



宋一凡,刘之浩,谭国娟,等.外源氮添加对扎鲁特旗山地草原主要植物饲用品质的影响[J].黑龙江农业科学,2024(3):58-63,64.

外源氮添加对扎鲁特旗山地草原主要植物 饲用品质的影响

宋一凡,刘之浩,谭国娟,闫宝龙,高 凯,丛龙丽

(内蒙古民族大学 草业学院,内蒙古 通辽 028000)

摘要:为促进草地合理利用,2021年和2022年通过连续对扎鲁特旗山地草原进行氮添加,调查样地群落及主要植物粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、粗灰分等指标,运用主成分分析方法进行量化综合评价,探讨氮添加对山地草原群落及主要植物饲用品质的影响规律。结果表明,草地植物营养价值大小排序为止血马唐(*Digitaria ischaemum*)>冰草(*Agropyron cristatum*)>寸草苔(*Carex duriuscula*)>达乌里胡枝子(*Lespedeza daurica*)>糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)>扁蓿豆(*Medicago ruthenica*)。短期的氮添加可以显著增加山地草原植物粗蛋白、粗脂肪和中性洗涤纤维含量,对酸性洗涤纤维、粗灰分和干物质产量影响不显著,随着氮素比例的增加,群落内的粗蛋白含量、粗脂肪含量、中性洗涤纤维含量和干物质产量呈先增加后降低趋势,而酸性洗涤纤维和灰分呈降低趋势。施加氮肥可以显著提高禾本科植物的营养价值,对豆科牧草的影响不显著,能够显著提高草地营养价值的施氮量为 O_4I_0 (有机态氮 $4\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)。

关键词:外源氮;牧草;饲用品质;粗蛋白;粗纤维;粗脂肪;粗灰分

天然草地牧草是草食牲畜赖以生存的条件,草地牧草营养成分直接影响着草食牲畜的营养状况、生命活动及生产性能。目前,扎鲁特旗全旗草原确权面积 121.91 万 hm^2 ,草原植物种类丰富,天然草原植物有 93 科 378 属 854 种,是目前科尔沁地区保留完整的草原之一^[1]。近年来,扎鲁特旗天然草地由于在水灾、旱灾、沙尘暴等自然灾害和资源的不合理开采、违法开垦耕地、长期超载放牧等人为破坏的影响下,生态环境迅速退化,天然牧草营养成分降低,草地质量严重下降,让这片草原不堪负重,因此改善草地质量,提高天然牧草营养成分对草原生态恢复和畜牧业发展具有重要意义^[2-4]。

天然草地的植物营养价值主要以粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分等指标进行评价分析^[5]。以往对天然牧草单一营养成分分析的研究较多^[6-10],武艳娟等^[11]在对锡林郭勒草原的研究中,通过对牧草不同地区、不同时期和不同部位的营养成分进行分析,得到牧草粗蛋白含量与粗纤维含量呈反比,则与草地牧草的营养价值呈正比。但是探究处理方式和施氮量对天然草地牧草营养成分影响的研究较少^[12-13]。其中,有研究表明,在天然草地中植物的营养价值主要由粗蛋白、粗脂肪和粗纤维含量所决定,粗蛋白含量越高,粗纤

维含量越低,其营养价值越高,反之,植物营养价值就越低^[14-15]。目前针对氮素和刈割处理对天然草地牧草营养成分的影响了解尚不彻底,两者对草地中的各种牧草营养成分的响应机制暂未得到明确依据。参考前人对植物营养成分研究及营养价值评价的基础上,本研究将探究在继续刈割草地上,不同施氮条件对山地草原植物的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分等营养成分含量的对比研究,并进行植物营养价值的综合量化评价。能够客观、准确、全面地反映山地草原植物的营养品质状况,模拟大气氮沉降含量对山地草原植物营养品质的影响,为以后山地草原的合理利用、退化草地的恢复治理发展、更加系统地认识大气氮沉降提供科学的理论依据。因此,探究氮素和刈割处理对扎鲁特旗天然草地牧草营养成分的影响对进一步了解大气氮沉降和草地合理利用方式以及影响牧草营养成分的因素具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

研究地点位于内蒙古通辽市扎鲁特旗芒哈图嘎查新利生态农场($44^{\circ}62'\text{N}$, $120^{\circ}45'\text{E}$,海拔 482 m)。试验地区为典型的温带大陆性季风气候,年平均气温 $6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温 $3\ 184\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期 150 d ,

收稿日期:2023-10-17

基金项目:通辽市科技计划项目(S22001);内蒙古民族大学博士科研启动基金项目(BS522);内蒙古自治区重点研发和成果转化计划项目(2022YFDZ0087);内蒙古自治区草创中心项目(CCPTZX2023B03)。

