

# 紫花苜蓿生长特性及品质对不同刈割强度的响应

金文斌<sup>1</sup>, 张凡兵<sup>2</sup>

(1. 武警驻北京林业大学选培办, 北京 100083; 2. 北京林业大学 林学院, 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:**以紫花苜蓿为试材, 研究了紫花苜蓿生长特性和品质对刈割强度的响应。结果表明: 轻度和中度刈割可提高紫花苜蓿株高和地上植株的再生能力; 不同强度的刈割均增加了紫花苜蓿单株地上、地下生物量和根冠比(R/S), 以中度刈割增加最为显著, 重度刈割处理下紫花苜蓿补偿地上生物量最高; 随刈割强度的增加紫花苜蓿叶片叶绿素 a 含量有所增加, 叶绿素 b 含量有所下降, 与刈割前相比, 不同刈割强度均增加了紫花苜蓿叶绿素 a 和 b 含量, 有利于增强紫花苜蓿的光合作用; 重度刈割紫花苜蓿根系总长和平均直径显著降低( $P < 0.05$ ), 而中度刈割紫花苜蓿根系总长和平均直径显著增加( $P < 0.05$ ); 与刈割前相比, 不同刈割强度均不同程度提升了紫花苜蓿根系活力; 紫花苜蓿平均粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分和无氮浸出物均表现为中度刈割 > 轻度刈割 > 重度刈割 > 不刈割(对照); 综合各指标可得出荒漠草原区提高紫花苜蓿生长特性和品质的最优方案为中度刈割。

**关键词:**紫花苜蓿; 刈割强度; 生长特性; 品质

**中图分类号:**S 812.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)21-0072-06

随着草地的日益退化, 我国西北荒漠草原区牧草资源短缺已成为制约畜牧业和草业发展的重要因素之一, 发展草业和畜牧业是促进农业可持续发展的有效途径<sup>[1-4]</sup>。刈割是牧草生产中一种较为常见的收获方式, 对牧草会产生直接的损伤<sup>[3-6]</sup>。由于牧草是各部分协调的生命系统, 不同的刈割强度(留茬高度)不仅对牧草地上部分产生影响, 对牧草的生长特性、品质、生物量分配和产量等也将产生不同程度的影响<sup>[4-5, 7-9]</sup>。紫花苜蓿是放牧和刈割兼用型豆科牧草, 具有生物产量高、营养丰富、抗逆性强、生态适应性广等特点, 主要用作饲料和绿肥作物, 有较好的固氮能力和保持水土功能<sup>[10-11]</sup>。目前, 国内外学者对紫花苜蓿的研究多集中于施肥水平对其产量的影响, 而对于生态脆弱的荒漠草原区, 刈割对

紫花苜蓿生长特性和品质研究存在不足<sup>[12-13]</sup>。现探讨刈割对紫花苜蓿生长特性及品质的影响, 进而确定荒漠草原区种植紫花苜蓿最佳的刈割强度, 旨在提高紫花苜蓿利用效率增产潜力和饲草品质, 从而为荒漠草原区紫花苜蓿高效生产和可持续利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

试验地位于宁夏盐池荒漠草原试验区, 地理坐标为北纬 37°04'~38°10', 东经 106°30'~107°47', 该区域地处宁夏东部, 毛乌素沙地的西南缘, 属于鄂尔多斯台地向黄土高原过渡地带, 地势南高北低, 地带性土壤主要有黄绵土、灰钙土和淡灰钙土, 非地带性土壤主要有风沙土、盐碱土和草甸土等, 土壤质地多为轻壤土、沙壤土和沙土, 结构松散, 肥力较低, 具有典型的大陆性气候特征, 年均气温 7.7℃, 极端最高气温(7月)38.1℃, 极端最低气温(1月)-29.6℃, 年降水量 280 mm, 主要集中在 7—9 月, 占全年降水量的 60% 以上, 年蒸发量 2 710 mm, 无霜期 120 d, 年平均风速 2.8 m/s, 每年

**第一作者简介:**金文斌(1966-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副教授, 现主要从事森林生态学等研究工作。E-mail: beilinjinwb@163.com.

**基金项目:**北京林业大学科技创新计划资助项目(201304)。

**收稿日期:**2014-05-27

had no significant effect on seed germination under the condition of sufficient water. However, the appropriate dose of water retaining agent significantly improved the germination rate, germination energy, germination index and growth rate of root under the condition of limited water. The results indicated that water retaining agent had different roles under different water condition, and the improved roles of water retaining agent on seed germination in bentgrass depend on the dose of water retaining agent.

