

# 不同放牧强度对荒漠草原几种牧草 一些生理指标的影响

马红彬<sup>1,2</sup>

(1. 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建省部级共建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏大学农学院草业科学研究所, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 研究了不同放牧强度下荒漠草原长芒草 (*Stipa bungeana*)、牛枝子 (*Lespedeza potaninii*)、赖草 (*Leymus secalinus*)、中亚白草 (*Pennisetum flaccidum*) 和糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*) 5种牧草叶片游离脯氨酸 (Pro)、丙二醛 (MDA) 和根系可溶性糖 (WSS)、还原糖的含量以及叶片超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 3种保护酶活性的变化。结果表明: 随着放牧强度的增加 5种牧草各生理指标均有不同程度的变化, 其中赖草 Pro 含量呈先升后降变化, 其它牧草呈不断上升趋势; 长芒草和糙隐子草分别在放牧强度为 1.05 和 1.50 只/hm<sup>2</sup> 时 SOD 活性最高, 分别是不放牧的 1.86 和 2.13 倍, 两牧草保护酶活性较高且协同性较好, MDA 含量较低且增幅不大, WSS 含量呈先降后升变化; 中亚白草保护酶活性在放牧轻时居中但放牧重时变小, 赖草 POD 活性与 SOD 和 CAT 无明显的一致性, 反映在 MDA 含量上两牧草均上升显著, 在 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时分别是不放牧的 4.68 和 3.89 倍, WSS 含量均不断降低; 牛枝子保护酶活性相对较低, MDA 含量最低且增幅较小, WSS 含量呈先降后升变化; 糙隐子草和牛枝子根系还原糖含量变化与 WSS 含量变化相同, 其它牧草二者没有明显的相关性。以上述生理指标判断各牧草的适宜放牧强度, 则长芒草和糙隐子草放牧强度应不大于 1.05 只/hm<sup>2</sup>、赖草不大于 0.45 只/hm<sup>2</sup>、中亚白草不大于 0.60 只/hm<sup>2</sup>、牛枝子放牧强度可达 1.50 只/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 荒漠草原; 放牧强度; 牧草; 生理指标

**中图分类号:** S812.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0079-06

放牧系统中, 草与畜之间的关系是放牧生态学的研究重点。放牧通过采食践踏草地植物等行为影响植物的生长发育, 对植物构成了一定程度的损伤, 也是一种逆境条件。有关植物抗性生理的研究认为当植物在逆境条件下时, 细胞内自由代谢基平衡失调会造成细胞膜系统损伤和膜透性增加从而影响植物的生理代谢, 一些保护酶在清除自由基, 减轻植物损伤、减缓衰老等方面起着不可忽视的作用<sup>[1~3]</sup>。细胞中游离脯氨酸、丙二醛含量与植物的抗逆性有关, 且植物对逆境胁迫的敏感性因不同的逆境胁迫而有很大差异<sup>[4]</sup>。不同放牧强度导致植物光合作用面积的不同, 进而影响到植物根系碳水化合物的贮藏量, 而植物的生存和各种抗逆特性都与其碳水化合物含量水平有关<sup>[5]</sup>。近年来关于放牧草地植物补偿性生长的研究认为补偿性生长情况的发生与植物营养的补充利用以及植物保护酶活性均有关<sup>[6~8]</sup>。

牛枝子、中亚白草和糙隐子草等是宁夏荒漠草地上饲用价值较好的牧草, 对维持草地的质量具有

重要意义, 不同强度的放牧胁迫必然会对这些牧草体内保护酶活性、脯氨酸、丙二醛含量和根系碳水化合物的贮藏量产生影响。在农作物和果蔬方面植物保护酶的研究比较广泛深入, 但在牧草尤其是天然草地牧草方面研究较少。因此研究不同放牧强度下植物细胞水平上的酶活性、碳水化合物的贮藏量和丙二醛等含量对进一步揭示放牧胁迫对草地植物的影响机理、探讨放牧草地植物补偿性生长机制具有重要意义, 研究也可为该区荒漠草地的合理利用提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验区设在宁夏盐池县花马镇四墩子行政村, 位于北纬 37°47', 东经 107°25'。该区属典型的干旱半干旱地区, 多年平均降雨量为 289.4 mm, 年蒸发量为 2131.8 mm。地带性土壤为灰钙土, 质地沙壤。地带性植被为荒漠草原, 主要分布有牛枝子、糙隐子草、狭叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*)、中亚白草、刺叶柄

