



冯静,生琳,慕湧,等.施用中微量元素肥对巨菌草生长和品质的影响[J].黑龙江农业科学,2022(3):33-37.

施用中微量元素肥对巨菌草生长和品质的影响

冯 静¹,生 琳²,慕 湧²,黄新华²,麻 浩¹

(1.新疆农业大学 草业学院/新疆草地资源与生态实验室,新疆 乌鲁木齐 830052;2.新疆康源地健肥业科技有限公司,新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:为促进中微量元素肥料在巨菌草及其他牧草中的推广应用,以巨菌草为供试品种,采用盆栽的方式,设计5个梯度的中微量元素施肥水平,通过测定巨菌草株高、叶茎比、产量和营养品质等指标,确定最佳的中微量元素施肥量。结果表明:当施肥条件为C3处理(450 g·盆⁻¹)时,与对照组相比,施加中微量元素肥能显著提高巨菌草株高、叶茎比、产量和各个时期粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量和相对饲用价值,并有效降低中、酸性洗涤剂纤维含量。

关键词:巨菌草;中微量元素肥;农艺性状;营养品质

中微量元素大多是植物体内促进光合作用、呼吸作用及物质转化作用等的“酶”或“辅酶”的组成部分,在植物体内非常活跃,虽然在植物体内需求量少,但对植物的产量、生物量生长或可食用部分微量元素的浓度都有积极的影响^[1]。作为中微量元素肥料,在植物生长方面,能够显著增加植物叶绿素含量^[2],从而增强植物光合作用,有助于作物的正常生长和发育,使植物的茎秆粗壮,增强作物的抗倒伏能力^[3],农作物的品质得到大大改善^[4]。

巨菌草(*Pennisetum giganteum*)原产于非洲,隶属被子植物门单子叶植物纲禾本科狼尾草属,是典型的C₄植物,植株高大直立、丛生,株高一般为3~5 m,根系发达,抗逆性强,年产鲜草达2 000 t·hm⁻²以上,可以改善土壤微生物群落^[5],粗蛋白含量高^[6]。但传统的施肥方式,只注重大量元素(N、P、K),而忽略中微量元素的重要性^[7-9],导致巨菌草营养养分失衡、巨菌草品质降低、草地土壤肥力逐渐下降、甚至贫瘠,严重影响了巨菌草及草地的生长,致使牧草减产,品质下降。目前,针对中微量元素肥对作物生长方面的研究,主要集中在作物的农艺性状和品质等方面,然而,在西北地区中微量元素肥对牧草农艺性状

和营养品质的影响鲜见报道。因此,本研究采用5个梯度的中微量元素施肥水平处理,通过不同时期的取样,测定巨菌草生长性状和营养品质,探究中微量元素肥料对巨菌草生长特性及营养品质的改善,以期为西北地区中微量元素肥在巨菌草及其他牧草中的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在新疆乌鲁木齐市新疆农业大学院内(42°45'32"N,86°37'33"E)开展,海拔680~920 m。年平均降水量为194 mm,年平均温度5.9℃,年较差38.1℃,日较差10.9℃,年积雪日数为136 d,市区无霜期为147 d,年日照时数2 075 h。为典型的中温带大陆干旱气候区。

1.2 材料

供试材料为巨菌草,由福建农林大学国家菌草工程技术研究中心提供。供试盆钵为大小一致的塑料花盆,上口直径为30 cm,下口直径为20 cm,盆内高度为25 cm。供试肥料为新疆康源地健肥业科技有限公司生产的生物有机中微量元素肥料[有机质含量≥30%,硅(SiO₂)含量6.93%,钙(CaO)含量6.272%,镁(MgO)含量3.65%,此外还含有锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、铁(Fe)、硼(B)、硫(S)、钼(Mo)、硒(Se)等]。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 采用盆栽试验,试验设置5个中微量元素肥施肥量,分别为0,150,300,450和600 g·盆⁻¹,分别记为CK、C1、C2、C3和C4。每盆3株,3次重复,每处理5盆,随机排列。为确保盆