**Keywords:** water retaining agent; *Agrostis stolonifera* L.; seed germination

5 m/s 以上的扬沙达 300 多次<sup>[14-15]</sup>。所选试验区为弃耕盐碱地,生态环境较为恶劣,土壤为风沙土,水资源缺乏,水质较差,矿化度较高。土壤 pH 8.71,有机质含量 3.11 g/kg,全氮含量 0.137 g/kg,全磷含量 0.215 g/kg,碱解氮含量 10.360 mg/kg,速效磷含量 3.252 mg/kg,全钾含量 0.452 g/kg,速效钾含量 7.356 mg/kg。

## 1.2 试验材料

供试材料为紫花苜蓿,由宁夏农业科学院提供。

## 1.3 试验方法

根据紫花苜蓿基本生理特性,设计了轻度刈割(留茬 40 cm,LC)、中度刈割(留茬 25 cm,MC)、重度刈割(留茬 10 cm,HC)3 种处理,以不刈割为对照(CK),每处理 4 次重复,随机排列共 16 个小区,每个小区 4 m×4 m,四周设置保护行(防止密度制约或者化感作用等),每个小区间距 50 cm。2013 年 4 月中旬开始整地、平地,4 月下旬进行播种,按照株距 40 cm、行距 60 cm 穴播,每穴 3~5 粒种子,播种后给每个小区施含 N、P、K 各 15% 复合肥 1.6 kg 作为基肥,以保证紫花苜蓿后期生长的养分需求,此后整个过程不施肥,每月灌水和除草 2 次,紫花苜蓿播种 1 周后出苗,到 8 月 10 日进行刈割(此时紫花苜蓿大致处于开花期)。在刈割前(8 月 10 日)、刈割后不同阶段(8 月 25 日、9 月 10 日、10 月 8 日和 10 月 27 日)分别对紫花苜蓿某些生长状况及产量进行观测,其主要指标包括植株高度、单株地上和地下生物量、叶绿素含量、根系活力及营养成分等。

## 1.4 项目测定

叶绿素含量测定采用无水乙醇浸提,分光光度计法;根系活力测定采用 TTC 法,营养成分参照王常慧等<sup>[16]</sup>的测定方法。根系形态测定是在田间 60 cm×60 cm 范围内,用铁锹挖至 40 cm 深土层,连土挖取紫花苜蓿根系后,带回实验室自来水冲洗,待吸干根系水后,在 STD 1600 根系扫描仪下扫描,用 WinRHIZO 3.1 软

件统计和计算紫花苜蓿根系总根长和平均直径。

## 1.5 数据分析

统计分析:Excel 2007 数据统计和 SPSS 18.00 相关分析和差异性检验,每个处理的特征值用平均值±标准误差表示(mean±SE),并进行逐步回归分析,LSD 进行多重比较和单因素方差分析(One-way ANOVA),置信区间设置为 95%( $P<0.05$ ),Origin 7.5 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 刈割强度对紫花苜蓿株高及再生能力的影响

由表 1 可知,刈割前(8 月 10 日),紫花苜蓿株高大约在 52~53 cm,4 种处理紫花苜蓿株高差异均不显著( $P>0.05$ ),说明刈割前紫花苜蓿不存在土壤肥力与其它环境要素的差异,生长状况基本上一致。刈割处理后,从不同刈割程度处理下紫花苜蓿高度的发展动态来看,3 种刈割处理下紫花苜蓿株高逐渐增长;刈割处理后相同时期(8—10 月)4 种处理紫花苜蓿株高基本达到显著差异水平( $P<0.05$ );CK 处理下紫花苜蓿株高在 8—10 月期间差异均不显著( $P>0.05$ ),基本没有增长;LC 处理下紫花苜蓿株高在 10 月恢复到 51.36 cm,并在 10 月 27 日达到并超出刈割前的高度;MC 处理下紫花苜蓿株高与 LC 处理增长趋势保持一致,但刈割后的增长率和 10 月 27 日达到的株高明显高于 CK 和 LC;HC 处理下紫花苜蓿在 8—10 月生长速率较慢,到 10 月 27 日并没有恢复到刈割前的高度,并且明显低于刈割前的高度( $P>0.05$ )。到 10 月 27 日,HC 与其它 3 种处理紫花苜蓿高度达到显著差异( $P<0.05$ )。