第一作者:宋一凡(1999—),男,硕士研究生,从事草学研究。E-mail:2832782463@qq.com。

通信作者:高凯(1979—),男,博士,教授,从事草学研究。E-mail:Gaokai555@163.com。

年均降水量 382.5 mm,主要集中在 7 月—8 月,年均蒸发量 1 800 mm 以上,年均湿度 49%。土壤为风沙土,pH 为 7.6。

1.2 材料

试验地建群种为冰草,优势种为冰草(*Agropyron cristatum*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza daurica*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、寸草苔(*Carex duriuscula*)、止血马唐(*Digitaria ischaemum*)和扁蓿豆(*Medicago ruthenica*)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 2021 年和 2022 年 5 月 15 日分别采用有机态氮尿素(O)和无机态氮硝酸铵钙(I)对样地进行 3 个纯氮添加处理,氮添加处理梯度为 0,4 和 8 g·m⁻²·a⁻¹,分别记为 O₀I₀、O₀I₄、O₀I₈、O₄I₀、O₄I₄、O₄I₈、O₈I₀、O₈I₄和 O₈I₈,共 9 个处理,4 次重复,共 36 个小区,每小区面积 16 m²,每年 8 月 15 日进行刈割处理。

1.3.2 样品采集 于 2021 年和 2022 年的 8 月 15 日分别在试验地和每个小区内随机选取 1 m²样方,分种齐地面剪取植物,带回实验室于 75 ℃下杀青称至恒重,烘干后取全部的植物样品粉碎处理。

1.3.3 营养指标测定 粗灰分(As):采用马弗炉干灰化法进行测定。

$$As = \frac{(m_2 - m_0)}{m_1 - m_0} \tag{1}$$

式中,m₀ 为恒质空坩埚质量(g);m₁ 为坩埚加试料的质量(g);m₂ 为灰化后坩埚加灰分的质量(g)。

粗蛋白(CP):采用凯氏定氮法^[16]测定。

$$CP = \frac{(V_1 - V_2) \times C \times 0.014 \times 6.25}{m} \tag{2}$$

式中,V₁ 为滴定消耗盐酸标准溶液体积;V₂ 为空白滴定消耗盐酸标准溶液体积;m 为称取试样质量;C 为盐酸标准溶液浓度。

粗脂肪(EE):含量采用索氏浸提法测定^[17]。

$$EE = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \tag{3}$$

式中,m 为称取试样质量;m₁ 为试样滤纸包浸提前烘干后质量;m₂ 为试样滤纸包浸提后烘干后质量。

中性洗涤纤维/酸性洗涤纤维(NDF/ADF):含量采用范式(Van Soest)洗涤纤维分析法^[18-19]测定。

$$NDF/ADF = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \tag{4}$$

式中,m 为称取试样质量;m₁ 为试样包浸提前烘干后质量;m₂ 为试样包浸提后烘干后质量。

相对饲用价值(RFV)、干物质采食量(DMI)以及可消化干物质(DDM)计算方法详见公式如下:

$$RFV = \frac{DMI \times DDM}{1.29} \tag{5}$$

$$DMI = \frac{120}{NDF} \tag{6}$$

$$DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF \tag{7}$$

1.3.4 数据分析 运用 SPSS 26.0 软件和 Excel 2020 软件对数据进行分析。用 Origin 2021 软件作图,用平均值和标准差表示测定结果,用方差分析(ANOVA,LSD)比较不同处理间差异显著性,用主成分分析法计算综合得分。

2 结果与分析

2.1 不同年份间优势植物营养成分含量分析

由表 1 可知,2022 年优势植物种的粗蛋白总量比 2021 年提高,其中冰草、止血马唐、糙隐子草、寸草苔和达乌里胡枝子较 2021 年具有显著性差异,增长率分别为 41.55%、96.10%、67.95%、15.02%和-13.72%。

表 1 不同年份间优势植物各营养成分含量及相对饲用价值比较							
项目	年份	冰草	止血马唐	糙隐子草	寸草苔	扁蓿豆	达乌里胡枝子
粗蛋白含量/(g·kg ⁻¹)	2021	7.22±2.09 b	6.16±1.99 b	6.74±1.82 b	9.12±1.54 b	12.24±3.48 a	13.63±2.96 a
	2022	10.22±3.15 a	12.08±3.05 a	11.32±2.89 a	10.49±2.43 a	11.47±4.51 a	11.76±2.78 b
粗脂肪含量/(g·kg ⁻¹)	2021	10.82±2.11 a	10.85±2.05 a	11.61±2.24 a	10.55±2.24 a	12.20±2.99 a	12.54±3.30 a
	2022	6.90±1.46 b	7.06±1.67 b	6.55±1.31 b	6.62±1.10 b	9.19±2.79 a	7.28±1.73 b
中性洗涤纤维含量/(g·kg ⁻¹)	2021	43.78±5.54 b	37.13±5.41 b	37.80±9.35 a	37.97±7.67 a	43.49±10.08 a	51.27±7.97 a
	2022	48.50±8.79 a	50.03±11.03 a	28.75±9.36 a	35.99±7.51 a	46.63±10.81 a	46.91±11.74 a
酸性洗涤纤维含量/(g·kg ⁻¹)	2021	7.93±1.91 b	9.84±3.55 a	8.78±2.79 a	7.61±2.99 a	4.21±1.14 a	5.17±1.99 a
	2022	9.19±2.05 a	10.22±3.49 a	6.29±2.25 a	6.45±2.00 a	8.10±0.94 b	2.81±1.06 b
粗灰分含量/(g·kg ⁻¹)	2021	6.36±1.23 a	7.00±1.44 b	6.36±1.23 a	7.38±1.47 a	5.40±0.43 a	6.57±1.92 b
	2022	7.00±2.46 a	7.93±1.06 a	6.15±1.15 a	7.15±1.15 a	5.63±1.60 a	8.03±2.05 a
相对饲用价值	2021	175.92 a	203.74 a	202.14 b	203.44 a	183.22 a	154.08 a
	2022	160.05 a	153.81 b	272.14 a	215.38 a	168.60 a	163.89 a

