DOI:10.16742/j.zgcdxb.20190280

不同刈割频次对旱作混播人工草地群落特征的影响

冯　冰[1],刘志英[2],宝音陶格涛[2],唐海萍[1,*]

(1.北京师范大学地理科学学部地表过程与资源生态国家重点实验室,北京　100875;
2.内蒙古大学生态与环境学院,内蒙古　呼和浩特　010021)

摘要:为了确定人工草地高效生产和稳定持续利用的最佳方案,于 2002～2017 年 8 月中旬(生物量高峰期)刈割前进行刈割频次对羊草(*Leymus chinensis*)+草原 2 号杂花苜蓿(*Medicago varia* Marein. cv. Caoyuan No.2)+无芒雀麦(*Bromus inermis*)混播旱作人工草地群落特征影响的研究。16 年连续刈割划分为刈割前期(第 1～5 年)、中期(第 6～11 年)和后期(第 12～16 年)。结果表明:(1)随着刈割频次的增加,3 种牧草的平均高度、总密度和总地上生物量均降低(不含一年刈割一次);其中,在刈割前期和中期对刈割响应不明显,且有所滞后,在刈割后期响应较为明显。(2)长期刈割使人工草地的地上生物量占比发生明显改变。在刈割前期,各刈割频次下 3 种牧草的总地上生物量占比差异不明显;从刈割中期开始,3 种牧草的总地上生物量占比呈随刈割频次增加而降低的趋势(不含一年刈割一次)。(3)在内蒙古半干旱区羊草+草原 2 号杂花苜蓿+无芒雀麦混播旱作人工草地的长期刈割利用以一年刈割一次为宜。

关键词:人工草地;刈割;群落特征;地上生物量;混播

中图分类号:S812　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1673-5021(2021)03-0010-09

草地生态系统是地球陆地表面最大的生态系统,约占陆地总面积的 25%。我国草地总面积为 3.31×10^6 km^2,约占国土总面积的 41%,其中绝大部分为天然草地,人工(栽培)草地仅占草地总面积的 3.1%[1]。人工草地能分担天然草地的生产压力,弥补天然草地的缺乏,调节草畜矛盾,促进畜牧业的稳定发展。据相关研究分析,在全球范围,人工草地在天然草地中的占比每提升 1%,草地动物的产量就可以提升 4%[2]。

刈割是草地生态系统的主要利用方式之一。相较于放牧,尽管刈割只将植物的地上部分移除、不存在放牧牲畜的粪尿归还与选择性取食的影响[3],但是随着刈割的进行,植物中所含的养分被带走、转化成农畜产品并流出草地生态系统。因此,刈割对草地生态系统的影响不容小觑。相关研究结果表明,不同的留茬高度、刈割频次与刈割时期,不仅会使草地生产力、植被群落组成与群落多样性发生改变[4],同时还会影响草地碳氮循环和土壤呼吸[5～6]。长期高频次的刈割,并且几乎没有对流失掉的养分及时予以补充,致使土壤养分贫瘠、人工草地生产力降低[7]。仲延凯和包青海[8]研究发现,不同刈割处理下羊草的地上生物量均逐渐下降,且明显低于对照,羊草的密度、高度和平均单株重也明显降低。但是,如果完全不进行利用,不仅是对草地资源的浪费,也不利于草地的演替与恢复,还会对草地生产力和植物群落稳定性造成不利影响。长期不利用的草地表面覆盖着较厚的枯枝落叶,不利于植物吸收水分和养分,还会使一些种子接触不到土壤,从而阻碍种子萌发;此外,增加土壤呼吸作用消耗系统能量的同时,凋落物自身的分解也会消耗系统的能量[9]。将刈割频次设置在合理范围内,不仅可以刺激牧草分蘖与再生,提升牧草品质[10],还有利于促进草地生态系统物质循环和能量流动。可见,研究合理的刈割频次对于保持草地高效长久的利用至关重要。

关于不同刈割制度对草地影响的研究已有众多报道,主要集中于对天然草原植物群落特征的影响[11～13],及对人工草地生产力的影响[14～15],而关于不同刈割频次对旱作混播人工草地牧草群落特征长期影响的研究甚少。本文以羊草(*Leymus chinensis*)+草原 2 号杂花苜蓿(*Medicago varia* Marein. cv. Caoyuan No.2)+无芒雀麦(*Bromus inermis*)混播旱作人工草地为研究对象,从 2002 年开始进行刈

*通信作者,E-mail:tanghp@bnu.edu.cn

收稿日期:2019-11-06;**修回日期:**2020-09-15

基金项目:国家牧草产业技术体系(CARS-34)

作者简介:冯冰(1996-),女,内蒙古呼和浩特市人,在读硕士生,研究方向为植被资源与资源生态,E-mail:fengbing1211@126.com.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

割频次试验，探讨刈割频次对旱作混播人工草地牧草高度、密度与地上生物量等群落特征的影响，以期为内蒙古半干旱区的旱作混播人工草地高效生产和稳定持续利用提供适宜的刈割方法。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

研究区位于锡林郭勒盟中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站站前人工草地试验样地。样地的位置为 43° 38′ N、116° 34′ E，海拔为 1200～1220m。该地区属于中温带半干旱大陆性草原气候，年平均气温 0.2℃，夏季温暖而短促，冬季寒冷而漫长，年平均降水量 350mm 左右，降水多集中在 6～8 月，土壤类型为暗栗钙土。本研究区在 1992 年围封之前，一直被用作刈割和放牧用地，羊草为群落的建群种，占平均总产量的(55±15)%，其他主要物种包括高大丛生型禾草大针茅(*Stipa grandis*)和根茎型禾草米氏冰草(*Agropyron michnoi*)，矮小牧草包括丛生型的落草(*Koeleria cristata*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)和根茎型杂草黄囊苔草(*Carex korshinskyi*)，及一些豆科植物[16]。但是由于放牧和刈割，羊草在群落中退居次要地位，而冷蒿(*Artemisia frigida*)变为群落的主要建群种。