收稿日期: 2007-08-16

基金项目: 宁夏自然科学基金资助项目 (NZ0512); 宁夏大学科研基金资助项目 (NS0508)

作者简介: 马红彬 (1975—), 男, 宁夏同心人, 讲师, 博士研究生, 主要从事草地生态与资源环境方面的研究。E-mail: ma-hb@nxu.edu.cn。

棘豆(*Oxytropis aciphylla*)、长芒草、赖草、细叶骆驼蓬(*Peganum nigellastrum*)、老瓜头(*Cynanchum komarovii*)等多年生植物和一些一年生植物。

## 1.2 供试材料

试验选择健康无病体重相近的 2 龄滩羊母羊 29 只。选择 40 hm<sup>2</sup> 天然草地,用围栏围成 6 个等面积的小区,每小区面积 6.667 hm<sup>2</sup>。在每小区分别设年放牧 3 只羊(放牧强度 0.45 只/hm<sup>2</sup>,较轻放牧)、4 只羊(放牧强度 0.60 只/hm<sup>2</sup>,轻度放牧)、5 只羊(放牧强度 0.75 只/hm<sup>2</sup>,中度放牧)、7 只羊(放牧强度 1.05 只/hm<sup>2</sup>,稍重放牧)、10 只羊(放牧强度 1.50 只/hm<sup>2</sup>,重度放牧)5 种放牧强度和 1 个不放牧作为对照,共 6 个处理。放牧时间分别为 2005 年和 2006 年 5 月 1 日到 10 月 31 日。

2006 年 8 月上旬(植物生长旺盛期)在每个处理区各采集长芒草、牛枝子、赖草、中亚白草和糙隐子草 5 种饲用价值较好的牧草的鲜叶(各 30 株植物的鲜叶)装入保鲜膜迅速带回实验室,将叶片刷净混合均匀备用。2006 年 9 月下旬(植物枯黄前期)在每个处理区各采集 30 株上述牧草的根系,刷净烘干粉碎混合均匀备用。

## 1.3 测定项目及方法

用采集的不同处理牧草的鲜叶测定游离脯氨酸(Pro)、丙二醛(MDA)含量,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性。用采集的不同处理牧草的根系测定可溶性糖(WSS)和还原糖的含量。其中 Pro 采用酸性茚三酮染色法、SOD 采用氮蓝四唑法、MDA 采用硫代巴比妥酸法、WSS 采用蒽酮比色法、还原糖含量测定采用 3,5-二硝基水杨酸法<sup>[9]</sup>。POD 含量测定采用愈创木酚法<sup>[10]</sup>、CAT 采用 240 nm 比色法<sup>[11]</sup>。每个指标测定 3 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同放牧强度下几种牧草的脯氨酸(Pro)含量

从图 1 看出,随着放牧强度的增加,牛枝子、长芒草、糙隐子草和中亚白草叶片的脯氨酸含量都表现出不同程度的增加,其中以长芒草增幅最大,比不放牧上升了 2.05 倍。牛枝子增幅最小,比不放牧时增加了 1.05 倍。在放牧强度低于 1.05 只/hm<sup>2</sup> 阶段赖草脯氨酸含量与上述牧草的变化相似,高于此放牧强度时开始下降,但仍比不放牧时高。分析图 1 还可发现放牧轻时各牧草脯氨酸含量变化较缓,放牧重时变化明显,这在牛枝子和糙隐子草上体现得更为明显。

