



应用CNCPS体系评定不同刈割茬次珍珠谷草营养价值

王多伽 赵洛冰 张鑫 张丽萍 宣智文 赵云辉 刘笑笑

Evaluation of nutritional value of different cuts of Canada *Pennisetum glaucum* stubble using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System

WANG Duoja, ZHAO Luobing, ZHANG Xin, ZHANG Liping, XUAN Zhiwen, ZHAO Yunhui, LIU Xiaoxiao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2024-0199>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同含水量和添加剂对辣椒秸秆青贮品质及营养价值的影响

Effects of different moisture content and additives on the quality and nutritional value of pepper straw silage

草业科学. 2024, 41(10): 2435 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0363>

内蒙古半干旱冷凉地区燕麦与箭豌豆混播生产性能及营养价值评价

Comprehensive evaluation of the productivity and quality of *Avena sativa* and *Vicia sativa* mixed sowing in semiarid and cold regions in Inner Mongolia

草业科学. 2024, 41(5): 1189 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0167>

利用隶属函数法分析和评价不同生育期和贮藏时间的饲用谷子品质

Analysis and evaluation of forage millet quality under different fertility and storage times using the membership function method

草业科学. 2023, 40(1): 200 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0201>

育龄及刈割频次对栽培甘草营养成分及消化率的影响

Effects of growth years and cutting times on nutrient composition and digestibility of cultivated *Glycyrrhiza uralensis*

草业科学. 2022, 39(11): 2317 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0421>

盐生植物盐爪爪种子营养成分评价

Evaluation of the nutrient components in seeds of the halophyte *Kalidium foliatum*

草业科学. 2022, 39(7): 1399 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0458>

干热区紫花苜蓿的生产性能和营养价值评价

Evaluation of productivity performance and nutritional value of *Medicago sativa* in the dry-hot valleys

草业科学. 2024, 41(1): 117 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0984>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2024-0199

王多伽, 赵洛冰, 张鑫, 张丽萍, 宣智文, 赵云辉, 刘笑笑. 应用 CNCPS 体系评定不同刈割茬次珍珠谷草营养价值. 草业科学, 2024, 41(12): 2954-2963.

WANG D J, ZHAO L B, ZHANG X, ZHANG L P, XUAN Z W, ZHAO Y H, LIU X X. Evaluation of nutritional value of different cuts of Canada *Pennisetum glaucum* stubble using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. Pratacultural Science, 2024, 41(12): 2954-2963.

应用 CNCPS 体系评定不同刈割茬次 珍珠谷草营养价值

王多伽¹, 赵洛冰¹, 张鑫¹, 张丽萍², 宣智文³, 赵云辉¹, 刘笑笑¹

(1. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), 吉林 长春 130033; 2. 吉林市农业科学院(吉林市农产品质量监督检验中心), 吉林 吉林 132002; 3. 长春博瑞科技股份有限公司, 吉林 长春 130114)

摘要: 加拿大珍珠谷草(*Pennisetum glaucum*)是一种新型牧草品种,为科学判定其饲用价值,深入探讨珍珠谷草作为反刍家畜青粗饲料潜力,本研究通过对珍珠谷草进行多次刈割,对比不同刈割茬次牧草产量和品质,并利用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS)体系对其蛋白质组分和碳水化合物组分计算分析。结果显示:珍珠谷草第2茬次全株、茎干物质含量显著大于第1茬次($P < 0.05$),叶粗蛋白含量最高(22.46%),大于第1茬次($P < 0.05$),茎木质素含量为5.40%,显著小于第1茬次($P < 0.05$),第2茬次珍珠谷草品质更好。CNCPS体系组分中:第2茬次酸性洗涤不溶蛋白含量大于第1茬次($P < 0.05$),可溶性粗蛋白、淀粉含量小于第1茬次($P < 0.05$),珍珠谷草第1茬次碳水化合物组分和蛋白质组分快速降解部分含量较高,第2茬次主要以中速降解部分为主。应用CNCPS体系不仅可以精确评价牧草营养价值,还能侧面反映出动物对牧草的利用情况。

关键词: 珍珠谷草; 青粗饲料; 刈割茬次; 蛋白质组分; 碳水化合物组分; 产量品质; 综合评价

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2024)12-2954-10

Evaluation of nutritional value of different cuts of Canada *Pennisetum glaucum* stubble using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System

WANG Duoqia¹, ZHAO Luobing¹, ZHANG Xin¹, ZHANG Liping², XUAN Zhiwen³, ZHAO Yunhui¹, LIU Xiaoxiao¹

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences (Northeast Agricultural Research Center of China), Changchun 130033, Jilin, China; 2. Jilin City Academy of Agricultural Sciences (Jilin Agricultural Product Quality Supervision and Inspection Center), Changchun 132002, Jilin, China; 3. Changchun Borui Science and Technology Co., Ltd, Changchun 130114, Jilin, China)

Abstract: *Pennisetum glaucum* is a new type of grass variety. The aim of this study was to determine the feed value of *P. glaucum*. The potential of *P. glaucum* as ruminant forage is discussed in depth. The yield and quality of forage were compared using multiple cuts of *P. glaucum*, and the protein and carbohydrate components were analyzed using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). The results showed that the dry matter content of the whole plant and stem was higher in the second crop than in the first crop ($P < 0.05$), and the crude protein content was highest in the leaves (22.46%), with significantly higher content in the second crop ($P < 0.05$). The acid detergent lignin content in stems in the

收稿日期: 2024-04-03 接受日期: 2024-06-20

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20220202050NC); 吉林市科技创新发展计划项目(20230503032); 吉林省农业科技创新工程项目(CXGC202303GH)

第一作者: 王多伽(1987-),女,吉林长春人,助理研究员,硕士,研究方向为饲料品质评价。E-mail: 198927203@qq.com

通信作者: 刘笑笑(1984-),女,吉林长春人,副研究员,硕士,研究方向为畜产品质量安全与品质评价。E-mail: 843202215@qq.com

共同通信作者: 张丽萍(1966-),女,吉林吉林人,研究员,本科,研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: zlp0620@yeah.net

second crop was 5.40%, which was lower than that in the first crop ($P < 0.05$). The quality of *P. glaucum* was better in the second crop than the first crop. In the components of the CNCPS, the content of acidic-detergent-insoluble protein was higher in the second crop than in the first crop ($P < 0.05$), whereas the soluble protein and starch content were lower than in the second crop than the first crop ($P < 0.05$). The rapid degradation of protein and carbohydrate components was higher in the first crop, while medium degradation was the main type in the second crop. The application of the CNCPS accurately evaluated the nutritional value of forage and reflected the utilization of forage by animals.