1.2　试验设计

研究样地为 1992 年在无灌溉条件下建植的人工草地，总面积为 0.6hm²(100m×60m)，播种了羊草、无芒雀麦和草原 2 号杂花苜蓿 3 种牧草。播种方式为条播，行距为 20cm，深度为 2cm，羊草和无芒雀麦分别与草原 2 号杂花苜蓿间作，播种量分别为 10kg/hm²、20kg/hm² 和 10kg/hm²。播种前施入有机肥后翻地播种。

于 2002 年开始进行不同刈割频次的试验，刈割留茬高度均为 6cm，刈割两次的时间为每年的 6 月 23 日和 9 月 12 日；刈割一次的时间为 8 月 16 日。试验共设 5 个梯度：一年刈割两次(C2)、一年刈割一次(C1)、三年刈割两次(割两年休一年，C2/3)、两年刈割一次(割一年休一年，C1/2)和对照(不进行刈割，CK)，各 5 次重复，每个小区面积为 5m×3m，间隔为 2m，共计 25 个小区，采用拉丁方排列。

1.3　测定内容与方法

于 2002～2017 年 8 月中旬(生物量高峰期)刈割前，采用样方法调查种群高度、密度、地上生物量等群落特征指标，每个小区随机选取 4 个样方，样方大小为 0.25m×0.25m。用卷尺测量样方框中每种植物的高度，用剪刀分种沿地面剪取植株的地上部分(生物量)，并计数(密度)，装入信封内，分别称其鲜重，然后放入 65℃烘箱中烘干至恒重，再称重。

1.4　数据分析

用 Microsoft Excel 2019 对数据进行整理及制图，再用 IBM SPSS Statistics 19 统计分析软件对高度、密度和地上生物量进行处理与时段间的双因素方差分析，用 Duncan's 进行多重比较(P=0.05)。

2　结果与分析

2.1　不同刈割频次对群落特征影响的方差分析

根据不同刈割频次下 2002～2017 年人工草地群落特征的变化，把连续 16 年刈割划分为刈割前期(第 1～5 年)、中期(第 6～11 年)和后期(第 12～16 年)。对这 3 个时段不同刈割频次下 3 种播种牧草的平均高度、总密度和总地上生物量，以及 3 种牧草各自的高度、密度和地上生物量分析表明(表 1、表 2 和表 3)，除了时段与刈割处理交互作用在苜蓿地上生物量上无显著差异，时段间、刈割处理间及时段与刈割处理交互作用在高度、密度和地上生物量指标上均存在不同水平的显著差异。

2.2　不同刈割频次对牧草高度的影响

不同刈割频次下牧草高度有所差异。由图 1 可以看出，在刈割中期和后期，除 C2 处理外，其他 4 种处理下牧草平均高度和羊草高度均无显著差异，这 4 种处理下牧草平均高度、羊草和无芒雀麦的高度在刈割前期和中期之间无显著差异，而刈割后期各处理下牧草平均高度和苜蓿高度均显著低于前期

表 1　刈割频次对高度影响的方差分析

Table 1　Analysis of variance of effects of cutting frequency on height

变异来源 Sources of variation	自由度 Degree of freedom	平均高度 Average height	羊草 *Leymus chinensis*	苜蓿 *Medicago varia*	无芒雀麦 *Bromus inermis*
频次	4	41.832***	51.531***	6.656***	36.131***
时段	2	30.217***	7.948***	50.280***	4.317*
频次×时段	8	4.240***	5.372***	4.810***	3.311**

注：* 表示 P<0.05；** 表示 P<0.01；*** 表示 P<0.001，下同。

Note: * means significant at 0.05 level, ** means significant at 0.01 level, *** means significant at 0.001 level. The same as below.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2　刈割频次对密度影响的方差分析