收稿日期:2021-12-03

基金项目:新疆维吾尔自治区区域协同创新专项(科技援疆计划)(2017E0237);兰州生多荒漠保护研究院项目(KQXF-001)。

第一作者:冯静(1994—),女,硕士研究生,从事牧草栽培研究。E-mail:304745232@qq.com。

通信作者:麻浩(1965—),男,博士,教授,从事荒漠化生态防治方面研究。E-mail:Lq-ncsi@njau.edu.cn。

栽巨菌草正常生长,装风干土 $8\text{ kg}\cdot\text{盆}^{-1}$ 。试验于 2021 年 6 月 1 日开始,采用双节覆土种植巨菌草。中微量元素肥分 3 次施用,即苗期施 30%、分蘖期施 30%、拔节期施 40%,浇适量的水。测定取样时间分别为每次施肥后 30 d(T1)、30 d(T2)、25 d(T3,即收获期)。

1.3.2 测定项目及方法 株高和叶茎比:分别在 T1、T2 和 T3 时期,随机选取 3 盆,每个处理 9 株,使用卷尺测量垂直高度。2021 年 9 月将巨菌草齐地刈割,将样株带回实验室,进行茎叶分离,80℃烘干至恒重,称量茎、叶干重,计算叶茎比。

$$\text{叶茎比}(\%) = \text{叶干重} / \text{茎干重} \times 100^{[10]}$$

干草产量:在成熟期,随机选取长势均匀的巨菌草 3 盆,离地 2~3 cm 刈割。将鲜草带回实验室,105℃杀青 30 min,80℃烘干至恒重,称取干草质量^[11]。

营养品质:分别在 T2 和 T3 时期对巨菌草取样,选取 3 盆长势均匀的巨菌草,先将鲜样置于 105℃烘箱中杀青 30 min,80℃烘至恒重。烘干称重后的巨菌草样品经粉碎过 40 目筛后,按照下列方法分别测定其粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、粗脂肪、粗灰分等的含量。

粗蛋白质采用凯氏定氮法(GB/T 6432—94)测定^[12];中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)根据 Van Soest 方法测定^[12];粗脂肪(EE)采用索氏浸提法测定^[12];粗灰分(Ash)采用干灰化法测定^[12]。

相对饲喂价值(RFV)由酸性洗涤纤维(ADF)和中性洗涤纤维(NDF)计算得出。

干物质采食量(DMI) = $120 / \text{NDF}$ (中性洗涤纤维)

可消化干物质(DDM) = $88.9 - 0.779 \times \text{ADF}$ (酸性洗涤纤维)

$$\text{相对饲用价值(RFV)} = \text{DMI} \times \text{DDM} / 1.29$$

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2021 对所有数据进行统计整理,应用 SPSS 26.0 进行方差分析和显著性检验,采用 Origin 2021 进行作图。所有数据均表示为“平均值±标准误”。

2 结果与讨论

2.1 中微量元素肥施肥量对巨菌草株高的影响

施用中微量元素肥对巨菌草 T1 时期的株高无显著影响,但对 T2、T3 时期的株高呈显著影

响,且表现为随施肥量的增加而增高的趋势(图 1)。在 T2 和 T3 时期的所有处理中,C4 处理的株高均表现为最高。在 T2 时期,C4 处理的株高达到了 88.64 cm,显著高于 CK、C1 和 C3 处理。在 T3 时期,C4 处理的株高达到 131.54 cm,显著高于 CK 和 C3 处理,较 CK 提高了 9.6%,而其他施肥处理间差异不显著。

