1,其次是D2试验点,D3最低,三者间差异显著(P<0.05);A2种植模式下,D2试验点的株高最高,D3试验点的株高最低,二者间差异显著(P<0.05);A3种植模式下,D3试验点的株高(141.44 cm)最高,D2试验点的株高(122.56 cm)最低,二者间差异显著(P<0.05)(表4)。

表4 不同试验点、种植模式交互作用间株高和草产量的差异

Table 4 Differences in plant height and forage yield between different experiment sites and planting patterns

试验点	种植模式	株高/cm	鲜草产量/(t·hm ⁻²)	干草产量/(t·hm ⁻²)
D1	A1	139.2±3.67 ^a	28.89±0.75 ^{bc}	5.45±0.53 ^{bc}
	A2	132.9±3.50 ^a	40.97±0.12 ^{ab}	7.15±0.61 ^{ab}
	A3	134.6±2.66 ^a	35.32±0.28 ^{abc}	5.90±0.69 ^{bc}
D2	A1	122.78±3.36 ^b	27.43±5.26 ^c	7.80±2.75 ^{ab}
	A2	135.11±3.69 ^a	32.68±6.16 ^{bc}	8.14±2.08 ^{ab}
	A3	122.56±4.71 ^b	31.17±7.66 ^{bc}	7.50±2.43 ^{ab}
D3	A1	105.33±2.44 ^c	23.72±0.77 ^c	3.84±0.18 ^c
	A2	110.67±1.33 ^b	28.60±3.45 ^{bc}	5.37±2.02 ^{bc}
	A3	141.44±1.11 ^a	46.42±1.75 ^a	9.38±1.42 ^a

注:同一指标的不同小写字母表示差异显著(P<0.05),D1代表漫路乡试验点,D2代表安家坡乡试验点,D3代表尹集镇试验点,A1代表甘农2号小黑麦单播,A2代表甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播,A3代表小黑麦品系C23与饲用豌豆混播,下同。

从同一试验点看,D1试验点下,A2种植模式的鲜、干草产量最高,A1种植模式最低,二者间无显著差异;D2试验点下,鲜、干草产量最高的种植模式是A2,最低的种植模式是A3,二者间无显著差异;D3试验点下,A3种植模式的鲜、干草产量最高,A1种植模式鲜、干草产量最低,差异显著(P<0.05)。就同一种种植模式

而言,A1、A2种植模式下,D1试验点的鲜草产量最高,D3试验点的鲜草产量最低,二者间无显著差异,D2试验点的干草产量最高,D3试验点的干草产量最低;A3种植模式下,D3试验点的鲜草产量(46.42 t/hm²)最高,D2试验点的鲜草产量(31.17 t/hm²)最低,二者间差异显著(P<0.05),D3试验点的干草产量

(9.38 t/hm²)最高,D1试验点的干草产量(3.90 t/hm²)最低,二者间差异显著($P<0.05$)(表4)。

2.4.2 营养品质 在D1、D2试验点中,A2种植模式的CP含量最高,A1种植模式CP含量最低,二者间差异显著($P<0.05$);D3试验点中,A2种植模式的CP

含量最高,A3种植模式CP含量最低,无显著差异。A1种植模式下,CP含量最高的试验点是D3,最低的是D2,二者间差异显著($P<0.05$);A2、A3种植模式下,D1试验点的CP含量最高,D2试验点的CP含量最低(表5)。

表5 不同试验点、种植模式及其交互作用间营养品质的差异

Table 5 Differences in nutritional quality between different experiment sites, planting patterns and their interactions

试验点×种植模式	CP含量/%	ADF含量/%	NDF含量/%	DMD/%	
D1	A1	9.25±0.13 ^d	33.12±1.46 ^{ab}	55.61±1.25 ^a	63.10±1.40 ^{ab}
	A2	13.87±0.18 ^a	32.33±2.17 ^a	55.35±0.47 ^a	63.72±1.69 ^a
	A3	13.04±0.26 ^{ab}	35.91±1.54 ^b	56.62±0.98 ^a	60.93±1.20 ^b
D2	A1	8.58±0.59 ^d	42.62±0.02 ^e	63.33±0.82 ^{bc}	55.70±0.02 ^e
	A2	11.76±1.09 ^{bc}	41.38±0.60 ^e	65.48±1.23 ^c	56.66±0.47 ^e
	A3	10.08±0.39 ^{cd}	40.79±0.25 ^e	63.51±0.09 ^{bc}	57.12±0.19 ^e
D3	A1	11.63±0.20 ^{bc}	34.95±0.19 ^{ab}	61.18±0.25 ^b	61.67±0.15 ^{ab}
	A2	12.99±0.85 ^{ab}	32.90±0.52 ^{ab}	57.66±0.48 ^a	63.27±0.41 ^{ab}
	A3	11.59±0.22 ^{bc}	39.40±0.49 ^c	63.61±0.60 ^{bc}	58.20±0.04 ^e