MC 和 LC 处理的紫花苜蓿新芽再生速度较快,HC 处理的再生速度则相对较慢,二者呈显著差异。到 10 月 27 日,LC 处理的新梢增长了约 18.58 cm,MC 处理的新梢增加约 36.32 cm,HC 处理的新梢增加约 17.07 cm,说明 HC 处理对紫花苜蓿的再生能力造成一定的影响。

表 1

紫花苜蓿刈割前后株高变化

Table 1

Height change of *Medicago sativa* before and after cutting

cm

处理	8 月 10 日	8 月 25 日	9 月 10 日	10 月 8 日	10 月 27 日
CK	53.12±3.78 a	54.21±2.14 a	54.78±1.13 a	55.42±2.34 a	54.06±2.15 a
LC	53.74±1.09 a	39.28±2.12 b	46.38±3.47 b	51.36±2.48 b	57.86±4.12 a
MC	52.98±3.10 a	23.06±3.45 c	36.45±4.21 c	48.38±2.65 b	59.38±3.87 a
HC	53.36±2.78 a	13.98±1.34 d	21.89±3.01 d	29.12±3.06 c	31.05±2.01 b

注:同列相同小写字母表示在 0.05 水平差异不显著,下同。

Note: The same lowercase letters within a column show no significant difference at 0.05 level, the same below.

### 2.2 刈割强度对紫花苜蓿单株生物量及(R/S)的影响

由图 1(A)可知,刈割前 4 种处理下紫花苜蓿单株地上生物量无显著差异( $P>0.05$ ),基本维持在 790~800 g,说明刈割前 4 种处理下紫花苜蓿地上部分生长状况基本相同。刈割处理后,除了 HC 以外,其它 3 种处理下紫花苜蓿单株地上生物量随时间均呈增加趋势;到 10

月 27 日以后 4 种处理下紫花苜蓿地上单株生物量表现为 MC>CK>LC>HC,多重比较 CK 与 LC 处理紫花苜蓿单株地上生物量没有显著差异( $P>0.05$ ),与 MC 和 HC 达到显著差异( $P<0.05$ );CK 处理紫花苜蓿单株地上生物量 1 420 g,增加了 44.36%,LC 处理紫花苜蓿单株地上生物量 1 305 g,增加了 40.23%,MC 处理紫花苜

苜蓿单株地上生物量 1 632 g,增加了 52.13%,而 HC 处理紫花苜蓿单株地上生物量 940 g,比刈割前减少了约 15.32%。

图 1(B)显示刈割前 4 种处理下紫花苜蓿单株地下生物量无显著差异( $P>0.05$ ),基本维持在 860~900 g,说明刈割前 4 种处理下紫花苜蓿地下部分生长状况基本相同。刈割处理后,除了 HC 以外,其它 3 种处理下紫花苜蓿单株地下生物量随时间均呈增加趋势;HC 处理

下紫花苜蓿单株地下生物量随时间呈先增加后降低趋势;到 10 月 27 日,4 种处理下紫花苜蓿地下单株生物量表现为  $MC>LC>CK>HC$ ,多重比较 HC 显著低于 CK、LC 和 MC( $P<0.05$ );CK 处理紫花苜蓿单株地下生物量 1 842 g,增加了 49.51%,LC 处理紫花苜蓿单株地下生物量 1 920 g,增加了 50.78%,MC 处理紫花苜蓿单株地下生物量 2 020 g,增加了 54.21%,而 HC 处理紫花苜蓿单株地下生物量 940 g,比刈割前减少了约 0.32%。

