

## 饲用苕麻地上部 5 种元素含量动态变化及相关性分析

汤涤洛<sup>1,2</sup>, 涂修亮<sup>1,2</sup>, 熊伟<sup>1,2</sup>, 朱伟<sup>1,2</sup>, 汪红武<sup>1,2\*</sup>

(1. 咸宁市农业科学院, 湖北咸宁 437100; 2. 湖北省苕麻工程技术研究中心, 湖北咸宁 437100)

**摘要** 以饲用苕麻(*Boehmeria nivea* L.)“中饲苕 1 号”为研究对象,研究了饲用苕麻地上部分叶、茎中 N、P、K、Ca、Mg 元素含量的动态变化、分布情况及各元素之间的相关性。结果表明,饲用苕麻叶、茎中相对应的 N、P、K、Ca、Mg 元素含量变化趋势各不相同。饲用苕麻叶、茎对 N、P、K、Ca、Mg 元素吸收的选择性不同,叶片不同元素含量由高到低依次为 N、Ca、K、Mg、P;茎部依次为 N、K、Ca、Mg、P。叶片对 N、Ca、Mg、P 有较强吸收和积累,而茎中则贮存了较多的 K。叶片中 Ca 含量与 Mg 含量间呈极显著正相关;茎部 N 含量与 K、Mg 含量间呈极显著正相关,与 Ca 含量呈显著正相关;叶片 N 与茎部 N 含量间呈极显著正相关,与茎部 Ca、Mg 含量之间呈显著正相关;叶片 K 与茎部 K 含量之间呈显著负相关,与茎部 Mg 含量之间呈极显著负相关。

**关键词** 饲用苕麻;元素含量;动态变化;相关性分析

中图分类号 S563.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)11-0029-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.11.008



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Dynamic Changes and Correlation Analysis of Five Elements Contents of the Aboveground Part in Feeding Ramie

TANG Di-luo<sup>1,2</sup>, TU Xiu-liang<sup>1,2</sup>, XIONG Wei<sup>1,2</sup> et al (1. Xianning Academy of Agricultural Sciences, Xianning, Hubei 437100; 2. Hubei Ramie Engineering Technology Center, Xianning, Hubei 437100)

**Abstract** With feeding ramie (*Boehmeria nivea* L.) Zhongshizhu No. 1 as the research objects, the dynamic changes and distribution of N, P, K, Ca and Mg in leaves and stems of feeding ramie were studied. Correlation between the content of five elements in leaves and stems of feeding ramie was analyzed. The results showed that the contents of the five elements of N, P, K, Ca and Mg in the leaves and stems of the feeding ramie were different. The selective absorption of N, P, K, Ca, Mg by leaves and stems of the feeding ramie was different. The element contents in leaves from high to low were in the order of N, Ca, K, Mg, P, and those in stem were in the order of N, K, Ca, Mg, P. The leaves had strong absorption and accumulation of N, Ca, Mg, and P, while more K was stored in the stem. There was an extremely positive correlation between Ca content and Mg content in the leaves. There was an extremely positive correlation between N content and K, Mg contents, and a positive correlation between N and Ca content in the stems. There was an extremely positive correlation between leaf N and stem N contents, and positive correlation between leaf N and stem Ca, Mg contents. There was an extremely negative correlation between leaf K and stem K contents, and a negative correlation with stem Mg content.

**Key words** Feeding ramie (*Boehmeria nivea* L.); Element content; Dynamic change; Correlation analysis

饲草营养物质是动物营养的基础,动物正常生命活动中所必需的营养元素大部分都是从饲草中获取<sup>[1]</sup>。饲草的营养元素含量不仅对于其生长发育的生理生化过程具有极其重要的作用,而且对于评定其营养价值以及放牧家畜营养状况诊断都具有重要意义<sup>[2]</sup>。因此,动物营养学家在研究动物营养的同时,对饲草营养元素的吸收、积累、动态及相关性也进行了大量的深入研究<sup>[3-5]</sup>。

苕麻(*Boehmeria nivea* L.)是荨麻科苕麻属多年生草本植物,不仅是一种优良的天然纤维作物,近年来还被作为高品质的青绿饲草用于喂饲家畜<sup>[6-7]</sup>。