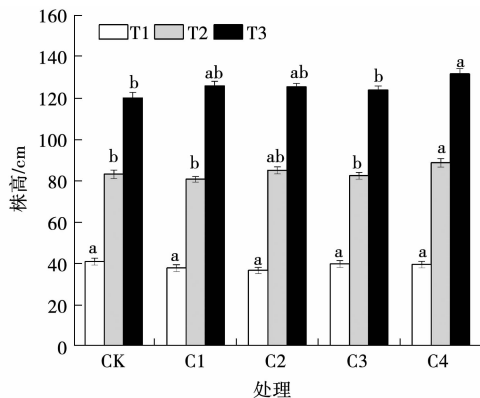


图 1 中微量元素肥施肥量对巨菌草株高的影响

注:巨菌草同一时期的不同小字母表示不同处理间差异达到显著水平($P < 0.05$)。下同。

2.2 中微量元素肥施肥量对巨菌草叶茎比的影响

巨菌草的叶茎比随着中微量元素肥施用量的增加而逐渐增加。T2 时期叶茎比高于 T1 和 T3 时期。在 T1 时期,各施肥处理的叶茎比均高于 CK,其中 C3、C4 处理与 CK 具有显著性差异($P < 0.05$);在 T2 时期,叶茎比达到了最大化,除 C1 处理外,其他施肥处理均显著高于 CK,增幅为 18.2%~57.8%,其中 C3 处理获得整个生育期的最大值,为 36.52%;到了 T3 时期,叶茎比整体下降,但各个施肥处理仍均高于 CK,且 C3 和 C4 处理与 CK 具有显著性差异($P < 0.05$)。

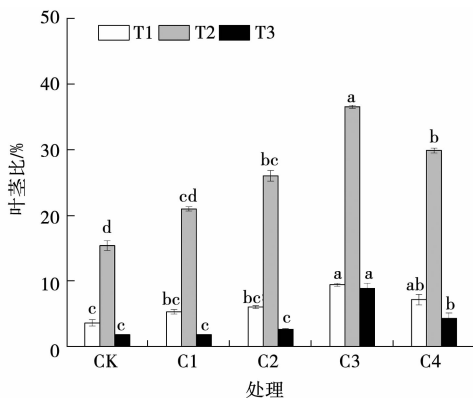


图 2 中微量元素肥施肥量对巨菌草叶茎比的影响

2.3 中微量元素肥施肥量对巨菌草干草产量的影响

由图3可知,巨菌草的干草产量随着中微量元素肥施用量的增加而增加,各施肥处理的干草产量均高于CK,且C3和C4处理与CK呈显著性差异($P<0.05$)。各处理干草产量为4 602.97~8 771.09 kg·hm⁻²,其中以C3处理的干草产量最高,为8 771.09 kg·hm⁻²,比CK增加了90.56%。各处理的干草产量排列顺序为C3>C4>C2>C1>CK。说明施用适量的中微量元素肥可以显著提高巨菌草的干草产量。