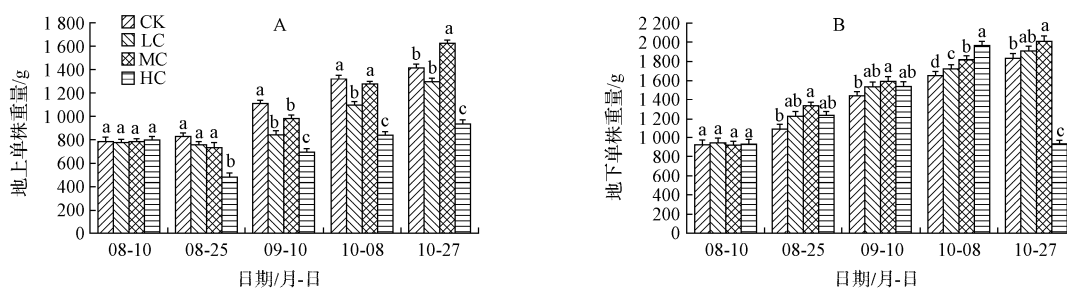


图 1 紫花苜蓿刈割前后地上、地下生物量动态变化

Fig. 1 Dynamic change of biomass of *Medicago sativa* before and after cutting

地上-地下生物量关系的统计检验结果表明(表 2),荒漠草原紫花苜蓿 R/S 存在显著差异( $P<0.05$ ),4 种处理下紫花苜蓿 R/S 随时间呈先增加后降低趋势。总体看来,CK 处理下紫花苜蓿 R/S 值变化范围在 1.17~

1.33,LC 处理下紫花苜蓿 R/S 值变化范围在 1.21~1.81,MC 处理下紫花苜蓿 R/S 值变化范围在 1.17~1.81,HC 处理下紫花苜蓿 R/S 值变化范围在 1.01~2.56。

表 2

紫花苜蓿刈割前后根冠比(R/S)变化

Table 2

Dynamic change of R/S of *Medicago sativa* before and after cutting

处理	8月10日	8月25日	9月10日	10月8日	10月27日
CK	1.17±0.12 a	1.33±0.31 b	1.31±0.17 c	1.30±0.13 c	1.25±0.26 b
LC	1.21±0.14 a	1.61±0.28 ab	1.81±0.28 b	1.57±0.21 b	1.47±0.23 a
MC	1.17±0.51 a	1.81±0.21 a	1.62±0.32 bc	1.42±0.23 c	1.24±0.17 b
HC	1.19±0.24 a	2.21±0.18 a	2.56±0.41 a	2.33±0.19 a	1.01±0.15 c

### 2.3 刈割强度对紫花苜蓿叶片叶绿素含量的影响

由图 2 可知,刈割处理前(8 月 10 日)4 种处理下紫花苜蓿叶片中叶绿素 a 和 b 含量差异均不显著( $P>0.05$ )。刈割后,叶绿素 a 含量随刈割后的时间而逐渐增加,其变化趋势表现为  $HC>MC>CK>LC$ ,叶绿素 b 含

量变化趋势表现为  $CK>MC>LC>HC$ ;随刈割强度的增加紫花苜蓿叶片叶绿素 a 含量有所增加,叶绿素 b 含量有所下降,但相比于刈割前,不同刈割强度处理增加了紫花苜蓿叶绿素 a 和 b 含量。

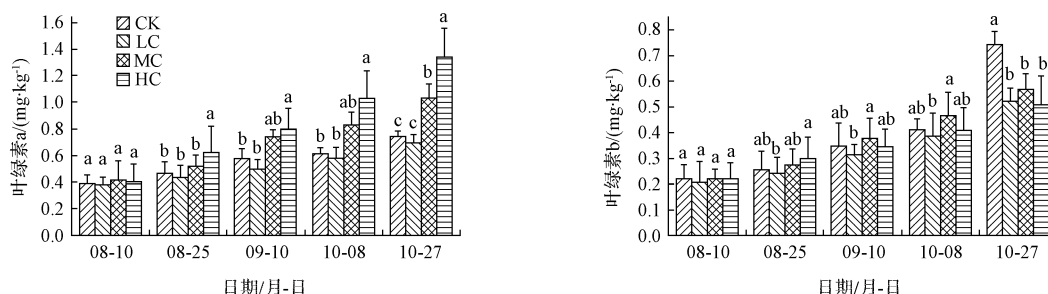


图 2 紫花苜蓿刈割前后叶绿素的动态变化

Fig. 2 Change of content of chlorophyll a and b of *Medicago sativa* before and after cutting

### 2.4 刈割强度对紫花苜蓿根系形态及活力的影响

从图 3 可以看出,与 CK 相比,HC 处理后紫花苜蓿

根长和平均直径分别下降了 14.29%、16.00%,LC 处理后紫花苜蓿根长和平均直径分别增加了 12.03%、

36.00%, MC 处理后紫花苜蓿根长和平均直径分别增加了 20.11%、52.00%; 总体来看, 4 种处理下紫花苜蓿根长和平均直径变化趋势一致, 均表现为 MC>LC>CK>HC。刈割后紫花苜蓿根系上须根、根瘤大量减少, 部分根发生死亡; 而不刈割处理的植物须根和根瘤未见明显减少, 由此说明 HC 处理对紫花苜蓿根系生长发育有较大影响降低。