近年来很多关于饲用苕麻的研究,但是主要集中在饲用苕麻作为饲草营养价值评定<sup>[8-9]</sup>,但是关于饲用苕麻作为饲草其营养元素吸收、积累、动态变化的研究鲜有报道。鉴于此,笔者以“中饲苕 1 号”饲用苕麻为研究对象,对饲用苕麻叶片和茎部不同茬次的 N、P、K、Ca、Mg 共 5 种元素进行深入研究,以期进一步了解饲用苕麻地上部 N、P、K、Ca、Mg 元素的含量动态变化及元素之间的相关性。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验点位于通山县县长丰村,位于湖北省东南部(114°22'55.40"E,29°34'57.79"N),属亚热带季风气候,海拔 94 m。年平均温度 16.3℃,极端最高温 40℃,极端最低温 -7℃。年平均降雨量 1 541 mm,多集中在 4—8 月。≥10℃年积温 5 137℃,全年无霜期 226 d。试验地地势平坦、开阔,土壤为通气性良好的砂壤土,前茬为油菜。

**1.2 试验材料** 供试材料为“中饲苕 1 号”。

**1.3 试验方法** 2016 年 5 月移栽种植,采用无性繁殖,穴栽,行距 50 cm,株距 40 cm,整个试验地面积 0.133 hm<sup>2</sup>,四周设 1 m 以上保护行。试验于 2017 年进行,当植株株高达 90 cm 时在试验地随机选取生长一致、长宽为 3 m×3 m 的样地进行刈割,3 次重复,每次重复取约 1 kg 样品,将茎、叶(含花序)2 部分分开,带回实验室烘干至恒重,最后用植物粉碎机磨成粉备用。2017 年共收获了 6 茬次,刈割收获时间分别为:4 月 19 日、6 月 1 日、7 月 3 日、8 月 12 日、9 月 15 日、10 月 27 日。

**1.4 测定项目** 叶片和茎部矿质元素的含量测定:采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法消煮,称取样品 0.2(准确至 0.000 1)+浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 mL,放置过夜,次日继续加热消煮,采用凯氏定氮法测定 N 含量;采用钼锑抗比色法测定 P 含量;采用 AAS 法测定 K、Ca、Mg 含量<sup>[10]</sup>。

**1.5 数据整理与统计分析** 采用 Excel 2010 软件进行数据

**基金项目** 国家麻类产业技术体系项目(CARS-19);湖北省农业科技创新中心创新团队项目(2016-620-000-001-064)。

**作者简介** 汤涤洛(1987—),女,湖南攸县人,助理研究员,硕士,从事苕麻生理生化研究。\*通信作者,副研究员,硕士,从事苕麻生理系列化研究。

**收稿日期** 2019-11-21;修回日期 2019-12-13

整理和图表制作,采用 SPSS 21.0 统计软件对数据进行差异显著性及相关性分析。

## 2 结果与分析

**2.1 饲用苕麻叶、茎 5 种营养元素含量动态** 由图 1 可知,叶片 N 含量总体呈下降-上升的趋势;P 含量较稳定,变化不大;K 含量呈上升-下降-上升的趋势,最大值在第 6 茬,为 1.8%。叶片中 Ca、Mg 含量变化趋势一致,都表现为上升-下降-上升-下降的趋势。

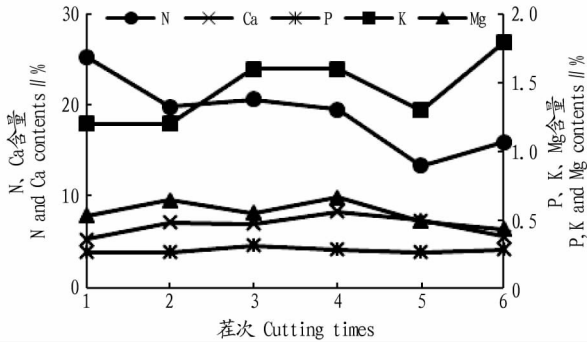


图 1 饲用苕麻叶片 N、P、K、Ca、Mg 含量变化规律

Fig. 1 Change laws of N, P, K, Ca and Mg contents in feeding ramie leaves

由图 2 可知,饲用苕麻茎部中 N 含量总体呈下降-上升-下降的趋势;P 含量最低,最小值只有 0.20%,呈上升-下降-上升-下降趋势;K 含量呈波浪形变化,与叶片 K 含量最大值相同,均为 1.8%。茎部中 Ca、Mg 含量变化趋势一致,都呈下降-上升-下降-下降的趋势。