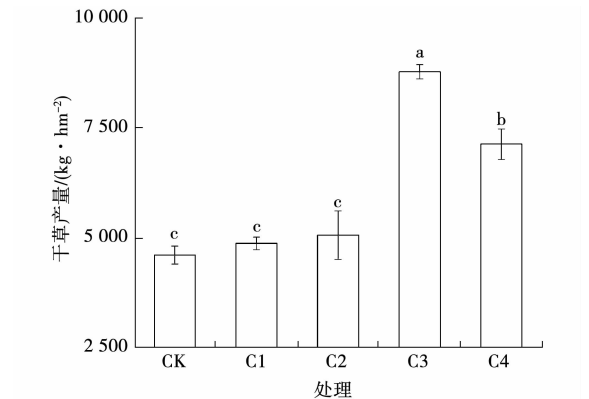


图3 中微量元素肥施肥量对巨菌草干草产量的影响

2.4 中微量元素肥施肥量对巨菌草营养品质的影响

2.4.1 粗蛋白含量 由表1可知,巨菌草粗蛋白含量在T2和T3两个时期,随着施用量的增加而提高,两个时期各个处理的粗蛋白含量均高于CK。

处理	表1 中微量元素肥施肥量对巨菌草粗蛋白、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的影响 单位: %					
	粗蛋白含量		中性洗涤纤维含量		酸性洗涤纤维含量	
	T2 时期	T3 时期	T2 时期	T3 时期	T2 时期	T3 时期
CK	9.62±0.01 d	11.14±0.41 c	64.75±0.18 a	62.00±0.61 a	33.97±0.25 b	31.53±0.47 a
C1	11.05±0.08 c	12.58±0.16 c	62.72±0.28 bc	61.32±1.42 a	32.82±0.09 c	31.48±0.38 a
C2	12.26±0.07 b	14.29±0.27 b	63.22±0.21 b	59.09±0.62 ab	34.10±0.20 b	30.06±0.32 bc
C3	13.69±0.12 a	16.14±0.83 a	62.17±0.18 c	58.15±0.73 b	33.13±0.04 c	29.32±0.34 c
C4	13.68±0.09 a	16.98±0.44 a	65.05±0.18 a	59.67±0.86 ab	35.51±0.09 a	30.69±0.23 ab

注:同列不同小写字母表示处理间差异达到显著水平($P<0.05$)。

2.4.3 酸性洗涤纤维含量 由表1可知,T2时期随着施肥量的增加,巨菌草酸性洗涤纤维的含量呈现先减少后增加的趋势,C1处理最低,而C4处理最高。在T3时期,各施肥处理巨菌草的酸性洗涤纤维含量均低于CK,较CK降低0.16%~

在T2时期,各施肥处理粗蛋白含量的变化范围为11.05%~13.69%,当施肥量增至C3处理水平时,巨菌草粗蛋白含量达到最高,但C3处理与C4处理之间差异不显著($P>0.05$),二者与其他处理存在显著差异($P<0.05$)。在T3时期,各施肥处理粗蛋白含量的变化范围为12.58%~16.98%,此时期巨菌草以C4处理的粗蛋白含量最高,达到16.98%,与C3处理外的其余处理差异达显著水平($P<0.05$),C3处理的粗蛋白含量为16.14%,与CK呈显著差异,考虑经济成本,C3处理最为合适。结果表明,施肥处理对T2和T3时期巨菌草粗蛋白含量均有促进作用,但是促进程度存在细微差异。

2.4.2 中性洗涤纤维含量 施肥处理可降低T2和T3时期巨菌草中性洗涤纤维的含量,随着施肥量的增加抑制效果更为显著,T3时期的中性洗涤纤维含量整体低于T2时期(表1)。T2时期,除C4处理外,其他施肥处理巨菌草中性洗涤纤维的含量均显著低于对照CK($P<0.05$),其中以C3处理的中性洗涤纤维含量最低,C1处理次之,分别为62.17%和62.72%。T3时期,同T2时期一样,C3处理的中性洗涤纤维含量最低。结果表明,当施肥量增加到C3处理时,巨菌草的中性洗涤纤维含量最低,但当继续施肥量增加时,巨菌草的中性洗涤纤维含量反而上升。

7.00%,且C3处理最低。结果表明,与CK处理相比,施用适量的中微量元素肥料(C3处理)可以显著降低巨菌草的酸性洗涤纤维含量,且在T3时期尤为突出。

2.4.4 粗脂肪含量 由图 4 可知,在 T2 和 T3 两个时期巨菌草的粗脂肪含量,均随施肥量的增加呈先增加后降低的趋势,且 T3 时期各处理的巨菌草粗脂肪含量均高于 T2 时期的同一处理。在 T2 时期,巨菌草粗脂肪的含量表现为 C2>C3>C1>CK>C4,C2 处理时,巨菌草粗脂肪的含量达到最大;T3 时期,在 C3 处理时巨菌草粗脂肪的含量达到最大。

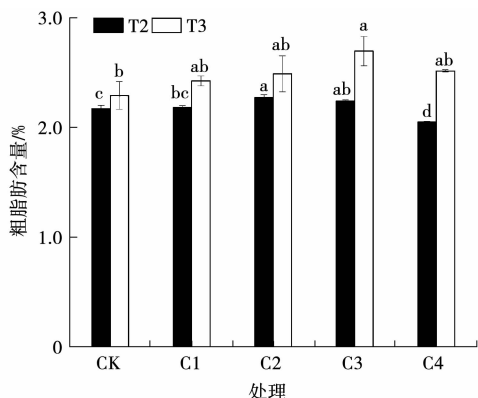


图 4 中微量元素肥施肥量对巨菌草粗脂肪含量的影响

2.4.5 粗灰分含量 由图 5 可知,巨菌草的粗灰分含量与粗脂肪含量的变化基本一致,即随施肥量的增加呈先增加后降低的趋势,且 T2 时期各处理的巨菌草粗灰分含量均高于 T3 时期的同一处理。在 T2 和 T3 时期,巨菌草的灰分含量均在 C3 处理达到最大值。结果表明,施用中微量元素肥可以增加巨菌草粗灰分的含量。