由表 3 可知, 在不刈割情况下, 随着紫花苜蓿的生

长和发育, 其根系活力不断上升。刈割后, 3 种刈割处理下紫花苜蓿的根系活力随时间均呈上升趋势, 并且均显著高于刈割前的水平。在 10 月 27 日以后, 刈割处理的紫花苜蓿根系活力显著高于不刈割处理的根系活力 ( $P<0.05$ ), 表现为 MC>LC>HC>CK, 说明刈割对植物的根系活力影响较大, 相比于刈割前, 不同刈割强度处理增加了紫花苜蓿根系活力。

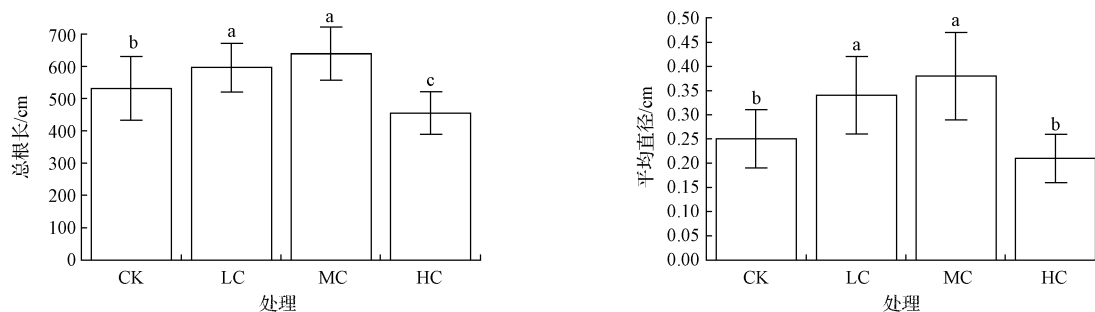


图 3 紫花苜蓿刈割后根系形态变化

Fig. 3 Change of root morphological indices of *Medicago sativa* before and after cutting

表 3

紫花苜蓿刈割前后根系活力动态变化

Table 3

Change of root activity of *Medicago sativa* before and after cutting

处理	8 月 10 日	8 月 25 日	9 月 10 日	10 月 8 日	10 月 27 日
CK	58.3±2.3 a	62.3±3.2 a	79.6±2.5 a	81.6±2.8 c	89.7±3.9 c
LC	57.6±1.9 a	48.3±2.5 b	53.4±2.9 c	92.7±4.6 b	107.6±4.8 a
MC	59.3±1.8 a	32.9±3.5 c	68.9±4.2 b	97.8±3.4 a	113.9±3.5 a
HC	58.2±2.4 a	21.8±1.4 d	56.7±2.1 c	85.7±2.3 c	93.6±4.2 b

## 2.5 刈割强度对紫花苜蓿品质的影响

表 4 表明, 平均粗蛋白、平均粗脂肪、平均粗纤维、平均粗灰分和平均无氮浸出物含量均表现为 MC>LC>HC>CK, 其中, 4 种刈割处理下紫花苜蓿粗蛋白含量差异不显著 ( $P>0.05$ ); LC、HC 和 CK 处理下紫花苜蓿粗脂肪含量差异并不显著 ( $P>0.05$ ), 与 MC 达到显著差异水平 ( $P<0.05$ ); CK 和 LC 处理下紫花苜蓿粗纤

维含量差异并不显著 ( $P>0.05$ ), 与 MC 和 HC 达到显著差异水平 ( $P<0.05$ ); LC、HC 和 CK 处理下紫花苜蓿粗灰分含量差异并不显著 ( $P>0.05$ ), 与 MC 达到显著差异水平 ( $P<0.05$ ); LC 和 MC 处理下紫花苜蓿无氮浸出物差异并不显著 ( $P>0.05$ ), 与 CK 和 HC 达到显著差异水平 ( $P<0.05$ )。

表 4

不同刈割强度紫花苜蓿营养成分的变化

Table 4

Change of nutrients of *Medicago sativa* of different intensity of cutting

处理	粗蛋白含量	粗脂肪含量	粗纤维含量	粗灰分含量	无氮浸出物含量
CK	9.87±1.54 a	4.36±1.45 b	32.56±4.57 b	8.59±1.07 b	47.14±4.38 b
LC	10.13±1.69 a	4.54±1.20 b	33.14±3.96 b	9.02±2.37 b	51.37±3.59 a
MC	9.97±2.58 a	5.28±1.37 a	36.27±3.54 a	10.37±1.89 a	53.25±2.98 a
HC	10.03±2.37 a	4.03±0.98 b	28.13±4.13 c	8.93±2.05 b	43.18±3.64 c