在D1、D3试验点下,A2种植模式的ADF含量最低,A3种植模式ADF含量最高,二者间差异显著($P<0.05$);D2试验点下,ADF含量最低的种植模式是A3,最高的种植模式是A1,二者间无显著差异。A1、A2与A3种植模式下,ADF含量最低的试验点均为D1,最高的均为D2,二者间均差异显著($P<0.05$)。在D1、D3试验点下,A2种植模式的NDF含量最低,A3种植模式NDF含量最高;D2试验点下,NDF含量最低的种植模式是A1,最高的种植模式是A2,二者间差异不显著。A1、A2种植模式下,NDF含量最低的试验点是D1,最高的是D2,二者间存在显著差异($P<0.05$);A3种植模式下,D1试验点的NDF含量最低,D3试验点的NDF含量最高,二者间存在显著差异($P<0.05$)(表5)。

在D1试验点中,A2种植模式的DMD最高,A1种植模式DMD含量最低,二者间无显著差异;D2试验点下,DMD最高的种植模式是A3,最低的种植模式是A1,二者无显著差异;D3试验点中,A2种植模式的DMD(63.27%)最高,A3种植模式的DMD(58.20%)最低,差异显著($P<0.05$)。A1、A2种植模式下,DMD最高的试验点是D1,最低的是D2,二者差异显著($P<0.05$);A3种植模式下,D1试验点的DMD最

高,D3试验点的DMD最低,二者差异显著($P<0.05$)(表5)。

2.5 综合评价

由于本试验测定指标间存在差异,无法进行精准评价,所以本研究采用隶属函数法对各处理的干草产量与营养品质进行综合评价,以消除各个指标的片面性,使各处理间的差异具有真实可比性。

根据干草产量和营养品质在生产中的重要程度赋予不同的权重,即:干草产量(0.6)、CP含量(0.2)、DMD(0.2),计算不同处理下混播草地的综合评价^[11]。

3个种植模式中,A2的综合评价最高,A3次之;三个试验点中D2的综合评价最高;试验点×种植模式交互作用中,D1、D2试验点中,A2种植模式的的综合评价最高,D3试验点中,A3种植模式的综合评价最高;在A1种植模式下,D2试验点的综合评价最高,A2种植模式下,D1试验点的综合评价最高,A3种植模式下,D3试验点的综合评价最高(表6)。

3 讨论

3.1 试验点间小黑麦生产性能和营养品质的差异及原因

牧草的草产量除受自身遗传特性影响外,还与刈

表6 不同试验点、种植模式及其交互作用的综合评价

Table 6 Comprehensive evaluation of experimental sites, planting patterns and their interactions

模式	r_{ij}	试验点	r_{ij}	试验点	种植模式	r_{ij}	种植模式	试验点	r_{ij}
A1	0.11	D1	0.40		A1	0.16		D1	0.49
A2	0.77	D2	0.60	D1	A2	1.00	A1	D2	0.60
A3	0.71	D3	0.36		A3	0.32		D3	0.36
					A1	0.29		D1	0.79
				D2	A2	0.94	A2	D2	0.60
					A3	0.29		D3	0.30
					A1	0.14		D1	0.40
				D3	A2	0.57	A3	D2	0.28
					A3	0.60		D3	0.76