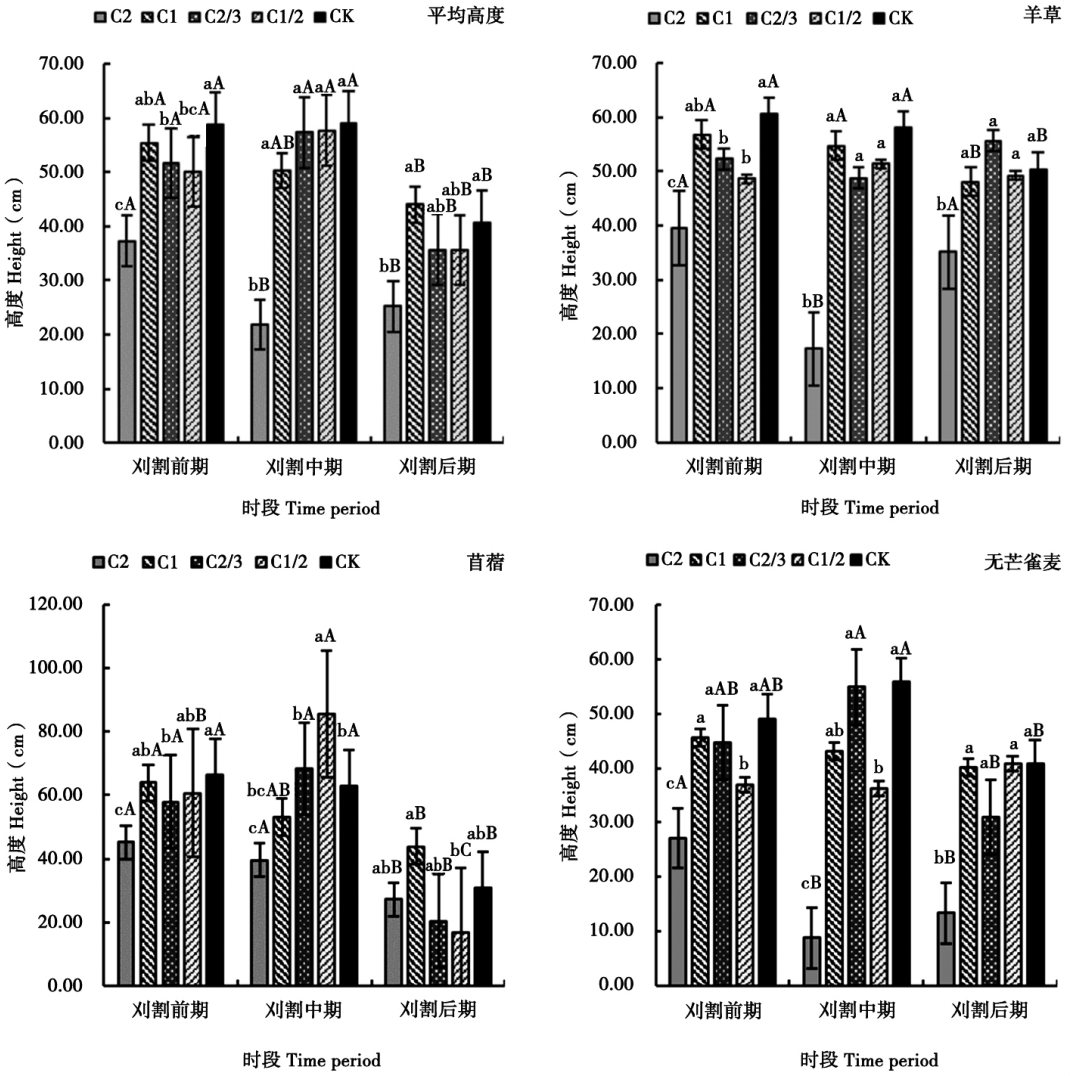
Table 2　Analysis of variance of effects of cutting frequency on density

变异来源 Sources of variation	自由度 Degree of freedom	总密度 Total density	羊草 *Leymus chinensis*	苜蓿 *Medicago varia*	无芒雀麦 *Bromus inermis*
频次	4	9.626***	10.215***	20.558***	14.192***
时段	2	37.368***	39.558***	35.892***	25.605***
频次×时段	8	10.171***	3.358**	4.796***	5.272***

表 3　刈割频次对地上生物量影响的方差分析

Table 3　Analysis of variance of effects of cutting frequency on above-ground biomass

变异来源 Sources of variation	自由度 Degree of freedom	总地上生物量 Total above-ground biomass	羊草 *Leymus chinensis*	苜蓿 *Medicago varia*	无芒雀麦 *Bromus inermis*
频次	4	15.867***	11.100***	4.623**	14.885***
时段	2	33.629***	36.764***	45.153***	14.124***
频次×时段	8	2.882**	2.671**	1.958	3.739***



不同小写字母表示各处理之间存在显著差异(P<0.05)，不同大写字母表示各时段之间存在显著差异(P<0.05)，不存在显著差异则未标注，下同
Different lowercase letters indicate significant differences among treatments at 0.05 level, and different uppercase letters indicate significant differences among time periods at 0.05 level. If there is no significant difference, it is not marked. The same as below

图 1　不同刈割频次下牧草的高度

Fig. 1　Height of forage under different cutting frequencies

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(P<0.05),并且 3 个刈割时段内 C2 处理下牧草平均高度、羊草和无芒雀麦的高度均低于其他 4 种处理(图 1)。

2.3　不同刈割频次对牧草密度的影响

由图 2 可以看出,在刈割前期和中期不同刈割频次处理下牧草总密度均无显著差异,在刈割后期 C2 处理下牧草总密度显著低于其他 4 种处理(P<0.05),C2 处理下刈割后期牧草总密度显著低于前期和中期(P<0.05),而其他 4 种处理下刈割后期牧草总密度显著高于前期(P<0.05);各处理下羊草密度均在刈割中期降低、后期增加,除 C2 处理外刈割后期羊草密度也显著高于前期和中期(P<0.05),并且在刈割中期和后期羊草密度有较为明显的随刈割频次降低而增加的趋势;与羊草密度变化不同,各处理下苜蓿密度均在刈割中期增加、后期降低,除 CK 外,刈割后期苜蓿密度显著低于中期(P<0.05),在刈割前期和中期 C2 处理下苜蓿密度显著高于其他 4 种处理(P<0.05),并且有较为明显的随刈割频次增加而增加的趋势,在刈割后期各处理间无显著差异;除 C2 处理外,无芒雀麦密度随刈割时间呈增加的趋势,在刈割中期,CK 无芒雀麦密度均显著高于其他 4 种处理(P<0.05),而在刈割中期和后期 C2 处理均低于其他 4 种处理(图 2)。