注:不同小写字母代表同一种植物相同指标不同年份之间在 P<0.05 水平差异显著。

2022年优势植物种的粗脂肪总量比2021年下降,其中冰草、止血马唐、糙隐子草、寸草苔和达乌里胡枝子较2021年具有显著性差异,增长率分别为 -36.23% 、 -34.93% 、 -43.58% 、 -37.25% 和 -41.95% (表1)。

2022年优势植物种的中性洗涤纤维总量比2021年下降,其中冰草和止血马唐较2021年具有显著性差异,增长率分别为 10.78% 和 34.74% (表1)。

2022年优势植物种的酸性洗涤纤维总量比2021年降低,其中冰草、扁蓿豆和达乌里胡枝子较2021年具有显著性差异,增长率分别为 15.89% 、 92.40% 和 -45.65% (表1)。

2022年优势植物种的粗灰分总量比2021年提高,其中止血马唐和达乌里胡枝子较2021年具有显著性差异,增长率分别为 13.29% 和 22.22% (表1)。

2022年优势植物种的相对饲用价值总体比2021年增加,其中止血马唐和糙隐子草较2021年具有显著性差异,增长率分别为 -24.51% 和 34.63% (表1)。

2.2 不同氮添加对两年内主要植物营养品质及生物量的影响

2.2.1 不同年份间分析 由图1可知,在相同施氮水平下不同年份间 O_4I_0 、 O_4I_8 和 O_8I_4 处理下单位面积粗蛋白含量存在显著性差异($P<0.05$); O_0I_8 、 O_4I_8 、 O_8I_0 和 O_8I_4 水平下单位面积粗脂肪含量存在显著性差异; O_0I_0 、 O_4I_0 和 O_8I_4 水平下单位面积中性洗涤纤维含量存在显著性差异; O_0I_8 、 O_4I_0 和 O_4I_8 水平下单位面积酸性洗涤纤维含量存在显著性差异; O_8I_8 水平下单位面积粗灰分含量存在显著性差异; O_4I_4 和 O_4I_8 水平下单位面积干物质产量存在显著性差异。