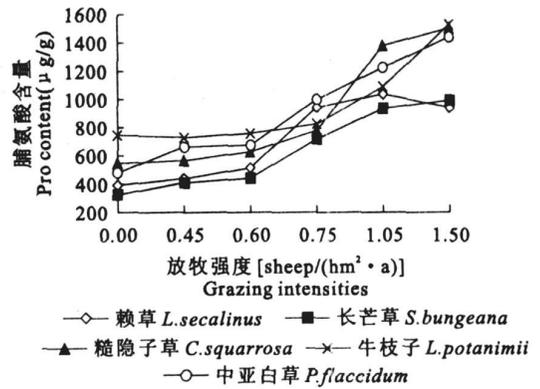


图 1 不同放牧强度下叶片 Pro 含量变化

Fig. 1 Changes of Pro content in leaves under different grazing intensities

### 2.2 不同放牧强度下几种牧草的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性

SOD 可催化超氧阴离子自由基发生歧化反应生成分子氧和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,以控制膜质氧化,减少膜系统的伤害,反应产物 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 可由 CAT 进一步分解或被 POD 利用。从图 2 可见,长芒草、中亚白草和赖草叶片中 SOD 活性随着放牧强度的增加呈先上升后下降变化。长芒草和中亚白草 SOD 活性分别在年放牧强度 1.05 只/hm<sup>2</sup> 和 0.75 只/hm<sup>2</sup> 时最高,分别是不放牧的 1.86 和 1.51 倍。赖草 SOD 活性在放牧强度 0.60 只/hm<sup>2</sup> 时最高,到 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时 SOD 活性低于不放牧。牛枝子和糙隐子草的 SOD 活性随着放牧强度的增加呈不断上升趋势,且在放牧轻时增幅较小,放牧重时增幅较大,到 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时 SOD 活性分别是不放牧的 1.99 和 2.13 倍。

POD 活性及其变化。由图 2 可知,随着放牧强度的增加,赖草叶片中 POD 活性不断下降,在 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时活性仅为不放牧时的 28.13%。长芒草和中亚白草 POD 活性随着放牧强度的加大呈先上升后下降变化,长芒草 POD 活性在放牧强度 1.05 只/hm<sup>2</sup> 时最高,与其 SOD 活性变化一致,中亚白草 POD 活性在放牧强度 0.60 只/hm<sup>2</sup> 时最高,在 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时活性低于不放牧,是不放牧的 47.06%。牛枝子和糙隐子草的 POD 活性随着放牧强度的增加总体上呈不断上升趋势,且在放牧重时增加幅度较大,与其 SOD 活性变化较为一致。

CAT 活性及其变化。从图 2 看出,赖草、中亚白草和糙隐子草叶片中 CAT 活性随着放牧强度的增加呈先上升后下降变化。赖草在年放牧强度 0.45

只/hm<sup>2</sup>时 CAT 活性最高,到 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时下降为不放牧的 33.80%。中亚白草和糙隐子草分别在放牧强度 0.75 和 1.05 只/hm<sup>2</sup> 时 CAT 活

性最高。牛枝子和长芒草组织中 CAT 活性随着放牧强度的增加呈上升趋势,在 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时 CAT 活性分别是不放牧的 8.85 和 1.92 倍。

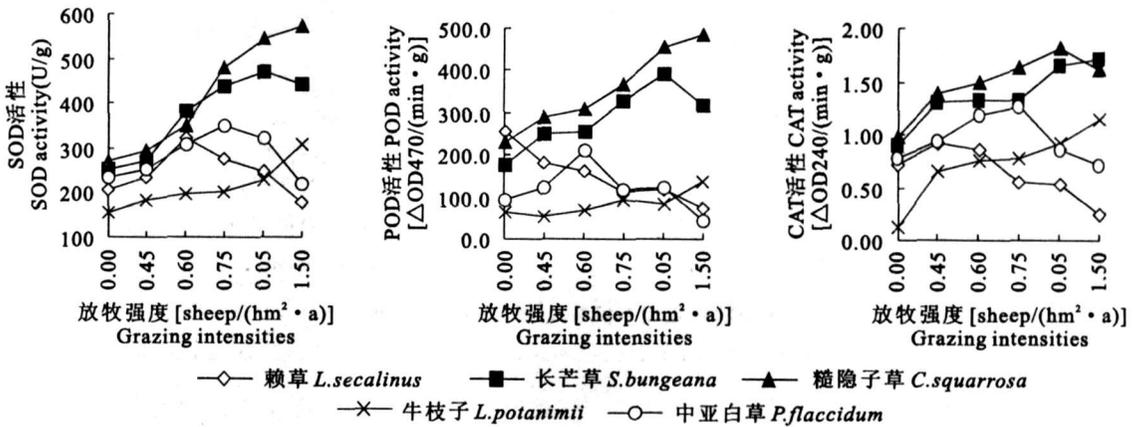


图 2 不同放牧强度下叶片 SOD、POD 和 CAT 活性变化

Fig. 2 Changes of SOD、POD and CAT activities in leaves under different grazing intensities