## 3 讨论与结论

### 3.1 刈割强度对紫花苜蓿株高及再生能力的影响

刈割是模拟放牧的一种模式和人为干扰栽培技术, 也是草地利用和管理的主要方式, 与放牧相比, 刈割对牧草产量及品质影响较为复杂<sup>[5-9]</sup>。刈割会致使牧草发生超补偿生长, 牧草的补偿性生长促进生长并提高其产量<sup>[7-8]</sup>。此外, 刈割可以利用植物均衡性生长特性, 改变

牧草营养物质的沉积和分配方向, 进而影响牧草生长特性及品质<sup>[3-6]</sup>。

刈割强度对紫花苜蓿株高影响显著, 紫花苜蓿株高随刈割强度的增加而增加, 刈割减少了紫花苜蓿制造养分的茎和叶的数量, 有机质积累速度减缓, 从而降低了植物的生长速度。此外, 刈割强度对牧草的再生能力有一定的影响, 刈割留茬越高, 紫花苜蓿的再生能力愈强, 表现为补偿或超补偿生长现象<sup>[7-9]</sup>。但紫花苜蓿再生能



力的增长有一定的范围,而当年种植紫花苜蓿的首次刈割高度可以低于 10 cm,该研究中轻度刈割的紫花苜蓿具有较强的再生能力,这与大多数研究结论基本一致。关于紫花苜蓿的最佳刈割时期,刈割均提高了牧草的产量,当年种植植株高达 50 cm 以上时,可进行刈割,第 1 次刈割选在牧草的始花期,能否进行第 2 次刈割还需要进一步探讨。

### 3.2 刈割强度对紫花苜蓿单株生物量及(R/S)的影响

紫花苜蓿地上部分生物量随刈割强度的增加而增加,主要是由于刈割增加了土壤中有效资源水平,降低了牧草对限制资源的竞争强度,从而导致生物量有所增加。紫花苜蓿在生长过程中,物种间存在种内和种间竞争,竞争作用不仅通过降低出生率、增加死亡率的方式影响植物种群数量动态,而且在个体水平上改变植物的生长速度和形状,导致最终产量稳定在某个值附近,该研究也证实了这一结论<sup>[17-18]</sup>。

该研究发现,刈割对牧草地下部根系形态和生理活性会产生一定影响。刈割初期,由于地上部植株的损伤,光合作用和有机物的转运发生了变化,紫花苜蓿地下部根系生长发育也势必受到影响,导致根系形态指标如总根长和平均根直径等明显降低,植物根系活力也显著下降,与前人的研究结果基本一致<sup>[3,7-8,19]</sup>。刈割后期,由于地上部植株的逐步恢复,地下部根系形态指标与活力又恢复到先前更高的水平,说明地下部根系也表现出一定的超补偿生长效应<sup>[7-9]</sup>。其中补偿地上生物量表现为  $HC > MC > LC$ ,在重度刈割后,紫花苜蓿主要是靠地上生物量进行超补偿,在受到重度刈割后贮藏物质会向地上器官转移以促进再生,从而提高了分株地上生物量,但过度刈割不仅直接影响到地上部植株的生长状况也会影响到地下部根系的生长发育,最终又通过改变根部对地上部的养分和水分供应状况而影响地上部植株的生长,而保持适度的刈割强度显得十分必要<sup>[3-4,7-9]</sup>。长期而言,重度刈割条件下的超补偿性生长是以降低地下净初级生产力生产为代价的。因此,这种超补偿性生长是暂时或是有条件的<sup>[3-4,7-9]</sup>。

发达的根系和较大的 R/S 是紫花苜蓿适应干旱环境的生态机制,较大的 R/S 具有更强的抗干旱适应能力<sup>[20]</sup>,该研究中,3 种不同刈割强度的紫花苜蓿平均 R/S 均高于 CK,说明刈割使紫花苜蓿具备更高的生存和适应能力,这是植物在不同生长压力下源于自身的生存机制和物质分配规律,也是对不同资源利用等级相互作用的一种方式<sup>[21-23]</sup>。刈割后紫花苜蓿生物量主要分配于地下,R/S 随刈割强度的增加而增加,具备较高的干旱适应能力。随刈割强度的增加,轻度和中度刈割增加了紫花苜蓿单株地上和地下生物量,重度刈割降低了紫花苜蓿单株地上、地下生物量,且不同刈割强度下紫花苜