Keywords: *Pennisetum glaucum*; green roughage; cutting stubble; protein components; carbohydrate components; yield and quality; comprehensive evaluation

Corresponding author: ZHANG Liping E-mail: zlp0620@yeah.net

LIU Xiaoxiao E-mail: 843202215@qq.com

加拿大杂交珍珠谷草 (*Pennisetum glaucum*) 是禾本科狼尾草属一年生草本植物, 是由加拿大欧姆博士培育的三系杂交优质饲草品种, 其喜酸性土壤, 具有抗干旱、抗倒伏等特点。加拿大杂交珍珠谷草草质柔软, 叶茎比大, 适口性好, 产量高, 杂种优势明显, 是一种优质饲草品种。该品种通过吉林省外专项目引进, 在吉林省中东部地区试种初步成功, 并通过了 2021 年度吉林省草品种审定。对加拿大珍珠谷草进行饲草营养价值评定, 对于丰富吉林省地区饲草资源、青粗饲料利用和畜牧业持续发展具有重要意义。

饲草的营养价值取决于其化学成分含量、消化率及消化程度, 目前饲草营养价值评价体系主要采用 Weende 系统分析法、VanSoest 体系分析法^[1]。Weende 分析法即概略养分分析法, 该方法将饲草营养分为粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、无氮浸出物和水分 6 类, 这些指标只能简单粗略地反映出饲草的化学营养成分, 并不能体现出动物对饲草的利用情况。VanSoest 体系分析法将粗纤维进行了细划, 引入中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、木质素等指标, 可在一定程度上反映出动物采食量、消化率等情况^[2]。反刍动物消化生理机制具有特殊性, 通过瘤胃, 利用可发酵碳水化合物和瘤胃可降解蛋白满足自身对能量和蛋白质的需求。因此, 常规的评价方法不能反映出反刍动物对青粗饲料实际的消化利用情况, 很难全面客观地评价饲草的营养价值。康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系 (Cornell Net Carbohydrate and Protein System, CNCPS) 由美国康奈尔大学研究人员建立^[3], 该体系是基于饲草常规营养结合反刍动物体内物质消化规律, 将饲草营养成分划分为蛋白质组分和碳水化合物组分, 并将每

一组分细分为快速降解部分、中速降解部分、慢速降解部分和不可利用部分。应用 CNCPS 体系对饲草营养价值进行评价, 其分析结果更具参考价值。

刈割是牧草生产管理的主要方式之一, 刈割可以通过植物补偿性生长和均衡性生长影响牧草的产量和品质^[4-6]。不同牧草品种, 生长特性不同, 对刈割的反应也有所不同^[7]。目前, 对加拿大珍珠谷草产量和营养价值的研究尚未见报道。为此, 依据珍珠谷草一年可进行多次刈割的特性, 对珍珠谷草进行刈割处理, 采用 CNCPS 体系对珍珠谷草不同刈割茬次, 牧草全株、茎、叶蛋白质组分和碳水化合物组分进行分析, 并对饲草进行综合营养价值评价, 旨在为反刍动物青粗饲料资源创新和利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试材料为加拿大珍珠谷草, 播种于吉林市农业科学院试验地。因珍珠谷草分蘖力强, 采取单株留苗, 株距 10~12 cm。播种量为 5~7.5 kg·hm⁻²。苗前, 采用草胺膦和莠去津 (3000~4000 mL·hm⁻²) 进行土壤封闭处理, 苗后用莠去津 4000 mL·hm⁻² 进行除草, 其他田间管理同当地大田生产管理。

1.2 样品的采集与制备

在珍珠谷草拔节期, 抽穗前进行不同茬次的刈割。为适应吉林地区气候条件, 兼顾产量和品质, 刈割间隔选在 30 d, 分别于 2022 年 7 月 15 日和 8 月 15 日进行刈割, 由于第 2 次刈割后, 珍珠谷草生长缓慢, 株高过低, 从经济效益角度考虑, 不建议进行第 3 次刈割。刈割详情如表 1 所列。在试验小

表1 不同茬次刈割处理
Table 1 Different stubble cutting treatments

刈割茬次 Stubble cutting	刈割时间 Cutting time/(YYYY-MM-DD)	物候期 Phenological period	株高 Height/m	单株叶片数 Number of blades per plant
第1次刈割 First cutting	2022-07-15	拔节期 Jointing stage	1.5~1.6	9~10
第2次刈割 Second cutting	2022-08-15	拔节期 Jointing stage	1.6~1.7	8~9

区内随机设置3个1 m × 1 m样方,将样方内珍珠谷草留茬20 cm进行刈割,称重,用于鲜草产量测定。取样后,牧草按全株、茎、叶分类,在105 °C条件下杀青15 min后,65 °C烘干,回潮24 h后进行称重,总重用于干草产量测定。依据不同参数检测标准,粉碎过筛,留存待测。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 常规养分指标

水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、钙、磷测定参照《饲料工业标准汇编》^[8],粗纤维采用ANKOM2000半自动纤维分析仪测定,能量采用氧氮仪测定。

1.3.2 CNCPS体系指标

依据CNCPS体系对蛋白质组分和碳水化合物组分的划分,分别测定中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、酸性洗涤木质素,采用ANKOM2000半自动纤维分析仪测定;中性洗涤不溶蛋白、酸性洗涤不溶蛋白、可溶性粗蛋白参照Van Soest等^[9]的方法测定;非蛋白氮采用三氯乙酸法测定^[10];淀粉采用蒽酮比色法测定^[11]。

1.4 CNCPS体系各组分计算

1.4.1 蛋白质组分计算

CNCPS体系将饲料中粗蛋白进行了细化,分为非蛋白氮、真蛋白质和不可降解粗蛋白。其中真蛋白质又进一步细化为快速降解真蛋白质、中速降解真蛋白质和慢速降解真蛋白质。蛋白质各组分计算公式如表2所列。