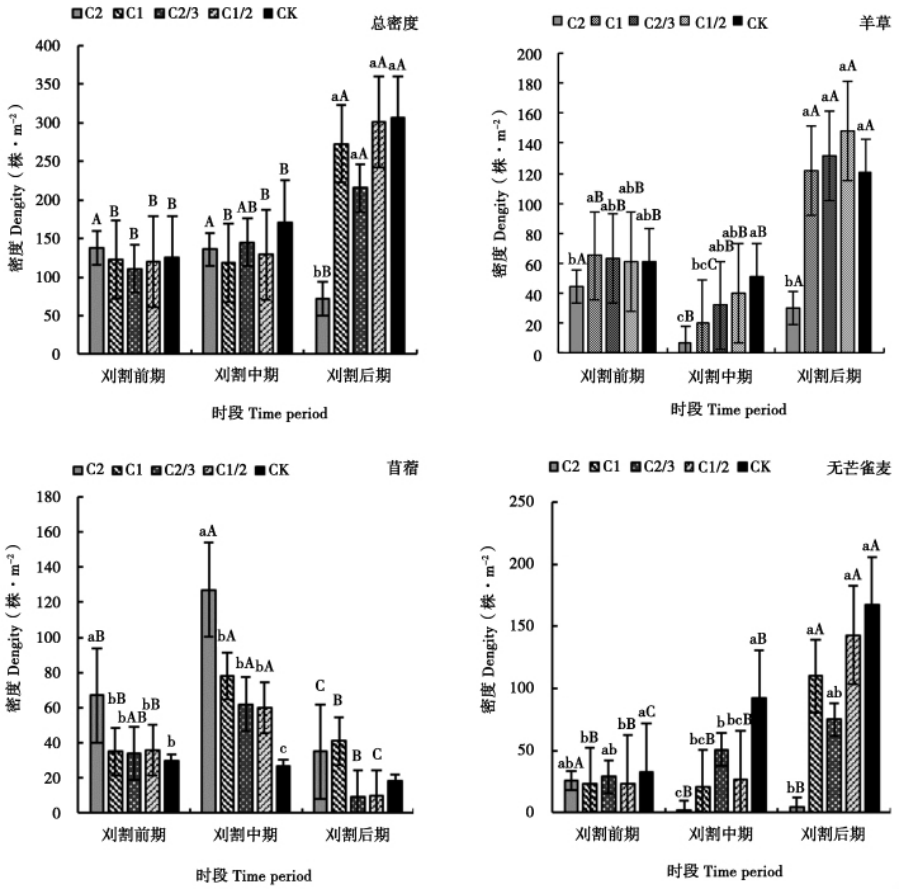


图 2　不同刈割频次下牧草的密度

Fig. 2　Density of forage under different cutting frequencies

2.4　不同刈割频次对牧草地上生物量的影响

在高度和密度的共同影响下,地上生物量的变化与高度和(或)密度的变化一致。由图 3 可以看出,与牧草平均高度和羊草高度相同,3 个刈割时段内 C2 处理下牧草总地上生物量和羊草地上生物量均低于其他 4 种处理;刈割前期-中期-后期 C1 处理下牧草总地上生物量呈增加的趋势,而且除 CK 外,其他处理均是先增加后降低,从刈割前期到中期各处理下牧草总地上生物量均显著增加(P<0.05),与牧草总地上生物量变化相反,在刈割前期-中期-后期各处理下羊草地上生物量均是先降低后增加(不含 CK),苜蓿地上生物量的变化则与牧草总地上生物量的变化趋势一致,羊草和苜蓿地上生物量的变化均与各自密度的变化基本一致;在刈割中期,

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

与羊草密度相同，羊草地上生物量也随刈割频次降低而增加；与苜蓿密度相同，在刈割后期，各处理下苜蓿地上生物量也均无显著差异，CK 苜蓿地上生物量在刈割前期、中期、后期无显著变化；从刈割前期到后期，与无芒雀麦密度相同，CK、C1/2 和 C1 处理下无芒雀麦地上生物量显著增加（P＜0.05），C2 处理下无芒雀麦地上生物量显著降低（P＜0.05），C2/3 处理下无芒雀麦地上生物量无显著变化（图 3）。