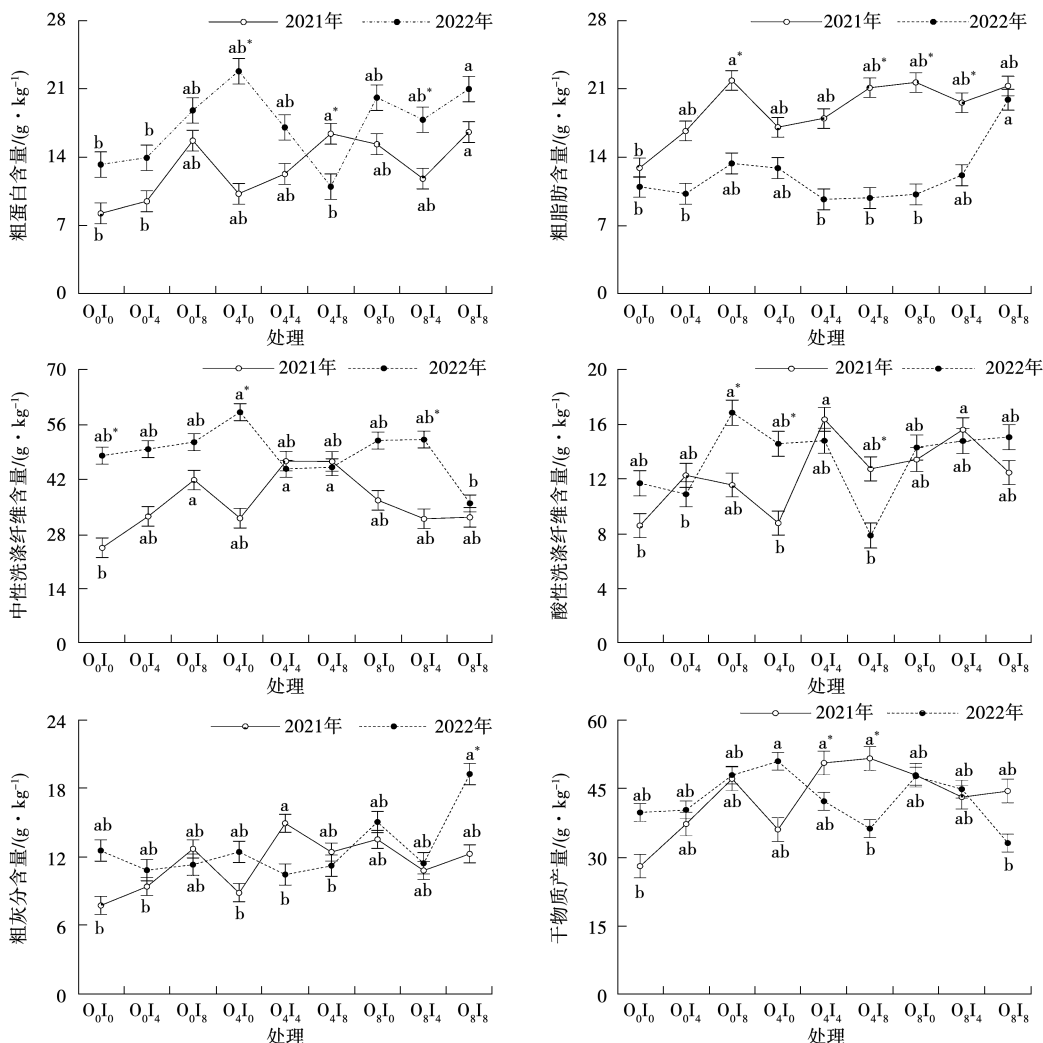


图1 不同施氮水平下单位面积内所有植物各营养品质含量及干物质产量

注:不同小写字母代表相同年份不同处理在 $P<0.05$ 水平差异显著;*代表相同处理不同年份间在 $P<0.05$ 水平差异显著。

2.2.2 不同氮添加量间分析 在相同年份不同施氮水平下,2022年间单位面积蛋白含量 O_8I_8 水平显著高于 O_0I_0 、 O_0I_4 和 O_4I_8 水平($P<0.05$);单位面积粗脂肪含量 O_8I_8 水平显著高于 O_0I_0 、 O_0I_4 、 O_4I_4 、 O_4I_8 和 O_8I_0 水平;单位面积中性洗涤纤维含量 O_4I_0 水平显著高于 O_8I_8 ;单位面积酸性洗涤纤维含量 O_0I_8 水平显著高于 O_0I_4 和 O_4I_8 水平;单位面积粗灰分含量 O_8I_8 水平显著高于 O_4I_4 和 O_4I_8 水平;单位面积干物质产量 O_4I_0 水平显著高于 O_4I_8 和 O_8I_8 水平。2021年间单位面积粗蛋白含量 O_4I_8 和 O_8I_8 水平显著高于 O_0I_0 和 O_0I_4 水平;单位面积粗脂肪含量 O_0I_8 水平显著高于 O_0I_0 水平;单位面积中性洗涤纤维含量 O_0I_8 、 O_4I_4 和 O_4I_8 水平显著高于 O_0I_0 水平;单位面积酸性洗涤纤维含量 O_4I_4 和 O_8I_4 水平显著高于 O_0I_0 和 O_4I_0 水平;单位面积粗灰分含量 O_4I_4

水平显著高于 O_0I_0 和 O_0I_4 水平;单位面积干物质产量 O_4I_4 和 O_4I_8 水平显著高于 O_0I_0 水平。

2.3 不同年份不同处理下主要植物营养价值的主成分分析

2.3.1 主成分分析的特征值、贡献率、累计贡献率 经主成分分析得到5个主成分的特征值、贡献率和累积贡献率(表2)。2021年和2022年第一主成分 PC_1 的特征值分别为3.720和3.922,方差贡献率分别为74.391%和78.442%,第二主成分 PC_2 的特征值分别为0.728和0.535,方差贡献率分别为14.569%和10.709%,前两个主成分累积贡献率分别达到88.960%和89.151%,前两项主成分可以表达原始数据提供信息的85%以上,即前两项主成分信息可以反映原始数据包含的信息^[20-23],因此选取前两个主成分作为综合评价指标。

表2 主成分的特征值、贡献率和累计贡献率

年份	检验指标	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5
2021	特征值	3.720	0.728	0.239	0.181	0.133
	贡献率/%	74.391	14.569	4.773	3.616	2.652
	累积贡献率/%	74.391	88.960	93.733	97.348	100.000
2022	特征值	3.922	0.535	0.252	0.181	0.109
	贡献率/%	78.442	10.709	5.042	3.629	2.178
	累积贡献率/%	78.442	89.151	94.193	97.822	100.000

2.3.2 主成分分析的因子载荷系数 在2021年和2022年的第一主成分(PC_1)中,均是中性洗涤纤维有较大的正系数值,即第一主成分大时,中性洗涤纤维含量也变大,说明第一主成分主要反映

了植物中性洗涤纤维品质特性。在第二主成分(PC_2)中,均是粗蛋白有较大的正系数值,说明第二主成分主要反映了植物粗蛋白品质特性(表3)。

表3 主成分的因子载荷系数表

年份	检验指标	粗蛋白(CP)	粗脂肪(EE)	中性洗涤纤维(NDF)	酸性洗涤纤维(ADF)	粗灰分(As)
2021	主成分1	0.750	0.902	0.932	0.782	0.929
	主成分2	0.623	-0.133	0.138	-0.549	-0.050
2022	主成分1	0.807	0.922	0.945	0.822	0.923
	主成分2	0.524	-0.092	-0.093	-0.471	0.148