1.4.2 碳水化合物组分计算

CNCPS体系将饲料中碳水化合物分为4个部分,分别为糖类(快速降解部分)、淀粉和果胶(中速降解部分)、可利用纤维(缓速降解部分)和不可利用纤维(木质素含量的2.4倍)。碳水化合物各组分计算公式如表3所列。

表2 CNCPS蛋白组分计算公式
Table 2 Cornell Net Carbohydrate and protein system protein component calculation formulae

项目 Projects	计算公式 Calculation formula
PA/%	$NPN \times 0.01 \times SOLP$
PB ₁ /%	$SOLP - PA$
PB ₂ /%	$100 - PA - PB_1 - PB_3 - PC$
PB ₃ /%	$NDIP - ADIP$
PC/%	$ADIP$

SOLP、NDIP、ADIP分别为可溶性蛋白、中性洗涤不溶蛋白、酸性洗涤不溶蛋白。PA、PB₁、PB₂、PB₃、PC分别代表非蛋白氮、快速降解真蛋白质、中速降解真蛋白质、慢速降解真蛋白质、不可降解蛋白质,各成分均以占粗蛋白含量百分比计算,NPN即为PA,以占可溶性蛋白含量百分比计算。下表同。

SOLP, NDIP, and ADIP refer to soluble protein, neutral-detergent-insoluble protein, and acidic-detergent-insoluble protein, respectively. PB₁, PB₂, PB₃, and PC represent rapidly degradable true protein, moderately degradable true protein, slowly degradable true protein, and non-degradable protein, respectively. Each component was calculated as the percentage of the crude protein content, while NPN(PA) was calculated as the percentage of the soluble protein content. This is applicable for the following table as well.

1.5 数据处理

数据统计分析采用SPSS 16.0软件分析包,用平均值 ± 标准差表示测定结果,对珍珠谷草不同刈割茬次的草产量进行统计分析,并对不同茬次的珍珠谷草全株、茎、叶进行常规养分、CNCPS组分、蛋白质组分、碳水化合物组分单因素方差分析,并采用Duncan法对各组数据进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同刈割茬次珍珠谷草产量

如表4所列,珍珠谷草第2茬次鲜草产量略低于第1茬次,干草产量略高于第1茬次,但两茬次珍珠谷草草产量间差异未达到显著水平($P > 0.05$),两茬次干鲜比无显著差异。

表 3 CNCPS 碳水化合物组分计算公式
Table 3 Cornell Net Carbohydrate and Protein System carbohydrate component calculation formulae

项目 Projects	计算公式 Calculation formula
CHO/%	$100 - CP - EE - Ash$
NSC/%	$100 - CB_2 - CC$
CA/%	$[100 - STARCH] \times [100 - CB_2 - CC]/100$
CB ₁ /%	$STARCH \times [100 - CB_2 - CC]/100$
CB ₂ /%	$100 \times [NDF - (NDIP \times 0.01 \times CP) - (NDF \times 0.01 \times ADL \times 2.4)]/CHO$
CC/%	$100 \times (NDF \times 0.01 \times ADL \times 2.4)/CHO$

CP、EE、Ash、NDF、CHO 分别为粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、中性洗涤纤维、碳水化合物，以占干物质百分比计算。NSC、CA、CB₁、CB₂、CC 分别代表非结构性碳水化合物、糖类、淀粉和果胶、可利用纤维、不可利用纤维，以占碳水化合物百分比计算。STARCH 为淀粉，以占非结构性碳水化合物百分比计算。ADL 为木质素，以占中性洗涤纤维含量百分比计算。下表同。

CP, EE, Ash, NDF, and CHO represent the crude protein, crude fat, crude ash, neutral detergent fiber, and carbohydrates, respectively, calculated as a percentage of the dry matter. NSC, CA, CB₁, CB₂, and CC represent non-structural carbohydrates, sugars, starch and pectin, usable fibers, and unusable fibers, respectively, calculated as a percentage of the carbohydrates. STARCH was calculated as a percentage of the non-structural carbohydrates. ADL represents acid detergent lignin, calculated as a percentage of the neutral detergent fiber content. This is applicable for the following table as well.

2.2 不同刈割茬次珍珠谷草全株、茎、叶常规养分分析

如表 5 所列，珍珠谷草同一茬次全株、茎、叶各组分间存在明显差异，但各营养成分表现规律不同。两茬次 CP、EE、Ca 含量均表现为叶 > 全株 > 茎，CF 含量表现为茎 > 全株 > 叶，第 2 茬次 P、NDF 含量各组分间差异达到显著水平 ($P < 0.05$)，叶中 P 含量最高，达到 0.40%，NDF 含量最低，为 54.58%。珍珠谷草不同茬次相同组分间，第 2 茬次全株和茎的干物质、NDF 含量显著大于第 1 茬次，Ca 含量显著小于第 1 茬次；叶 CP、P 含量显著大于第 1 茬次。

2.3 不同刈割茬次珍珠谷草全株、茎、叶 CNCPS 组分分析

2.3.1 CNCPS 组分

如表 6 所列，珍珠谷草同一茬次全株、茎、叶各组分间，NDIP、ADIP、NPN、ADL 含量均表现为叶中含量最小，茎中 SOLP 含量最大。珍珠谷草不同茬次相同组分间，全株、茎、叶的 ADIP、SOLP、淀粉含量存在显著差异，其中，第 2 茬次各组分 ADIP 含量显著大于第 1 茬次 ($P < 0.05$)。SOLP、淀粉含量显著小于第 1 茬次，第 2 茬次茎 NPN、ADL 含量显著小于第 1 茬次。

2.3.2 CNCPS 蛋白质组分

如表 7 所列，珍珠谷草同一茬次全株、茎、叶各组分间，茎 PA 含量最高，PB₂ 含量最低，与其他组分差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。叶 PC 含量最低，最小值为 1.56%，显著低于全株。珍珠谷草不同茬次相同组分间，全株、茎、叶的 PA、PB₂、PC 含量存在显著差异，其中第 2 茬次 PA 含量显著小于第 1 茬次 ($P < 0.05$)，PB₂、PC 含量显著大于第 1 茬次 ($P < 0.05$)。