蓿单株生物量差异基本显著( $P < 0.05$ ),由此可见,中度刈割是紫花苜蓿地上和地下生物量分配策略发生改变的转折点。

### 3.3 刈割强度对紫花苜蓿叶片叶绿素含量的影响

刈割对紫花苜蓿叶片叶绿素组成有一定影响,由于叶绿素 a 对植物光合作用的影响更大,因此,在牧草地上部遭受刈割后,植物体尽量增加叶绿素 a 的比重,以提高光能利用率来适应或补偿来自外界的直接伤害。刈割显著提高了紫花苜蓿的光合作用能力,尤其是在轻度和中度刈割水平下,紫花苜蓿的净光合速率大幅度上升,这可能与荒漠草原区土壤速效养分缺乏,植物长期处于资源限制状态有关<sup>[15,24-25]</sup>。刈割在一定程度上解除资源限制作用,促进植物叶片光合色素合成,提高叶绿素含量,增强其叶片对光的捕获能力和对光能的利用效率<sup>[26-27]</sup>。该试验也证明了这一点,紫花苜蓿叶片叶绿素 a 和 b 均随刈割强度的增加而显著增加,这对增强紫花苜蓿的光合作用具有十分重要的作用,可能是作物损伤后产生补偿生长的重要生理表现之一,但过度刈割损伤可能会造成紫花苜蓿的不足补偿等。因此,对于紫花苜蓿刈割后其补偿效应的内在生理生态学机制还有待深入研究。

### 3.4 刈割强度对紫花苜蓿品质的影响

紫花苜蓿的营养物质含量是衡量其品质优劣的重要指标,合理的刈割能改善牧草的品质和提高饲用价值<sup>[3-4,28]</sup>。该研究表明,刈割强度对紫花苜蓿营养成分含量的提高起到了显著的促进作用,平均粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分和平均无氮浸出物均表现为  $MC > LC > HC > CK$ ,相对而言,中度刈割水平下紫花苜蓿的营养品质更优。在农业生产中,往往需要获得产量高且品质好的牧草,利用刈割技术可以通过牧草的补偿性生长作用和均衡性生长特性,很好地获得产量高且品质好的牧草<sup>[7-9]</sup>。由于牧草品种的生长特性不同,同样的刈割对不同牧草品种的生物量及品质影响差异很大。因此,如何适当的利用刈割是充分发挥草地生态系统的再生性能、提高牧草品质、保证草地稳定和生产潜力的关键所在。

### 参考文献

- [1] Xu B, Yang X, Tao W, et al. Remote sensing monitoring upon the grass production in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(2): 405-413.
- [2] Ma Y, Fan S, Jiang D, et al. Study on the land desertification causes and the grass industry in North China[J]. Arid Zone Research, 2002, 20(3): 217-220.
- [3] 章家恩, 刘文高, 陈景青, 等. 不同刈割强度对牧草地上部和地下部生长性状的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1740-1744.
- [4] 章家恩, 刘文高, 陈景青, 等. 刈割对牧草地下部根区土壤养分及土壤酶活性的影响[J]. 生态环境, 2005, 14(3): 387-391.
- [5] Schönbach P, Wan H, Gierus M, et al. Grassland responses to grazing: effects of grazing intensity and management system in an Inner Mongolian