2.3.3 主成分综合分析 由表4可知,2021年6种草地位势种植物营养价值高低排序为:达乌里胡枝子>冰草>止血马唐>寸草苔>糙隐子草>

扁蓿豆。2022年营养价值高低排序为:止血马唐>冰草>寸草苔>达乌里胡枝子>糙隐子草>扁蓿豆。

表4 主要植物营养价值主成分综合得分

年份	排名	植物名称	综合得分	PC_1	PC_2
2021	1	达乌里胡枝子(<i>Lespedeza daurica</i>)	0.8664	0.6151	1.5620
	2	冰草(<i>Agropyron cristatum</i>)	0.5087	0.6762	-0.3465
	3	止血马唐(<i>Digitaria ischaemum</i>)	0.3620	0.6336	-1.0223
	4	寸草苔(<i>Carex duriuscula</i>)	0.2558	0.2887	0.0881
	5	糙隐子草(<i>Cleistogenes squarrosa</i>)	-0.3884	-0.3580	-0.5436
	6	扁蓿豆(<i>Medicago ruthenica</i>)	-1.5086	-1.8556	0.2624
2022	1	止血马唐(<i>Digitaria ischaemum</i>)	0.9051	1.0923	-0.4666
	2	冰草(<i>Agropyron cristatum</i>)	0.5795	0.7694	-0.8113
	3	寸草苔(<i>Carex duriuscula</i>)	0.3686	0.3852	0.2472
	4	达乌里胡枝子(<i>Lespedeza daurica</i>)	0.3630	0.2476	1.2078
	5	糙隐子草(<i>Cleistogenes squarrosa</i>)	-0.7717	-0.9746	0.7140
	6	扁蓿豆(<i>Medicago ruthenica</i>)	-1.4041	-1.4925	-0.7570

2.3.4 主要植物主成分分析的分值图 由图2可知,2021年氮添加对冰草、止血马唐、寸草苔和达乌里胡枝子的中性洗涤纤维含量(PC_1)起正向作用,对扁蓿豆和糙隐子草起负向作用,对达乌里胡枝子、糙隐子草和寸草苔的粗蛋白含量(PC_2)起正向作用,对扁蓿豆、冰草、止血马唐起负向作用。2022年氮添加对冰草、寸草苔、止血

马唐、达乌里胡枝子的中性洗涤纤维含量(PC_1)起正向作用,对扁蓿豆和糙隐子草起负向作用;对寸草苔、扁蓿豆、达乌里胡枝子的粗蛋白含量(PC_2)起正向作用,对冰草、止血马唐、糙隐子草起负向作用。2021年和2022年扁蓿豆与冰草和止血马唐的相似性较弱,扁蓿豆与两者的差异性较大,冰草与止血马唐的相似性较强,两者差异较小。