2.3.3 CNCPS 碳水化合物组分

如表 8 所列，珍珠谷草同一茬次全株、茎、叶各组分间，茎 CHO 含量最高，达到 75.34%，叶 CA 含量最高，达到 18.12%，显著高于其他各组分 ($P < 0.05$)。茎 CC 含量显著大于叶。第 2 茬次叶 NSC 含量显著高于全株、茎。珍珠谷草不同茬次相同组分间，第 2 茬次全株和茎的 CHO 和 CB₂ 含量显著高于第 1 茬次，CA、CB₁ 含量显著小于第 1 茬次；第 2 茬次茎 CC 含量显著低于第 1 茬次。

3 讨论

3.1 不同刈割茬次珍珠谷草产量及常规养分分析

本研究中，两次刈割间牧草产量虽无显著性差异，但珍珠谷草两茬次收获均在 $47\ 995\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以

表 4 不同刈割茬次珍珠谷草产量
Table 4 The yield of *Pennisetum glaucum* with different stubble cuttings

刈割茬次 Stubble cutting	鲜草产量 Fresh yield/(kg·hm ⁻²)	干草产量 Hay yield/(kg·hm ⁻²)	干鲜比 Dry to fresh ratio
第 1 次刈割 First cutting	50 555.56 ± 3 347.86a	5 743.11 ± 485.71a	0.11 ± 0.02a
第 2 次刈割 Second cutting	47 995.37 ± 2 729.27a	6 848.94 ± 316.73a	0.14 ± 0.03a

表5 不同刈割茬次珍珠谷草常规营养成分
Table 5 Conventional nutritional components of *Pennisetum glaucum* with different stubble cuttings

项目 Projects	第1次刈割 First cutting			第2次刈割 Second cutting		
	全株 Whole plant	茎 Stem	叶 Leaf	全株 Whole plant	茎 Stem	叶 Leaf
干物质(DM) Dry matter/%	91.50 ± 0.57bc	90.24 ± 0.06c	91.43 ± 1.65bc	94.12 ± 1.17a	93.85 ± 0.31ab	92.58 ± 1.15abc
粗蛋白(CP) Crude protein/%	19.61 ± 1.65b	13.88 ± 0.16c	20.27 ± 0.46b	20.49 ± 1.22ab	13.99 ± 0.62c	22.46 ± 0.06a
粗纤维(CF) Crude fiber/%	29.37 ± 2.03abc	31.00 ± 0.53ab	27.11 ± 1.47c	28.29 ± 1.70abc	30.92 ± 2.65a	25.71 ± 1.74c
粗脂肪(EE) Crude fat/%	2.35 ± 0.37ab	1.28 ± 0.32c	2.63 ± 0.34a	1.78 ± 0.07bc	1.55 ± 0.22c	2.49 ± 0.18a
中性洗涤纤维(NDF) Neutral detergent fiber/%	55.45 ± 2.45c	59.23 ± 2.88bc	52.61 ± 3.24c	62.88 ± 2.31b	68.91 ± 1.68a	54.58 ± 1.03c
酸性洗涤纤维(ADF) Acid detergent fiber/%	35.28 ± 1.74a	36.66 ± 1.63a	32.88 ± 4.92a	36.43 ± 2.73a	39.61 ± 4.55a	34.63 ± 2.64a
钙(Ca) Calcium/(g·kg ⁻¹)	6.52 ± 0.71a	4.63 ± 0.14b	6.94 ± 0.21a	3.41 ± 0.64b	2.10 ± 0.21c	6.61 ± 0.64a
磷(P) Phosphorus/%	0.35 ± 0.01b	0.32 ± 0.02bc	0.32 ± 0.01bc	0.35 ± 0.01b	0.29 ± 0.01c	0.40 ± 0.02a
能量(GE) Energy/kJ	16.79 ± 1.51a	16.14 ± 3.08a	16.69 ± 1.56a	16.97 ± 1.52a	16.61 ± 3.01a	17.18 ± 1.54a

同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表7、表8同。

Different lowercase letters within the same row indicate significant differences between different stubble cuttings at the 0.05 level. This is applicable for Table 7 and Table 8 as well.

表6 不同刈割茬次珍珠谷草 CNCPS 组分
Table 6 Cornell Net Carbohydrate and Protein System components of *Pennisetum glaucum* in different stubble cuttings

刈割茬次 Stubble cutting	部位 Part	NDIP/%	ADIP/%	SOLP/%	NPN/%	ADL/%	STARCH/%
第1次刈割 First cutting	全株 Whole plant	9.80 ± 0.43ab	2.31 ± 0.08b	31.58 ± 1.02b	86.81 ± 1.33a	7.63 ± 1.10ab	2.28 ± 0.36a
	茎 Stem	9.41 ± 1.18ab	2.19 ± 0.14bc	39.40 ± 0.95a	85.97 ± 2.34a	8.85 ± 1.14a	2.31 ± 0.27a
	叶 Leaf	7.98 ± 0.99b	1.56 ± 0.22c	33.77 ± 1.43b	76.14 ± 2.29b	4.93 ± 1.20c	1.74 ± 0.35a
第2次刈割 Second cutting	全株 Whole plant	11.20 ± 0.88a	3.27 ± 0.16a	20.29 ± 1.64c	73.67 ± 3.42b	5.13 ± 0.71bc	0.81 ± 0.11b
	茎 Stem	10.95 ± 0.83a	3.44 ± 0.55a	31.61 ± 1.98b	78.29 ± 7.24b	5.40 ± 1.15bc	0.86 ± 0.03b
	叶 Leaf	8.18 ± 0.42b	2.32 ± 0.05b	19.91 ± 2.02c	73.39 ± 4.99b	4.06 ± 0.70c	1.10 ± 0.26b

同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表7和表8同。

Different lowercase letters within the same column indicate significant differences between different stubble cuttings at the 0.05 level. This is applicable for the 7 and 8 as well.