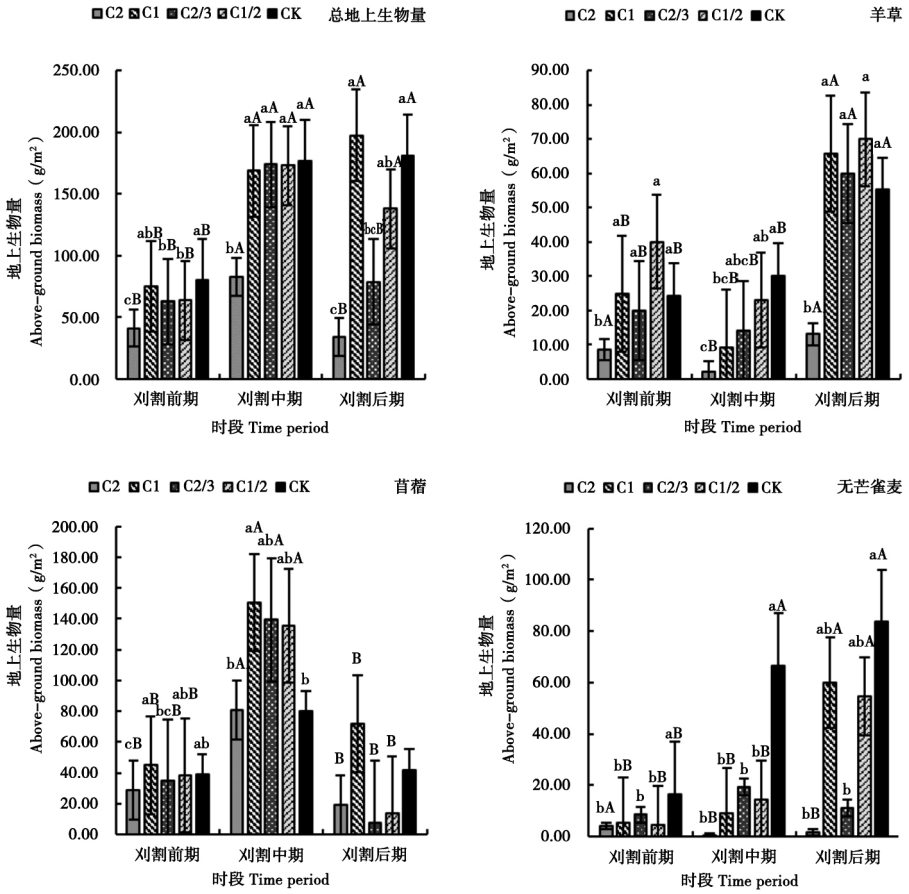


图 3　不同刈割频次下牧草的地上生物量

Fig. 3　Above-ground biomass of forage under different cutting frequencies

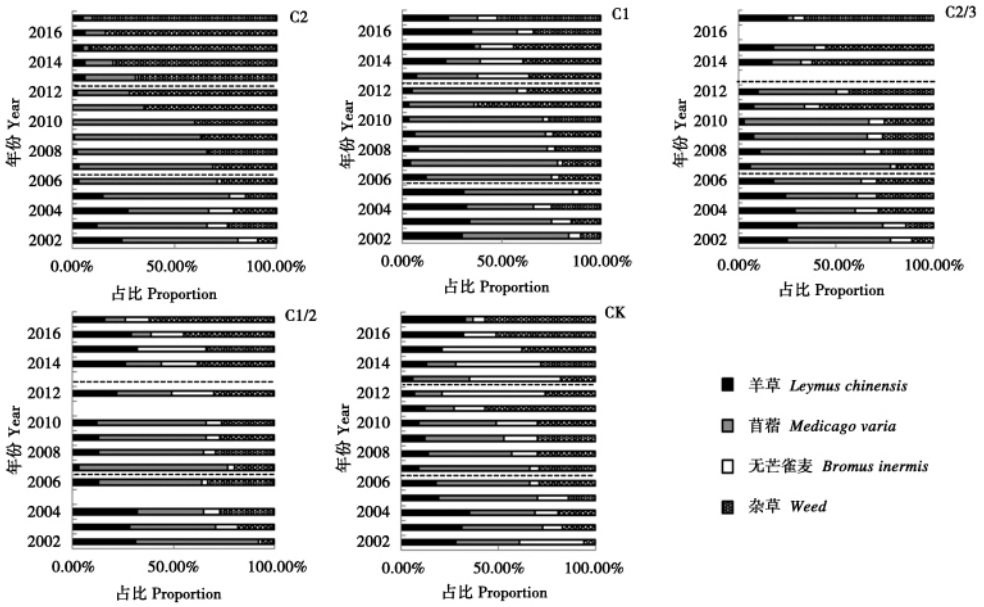
经过 16 年的刈割试验，各处理均表现出杂草（非播种牧草）比例上升，牧草比例下降的特点（图 4）。C2、C1、C2/3、C1/2 和 CK 处理下的杂草地上生物量占比每年平均增长 16.59%、11.62%、12.69%、16.85%和 16.19%，牧草地上生物量占比每年平均下降 13.69%、4.10%、6.21%、5.86%和 5.08%。

不同刈割频次能够明显改变人工草地的地上生物量占比。其中，C2 处理下牧草比例下降最快的同时，杂草比例上升也最快。在刈割前期，各处理下 3 种牧草占比差异均不明显；在刈割中期和后期，C2 处理下羊草和无芒雀麦的地上生物量占比均明显低于其他 4 种处理，而苜蓿的地上生物量占比高于 CK。刈割前期-中期-后期，各处理下羊草地上生物量占比先降低后增加，除 C2 处理外，其他 4 种处理下的羊草地上生物量占比均在后期恢复至前期的水平；在刈割前期和中期，各处理下苜蓿的地上生物量占比在 3 种播种牧草中最高，在刈割后期明显下降；C2 处理下无芒雀麦的地上生物量占比明显降低，在刈割中期和后期降至 1.00%以下。

3　讨论

刈割频次是影响人工草地牧草群落特征的一个重要因素，以适宜的频次进行刈割，有利于促进牧草再生，进而能够实现增加人工草地产量的目的[17]。本研究结果显示，随着刈割频次的增加，3 种牧草平均高度、总密度和总地上生物量均呈降低趋势（不含一年刈割一次），这与仲延凯和包青海[8]对短期（5 年）刈割以及徐慧敏等[12]对长期（14 年）刈割的研究结果一致。在对草地进行刈割的过程中，随着刈割

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



图中虚线表示对刈割前期、中期和后期的划分

In the figure, the dotted lines show the division of early, middle and late cutting stage

图 4　不同刈割频次下牧草和杂草的地上生物量占比

Fig. 4　Above-ground biomass proportion of forage and weed under different cutting frequencies

频次的增加，植株的产量性状（高度、叶数、叶片长度和叶下茎高等）逐渐降低，从而导致群落总地上生物量降低；其次，长期刈割会使地表枯落物减少，牧草密度降低并矮小化，根系活动减弱，土壤含水量和呼吸速率降低[18]，造成群落总地上生物量降低。此外，羊草和无芒雀麦作为本试验人工草地的两种播种牧草，在总地上生物量、总密度和平均高度中占有较大比重，羊草和无芒雀麦种群特征的变化，会影响该人工草地群落特征的变化，而相关研究解释了增加刈割频次不利于这两种牧草生长的原因：肖红等[19]研究发现不刈割处理的羊草和无芒雀麦茎基和根部在停止生长前贮藏一定的营养物质，增加刈割频次会抑制羊草和无芒雀麦根部和茎基营养物质的贮存，赵萌莉等[20]的研究也发现，随着刈割频次的增加，牧草贮存营养物质的含量呈降低的趋势，一年内反复刈割耗费了大量贮存的营养物质，也会对牧草生长后期营养物质的累积造成不利影响，从而影响牧草越冬存活以及翌年返青。