- steppe ecosystem[J]. Plant and Soil, 2011, 340(1-2): 103-115.
- [6] Socher S A, Prati D, Boch S, et al. Direct and productivity-mediated indirect effects of fertilization, mowing and grazing on grassland species richness[J]. Journal of Ecology, 2012, 100(6): 1391-1399.
- [7] 张璐璐, 周晓松, 李英年, 等. 刈割, 施肥和浇水对矮嵩草补偿生长的影响[J]. 植物生态学报, 2011, 35(6): 641-652.
- [8] 马银山, 杜国桢, 张世挺. 施肥和刈割对冷地早熟禾补偿生长的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(2): 279-287.
- [9] 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.
- [10] 王鑫, 马永祥, 李娟. 紫花苜蓿营养成分及主要生物学特性[J]. 草业科学, 2003, 20(10): 39-40.
- [11] 孙建华, 王彦荣, 余玲. 紫花苜蓿生长特性及产量性状相关性研究[J]. 草业学报, 2004, 13(4): 80-86.
- [12] 孙德智, 李凤山, 杨恒山, 等. 刈割次数对紫花苜蓿翌年生长及草产量的影响[J]. 中国草地, 2005, 27(5): 33-37.
- [13] 郭正刚, 刘慧霞, 王彦荣. 刈割对紫花苜蓿根系生长影响的初步分析[J]. 西北植物学报, 2004, 24(2): 215-220.
- [14] 贾倩民, 陈彦云, 韩润燕. 荒漠草原区次生盐碱地 4 种牧草的适应性及生产性能研究[J]. 中国饲料, 2013(18): 11-15.
- [15] 宋乃平, 杨新国, 何秀珍, 等. 荒漠草原人工柠条林重建的土壤养分效应[J]. 水土保持通报, 2012, 32(4): 21-26.
- [16] 王常慧, 杨建强, 王永新, 等. 不同收获期及不同干燥方法对苜蓿草粉营养成分的影响[J]. 动物营养学报, 2004, 16(2): 60-64.
- [17] 黎磊, 周道玮, 盛连喜. 植物种群自疏过程中构件生物量与密度的关系[J]. 生态学报, 2012, 32(13): 3987-3997.
- [18] Weiner J, Freckleton R P. Constant final yield[J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2010, 41: 173-192.
- [19] 吕林有, 赵艳, 王海新, 等. 刈割对入侵植物少花蒺藜草再生生长及繁殖特性的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(1): 100-104.
- [20] 单立山, 李毅, 董秋莲, 等. 红砂根系构型对干旱的生态适应[J]. 中国沙漠, 2012, 32(5): 1283-1290.
- [21] Tilman D. Resource competition and community structure[M]. Princeton University Press, 1982.
- [22] Loreau M, Naeem S, Inchausti P, et al. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges [J]. Science, 2001, 294(5543): 804-808.
- [23] Tilman D, Wedin D, Knops J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems[J]. Nature, 1996, 379(6567): 718-720.
- [24] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 等. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 254-261.
- [25] 胡小文, 王彦荣, 武艳培. 荒漠草原植物抗旱生理生态学研究进展[J]. 草业学报, 2004, 13(3): 9-15.
- [26] Nichol C J, Huemmrich K F, Black T A, et al. Remote sensing of photosynthetic-light-use efficiency of boreal forest [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 101(2): 131-142.
- [27] Funk J L, Vitousek P M. Resource-use efficiency and plant invasion in low-resource systems[J]. Nature, 2007, 446(7139): 1079-1081.
- [28] 朱珏, 张彬, 谭支良, 等. 刈割对牧草生物量和品质影响的研究进展[J]. 草业科学, 2009, 26(2): 80-85.

## Response of Quality and Growth Characteristics of *Medicago sativa* for the Different Intensity of Cutting

JIN Wen-bin<sup>1</sup>, ZHANG Fan-bing<sup>2</sup>

(1. Training Offices of Armed Police in Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. Key Lab for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

**Abstract:** Taking *Medicago sativa* as material, the effect of different cutting intensities on the quality and growth characteristics of *Medicago sativa* were studied. The results showed that light cutting and moderate cutting could improve the ability of plant height and regeneration. Different intensities of cutting increased the aboveground, underground biomass and root cap ratio (R/S) of *Medicago sativa*, moderate cutting increased most significant, and the compensatory aboveground biomass of high cutting was the highest. With the increase of the intensity of cutting, the content of chlorophyll a increased, chlorophyll b content decreased and different cutting intensities increased the content of chlorophyll a and b comparing to pre-cutting, which could be very helpful for photosynthesis of *Medicago sativa*. Heavy cutting lead to the total length and mean diameter of plant roots decreased significantly ( $P < 0.05$ ), and moderate cutting increased the total length and mean diameter of plant roots ( $P < 0.05$ ). Cutting also affected the activities of plant roots comparing to pre-cutting. The average crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash and nitrogen free extract showed that moderate cutting > light cutting > heavy cutting > control. Based on the comprehensive analysis of the indices, the optimum scheme for the quality and growth characteristics of *Medicago sativa* was proposed as moderate cutting in desert steppe.

**Keywords:** *Medicago sativa*; cutting intensity; growth characteristics; quality