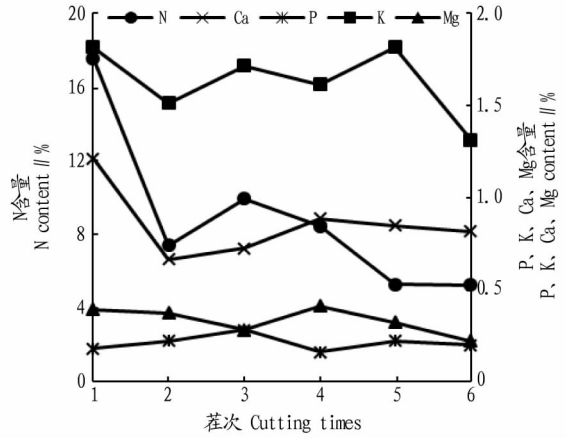


图 2 饲用苕麻茎部 N、P、K、Ca、Mg 含量变化规律

Fig. 2 Change laws of N, P, K, Ca and Mg contents in feeding ramie stems

**2.2 饲用苕麻茎、叶中 5 种营养元素含量的差异** 饲用苕麻叶、茎中 5 种营养元素含量及平均值如表 1 所示。由表 1 可知,饲用苕麻叶片中 5 种大、中量营养元素含量的平均值和每一茬收获时的营养元素含量由大到小的顺序均为  $N > Ca > K > Mg > P$ 。饲用苕麻茎部中 5 种营养元素含量的平均值和每一茬收获时的营养元素含量大小也都呈现相同的顺序,为  $N > K > Ca > Mg > P$ 。因此,叶片和茎部的 P 含量最小,Mg 含量次之,N 含量最大,在叶片和茎部 5 种元素顺序中只有 K 和 Ca 的顺序不同。叶片的 N、Ca、Mg、P 含量大于茎部相应元素的含量,但是茎部的 K 含量大于叶片 K 含量。

表 1 饲用苕麻叶、茎中 5 种营养元素含量的多重比较

Table 1 Multiple comparison of the five element contents in feeding ramie stems and leaves

元素 Element	第 1 茬 First Cutting	第 2 茬 Second cutting	第 3 茬 Third cutting	第 4 茬 Forth cutting	第 5 茬 Fifth cutting	第 6 茬 Sixth cutting	平均 Average
$N_L$	25.40±0.26 d	19.90±0.26 c	20.70±0.56 c	19.60±0.36 c	13.40±0.36 a	16.00±0.70 b	19.17
$N_S$	17.40±0.30 e	7.34±0.12 b	9.86±0.13 d	8.38±0.16 c	5.24±0.32 a	5.21±0.12 a	8.91
$P_L$	0.26±0.04 a	0.26±0.07 a	0.31±0.02 a	0.28±0.01 a	0.26±0.04 a	0.28±0.03 a	0.28
$P_S$	0.18±0.04 a	0.22±0.03 ab	0.28±0.04 b	0.16±0.02 a	0.22±0.03 ab	0.20±0.03 ab	0.21
$K_L$	1.20±0.04 a	1.20±0.02 a	1.60±0.10 b	1.60±0.15 b	1.30±0.10 a	1.80±0.09 b	1.45
$K_S$	1.80±0.05 c	1.50±0.09 ab	1.70±0.10 bc	1.60±0.17 bc	1.80±0.10 c	1.30±0.10 a	1.62
$Ca_L$	5.30±0.17 a	7.20±0.40 b	7.00±0.26 b	8.40±0.10 c	7.40±0.36 b	5.60±0.36 a	6.82
$Ca_S$	1.20±0.10 d	0.66±0.02 a	0.72±0.02 ab	0.88±0.02 c	0.84±0.01 bc	0.81±0.04 bc	0.85
$Mg_L$	0.53±0.02 bc	0.64±0.03 d	0.55±0.02 c	0.66±0.03 d	0.49±0.01 b	0.43±0.02 a	0.55
$Mg_S$	0.39±0.02 d	0.37±0.01 cd	0.28±0.03 b	0.41±0.04 d	0.32±0.02 bc	0.22±0.01 a	0.33

注:同行不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著;下标 L 表示叶片,S 表示茎

Note: Different lowercases in the same row indicated significant differences at 0.05 level; subscript L indicated leaves and subscript S indicated stems

饲用苕麻叶、茎中 N 平均含量分别为 19.17%、8.91%;P 含量为 0.28%、0.21%;K 含量为 1.45%、1.62%;Ca 含量为 6.82%、0.85%;Mg 含量为 0.55%、0.33%。饲用苕麻地上部分 N 含量为 5.21%~25.40%;P 含量为 0.16%~0.31%;K 含量为 1.30%~1.80%;Ca 含量为 0.66%~8.40%,Mg 含量为 0.22%~0.66%。

同时,不同收获茬次叶片和茎部各元素的含量高低及其差异显著性也不同。叶片中 N 含量以第 1 茬的含量最高(25.4%),第 5 茬含量最低(13.4%),两者差异显著。叶片中 P 含量差异不显著。茎部中 N 含量最大值在第 1 茬