在本试验的刈割前期和中期，3 种牧草的平均高度、总密度和总地上生物量对增加刈割频次的响应不明显，这与薛文杰等[11]对短期（3 年）刈割的研究结果相似。苜蓿作为本试验人工草地的其中一种播种牧草，再生性能好，刈割可以增加再生枝条数，在高频次刈割时会通过增加再生枝条数来缓解植株矮小化的问题，使其产量不受刈割频次影响[14]，从而可以抵消一部分因增加刈割频次对降低这 3 种牧草的平均高度、总密度和总地上生物量的影响。但是与短期刈割不同的是，本研究在长期（16 年）刈割试验中发现，牧草对增加刈割频次的响应有所滞后。相关研究解释了产生这种滞后效应的原因：刈割会带走土壤中营养成分，连年刈割势必将导致草地养分循环失衡[21]，曾希柏和刘更另[22]研究发现土壤全氮、速效磷、速效钾及有机质的含量均随刈割频次的增加而降低。随着刈割的进行，到刈割后期不同刈割频次下土壤养分含量差异已经十分明显，3 种播种牧草的平均高度、总密度和总地上生物量对增加刈割频次的响应也较为明显。因此，建议在人工草地建植 4～5 年后施肥，保持土壤养分输入与输出的平衡，有助于稳定持续增加草地产量，防止草地退化。

本研究还发现长期刈割会使人工草地的地上生物量占比发生明显改变。在草地刈割过程中，耐刈割的物种种群相应增加，使种群地上生物量增加，不耐刈割的物种种群密度减少或种群消失，导致种群地上生物量降低，从而使植物群落结构发生变化[23]。有研究表明，杂花苜蓿＋无芒雀麦混播群落随着草层年龄和刈割频次的增加，苜蓿在混播草层的产量组分比递增，而无芒雀麦产量组分比递

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

减[24]。本试验中耐刈割牧草(苜蓿)与不耐刈割牧草(羊草和无芒雀麦)的地上生物量此消彼长,所以在刈割前期各处理下 3 种牧草的总地上生物量占比的差异不明显。但是从刈割中期开始,3 种牧草的总地上生物量占比呈随刈割频次增加而降低的趋势,由于到了刈割中期杂草的地上生物量已占有一定比重,人工草地的播种牧草会被养分能力竞争强的、耐贫瘠的杂草所排斥,导致牧草产量下降[25]。刈割利用次数过多会造成人工草地牧草生活力下降,却可以促进贮藏积累营养物质较快的杂草的再生长,同时,利用周期过长也会促进一些高大类杂草的生长、发育与繁殖,还会使一些一年生杂草得到种子繁殖的机会[26]。因此,建议在人工草地建植早期应适当清除杂草,有利于牧草的生长发育,提升牧草的品质与产量,以及延长人工草地的使用寿命。

人工草地牧草总地上生物量的变化是平均高度和总密度变化的集中体现,并且构建人工草地的目的是为了可以稳定持续地获取优质高产的牧草,所以将 3 种牧草总地上生物量作为评价的最主要因素。因此,本研究认为内蒙古半干旱区羊草＋草原 2 号杂花苜蓿＋无芒雀麦混播旱作人工草地的长期利用以一年刈割一次为宜。但也有一些研究发现,来年刈割对植物根际土壤养分供给及土壤分解者的活性更加有利[27],邵玉琴等[28]研究得出,适宜的刈割频次有利于土壤微生物的繁殖和植物根系的发育和生长,并根据不同刈割频次处理下土壤微生物数量和植物地下生物量的变化,提出两年刈割一次是较为合理的刈割频次。本研究只针对刈割频次对人工草地群落地上部分的影响,今后需进一步研究刈割对草地群落地下部分、土壤理化性质及微生物数量等的影响,进而探究旱作混播人工草地长期利用适宜的刈割频次。

4　结论

4.1　随着刈割频次的增加,3 种牧草的平均高度、总密度和总地上生物量均降低(不含一年刈割一次);其中,在刈割前期和中期对刈割响应不明显,且有所滞后,在刈割后期响应较为明显。

4.2　长期刈割使人工草地的地上生物量占比发生明显改变。在刈割前期,各处理下 3 种牧草的总地上生物量占比差异并不明显;从刈割中期开始,3 种牧草的总地上生物量占比呈随刈割频次增加而降低的趋势(不含一年刈割一次)。

4.3　内蒙古半干旱区羊草＋草原 2 号杂花苜蓿＋无芒雀麦混播旱作人工草地的长期刈割利用以一年刈割一次为宜。

参考文献 (References):

[1]　李建东，方精云. 中国草地生态保障与食物安全战略研究(第 3 卷)[M]. 北京：科学出版社，2017.
Li Jiandong, Fang Jingyun. China grassland ecological security and food safety strategy research (Vol. 3)[M]. Beijing: *Science Press*, 2017.

[2]　杨俊岗，赵丰华. 人工草地的综合作用及效益[J]. 中国农业文摘，2004，20(6)：25.
Yang Jungang, Zhao Fenghua. Comprehensive effect and benefit of artificial pasture[J]. *Chinese Agricultural Digest*, 2004, 20(6): 25.