上,年产量高达 98 551 kg·hm⁻²。禾本科牧草年鲜草产量一般在 35 000~75 000 kg·hm⁻² [12],可见,珍珠谷草耐刈割,是一种高产饲草品种,与常规饲草相比,种植珍珠谷草每亩饲草可增加 500~600 元(约每公顷 7 500~9 000 元)收益。

干物质是衡量牧草有机物积累的重要指标,干物质含量与牧草营养品质呈正相关关系 [13]。粗蛋白是体现牧草营养价值的指标之一,其含量的高低直接影响瘤胃微生物数量及活力 [14]。本研究中,珍珠谷草第 2 茬次干物质含量和叶中粗蛋白含量均高于

表 7 不同刈割茬次珍珠谷草 CNCPS 蛋白质组分
Table 7 Cornell Net Carbohydrate and Protein System protein components of *Pennisetum glaucum* with different stubble cuttings

刈割茬次 Stubble cutting	部位 Part	PA/%	PB ₁ %	PB ₂ %	PB ₃ %	PC%
第1次刈割 First cutting	全株 Whole plant	27.41 ± 0.69b	4.17 ± 0.34c	58.62 ± 1.48b	7.50 ± 0.36a	2.31 ± 0.08b
	茎 Stem	33.88 ± 0.95a	5.53 ± 0.91bc	51.19 ± 2.15c	7.22 ± 1.32a	2.19 ± 0.14bc
	叶 Leaf	25.71 ± 0.01b	8.06 ± 0.44a	58.25 ± 1.24b	6.42 ± 1.2a	1.56 ± 0.22c
第2次刈割 Second cutting	全株 Whole plant	14.95 ± 0.78c	5.34 ± 0.84bc	68.51 ± 1.66a	7.93 ± 1.03a	3.27 ± 0.16a
	茎 Stem	24.75 ± 1.49b	6.86 ± 1.51ab	57.44 ± 1.59b	7.51 ± 1.39a	3.44 ± 0.55a
	叶 Leaf	14.61 ± 0.13c	5.30 ± 0.35bc	71.91 ± 1.45a	5.87 ± 0.47a	2.32 ± 0.05b

表 8 不同刈割茬次珍珠谷草 CNCPS 碳水化合物组分
Table 8 Cornell Net Carbohydrate and Protein System carbohydrate components of *Pennisetum glaucum* with different stubble cuttings

刈割茬次 Stubble cutting	部位 Part	CHO/%	CA/%	CB ₁ %	CB ₂ %	CC/%	NSC/%
第1次刈割 First cutting	全株 Whole plant	63.86 ± 1.29c	15.80 ± 2.91b	0.39 ± 0.06a	67.92 ± 4.45bc	15.90 ± 1.90ab	16.18 ± 2.55ab
	茎 Stem	68.85 ± 0.16b	15.53 ± 4.44b	0.34 ± 0.07a	65.86 ± 0.88c	18.27 ± 3.27a	15.87 ± 4.16ab
	叶 Leaf	62.30 ± 2.70c	17.83 ± 2.27a	0.32 ± 0.05a	71.86 ± 0.69abc	9.99 ± 2.61bc	18.14 ± 1.91a
第2次刈割 Second cutting	全株 Whole plant	67.56 ± 1.29b	10.24 ± 2.33c	0.08 ± 0.01b	78.22 ± 0.37a	11.46 ± 1.85bc	10.32 ± 2.23b
	茎 Stem	75.34 ± 0.41a	10.34 ± 1.97c	0.09 ± 0.02b	77.72 ± 4.28a	11.85 ± 2.29b	10.43 ± 1.99b
	叶 Leaf	64.57 ± 0.25c	18.12 ± 1.39a	0.20 ± 0.08a	73.45 ± 0.41ab	8.24 ± 1.54c	18.32 ± 1.13a

第 1 茬次。两茬次粗纤维含量虽无显著性差异,但第 2 茬次各组分粗纤维含量略低于第 1 茬次,可以看出,珍珠谷草刈割后,牧草品质有所提高。何芳兰等^[15]、杨恒山等^[16]研究发现,随刈割次数增加,可显著提高牧草粗蛋白含量,降低牧草粗纤维、粗灰分含量,与本研究结果相似。从牧草整个生长期营养成分含量变化看,幼嫩期,牧草体内干物质、粗蛋白、维生素、矿物质含量较高,随着牧草生长,植物合成碳水化合物能力增强,牧草体内结构性多糖含量会剧增,牧草饲用价值降低^[17],通过刈割可以获取更多鲜嫩优质饲草。刈割提高牧草品质的原因可能有以下几方面:第一,刈割打破了植物顶端优势,激发植物补偿性生长,加快养分吸收。第二,刈割去除了植株衰老黄茎叶,减少了冗余部分,降低营养物质消耗,反而有利于植物生长。第三,刈割刺激了牧草分蘖再生^[18],新发幼嫩组织养分含量更高。光是分蘖的决定因素,光照充足有利于延长

分蘖期、提高分蘖率、促进分蘖生长^[19],刈割使牧草冠层结构发生大幅度变化,牧草基层受到更多阳光照射。因此,刈割可以通过影响牧草生长发育,改变植物对养分的吸收利用方式,进而影响牧草营养物质沉积与分配,提高牧草品质。中性洗涤纤维与动物的采食量密切相关,酸性洗涤纤维可以反映出动物对饲草的消化利用效率^[20]。本研究中,珍珠谷草第 2 茬次中性洗涤纤维(NDF)含量大于第 1 茬次。孙扣忠等^[21]对多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)研究发现,随刈割次数的增加,牧草 NDF 和酸性洗涤纤维(ADF)含量增加。徐然然等^[22]研究发现,多次刈割可显著降低燕麦 NDF 和 ADF 含量。可见,刈割对不同品种牧草 NDF 和 ADF 含量影响不同。