(17.40%),最小值在第 6 茬(5.21%),两者达到显著性差异。

**2.3 饲用苕麻叶、茎营养元素含量间的相关分析** 饲用苕麻叶、茎 5 种营养元素含量间的相关系数如表 3 所示。由表 3 可知,叶片营养元素中 Ca 与 Mg 含量间呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),其相关系数为  $r(Ca_L, Mg_L) = 1.000$ ;茎部营养元素中的 N 与 K、Mg 含量间呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),其相关系数分别为  $r(N_S, K_S) = 0.467$ 、 $r(N_S, Mg_S) = 0.466$ ,茎部 N 与 Ca 含量呈显著正相关( $P < 0.05$ ),其相关系数为  $r(N_S, Ca_S) = 0.753$ ;叶片 N 与茎部 N 含量间呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),

其相关系数为  $r(N_L, N_S) = 0.902$ ; 叶片的 N 含量与茎部 Ca、Mg 含量之间呈显著正相关 ( $P < 0.05$ ), 其相关系数分别为  $r(N_L, Ca_S) = 0.513$ ,  $r(N_L, Mg_S) = 0.486$ ; 叶片 K 与茎部 K 含量之间呈显著负相关 ( $P < 0.05$ ), 其相关系数为  $r(K_L, K_S) =$

$-0.509$ ; 叶片 K 与茎部 Mg 含量间呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ ), 其相关系数为  $r(K_L, Mg_S) = -0.614$ 。而其余元素间相关性均未达到显著水平。

表 2 饲用苕麻叶、茎营养元素相互间的相关性

Table 2 Correlation between nutrient elements in feeding ramie stems and leaves

元素 Element	N <sub>L</sub>	P <sub>L</sub>	K <sub>L</sub>	Ca <sub>L</sub>	Mg <sub>L</sub>	N <sub>S</sub>	P <sub>S</sub>	K <sub>S</sub>	Ca <sub>S</sub>	Mg <sub>S</sub>
N <sub>L</sub>	1									
P <sub>L</sub>	-0.032	1								
K <sub>L</sub>	-0.291	0.330	1							
Ca <sub>L</sub>	-0.304	0.057	0.031	1						
Mg <sub>L</sub>	-0.304	0.057	0.031	1.000**	1					
N <sub>S</sub>	0.902**	-0.037	-0.400	-0.433	-0.433	1				
P <sub>S</sub>	-0.090	0.024	0.068	0.016	0.016	-0.171	1			
K <sub>S</sub>	0.238	-0.120	-0.509*	0.143	0.143	0.476*	0.042	1		
Ca <sub>S</sub>	0.513*	-0.187	-0.260	-0.455	-0.455	0.753**	-0.434	0.426	1	
Mg <sub>S</sub>	0.486*	-0.189	-0.614**	0.376	0.376	0.466*	-0.390	0.334	0.374	1

注: \* 表示在 0.05 水平显著相关, \*\* 表示在 0.01 水平极显著相关; 下标 L 表示叶片, S 表示茎

Note: \* indicated significant correlation at 0.05 level; \*\* indicated extremely significant correlation at 0.01 level; subscript L indicated leaves and subscript S indicated stems

### 3 结论与讨论

饲用苕麻叶、茎中相对应的 N、P、K、Ca、Mg 共 5 种元素含量变化趋势各不相同, 这与红三叶等<sup>[11]</sup>、星星草等<sup>[12]</sup>研究中的 N、P、K、Ca、Mg 元素含量变化规律不同, 这主要是因为饲草中矿质营养元素的含量受饲草的种类、土壤、气候等生态因子、农业技术(施肥、灌溉)等多种因素的影响<sup>[1]</sup>。

植物器官中元素含量的高低可以反映该器官对这种元素选择性吸收能力的强弱<sup>[13-14]</sup>。饲用苕麻叶、茎对 N、P、K、Ca、Mg 元素吸收的选择性不同, 叶表现为  $N > Ca > K > Mg > P$ , 茎表现为  $N > K > Ca > Mg > P$ 。植物器官中元素含量的大小也反映了元素吸收积累能力的差异<sup>[11]</sup>。饲用苕麻 N、P、K、Ca、Mg 在叶、茎中含量水平各异, 叶、茎元素积累能力各异, 叶 N、Ca、Mg、P 含量大于茎, 茎 K 含量大于叶。可见茎、叶对元素的吸收积累情况有所不同。叶对 N、Ca、Mg、P 有较强吸收和积累, 而茎中则贮存了较多的 K。这与红三叶等<sup>[11]</sup>、星星草等<sup>[12]</sup>研究中叶、茎元素积累能力不同, 其原因可能与植物的品种、土壤、气候有关。