### 2.3 不同放牧强度下几种牧草丙二醛(MDA)含量

丙二醛含量高低代表植物在逆境伤害和衰老过程中膜脂氧化的程度。从图 3 看出,随着放牧强度的增加,各牧草 MDA 含量均呈上升趋势,其中赖草和中亚白草变化幅度较大,在 1.50 只/hm<sup>2</sup> 放牧强度时 MDA 含量分别是不放牧的 3.89 和 4.68 倍。长芒草和糙隐子草 MDA 的含量在放牧轻时增幅较小,而放牧重时增幅较大。牛枝子 MDA 含量在各放牧强度下均低于其它 4 种牧草,且 MDA 含量变化也相对平缓。

牧强度为 1.50 只/hm<sup>2</sup> 处理下 WSS 的含量分别为不放牧时的 55.08%和 37.00%。长芒草、牛枝子和糙隐子草根 WSS 含量随放牧强度的增加呈先下降后上升变化,长芒草和牛枝子在放牧强度为 0.75 只/hm<sup>2</sup> 时 WSS 含量最低,糙隐子草在放牧强度为 1.05 只/hm<sup>2</sup> 时最低。

糙隐子草、牛枝子根系还原糖含量随放牧强度的增加呈先下降后上升变化,与其可溶性糖含量变化具有一致性。赖草和中亚白草还原糖含量随放牧强度的增加呈先上升后下降变化,而长芒草一直呈下降趋势,这 3 种牧草还原糖含量变化与其可溶性糖含量变化没有明显的相关性。

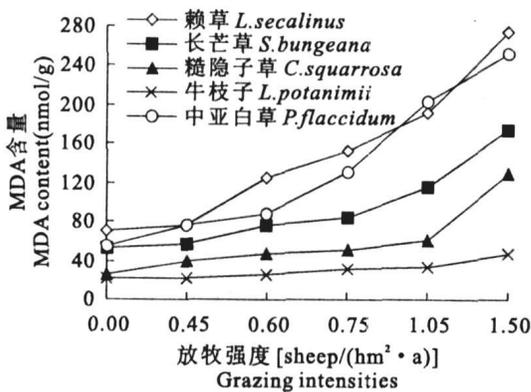


图 3 不同放牧强度下叶片 MDA 含量变化

Fig. 3 Changes of MDA content in leaves under different grazing intensities

### 2.4 不同放牧强度下几种牧草根可溶性糖(WSS)和还原糖含量

从图 4 看出,随着放牧强度的增加,赖草和中亚白草根可溶性糖含量表现出不断下降趋势,在放

## 3 讨论

研究表明干旱胁迫下植物体内游离脯氨酸有大量的积累,因此多数学者主张将脯氨酸积累的数量作为植物抗旱能力的生理指标之一。试验测定的 5 种牧草在放牧胁迫下脯氨酸含量均有不同程度的上升说明一定强度的放牧胁迫会导致植物体内脯氨酸含量的增加,从而有助于细胞或组织的持水作用,减少组织或细胞由于水分不足或是其它逆境而造成的伤害。这与王静等对冷蒿种群在不同放牧干扰强度下脯氨酸含量变化的研究结果相似<sup>[12]</sup>,这也反映了这 5 种牧草对一定强度的放牧干扰具有了一定的适应性。但赖草脯氨酸含量在放牧强度大于 1.05 只/hm<sup>2</sup>时开始下降也说明不同种类的牧草能够承受的最大放牧强度不同,放牧强度太大时会对一些牧草如赖草造成伤害。