3.2 不同刈割茬次珍珠谷草全株、茎、叶 CNCPS 组分分析

本研究中,珍珠谷草第 2 茬次中性洗涤不溶蛋

白 (NDIP) 和酸性洗涤不溶蛋白 (ADIP) 含量较高, 说明植物生长初期, 牧草粗蛋白 (CP) 中难以利用的蛋白质较高^[23]。第2茬次可溶性蛋白 (SOLP) 含量低于第1茬次说明, 刈割后珍珠谷草生长初期, 可利用蛋白质含量较少, SOLP 是一种植物体内重要的渗透调节物, 其含量与植物抗寒性呈正相关关系^[24]。刈割后, 牧草生长早期植株内可溶性蛋白含量较少, 随珍珠谷草生长发育, SOLP 含量逐渐升高, 有利于抵御环境变化。珍珠谷草两茬次非蛋白氮 (NPN) 含量均高于 73.39%, 表明珍珠谷草可溶性蛋白主要以 NPN 为主, 与 CNCPS 体系评定反刍动物常用饲料营养价值^[25] 和对辽宁绒山羊常用饲料营养价值^[26] 研究结果一致, 青粗饲料 SCP 大部分是 NPN。从两茬次珍珠谷草 NDIP、ADIP、SOLP 和 NPN 含量变化可以看出, 刈割后珍珠谷草生长早期粗蛋白含量虽较高, 但可利用蛋白质相对较低。本研究中, 珍珠谷草第2茬次淀粉含量显著低于第1茬次, 说明刈割后牧草淀粉积累减少, 这种变化趋势与植物光合作用有关, 淀粉是植物光合作用的主要产物, 刈割后珍珠谷草光合作用减弱, 从而影响了淀粉的积累^[27]。

3.3 不同刈割茬次珍珠谷草全株、茎、叶 CNCPS 蛋白质组分分析

珍珠谷草第2茬次各组分 PA、叶快速降解真蛋白质 (PB₁) 含量小于第1茬次, 由于 PA、PB₁ 含量与 NPN 和 SOLP 含量有关^[28], 本研究中, 第2茬次 NPN、SOLP 含量低, 因此导致 PA、PB₁ 含量降低。中速降解真蛋白质 (PB₂) 属于真蛋白质中速降解部分, 在瘤胃中只有少量被消化, 剩余大部分流入后肠段^[25]。本研究中, 珍珠谷草第2茬次 PB₂ 含量较高, 说明第2茬次珍珠谷草蛋白质组分以真蛋白质中速降解部分为主, 在反刍动物利用中具有很好的过瘤胃效果, 在消化道后段被消化利用。从反刍动物瘤胃消化降解程度考虑, 饲料中 (PB₂ + PB₃) 含量所占蛋白组分比例越高, 饲料蛋白质构成越理想^[29]。PC 属于不可降解蛋白, 包括与牧草中木质素 (ADL) 结合的蛋白质、与单宁结合的蛋白质及其他高度抵抗微生物和哺乳动物酶类的成分, 很难被反刍动物消化利用。珍珠谷草两茬次不可降解蛋白质 (PC) 含量在 1.56%~3.44%, 美国国家研究委员会 (NRC) 营养标准中规定, 反刍动物饲料 PC 含量不应超过 10%^[30], 可见珍珠谷草可作为一种优质饲草

饲喂家畜。

3.4 不同刈割茬次珍珠谷草全株、茎、叶 CNCPS 碳水化合物组分分析

饲草中 CHO 是反刍动物主要能量来源物质, 其对反刍动物的营养价值主要由非结构性碳水化合物和结构性碳水化合物在瘤胃中降解程度所决定^[31]。本研究中, 两茬次珍珠谷草 CHO 含量在 62.30%~75.34%, 这与杨燕燕等^[32]、靳玲品等^[33] 发现禾本科牧草 CHO 含量在 78.6% 以上的结果存在差异。珍珠谷草第2茬次全株、茎 CHO 含量高于第1茬次, 但糖类 (CA)、淀粉和果胶 (CB₁) 含量小于第1茬次, 说明经刈割后珍珠谷草植株 CHO 中糖类、果胶和淀粉含量减少。肖红等^[34] 在研究刈割对羊草 (*Leymus chinensis*)、无芒雀麦 (*Bromus inermis*) 碳水化合物含量的影响发现, 第2次刈割后羊草、无芒雀麦地上部和茎基部可溶性糖含量表现出不同变化趋势, 但均未达到刈割前水平, 与本研究结果相似。此外, 在本研究中珍珠谷草刈割后 NSC 含量有减少趋势, 是由于刈割后 CA、CB₁ 含量减少导致, 非结构性碳水化合物 (NSC) 主要包括葡萄糖、果糖、蔗糖和淀粉。刈割后初期牧草植株内 NSC 主要用于再生, 只有当光合作用产生的碳水化合物多于生长消耗的碳水化合物时, 牧草内非结构性碳水化合物才能有所积累提高^[35]。珍珠谷草第2茬次可利用纤维 (CB₂) 含量较高, 但不可利用纤维 (CC) 含量小于第1茬次, 说明可利用纤维含量高。从珍珠谷草两茬次各组分 CNCPS 碳水化合物组分看, 叶中 CA 含量、NSC 含量较高, CC 含量低, 说明叶中快速降解非结构性碳水化合物所占比例较大, 不可利用纤维含量少, 更易被反刍动物利用。

4 结论

珍珠谷草耐刈割, 一年可进行多次刈割, 鲜草产量高于一般禾本科牧草, 并且具有较高营养价值。刈割对珍珠谷草产量影响较小, 但可以在一定程度上提高牧草品质。建议延长刈割间隔, 有利于牧草体内可溶性蛋白、淀粉等营养物质积累。珍珠谷草第1茬次主要以 CNCPS 体系快速降解部分为主, 第2茬次以中速降解部分为主。珍珠谷草能够被反刍动物瘤胃很好消化利用, 可作为一种优质青粗饲料饲喂家畜, 具有很好的应用前景。

参考文献 References:

- [1] 刘婷婷. “张杂谷”饲草加工调制技术及营养价值评定研究. 张家口: 河北北方学院硕士学位论文, 2017.
LIU T T. Research on the processing and modulation technology and nutritional value evaluation of Zhang Hybrid Millet. Master Thesis. Zhangjiakou: Hebei North University, 2017.
- [2] 曹志军, 史海涛, 李德发, 李胜利. 中国反刍动物饲料营养价值评定研究进展. 草业学报, 2015, 24(3): 1-19.
CAO Z Z, SHI H T, LI D F, LI S L. Progress on nutritional evaluation of ruminant feedstuff in China. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(3): 1-19.
- [3] 余焯, 王德澳, 王心怡, 罗兰, 张雨晨, 吕亚琦, 洪琼花, 冷静. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系评定云南肉羊常用 16 种粗饲料的营养价值. 营养研究, 2022, 45(16): 103-107.
YU Y, WANG D A, WANG X Y, LUO L, ZHANG Y C, LYU Y Q, HONG Q H, LENG J. Evaluation of nutritional value of 16 kinds of common roughages for Yunnan mutton sheep by Cornell net carbohydrate and protein system. *Feed Research*, 2022, 45(16): 103-107.
- [4] 朱珏, 张彬, 谭志良, 王敏. 刈割对牧草生物量和品质影响的研究进展. 草业科学, 2009, 26(2): 80-85.
ZHU J, ZHANG B, TAN Z L, WANG M. Research progress of clipping effect on quality and biomass of grazing. *Pratacultural Science*, 2009, 26(2): 80-85.
- [5] 王静, 沈文彤, 张蕴薇, 马晖玲, 杨富裕. 种植密度和刈割频率对杂交狼尾草产量和品质的影响. 草地学报, 2010, 18(4): 589-593.
WANG J, SHEN W T, ZHANG Y W, MA H L, YANG F Y. Effect of planting density and cutting frequency on biomass yield and quality of *pennisetum americanum* × *P. purpureum*. *Acta Agrestia Sinica*, 2010, 18(4): 589-593.
- [6] 刘景辉, 赵宝平, 焦立新, 扈学文, 闫立伟, 郭冬梅. 刈割次数与留茬高度对‘内农 1 号’苏丹草产草量和品质的影响. 草地学报, 2005, 13(2): 93-96.
LIU J H, ZHAO B P, JIAO L X, HU X W, YAN L W, GUO D M. Effect of different clipping frequencies and stubble height on the yield and quality of *Sorghum sudanense* stapf. ‘Neinong No. 1’. *Acta Agrestia Sinica*, 2005, 13(2): 93-96.
- [7] 何振富, 贺春贵, 王国栋, 顾娴, 郝生燕. 刈割次数对甘肃庆阳地区光敏型高丹草产量及品质的影响. 中国草地学报, 2019, 41(2): 36-43.
HE Z F, HE C G, WANG G D, GU X, HAO S Y. Effect of cutting frequency on yield quality of photoperiod sensitive sorghum-sudan hybrids in Qingyang, Gansu. *Chinese Journal of Grassland*, 2019, 41(2): 36-43.
- [8] 中国标准出版社第一辑室. 饲料工业标准汇编. 北京: 中国标准出版社, 2014.
China Standard Publishing House First Section Office. *Compilation of Standards for Feed Industry*. Beijing: China Standard Publishing House, 2014.
- [9] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [10] 周荣, 王加启, 周振峰, 卜登攀, 魏宏阳, 周凌云. 饲料非蛋白氮与可溶性蛋白测定方法概述. 中国奶牛, 2011(11): 39-41.
ZHOU R, WANG J Q, ZHOU Z F, PIAO D P, WEI H Y, ZHOU L Y. Standardization of procedures of nonprotein nitrogen and buffer-soluble protein. *China Dairy Cattle*, 2011(11): 39-41.
- [11] 郭冬生, 彭小兰. 蒽酮比色法和酶水解法两种淀粉测定方法的比较研究. 湖南文理学院学报, 2007(3): 34-36.
GUO D S, PENG X L. Comparative study on antrone chromametry and enzymatic hydrolysisfor assay starch method. *Journal of Hunan University of Arts and Science*, 2007(3): 34-36.
- [12] 董宽虎, 沈益新. 饲草生产学. 北京: 中国农业出版社, 2003: 113-149.
DONG K H, SHEN Y X. *Forage Production Science*. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 113-149.
- [13] 曾燕霞, 尚继红, 吴娟, 张尚沛, 沙晓弟, 陈彩锦. 宁南山区 15 个紫花苜蓿品种饲用价值比较研究. 饲料研究, 2021, 44(21): 98-103.
ZENG Y X, SHANG J H, WU J, ZHANG S P, SHA X D, CHEN C J. Comparison study on feeding value of 15 alfalfa in