饲用苕麻地上部分 N 含量为 5.21%~25.4%、P 含量为 0.16%~0.31%、K 含量为 1.30%~1.80%、Ca 含量为 0.66%~8.4%、Mg 含量为 0.22%~0.66%。在家畜营养方面, 羊生长发育对 P 的需要量为 0.17%<sup>[14]</sup>, K 为 0.7%, 牛对 Ca 的需求最低值为 0.27%, Mg 为 0.07%<sup>[15]</sup>。因此饲用苕麻完全能满足牛羊生长发育对 N、P、Ca、Mg 元素的最低需要。

饲用苕麻叶片中的 Ca 与 Mg 吸收过程相互间具有促进作用, 茎部中的 N 与茎部中的 K、Ca、Mg 吸收过程相互间具有促进作用, 叶片的 N 与茎部的 N、Ca、Mg 吸收过程相互间具有促进作用, 而叶片的 K 与茎部的 K、Mg 吸收之间存在拮抗关系; 同时也说明饲用苕麻叶片和茎部各种营养元素间存在不同程度的协同或拮抗关系, 某种元素过多可能会促进或限制其他元素的有效吸收与积累, 叶、茎主要的矿质元素处

于协同或拮抗的动态平衡, 这与袁紫倩等<sup>[16]</sup>研究薄壳山核桃的结果一致。

### 参考文献

- [1] 周汉林, 王东劲, 李琼, 等. 海南省不同地区几种热带牧草微量元素含量[J]. 家畜生态学报, 2008, 29(2): 78-80.
- [2] 陈佐忠, 黄德华. 自然条件下大针茅草原几种主要植物氮、磷、钾、铁含量的季节动态[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(4): 325-331.
- [3] 武伟, 张连忠, 李成会, 等. 冀东地区饲草中微量元素含量研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(17): 7264-7265.
- [4] 付瑶, 王俊, 郭江鹏, 等. 2018 年北京市养殖环节奶牛常用饲草料营养成分分析[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(9): 147-154.
- [5] 高新, 李卫娟, 李银江, 等. 云南省常见青绿饲草营养成分分析评价[J]. 饲料与畜牧, 2017(21): 60-64.
- [6] 魏金涛, 杨雪海, 严念东, 等. 苕麻营养成分分析及瘤胃降解特性研究[J]. 草业学报, 2017, 26(5): 197-204.
- [7] 魏金涛, 杨雪海, 严念东, 等. “中饲苕 1 号”苕麻嫩茎叶常规营养成分分析[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(24): 6517-6519.
- [8] TUYEND V, DUYP B, HUYNH V. Evaluation of ramie (*Boehmeria nivea*) foliage as a feed for the ruminant[C]//Proceedings of regional conference: Matching livestock systems with available resources. Ha Long Bay, Vietnam: National Institute of Animal Husbandry, Hanoi, Vietnam, 2007.
- [9] TOLEDO G S P, DA SILVA L P, DE QUADROS A R B, et al. Productive performance of rabbits fed with diets containing ramie (*Boehmeria nivea*) hay in substitution to alfalfa (*Medicago sativa*) hay[C]//Proceedings of the 9th world rabbit congress. Verona, Italy: World Rabbit Science Association, 2008: 827-830.
- [10] 鲁如坤, 刘晓松, 陈少华. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 钟华平, 杜占池. 红三叶 N、P、K、Ca、Mg 元素含量与动态研究[J]. 草地学报, 1995, 3(2): 87-94.
- [12] 李晶, 孙国荣, 阎秀峰. 星星草地上部 6 种元素含量季节动态及其分布[J]. 草地学报, 2001, 9(3): 213-217.
- [13] 陈佐忠, 黄德华, 张鸿芳. 内蒙锡林河流域 122 种植物的元素化学特征[M]//中国科学院内蒙古草原生态系定位站. 草原生态系统研究. 北京: 科学出版社, 1985: 112-131.
- [14] 恩斯明格 M E, 奥伦廷 C G. 饲料与营养[M]. 秦礼让, 等译. 北京: 农业出版社, 1985: 118-149.
- [15] 美国国家研究委员会. 肉牛营养需[M]. 马曼云, 叶瑞甫, 译. 6 版. 北京: 农业出版社, 1988: 14-16.
- [16] 袁紫倩, 杨先裕, 凌骅, 等. 薄壳山核桃‘马汉’叶片主要矿质营养元素生育期动态变化特征[J]. 西北植物学报, 2014, 34(7): 1443-1449.