[3]　张峰，杨阳，乔荠瑢，等. 利用方式对大针茅草原植物多样性、功能性状及地上生物量的影响[J]. 中国草地学报，2019，41(1)：1-8.
Zhang Feng, Yang Yang, Qiao Jirong, et al. Effects of utilization ways on species diversity, functional traits and aboveground biomass in *Stipa grandis* steppe[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2019, 41(1): 1-8.

[4]　王海东，张璐璐，朱志红. 刈割、施肥对高寒草甸物种多样性与生态系统功能关系的影响及群落稳定性机制[J]. 植物生态学报，2013，37(4)：279-295.
Wang Haidong, Zhang Lulu, Zhu Zhihong. Effects of clipping and fertilizing on the relationships between species diversity and ecosystem functioning and mechanisms of community stability in alpine meadow[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2013, 37(4): 279-295.

[5]　杨惠敏，王振南，吉春荣. 刈割和放牧后牧草碳氮动态研究进展[J]. 中国草地学报，2013，35(4)：102-109.
Yang Huimin, Wang Zhennan, Ji Chunrong. Research progress in the dynamics of carbon and nitrogen in forages after cutting and grazing[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2013, 35(4): 102-109.

[6]　袁飞，赵敏，戎郁萍，等. 刈割耙除对草地土壤呼吸的影响[J]. 草地学报，2012，20(4)：637-642.
Yuan Fei, Zhao Min, Rong Yuping, et al. Effect of raking on grassland soil respiration[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, 20(4): 637-642.

[7]　包青海，宝音陶格涛，仲延凯，等. 不同轮割制度对典型草原主要种群的影响[J]. 应用生态学报，2005，16(12)：2333-2338.
Bao Qinghai, Baoyin Taogetao, Zhong Yankai, et al. Effects of different cutting system on main typical steppe populations in Inner Mongolia[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(12): 2333-2338.

[8]　仲延凯，包青海. 割草对人工羊草草地群落与主要种群数量特征的影响[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版)，1991，22(1)：107-118.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Zhong Yankai, Bao Qinghai. Effect of mowing on the quantitative character of the community and main populations of the seeded *Aneurolepidium chinense* grassland[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Intramongolicae*, 1991, 22(1): 107-118.

[9] 刘美玲，宝音陶格涛，杨持，等. 不同轮割制度对内蒙古大针茅草原群落组成的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版)，2007，43(1)：83-87.
Liu Meiling, Baoyin Taogetao, Yang Chi, et al. Effect of mowing systems on composition of *Stipa grandis* community in Inner Mongolia steppe[J]. *Journal of Beijing Normal University(Natural Science)*, 2007, 43(1): 83-87.

[10] 王德平，陈万杰，赵天启，等. 刈割对大针茅草原产量和牧草营养品质的影响[J]. 中国草地学报，2019，41(1)：89-93.
Wang Deping, Chen Wanjie, Zhao Tianqi, et al. Effects of cutting regime on yield and nutritional value of *Stipa grandis* steppe[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2019, 41(1): 89-93.

[11] 薛文杰，陈万杰，古琛，等. 不同刈割方式对大针茅草地群落特征和生物多样性的影响[J]. 中国草地学报，2015，37(5)：40-45.
Xue Wenjie, Chen Wanjie, Gu Chen, et al. Effect of different cutting pattern on community characteristics and species diversity in *Stipa grandis* grassland[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2015, 37(5): 40-45.

[12] 徐慧敏，白天晓，安娜，等. 不同刈割制度对典型草原羊草功能性状的影响[J]. 中国草地学报，2016，38(6)：60-65.
Xu Huimin, Bai Tianxiao, An Na, et al. Effect of different cutting system on *Leymus chinensis* functional traits[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2016, 38(6): 60-65.

[13] 杨阳，贾丽欣，乔茅瑢，等. 短期刈割对大针茅草地群落特征和植物多样性的影响[J]. 中国草地学报，2019，41(3)：38-44.
Yang Yang, Jia Lixin, Qiao Jirong, et al. Effect of mowing patterns on community characteristics and plant diversity in *Stipa grandis* steppe[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2019, 41(3): 38-44.

[14] 包乌云，赵萌莉，红梅，等. 刈割对人工草地产量和补偿性生长的影响[J]. 中国草地学报，2015，37(5)：46-51.
Bao Wuyun, Zhao Mengli, Hong Mei, et al. Effect of cutting on yield and compensatory growth of artificial pasture[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2015, 37(5): 46-51.

[15] 包乌云，古琛，薛文杰，等. 不同刈割频次下老芒麦和草地雀麦的生产力形成机制[J]. 草地学报，2017，25(2)：395-400.
Bao Wuyun, Gu Chen, Xue Wenjie, et al. Productivity formation mechanism of *Elymus sibiricus* and *Bromus riparius* pasture under different mowing times[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(2): 395-400.

[16] Baoyin T, Li F Y, Bao Q, et al. Effects of mowing regimes and climate variability on hay production of *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev grassland in northern China [J]. *Rangeland Journal*, 2014, 36(6): 593-600.

[17] 丁成龙，顾洪如，许能祥，等. 不同刈割期对多花黑麦草饲草产量及品质的影响[J]. 草业学报，2011，20(6)：186-194.
Ding Chenglong, Gu Hongru, Xu Nengxiang, et al. Effect of cutting time on the biomass production and forage quality of *Lolium multiflorum*[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(6): 186-194.

[18] 万志强，杨九艳，闫玉龙. 不同刈割频度对大针茅草原土壤呼吸及其土壤因子的影响[J]. 草业学报，2017，26(7)：225-231.
Wan Zhiqiang, Yang Jiuyan, Yan Yulong. Effects on soil respiration and soil factors of different mowing frequency on *Stipa grandis* steppe[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(7): 225-231.