割时期、土壤肥力等外界因素有关^[11],郭建文^[7]研究表明,海拔和降水量与株高有密切关系。本试验中漫路乡试验点的株高均大于其他两个试验点,是因为漫路乡试验点海拔和降水量高,属于小黑麦适宜生长的冷凉湿润环境,有利于小黑麦株高提升,但该试验点草产量与其余两个点无显著差异,表明草产量受株高的影响较小,这与谢楠等^[12]的研究结果一致:农艺性状中株高与草产量的关联程度较弱。袁海燕^[13]研究表明降水量对作物干物质的积累和运输影响较为突出。漫路乡和尹集镇试验点的CP含量高于安家坡,主要是由于漫路乡降水充足,而尹集镇具有灌溉条件,充足的水分促进了物质的运输和积累,植株叶量丰富,所以CP含量高于安家坡,这与周洋洋^[14]的研究一致,即随着降水量的增加,牧草CP含量呈上升趋势。安家坡点属于川塬区旱地,又无灌溉条件,水分胁迫使得光合作用减弱,叶片发育不良,物质合成速率下降,造成CP含量较低,而NDF含量升高,DMD下降。3个试验点中,安家坡乡试验点的综合评价最高,主要是由于综合评价时考虑到实际生产的需要,对于草产量的权重赋值较高,而该点的草产量最高,对评价结果影响较大。

3.2 不同种植模式间小黑麦生产性能和营养品质的差异及原因

禾本科牧草单播连作,导致土壤中病原菌积累、养分失衡、生态恶化,而豆科牧草单播易倒伏,生产效率低下^[15-16]。禾豆混播模式可实现不同作物间的优势互补搭配,有利于改善作物的通风透光条件,提高光能利用率,在提高产量的同时,能够有效增加混播

饲草的粗蛋白含量^[17-18],豆科牧草根瘤的固氮作用在满足自生需求后还能为禾本科作物提供部分氮素,改善禾本科连作引起的土壤偏耗问题,还可降低化肥用量,降低水土污染。本试验3个种植模式中,甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播、小黑麦品系C23与饲用豌豆混播的鲜(干)草产量高于甘农2号小黑麦单播,主要由于混播后小黑麦和饲用豌豆结构互补,光能利用率增加,同时还有种间竞争形成的相互促进作用,以及根瘤菌提供的额外氮素,均为生产潜力的发挥产生积极作用^[19]。因豆科牧草CP含量高的特性,在与禾本科牧草混播后,饲草整体的CP含量得到了明显的提高,所以混播组的CP含量高于甘农2号小黑麦单播。徐强等^[11]研究表明随着豆科牧草混播比例增加,整体的纤维含量均逐渐降低,而本研究中混播组和单播组的NDF和ADF含量无显著差异,尚不明确该现象原因,有待进一步研究。本试验中,小黑麦与饲用豌豆混播的综合评价相近,远高于甘农2号小黑麦单播,表明小黑麦与饲用豌豆混播有利于提高草产量,改善草品质,这与冯廷旭等^[3]的报道一致。

3.3 试验点×种植模式交互作用间小黑麦生产性能和营养品质的差异及原因

不同的牧草品种都有其适宜的种植区域,种植区域的海拔与降水量对其产量与营养品质具有较大的影响^[6]。刚永和等^[20]的研究表明甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播群体结构合理,产量高于其他混播模式,本研究得出了相同结论:漫路乡和安家坡乡试验点,甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播的干草产量高于甘农2号小黑麦单播与小黑麦品系C23与饲用豌豆混播。

虽然尹集镇试验点的小黑麦品系C23与饲用豌豆混播的CP含量无显著差异,且DMD显著低于其它组,但其干草产量最高,在评价体系中占比高,所以其综合评价价值最高,同时表明综合考虑饲草产量和营养品质时尹集镇种植C23与饲用豌豆混播效果最优。史志强等^[22]研究表明,禾豆混播能显著提高牧草的草产量和营养品质,本试验也证实了这一点,漫路乡和安家坡试验点,混播组的CP含量均高于单播组。

4 结论

3个种植模式中,甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播的草产量及营养品质显著高于甘农2号小黑麦单播和小黑麦品系C23与饲用豌豆混播。3个试验点中,漫路乡试验点更易于小黑麦的生长发育。从种植模式和试验点的交互作用看,漫路乡和安家坡乡试验点适合甘农2号小黑麦与饲用豌豆混播,建植混播草地;尹集镇适宜小黑麦品系C23与饲用豌豆混播。

参考文献:

- [1] 许庆方. 小黑麦的特性及应用研究进展[J]. 草原与草坪, 2008(4): 80-86.
- [2] 何江峰, 赵萌莉, 郑轶慧, 等. 小黑麦的饲用特性及其在草地生态中的应用前景[J]. 中国草地学报, 2012, 34(1): 101-107.
- [3] 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.
- [4] 魏晓丽, 徐成体, 蒲小剑, 等. 海北州小黑麦与饲用型豌豆混播生产性能及营养品质分析[J]. 草地学报, 2022, 30(1): 236-244.
- [5] 冯廷旭, 德科加, 向雪梅, 等. 一年生禾豆混播人工草地产量及品质影响因素的研究进展[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2021, 51(4): 49-54.
- [6] 唐永昌. 临夏县天然草地退化原因及改良保护对策[J]. 草业科学, 2003, 20(12): 72-74.
- [7] 郭建文, 李林渊, 田新会, 等. 饲草型小黑麦新品系在甘肃高海拔地区的生产性能和品质研究[J]. 草原与草坪, 2018, 38(4): 72-77.
- [8] 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.
- [9] 任昱鑫, 刘汉成, 田新会, 等. 甘南高寒牧区秋播小黑麦对氮肥施用量和播种密度的响应[J]. 草地学报, 2019, 27(4): 1044-1051.
- [10] 代寒凌, 田新会, 杜文华, 等. 甘南地区饲用型小黑麦草产量及营养品质研究[J]. 草原与草坪, 2019, 39(2): 66-72.
- [11] 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.
- [12] 谢楠, 李源, 赵海明, 等. 饲用小黑麦适宜刈割时期及刈割次数研究[J]. 草原与草坪, 2014, 34(2): 57-62.
- [13] 袁海燕, 张晓煜, 亢艳莉. 宁夏灌区玉米径粗与相对湿度、日照、降水的关系[J]. 农业科学研究, 2006(4): 9-12+19.
- [14] 周洋洋, 徐长林, 潘涛涛, 等. 模拟牦牛和藏羊践踏与降水对矮生嵩草根系营养物质含量的影响[J]. 中国草地学报, 2018, 40(5): 93-101.
- [15] 咎看卓, 刘丛, 张燕燕, 等. 关中地区紫花苜蓿、小麦及玉米根际土壤理化性质研究[J]. 草地学报, 2022, 30(5): 1246-1252.
- [16] 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.
- [17] 李生楷. 粮饲兼用作物禾豆混播技术模式在西宁地区的研究应用进展[J]. 青海农技推广, 2021(3): 7-8.
- [18] 苟文龙, 李平, 肖冰雪, 等. 禾豆牧草混播增产增效研究进展[J]. 草学, 2020(3): 16-23.
- [19] 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.
- [20] 刚永和, 张海博, 陈永珑, 等. 青海东部农区小黑麦与豆科牧草的混播组合与混播比例[J]. 草业科学, 2021, 38(11): 2274-2285.

Studies on the production performance and nutritional value of triticale and pea mixture grassland in central Gansu Province

LI Rui-zhen¹, ZHANG Tie-zhan², DU Wen-hua^{1*}, REN Yu-xin¹, HE Jun-sheng¹,
MA Jun¹, YANG Yong-qiang¹

(1. College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Grassland Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; 2. Shanxi Provincial Animal Husbandry Extension Station, Xi'an, 710016)

Abstract: **【Objective】** This study aimed to identify the most suitable triticale varieties for mixed sowing with pea in central Gansu Province. **【Method】** Triticale (\times *Triticale* Wittmack) line C23, triticale variety Gannong No. 2 and pea (*Pisum sativa*) were used as experimental materials in this study. The forage yield and nutritional quality of monocropping triticale variety Gannong No. 2, mixed sowing of triticale variety Gannong No. 2 and pea, and mixed sowing of triticale line C23 and pea were evaluated across three regions in Linxia County. **【Result】** The effect of legume-grass mixtures was better than that of monoculture. When triticale variety Gannong No. 2 and pea were mixed sowing, regardless of the experimental sites, the crude protein (CP) content (12.87%) and comprehensive evaluation value (0.77) were the highest. When planting at the Anjiapo town experimental site, regardless of the planting patterns, the comprehensive evaluation value (0.60) was the highest. From the interaction of the experimental sites and planting patterns, the CP content (13.87%) and comprehensive evaluation value (1.00) of the triticale variety Gannong No. 2 and pea mixed sowing were the highest in Manlu town experimental site, and the hay yield (7.15 t/hm²) was also higher. **【Conclusion】** The experimental sites of Manlu town and Anjiapo town are optimal for the triticale variety Gannong No. 2 and pea mixed sowing, while Yinji Town is better suited for mixed sowing of triticale line C23 and pea.

Key words: triticale; legume-grass mixtures; forage yield; nutritional value

(责任编辑:康宇坤)