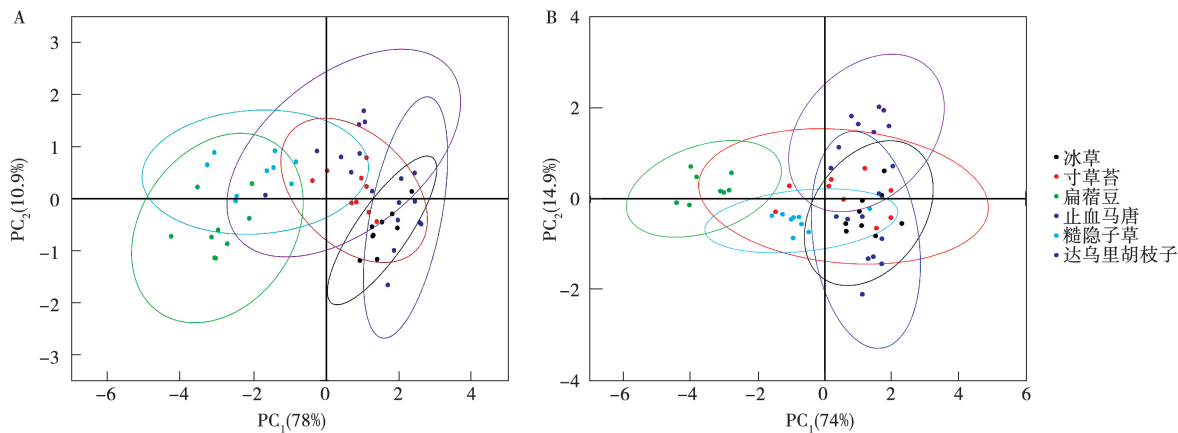


图2 2021年(A)和2022年(B)植物种与营养指标主成分分析分值图

3 讨论

营养品质的高低是评价牧草是否优良的重要指标^[24],其中粗蛋白含量是评价牧草营养价值高低的重要指标之一,其含量高则表明牧草营养品质较高,而纤维含量,尤其是酸性洗涤纤维含量较高,表明牧草可消化养分低,品质较差^[25-26]。本研究中,随着氮肥浓度的增大,生物量及各指标均呈现先升高后降低的趋势,经过一年的施氮,植物的地上干物质总产量和粗蛋白总产量比不施氮的高,且各处理下植物干物质总产量在33.10%~50.88%之间,粗蛋白含量为10.99%~22.79%,按照任继周^[27]植物粗蛋白含量等级划分,本研究中各处理下植物粗蛋白含量均属于中上等水平,结合干物质产量说明施氮肥对提高草地生产力有一定的促进作用。张云等^[28]、李本银等^[29]和王玉琴^[30]等对天然草地进行的施肥试验也表明施肥可显著提高天然草地的生产力和牧草品质。对于两种氮素的交互施入,地上生物量总产量呈先升高后降低的趋势,且提高量为114.86~247.30 g·m⁻²,说明两种氮素的交互施入,在一定范围内也可以提高该草地的生产力。宗宁等^[31]的研究发现单纯施氮肥并不能显著改变植物生产力。这一现象与他人研究有差异,可能是由于样地地区的选择和群落的结构差异所致。另外,Gough等^[32]研究表明草地施肥在提高草地生产力的同时,也会减少植物群落物种数量,降低物种多样性,这也可以解释2022年在各施氮水平下整体粗脂肪含量有

小幅度降低的原因。另外禾本科牧草可以抑制豆科牧草的固氮能力,由于本试验地的建群种为禾本科牧草,所以禾草的相对竞争力较强,抑制了豆科牧草的生长,使得整个植物群落的氮素利用率较低,这一现象与邢越^[33]的研究结果一致。

施氮对一年生植物品质的影响较大,对豆科牧草的品质影响不显著,其原因可能跟豆科牧草自身具有一定的固氮能力有关,外源施加氮素会使氮素利用率降低35%,甚至会抑制豆科牧草的粗蛋白含量,这一现象与陈文新等^[34]的研究内容一致。不同施氮量植物的产量、品质指标存在显著差异,依据简单指标组合不能客观综合评价施氮对哪种植物的营养品质影响较大,而通过主成分降维处理,将原有5个指标转化为2个主成分,依据成分方差累积贡献率数据,确定2021年和2022年2个主成分保有原信息88.960%和89.151%的信息量,依据得分系数得到主成分因子模型和综合得分模型。确定一年生植物止血马唐和多年生植物冰草营养品质最高。通过综合分析确定O₄I₀水平的营养成分产量最高。在O₄I₀时,群落干物质产量、粗蛋白、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量同比增长最大,分别为41.21%、122.00%、84.41%和65.87%。施氮是补充土壤矿质营养成分、提高牧草产量和粗蛋白含量的有效方式^[35]。结合肖祥铭^[36]的研究结果,通过氮肥添加,能够提高该地区单位面积草地上的牧草产量和营养物质含量,经综合分析确定本研究中,在O₄I₀水平时能

明显提高山地草原单位面积的产草量和粗蛋白质等营养物质的总产量,对促进草原生态良性循环发展,提高牧草短期内的营养价值具有深远意义。

4 结论

综上所述,植物的营养成分价值不仅与各营养成分含量有关,还会受到施氮量以及种间关系的影响。通过不同氮添加对两年内主要优势植物营养品质及生物量影响的探究以及不同年份不同处理下主要植物营养价值的主成分分析,可以得到草地植物营养价值大小排序为:止血马唐>冰草>寸草苔>达乌里胡枝子>糙隐子草>扁蓿豆。随着氮素比例的增加,群落内的粗蛋白含量、粗脂肪含量、中性洗涤纤维含量和干物质产量呈先增加后降低的趋势,而酸性洗涤纤维和灰分呈降低趋势。由此可知,在 O_4I_0 水平下(有机态氮 $4\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$),短期的氮添加可以显著增加山地草原植物粗蛋白、粗脂肪和中性洗涤纤维含量,对酸性洗涤纤维、粗灰分和干物质产量影响不显著,施加氮肥可以显著提高禾本科植物的营养价值,对豆科牧草的品质影响不显著。

参考文献:

- [1] 内蒙古通辽市林业和草原局. 保护扎鲁特旗草原筑牢通辽市北部生态安全屏障[J]. 内蒙古林业, 2020(7): 18-20.
- [2] 布仁门德. 内蒙古科尔沁地区草原生态保护与建设研究:以通辽市扎鲁特旗为例[J]. 经济与社会发展研究, 2015(3): 59-60.
- [3] 布仁门德. 发展内蒙古科尔沁草原畜牧经济的有效措施及效益分析:以通辽市扎鲁特旗为例[J]. 消费导刊, 2016(3): 21-21.
- [4] 舒心心, 赵春江. 新时代内蒙古草原生态恢复路径探究:以科尔沁草原为例[J]. 内蒙古民族大学学报(社会科学版), 2020, 46(3): 108-115.
- [5] 才红梅. 青海省原生草地植物营养价值研究综述[J]. 养殖与饲料, 2012(5): 34-35.
- [6] 徐有绪, 魏永林. 环青海湖地区 6 种优势种牧草生长季营养成分变化分析[J]. 青海气象, 2008(4): 31-32, 43.
- [7] 吴克顺, 傅华, 张学英, 等. 阿拉善荒漠草地 8 种牧草营养物质季节动态及营养均衡评价[J]. 干旱区研究, 2010, 27(2): 257-262.
- [8] 张敏, 王晓丽, 马玉寿, 等. 日喀则天然草地 6 种牧草营养成分分析[J]. 青海大学学报, 2021, 39(6): 1-9.
- [9] 王帅, 胡建军, 阿力木别克, 等. 南疆地区小花棘豆的营养成分分析[J]. 草业科学, 2010, 27(5): 136-139.
- [10] 杜书增, 孔嫖嫖, 张秋菊, 等. 紫花苜蓿营养价值的研究进展[J]. 北方牧业, 2021(19): 23-24.
- [11] 武艳娟, 史激光. 锡林郭勒牧草营养成分年际变化及其与气象要素的关系[J]. 内蒙古草业, 2015(2): 10-12.
- [12] 王玲, 施建军, 史慧兰, 等. 氮磷添加对环青海湖高寒草原牧草营养成分和土壤养分的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(12): 3065-3075.
- [13] 陈钰, 薛一凡, 王杰, 等. 利用方式对青藏高原高寒草甸区牧草生长季营养成分的影响[J]. 甘肃农业, 2021(12): 52-56.
- [14] 董景实, 张素珍. 主要植物产量及营养动态的研究[J]. 中

- 国草原, 1981(3): 40-47.
- [15] 李桂萍, 张根生, 巴青松, 等. 杂种小麦品质性状的性状相关和主成分分析[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(9): 1447-1453.
- [16] 黄香, 戴黄山, 文信旺, 等. 样品消煮温度和时间对凯氏定氮法测定牧草粗蛋白含量的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(20): 114-116.
- [17] 赵影, 孙士鹏, 张东辉, 等. 大豆粗脂肪酸价常温浸提法与索氏抽提法比较[J]. 粮油仓储科技通讯, 2021, 37(3): 43-44, 47.
- [18] 时建青, 徐红蕊. 范氏洗涤纤维分析法及其简化法测定 NDF 效果对比[J]. 江西饲料, 2005(3): 15-16.
- [19] MOHAMMAD M J, AYADI M. Forage yield and nutrient uptake as influenced by secondary treated wastewater[J]. Journal of Plant Nutrition, 2005, 27(2): 351-365.
- [20] 吴澎, 贾朝爽, 范苏仪, 等. 樱桃品种果实品质因子主成分分析及模糊综合评价[J]. 农业工程学报, 2018, 34(17): 291-300.
- [21] 李乌日吉木斯, 高欣梅, 乌日力格, 等. 兴安盟地区不同荞麦品种生态适应性研究及主成分分析[J]. 作物研究, 2022, 36(6): 507-513.
- [22] 徐清宇, 余静, 朱大伟, 等. 基于主成分分析和聚类分析的不同水稻品种营养品质评价研究[J]. 中国稻米, 2022, 28(6): 1-8.
- [23] 付娟娟, 益西措姆, 陈浩, 等. 青藏高原高山嵩草草甸优势植物营养成分对放牧的响应[J]. 草业科学, 2013(4): 560-565.
- [24] 郭艳红, 蒲小剑, 蒲小朋, 等. 青海高寒牧区天然草地地上生物量和营养品质的变化规律[J]. 草地学报, 2021, 29(4): 734-742.
- [25] 张春林, 韩向敏, 郎侠, 等. 青藏高原东北缘不同草地类型牧草营养品质动态[J]. 草业科学, 2019, 36(3): 763-771.
- [26] 姜翠霞, 胡长胜, 魏海燕, 等. 夏季模拟放牧对青藏高原冬春草场牧草品质和土壤养分的影响[J]. 草地学报, 2020, 28(5): 1473-1477.
- [27] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [28] 张云, 勒瑞芳, 巩晓兰, 等. 施肥刈割对高寒草甸生产力的影响[J]. 草业与畜牧, 2008, 148(3): 6-9.
- [29] 李本银, 汪金舫, 赵世杰, 等. 施肥对退化草地土壤肥力、牧草群落结构及生物量的影响[J]. 中国草地, 2004(1): 15-18, 34.
- [30] 王玉琴, 宋梅玲, 王宏生, 等. 添加氮素对退化高寒草地植被及营养品质的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(12): 2742-2751.
- [31] 宗宁, 石培礼. 不同类型高寒草地群落结构与生产对施氮的响应及其敏感性[J]. 生态学报, 2020, 40(12): 4000-4010.
- [32] GOUGH L, OSENBERG C W, GROSS K L, et al. Fertilization effects on species density and primary productivity in herbaceous plant communities[J]. Oikos, 2000, 89(3): 428-439.
- [33] 邢越. 施氮对羊草和胡枝子混播种植的产量和品质及芽床的影响[D]. 长春: 东北师范大学, 2019.
- [34] 陈文新, 陈文峰. 发挥生物固氮作用减少化学氮肥用量[J]. 中国农业科技导报, 2004(6): 3-6.
- [35] 梁志霞. 氮肥和刈割对桂牧 1 号杂交象草生理生态特性、产量和品质的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2013.
- [36] 肖祥铭. 利用方式和施氮对多年生牧草产量、品质及氮肥利用的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2023.