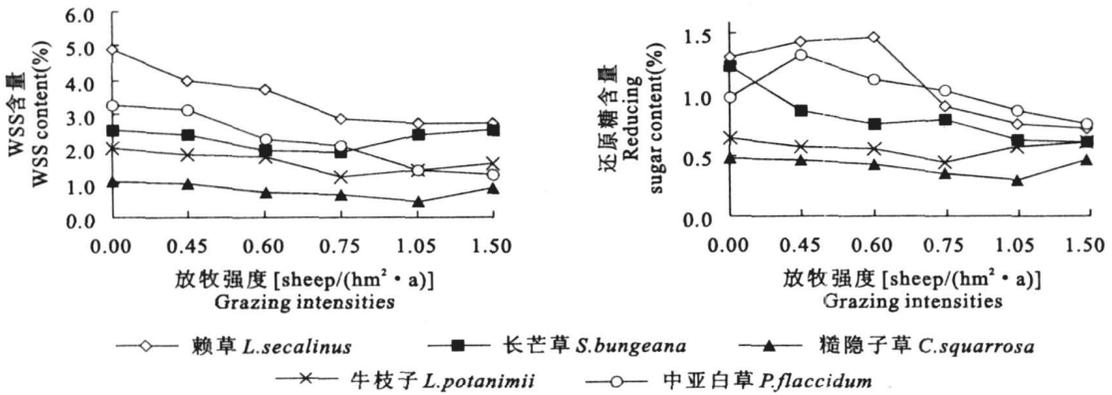


图 4 不同放牧强度下根系 WSS 和还原糖含量变化

Fig. 4 Changes of WSS and reducing sugar contents in roots under different grazing intensities

当植物处于逆境条件时,植物组织会动员其体内的酶性系统来保护组织免受伤害。酶类系统主要有 SOD、POD、CAT 等<sup>[13]</sup>,整个抗氧化酶系统的防御能力取决于这几种酶彼此协调的综合结果。MDA 是膜脂过氧化的产物,其含量的变化与细胞膜脂过氧化程度的高低呈正相关。研究发现,不同放牧强度下,供试牧草 SOD、POD、CAT 活性及 MDA 的含量和它们的变化因牧草种类不同而有差异。糙隐子草在放牧强度小于 1.05 只/hm<sup>2</sup> 时 SOD、POD、CAT 活性均高且变化规律相同,这一阶段 MDA 的含量较低且变化相对平缓,说明糙隐子草在一定放牧胁迫下 3 种保护酶能够协同降低氧自由基伤害,这与陈吉虎等对北方旱区一些树种的研究结果类似<sup>[14]</sup>。当放牧强度大于 1.05 只/hm<sup>2</sup> 时,糙隐子草 CAT 活性开始下降,酶彼此间协调性减弱,反映叶片质膜透性伤害的指标 MDA 含量此时有较明显上升。长芒草在放牧强度小于 1.05 只/hm<sup>2</sup> 时保护酶活性和 MDA 含量变化与糙隐子草类似,说明长芒草清除 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的机制相对较好,保护酶之间的协同性较好,能够适应一定强度的放牧胁迫;但放牧强度大于 1.05 只/hm<sup>2</sup> 时,除 CAT 活性继续升高外,SOD 和 POD 活性降低,MDA 的含量也明显升高,说明重牧会对长芒草产生伤害。中亚白草组织中 SOD、POD、CAT 的活性在放牧轻时居中且呈上升变化,MDA 含量在此阶段变化不大,但放牧重时 3 种酶活性均呈下降变化,MDA 聚集量显著增加,说明随着放牧强度的加大,中亚白草抵御放牧胁迫的能力有所下降,这与周兰胜等对狗牙根和马尼拉在不同践踏强度下 3 种保护酶活性变化的研究结论类似<sup>[15]</sup>。由此可见保护酶在逆境胁迫下具有调节作用,但其调节作用有一定范围,如果超过其调节范围,膜脂过氧化加剧,植物体内 MDA 就会大

量积累,最终导致植物死亡。因此对中亚白草的放牧强度维持在轻度放牧之内较好。赖草组织中 SOD、CAT 的活性较低,两酶变化具有一定的一致性,但 POD 活性在不放牧和放牧较轻时较高,随着放牧强度的增加显著下降,与 SOD 和 CAT 无明显的一致性,这反映出了赖草在遭受胁迫时组织各酶之间复杂的内在关系和协同作用<sup>[16]</sup>,反映在 MDA 上则是在放牧强度大于较轻放牧后含量急剧升高。可见,赖草能够适应较轻放牧,超过此放牧强度会对其产生伤害。牛枝子在测试的 5 种牧草中保护酶活性相对较低,MDA 含量最低且变幅较小,这可能是牛枝子保护酶系统的防御活性氧伤害的作用不占主导地位,植物受到伤害时调运了体内其它的活性氧清除系统,也可能与 MDA 测定方法以及高等植物脂类过氧化物有多种代谢途径有关<sup>[17]</sup>,有待进一步研究。