- mountainous area of southern Ningxia. *Feed Research*, 2021, 44(21): 98-103.
- [14] 李孟周, 王智能, 陆鑫, 陈浩文, 李登宇, 范源洪. 不同刈割期甘蔗营养成分和生物产量研究及饲用价值评价. *热带作物学报*, 2023, 44(1): 113-121.
LI M Z, WANG Z N, LU X, CHEN H W, LI D Y, FAN Y H. Nutritional components and biological yield of sugarcane at different cutting stages and evaluation of feeding value. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2023, 44(1): 113-121.
- [15] 何芳兰, 裴明祥, 王继和, 刘虎俊, 尉秋实. 不同刈割频度对绵毛优若藜地上生物量及根系的影响. *西北植物学报*, 2008, 28(6): 1208-1212.
HE F L, PEI M X, WANG J H, LIU H J, WEI Q S. Effect of cutting frequency on overground biomass and root system of *Ceratoides lanata* (pursh) howell. *Acta Botanica*, 2008, 28(6): 1208-1212.
- [16] 杨恒山, 曹敏建, 郑庆福, 孙德智, 李凤山. 刈割次数对紫花苜蓿草产量、品质及根的影响. *作物杂志*, 2004(2): 33-34.
YANG H S, CAO M J, ZHENG Q F, SUN D Z, LI F S. The effect of cutting frequency on the yield, quality, and roots of purple clover grass. *Crops*, 2004(2): 33-34.
- [17] 贾淑庚, 黄仁录. 刈割对牧草品质的影响研究进展. *饲料广角*, 2014(3): 45-47.
JIA S G, HUANG R L. Research progress on the impact of cutting on forage quality. *Feed China*, 2014(3): 45-47.
- [18] 孟可爱, 刘小飞. 刈割频率对牧草影响的研究现状. *草业与畜牧*, 2012(6): 21-25.
MENG K A, LIU X F. Current research status on the impact of cutting frequency on forage. *Grassland and Animal Husbandry*, 2012(6): 21-25.
- [19] 胡远彬, 梁小玉, 季杨, 易军. 禾本科牧草分蘖性状研究进展. *黑龙江畜牧兽医*, 2017(19): 65-68.
HU Y B, LIANG X Y, JI Y, YI J. Research progress on tillering characteristics of grasses in the poaceae family. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2017(19): 65-68.
- [20] 齐江蛟, 付东青, 王旭哲, 张凡凡, 马春晖. 石河子地区不同休眠级紫花苜蓿生产性能和营养品质比较. *饲料研究*, 2023, 46(14): 125-130.
QI J J, FU D Q, WANG X Z, ZHANG F F, MA C H. Comparison of production performance and nutritional quality of alfalfa with different autumn dormancy levels in Shihezi area. *Feed Research*, 2023, 46(14): 125-130.
- [21] 孙扣忠, 邹海祥, 李亚芳, 晏军, 马萌萌, 钟小仙, 陈满霞, 王春云. 刈割次数对江苏沿海地区多花黑麦草产量及品质的影响. *安徽农业科学*, 2020, 48(2): 106-108.
SUN K Z, ZOU H X, LI Y F, YAN J, MA M M, ZHONG X X, CHEN M X, WANG C Y. Effects of cutting times on the yield and quality of *Lolium multiflorum* in coastal areas of Jiangsu Province. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2020, 48(2): 106-108.
- [22] 徐然然, 杨天辉, 常生华, 刘永杰, 贾倩民, 侯扶江. 多次刈割对黄土高原地区燕麦干草产量和营养品质的影响. *草业科学*, 2019, 36(12): 3120-3129.
XU R R, YANG T H, CHANG S H, LIU Y J, JIA Q M, HOU F J. Effects of multiple mowing on hay yield and nutritional quality of oat in the Loess Plateau. *Pratacultural Science*, 2019, 36(12): 3120-3129.
- [23] 司雪萌, 赵东辉, 盛宇飞, 张正帆, 郭春华, 陈光吉. 利用体外产气法及康奈尔净碳水化合物和蛋白质体系评价不同生育期老芒麦营养价值. *动物营养学报*, 2015, 27(10): 3293-3301.
SI X M, ZHAO D H, SHENG Y F, ZHANG Z F, GUO C H, CHEN G J. Nutritional values of *Elymus sibiricus* Linn at different growing stages: Determined by the methods of *in vitro* gas production and Cornell Net Carbohydrate and Protein System, *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(10): 3293-3301.
- [24] 乔谦, 朱乐, 王江勇, 王璐, 贾曦. 3种地被菊的抗寒生理特性比较. *浙江农业科学*, 2023, 64(9): 2203-2209.
QIAO Q, ZHU L, WANG J Y, WANG L, JIA X. Comparison of cold resistant physiological characteristics of three ground cover *Chrysanthemums morifolium*. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2023, 64(9): 2203-2209.
- [25] 任春燕. CNCPS 体系评定反刍动物常用饲料营养价值. *中国饲料*, 2022(1): 33-37.
REN C Y. The use of cornell net carbohydrate and protein system (CNCPS) for the evaluation of nutrient value of some feeds for

- ruminants. *China Feed*, 2022(1): 33-37.
- [26] 李建云, 柴贵宾, 朱晓萍, 张微, 贾志海. 辽宁绒山羊常用饲料营养价值评定. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(7): 38-42.
LI J Y, CHAI G B, ZHU X P, ZHANG W, JIA Z H. Nutritive value evaluation of some feed for Liaoning cashmere goat. *Chinese Journal of Animal Science*, 2012, 48(7): 38-42.
- [27] 门福义, 刘梦芸, 孙国琴. 马铃薯丰产群体植株光合产物日变化规律的研究. *中国马铃薯*, 1992(1): 23-27.
MEN F Y, LIU M Y, SUN G Q. Study on the diurnal variation of photosynthetic products in potato high-yield population plants. *Chinese Potato Journal*, 1992(1): 23-27.
- [28] 李菲菲. 不同茬次、刈割期对苜蓿干草/青贮 CNCPS 蛋白组分和品质的影响. 石河子: 石河子大学硕士学位论文, 2019.
LI F F. Study on CNCPS protein composition and feeding value of hay and silage in different haze/probiotic period. Master Thesis. Shihezi: Shihezi University, 2019.
- [29] PICHARD D G, VAN SOEST P J. Protein Solubility of Ruminant Feeds. Ithaca, NY: Proc Cornell Nutr Conf. 1977: 91.
- [30] NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington: National Academy Press, 2001.
- [31] 穆会杰, 刘庆华, 邢其银. 不同生育期小麦秸营养动态及饲用价值. *动物营养学报*, 2014, 26(2): 549-556.
MU H J, LIU Q H, XING Q Y. Nutrient dynamic and feeding values of wheat straws in different growing stages. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(2): 549-556.
- [32] 杨燕燕, 孙宇, 吴春会, 李运起, 武瑞鑫, 王明亚, 李秋凤. 应用 CNCPS 体系比较饲用小黑麦和燕麦草的营养价值组分. *草地学报*, 2022, 30(4): 931-935.
YANG Y Y, SU Y, WU C H, LI Y Q, WU R X, WANG M Y, LI Q F. Applying CNCPS system to evaluate the nutritive value of oat and forage triticale. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(4): 931-935.
- [33] 靳玲品, 李艳玲, 姜成钢, 聂明非, 刁其玉. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系评定我国北方奶牛常用粗饲料的营养价值. *动物营养学报*, 2013, 25(3): 512-526.
JIN L P, LI Y L, JIANG C G, NIE M F, DIAO Q Y. Evaluation of nutrient values of common roughages for dairy cattle in northern China using cornell net carbohydrate and protein system. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(3): 512-526.
- [34] 肖红, 杨合龙, 戎郁萍, 杨晗. 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. *草业科学*, 2018, 35(9): 2201-2209.
XIAO H, YANG H L, RONG Y P, YANG H. Effect of clipping on the regrowth and carbohydrate content of *Leymus chinensis* and *Bromus inermis* in meadow steppes. *Pratacultural Science*, 2018, 35(9): 2201-2209.
- [35] 廖伟彪, 南志标, 张美玲. 刈割对禾草生长的影响. *中国草地学报*, 2008, 30(5): 96-105.
LIAO W B, NAN Z B, ZHANG M L. Effects of cutting on grass growth. *Chinese Journal of Grassland*, 2008, 30(5): 96-105.

(责任编辑 张瑾)