陈雪梅,刘骅峻,杨翌,等.盐碱胁迫对苜蓿种子萌发性状的影响及耐盐碱性评价[J].黑龙江农业科学,2024(3):64-70.

盐碱胁迫对苜蓿种子萌发性状的影响及耐盐碱性评价

陈雪梅¹,刘骅峻²,杨翌³,朱琨⁴,李波⁴

(1. 贵州省兴义市第三中学,贵州 兴义 562499; 2. 黑龙江省扎龙国家级自然保护区管理局,黑龙江 齐齐哈尔 161002; 3. 黑龙江省农业科学院 畜牧兽医分院,黑龙江 齐齐哈尔 161005; 4. 齐齐哈尔大学 生命科学与农林学院/抗性基因工程与寒地生物多样性保护黑龙江省重点实验室,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为了研究不同苜蓿品种在硫酸钠盐碱胁迫下的耐受性,筛选抗性强的苜蓿品种,以4种紫花苜蓿品种为试材,研究50,100,150,200和250 mmol·L⁻¹硫酸钠胁迫对紫花苜蓿种子耐盐碱性的影响,并运用隶属函数法对种子萌发期的耐盐碱能力进行综合评价。结果表明,4种苜蓿品种种子在不同浓度硫酸钠胁迫下种子萌发指标(发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数)和芽苗生长指标(胚根长度、胚轴长度、单株鲜重和单株干重)均表现出不同的变化趋势,100 mmol·L⁻¹的盐碱浓度能较好地反映苜蓿品种间的耐盐碱性差异,其中WL343HQ苜蓿种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数的耐盐碱系数最高,分别为44.08,20.00,20.73和20.55,WL343HQ苜蓿芽苗胚根长度、胚轴长度和龙牧806苜蓿芽苗单株鲜重和单株干重的耐盐碱系数最高,分别为49.93,29.38,48.55和69.23。对种子萌发期各指标耐盐碱系数的隶属函数值和综合评价D值分析可知,4种苜蓿品种的耐盐碱性依次为WL343HQ>WL525HQ>龙牧806>龙牧807,本研究选择的4个苜蓿品种对硫酸钠的抗性有较大差异,其中WL343HQ抗盐碱能力最强。

关键词:紫花苜蓿;盐碱胁迫;种子萌发;隶属函数法;综合评价

盐碱胁迫是一种常见的非生物胁迫,主要通过渗透作用和离子毒性抑制种子萌发,极大程度

地限制了植物的生长和发育^[1-2]。在植物生长发育过程中,种子的萌发期是对盐碱胁迫最为敏感

收稿日期:2024-01-25

基金项目:科技创新 2030—重大项目(2022ZD04012);黑龙江省省属高等学校基本科研业务费科研项目(145109312,135409216,YSTSXX201886);2021年大学生创新创业训练计划项目(国家级重点领域,202110232012);2022年黑龙江省大学生创新创业训练计划项目(S202210232024,S202210232026S)。

第一作者:陈雪梅(1989—),女,硕士,中学一级教师,从事生物学研究。E-mail:1047193299@qq.com。

通信作者:李波(1962—),女,学士,教授,从事细胞生物学研究。E-mail:libo1962@163.com。

Effects of Exogenous Nitrogen Addition on Feeding Quality of Main Plants in Mountainous Grassland of Zhalute Banner

SONG Yifan, LIU Zhihao, TAN Guojuan, YAN Baolong, GAO Kai, CONG Longli

(Grass Industry College, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028000, China)

Abstract: In order to promote the rational utilization of grassland, nitrogen addition was continuously carried out in 2021 and 2022, and the indexes of crude protein, crude fiber, crude fat and crude ash of sample plots and main plants were determined. The principal component analysis method was used for quantitative comprehensive evaluation to explore the effect of nitrogen addition on the feeding quality of main plants in mountain grassland. The results showed that the order of nitrogen levels of grassland plants was: *Digitaria ischaemum* > *Agropyron cristatum* > *Carex duriuscula* > *Lespedeza daurica* > *Cleistogenes squarrosa* > *Medicago ruthenica*. Short-term nitrogen addition could significantly increased the contents of crude protein, crude fat and neutral detergent fiber in mountain grassland plants, but had no significant effect on acid detergent fiber, crude ash and dry matter yield. With the increase of nitrogen ratio, the contents of crude protein, crude fat, neutral detergent fiber and dry matter yield in the community increased first and then decreased, while the contents of acid detergent fiber and ash decreased. The application of nitrogen fertilizer can significantly improve the nutritional value of gramineous plants, but has no significant effect on leguminous forage. The nitrogen application rate that could significantly improve the nutritional value was O₄I₀ (organic nitrogen 4 g·m⁻²).

Keywords: exogenous nitrogen; pasture plant; feeding quality; crude protein; coarse fiber; crude fat; coarse ash