植物生存和各种抗逆特性都与其碳水化合物含量水平有关。在不放牧到中度放牧阶段,由于家畜的采食和践踏使牧草光合能力下降,营养物质积蓄量减少,5 种牧草根系 WSS 含量均表现出随放牧强度的增加而下降。赖草和中亚白草根系可溶性糖含量变化与王静等对生长末期的冷蒿放牧胁迫的研究结论一致<sup>[18]</sup>。在稍重和重度放牧阶段,长芒草、牛枝子和糙隐子草先后出现根系 WSS 含量缓慢上升,说明这 3 种牧草在放牧强度大时减少了地上部营养物质的分配比例,将更多养分贮藏于地下器官中,以保证种群的延续。这可能也是这 3 种牧草较赖草和中亚白草耐牧的原因之一。糙隐子草、牛枝子根系还原糖含量变化与可溶性糖含量变化相同,而赖草、中亚白草和长芒草根系还原糖含量与可溶性糖含量变化没有明显的相关性,这是因为还原糖为单糖,它经常处于被植物利用状态或被合成为双糖,可能由

于牧草生长缓慢时消耗少而增加,也可能因用于合成双糖而含量减少。

家畜的采食、践踏在一定程度上和时间内会对植物造成机械损伤。植物对来自外界的伤害除了从外部形态上做出响应外,内部生理指标含量也有所反应。研究发现,供试5种牧草随着放牧强度的增加叶片脯氨酸、丙二醛含量和超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶的活性以及根系中可溶性糖、还原糖含量均有不同程度的变化,表现出了不同牧草对不同强度放牧胁迫在生理上的不同反应,这对从生理方面研究牧草的耐牧性和补偿性生长、制定草地的合理放牧强度具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 王忠华. 作物抗旱的作用机制及其基因工程改良研究进展[J]. 生物技术通报, 2002, (1): 16-19.
- [2] Inkai I, Pedro R E, Cesar A I. Oxidative damage in pea plant exposed to water deficit or paraquat [J]. Plant Physiology, 1998, 119: 173-181.
- [3] Elster E F. Oxygen activation and oxygen toxicity [J]. Ann Rev Plant Physiol, 1992, 43: 73-96.
- [4] 倪郁. 作物抗旱机制及其指标的研究进展与现状[J]. 甘肃农业大学学报, 2001, 36(1): 14-22.
- [5] 许志信, 白永飞, 赵莉莉, 等. 干旱贮藏碳水化合物积累与消耗规律的研究[J]. 内蒙古草业, 1995, (1): 49-54.
- [6] 刘艳, 卫智军, 杨静, 等. 短花针茅草原不同放牧制度的植物补偿性生长[J]. 中国草地, 2004, 26(3): 18-23.
- [7] Dyer M I, Tumer C L, Seastedt T R. Herbivore and its consequences [J]. Ecological Application, 1993, 3(1): 10.
- [8] 马红彬, 余治家. 放牧草地植物补偿效应的研究进展[J]. 农业科学研究, 2006, 27(1): 63-67.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 167-261.
- [10] 荆家海, 丁钟荣. 植物生物化学分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1981. 95-101.
- [11] Trevor E, Kraus R, Austin F. Paclotrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury detoxification of active oxygen involved[J]. Plant Cell Physiology, 1994, 35(1): 45-52.
- [12] 王静, 杨持. 在放牧干扰下冷蒿种群脯氨酸含量的变化[J]. 中国草地, 2005, 27(4): 52-57.
- [13] 彭长连, 林植芳, 林桂珠, 等. 光氧化胁迫下几种植物叶片的超氧自由基产生速率和光合特性[J]. 植物生理学报, 2000, 2(2): 81-87.
- [14] 陈吉虎, 余新晓, 孙明高, 等. 北方旱区不同树种抗氧化酶活性变化及与抗旱性的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(5): 120-125.
- [15] 周兰胜, 戴其根, 张洪程, 等. 不同践踏强度对狗牙根和马尼拉形态生理的影响[J]. 草业科学, 2005, 22(12): 77-81.
- [16] 刘建, 赵国林. 干旱胁迫下骆驼蓬抗氧化酶活性与渗透调节物质的变化[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 127-131.
- [17] 王启明, 徐心诚, 马原松, 等. 干旱胁迫下大豆开花期的生理生化变化与抗旱性的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 98-102.
- [18] 王静, 杨持, 王铁娟, 等. 冷蒿种群在不同放牧干扰下叶绿素、可溶性糖的对比研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2005, 36(3): 280-283.