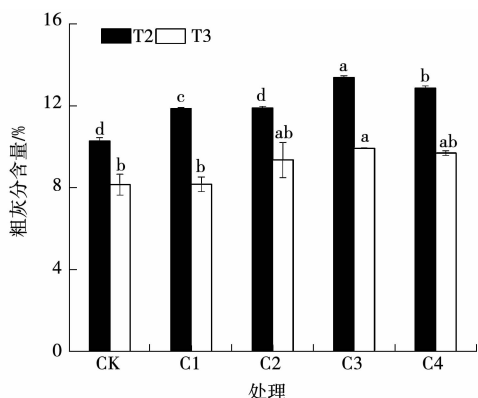


图 5 中微量元素肥施肥量对巨菌草粗灰分含量的影响

2.4.6 相对饲用价值 由图 6 可知,在 T2 和 T3 两个时期巨菌草的相对饲用价值,均随施肥量的增加呈先增加后降低趋势,且 T3 时期巨菌草

的相对饲用价值比 T2 时期的同一处理高,而且在这两个时期巨菌草的相对饲用价值最高的施肥处理都是 C3 处理。在 T3 时期,C3 处理的巨菌草相对饲用价值达到了两个时期的最高值,为 105.71%。

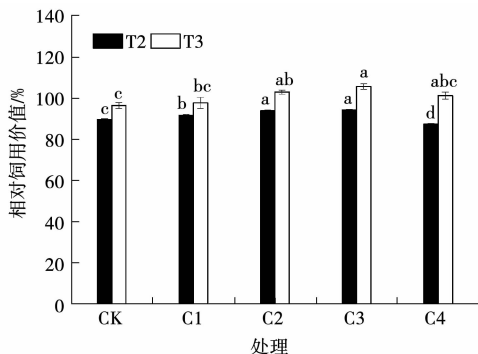


图 6 中微量元素肥施肥量对巨菌草相对饲用价值的影响

3 讨论

新疆是我国主要的畜牧区之一,有丰富的草地资源。近年来,巨菌草总产不断增加,但是单产量较低,牧民在种植时只重视大量元素肥料的使用,忽略了中微量元素的作用,缺少中微量元素的植物株高会矮小,得“缺素症”,导致减产^[13]。本研究得出施用中微量元素肥料的巨菌草,与不施用肥料相比,提供了巨菌草生长所需的多种元素,能够提高株高,增加后期干物质积累量,说明中微量元素肥的施用促进了巨菌草株高的生长和养分的吸收,提高巨菌草整体质量,为巨菌草产量形成打下坚实基础。中微量元素肥料能够显著提高巨菌草的株高、叶茎比,从而提高巨菌草干草产量,这与秦文利等^[14]研究有相同之处,在水稻^[15]上,也有研究证明微量元素可以促进水稻生长,增加生物量,但本研究还得出前期施入中微量元素肥料对巨菌草株高增长影响不明显。

施肥可以改善巨菌草的营养品质,粗蛋白、中酸性洗涤纤维、粗灰分等含量,对巨菌草品质有直接影响^[16]。本研究结果显示,施入中微量元素肥料可以有效提高巨菌草粗蛋白、粗灰分和粗脂肪含量,降低中、酸性洗涤纤维,从而提高巨菌草相对饲用价值。

4 结论

试验结果表明,不同施肥量下,中微量元素肥可以显著促进巨菌草株高生长,提高叶茎比和干草产量,可以提高巨菌草粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量和相对饲用价值,有效降低了中、酸性洗涤纤维含量。通过巨菌草株高、叶茎比和干草产量不断提高,以及两个时期的相对饲用价值不断提高,发现 C3 处理(450 g·盆⁻¹)表现较为理想。因此,C3 处理为此次试验最佳的施肥处理。

参考文献:

[1] 杜瑞敏,朱基琛,籍婷婷,等.中微量元素肥料的研究现状及展望[J].河南化工,2018,35(4):3-6.