[19] 肖红，杨合龙，戎郁萍，等. 刈割对草甸草原羊草、无芒雀麦再生和碳水化合物含量的影响[J]. 草业科学，2018，35(9)：2201-2209.
Xiao Hong, Yang Helong, Rong Yuping, et al. Effect of clipping on the regrowth and carbohydrate content of *Leymus chinensis* and *Bromus inermis* in meadow steppes[J]. *Pratacultural Science*, 2018, 35(9): 2201-2209.

[20] 赵萌莉，许志信，马春梅，等. 年内多次刈割对牧草贮藏养分的影响[J]. 内蒙古农牧学院学报，1999，20(1)：13-16.
Zhao Mengli, Xu Zhixin, Ma Chunmei, et al. Effect of clipping on carbohydrate reserve in underground parts of grasses[J]. *Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture & Animal Husbandry*, 1999, 20(1): 13-16.

[21] 展春芳. 牧草产量与品质对不同刈割期和留茬高度及刈割年限的响应[D]. 呼和浩特：内蒙古农业大学，2012.
Zhan Chunfang. Response of pasture yield and quality for different mowing period and different istublde height and different years[D]. Hohhot: *Inner Mongolia Agricultural University*, 2012.

[22] 曾希柏，刘更另. 刈割对植被组成及土壤有关性质的影响[J]. 应用生态学报，2000，11(1)：57-60.
Zeng Xibo, Liu Gengling. Effect of cutting on vegetation composition and soil properties[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(1): 57-60.

[23] Altesor A, Oesterheld M, Leoni E, et al. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland [J]. *Plant Ecology*, 2005, 179(1): 83-91.

[24] 张永亮. 杂花苜蓿＋无芒雀麦混播群落种群生理生态和稳定性研究[D]. 兰州：甘肃农业大学，2005.
Zhang Yongliang. The physiological-ecological responses and its stability of mixture grassland of *Medicago* and *Bromus inermis*[D]. Lanzhou: *Gansu Agricultural University*, 2005.

[25] 王普昶，牟琼，王晓力，等. 贵州黑麦草人工草地杂草入侵对刈割强度的响应[J]. 中国草地学报，2011，33(4)：117-120.
Wang Puchang, Mou Qiong, Wang Xiaoli, et al. Response of weed invasion to mowing intensity in *Lolium perenne* artificial pasture[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2011, 33(4): 117-120.

[26] 卢寰宗. 刈割强度对控制白三叶人工草地杂草生长的效果研

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

究[J]. 牧草与饲料，2012，6(2)：20-22.
Lu Huanzong. Effect of mowing intensity on controlling the growth of weeds in *Trifolium repens* artificial grassland[J]. *Journal of Forage & Feed*，2012，6(2)：20-22.
[27] 张微微，杨劼，宋炳煜，等. 刈割对草原化荒漠区驼绒藜(*Krascheninnikovia ceratoides*)根际土壤特性的影响[J]. 生态学报，2016，36(21)：6842-6849.
Zhang Weiwei，Yang Jie，Song Bingyu，et al. Impacts of moving on the rhizosphere soil properties of *Krascheninnikovia ceratoides* in the steppe desert[J]. *Acta Ecologica Sinica*，2016，36(21)：6842-6849.
[28] 邵玉琴，赵吉，刘钟龄，等. 割草频率对土壤微生物数量和植物地下生物量的影响[J]. 生态学杂志，2006，25(10)：1191-1195.
Shao Yuqin，Zhao Ji，Liu Zhongling，et al. Effects of mowing frequency on soil microbial quantity and plant underground biomass in *Leymus chinensis* steppe[J]. *Chinese Journal of Ecology*，2006，25(10)：1191-1195.

Effects of Mowing Frequency on Community Characteristics of Dry Mixed Sowing Artificial Pasture

FENG Bing[1]，LIU Zhi-ying[2]，Baoyin Taogetao[2]，TANG Hai-ping[1]

(1.*State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology*，*Faculty of Geographical Science*，*Beijing Normal University*，*Beijing* 100875，*China*；2. *School of Ecology and Environment*，*Inner Mongolia University*，*Hohhot* 010021，*China*)

Abstract：The effects of mowing frequency on community characteristics of artificial pasture were explored to determine the best scheme for the efficient production and sustainable utilization of dry mixed sowing artificial pasture (*Leymus chinensis* + *Medicago varia* Marein. cv. Caoyuan No.2 + *Bromus inermis*). The 16 years of continuous mowing were divided into three stages，including early mowing stage (1st ～ 5th year)，middle mowing stage (6th ～ 11th year) and late mowing stage (12th ～ 16th year). The results showed that with the increase of mowing frequency，the average plant height and total density，and total aboveground biomass of the three forages were decreased (excluding mowing once a year). Among three stages，the response to mowing was not significant or even lagged behind in the early and middle stages of mowing. While the response was more significant in the late stage of mowing. Furthermore，the aboveground biomass proportion of artificial grassland was significantly changed after long-term mowing. In the early stage of mowing，there was no significant difference in the proportion of aboveground biomass of the three forages under different mowing frequencies. From the middle stage of mowing，the proportion of total aboveground biomass of the three forages showed a trend of decreasing with the increase of mowing frequency (excluding mowing once a year). Lastly，in the semi-arid region of Inner Mongolia，it is advisable to mowing once a year for the long-term utilization of the dry acritical pasture mixed with *Leymus chinensis* + *Medicago varia* Marein. cv. Caoyuan No.2 + *Bromus inermis*.

Key words：Artificial pasture；Mowing；Community characteristics；Aboveground biomass；Mixed sowing

【责任编辑　吴　尧】

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net