## Influence of different grazing intensities in desert steppe on some physiological indexes of several pastures

MA Hong-bin<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystem in Northwestern China, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

2. Pratacultural Science Institute of Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

**Abstract:** The changes about free amino acids (Pro) and malondialdehyde (MDA) contents in pastures leaves, soluble sugars (WSS) and reducing sugars contents in pastures roots, three protective enzymes named superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) activities in pastures leaves of five pastures that were *Stipa bungeana*, *Lespedeza potaninii*, *Leymus secalinus*, *Pennisetum flaccidum* and *Cleistogenes squarrosa* were studied under different grazing intensities in desert steppe. The results showed that all the physiological indexes of five pastures represented different degree changes with the enhancement of grazing intensities. The Pro content increased at first and decreased later in *Leymus secalinus*, but increased continuously in other pastures. The activity of SOD of *Stipa bungeana* was in the highest when grazing intensity reached 1.05 sheep/hm<sup>2</sup>, and was 1.86 times that of 0 sheep/hm<sup>2</sup>. The activity of SOD of *Cleistogenes squarrosa* was highest when grazing intensity reached 1.50 sheep/hm<sup>2</sup>, and was 2.13 times that of 0 sheep/hm<sup>2</sup>. These two pas-

tures had relative high activities of protective enzymes, and these enzymes behaved relatively cooperativity. The contents of MDA were low and enhanced little. WSS contents in roots decreased at first and increased later. The activities of protective enzymes in *Pennisetum flaccidum* were in the middle under light grazing intensities and became smaller under heavy grazing intensities. POD activity of *Leymus secalinus* had no evident coherence with SOD and CAT activities. The contents of MDA in these two pastures enhanced markedly, while the contents of WSS declined continuously. When grazing intensity reached 1.50 sheep/hm<sup>2</sup>, the contents of MDA of *Pennisetum flaccidum* and *Leymus secalinus* were 4.68 and 3.89 times those of 0 sheep/hm<sup>2</sup> respectively. Protective enzymes activities of *Lespedeza potaninii* were relatively low; moreover, MDA content was in the lowest and had a small enhancement. The content of WSS decreased at first and increased later. The changes of reducing sugars contents in roots for *Cleistogenes squarrosa* and *Lespedeza potaninii* accorded with the changes of WSS, but reducing sugars and WSS contents changes of other pastures did not represent obvious coherence. With the above physiological indexes as an estimation of feasible grazing intensity for testing pastures, grazing intensity of *Stipa bungeana* and *Cleistogenes squarrosa* should be no more than 1.05 sheep/hm<sup>2</sup>, *Leymus secalinus* no more than 0.45 sheep/hm<sup>2</sup>, *Pennisetum flaccidum* no more than 0.60 sheep/hm<sup>2</sup>. For *Lespedeza potaninii*, grazing intensity could reach 1.50 sheep/hm<sup>2</sup>.

**Key words:** desert steppe; grazing intensities; pastures; physiological indexes

(上接第 52 页)

## Determination of cyhalothrin pesticide residue in apple by capillary GC method

LIANG Jun<sup>1</sup>, LI Hai-fei<sup>2</sup>, ZHAO Zheng-yang<sup>1</sup>, FAN Ming-tao<sup>3</sup>

(1. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. The Fruits and Seedling Quality Supervisory Inspection Test Center of Ministry of Agriculture, Xingcheng, Liaoning 125100, China; 3. College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The method on determination of cyhalothrin pesticide residues by capillary GC in apple was established, and the cyhalothrin residues in apple were determined by the method. The residues were extracted from apple with acetonitrile which substitute the mixture of acetone and petroleum ether, and the extraction solution had little impurity and was comparatively clean, decontaminated with Florisil, and determined by GC with electron capture detector, the step of preparation was simplified, and the method reduced solvent consumption, saving time, as well. The method of infilling glass cotton in glass inner tube avoided the disturbance of chromatography peak and impurity peak which because reverse pervasion and adsorption of sample vapor and septum lose. The recoveries of the three spiked levels of cyhalothrin were from 92.54%±2.3% to 103.32%±4.4% in whole apple, from 96.00%±2.8% to 101.23%±2.9% in apple peel and from 92.50%±3.6% to 104.02%±2.9% in apple pulp. The minimum detection limits of cyhalothrin were 5.70×10<sup>-11</sup> g. It was a sensitive, simple and reliable method to determine the residues of cyhalothrin in apple, the result of recovery rate and coefficient of variation and minimum detection limits were famous.

**Key words:** gas chromatography; apple; cyhalothrin; determination