[2] 郭秀珠,黄品湖,林绍生,等.中微量叶面营养在红肉蜜柚上的应用[J].农业科技通讯,2016(12):140-141,145.

[3] 李惠芬,张彬,黄庆,等.中微量元素肥料不同用量对超级稻品种倒伏及产量的影响[J].中国稻米,2016,22(2):21-26.

[4] 王锐,王竞,杨玉春,等.配施中微量元素对宁夏酿酒葡萄产量及品质的影响[J].中国土壤与肥料,2019(6):166-171.

[5] 林兴生,林占焯,林冬梅,等.荒坡地种植巨菌草对土壤微生物群落功能多样性及土壤肥力的影响[J].生态学报,2014,34(15):4304-4312.

[6] 郑华坤,林雄杰,林辉,等.巨菌草(*Pennisetum giganteum*)研究进展[J].福建农林大学学报(自然科学版),2019,48(6):681-687.

[7] 李小坤,鲁剑巍,陈防.牧草施肥研究进展[J].草业学报,2008(2):136-142.

[8] NADEEMA F,FAROOQ M. Application of micronutrients in rice-wheat cropping system of south Asia[J]. Rice Science,2019,26(6):356-371.

[9] 李勇,于广武,李晓冰,等.中、微量元素肥料发展的必要性及其前景分析[J].化肥工业,2013,40(4):1-3,35.

[10] 刚永和,张海博,牛勇,等.青海东部农业干旱区不同播种方式对紫花苜蓿农艺性状和生产性能的影响[J].草业科学,2021,38(2):327-334.

[11] 王静,沈文彤,张蕴薇,等.种植密度和刈割频率对杂交狼尾草产量和品质的影响[J].草地学报,2010,18(4):589-593.

[12] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,2003:45-79.

[13] 汤建伟,化全县,王保明,等.发挥中微量元素养分在化肥减施增效中的重要作用[J].磷肥与复肥,2017,32(3):1-4.

[14] 秦文利,刘忠宽,智健飞.6种中微量元素肥料对紫花苜蓿主要生物学性状的影响[J].河北农业科学,2017,21(5):22-26.

[15] 许祥富,林明义.我国新型肥料的研究现状及在水稻上的应用进展[J].安徽农业科学,2021,49(7):17-19.

[16] 邓振山,王小江,商荣芳,等.刈割后不同施氮水平对延安市巨菌草农艺性状及饲用品质的影响[J].四川农业大学学报,2019,37(3):352-358.

Effects of Medium and Trace Element Fertilizer Application on Growth and Quality of *Pennisetum giganteum*

FENG Jing¹, SHENG Lin², MU Yong², HUANG Xin-hua², MA Hao¹

(1. College of Grassland Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumchi 830052, China; 2. Xinjiang Kangyuan Dijian Fertilizer Technology Lemited Company, Urumchi 830052, China)

Abstract: In order to promote the popularization and application of medium and trace element fertilizer in the production of *Pennisetum giganteum* and other forage grass, taking *Pennisetum giganteum* as the test variety, five gradient medium and trace element fertilization treatment levels were designed by pot culture. The optimal medium and trace element fertilization amount was determined by measuring the plant height, leaf stem ratio, yield and nutritional quality of *Pennisetum giganteum*. The results showed that: when C3 treatment (450 g·pot⁻¹) was applied, compared with the control group, the plant height, ratio of leaf to stem, yield, crude protein, ether extract and ash contents and relative feeding value of *Pennisetum giganteum* were significantly increased by applying medium and trace element fertilizer. And effectively reduce the neutral detergent fiber content and acid detergent fiber content.

Keywords: *Pennisetum giganteum*; medium and trace element fertilizer; agronomic traits; nutritional quality