

草本蝶形花科植物叶片和豆荚的营养和有机质比较

Lassané Ouédraogo^{1,3*}, Coulibaly Pane Jeanne d'Arc¹, Abdoulazize Sandwidi^{1,2}, Fanta Blagna¹, Barkissa Fofana¹,
Badiori Ouattara¹, Boukari Ousmane Diallo¹, Martin Kiendrebeogo³

¹ 国家科学技术研究中心环境与农业研究所 布基纳法索

² 托马斯·桑卡拉大学多里大学中心 布基纳法索

³ 约瑟夫·基-泽尔博大学应用生物化学与化学实验室 布基纳法索

【摘要】猪屎豆和凹叶野百合是豆科植物，其叶片、豆荚和种子都具有丰富的资源潜力。然而，这些潜力尚未得到充分开发。本研究旨在评估布基纳法索不同生态型的猪屎豆和凹叶野百合叶片和豆荚（包括种子）的营养成分、有机质和抗营养因子。有机质含量由有机碳含量确定。Na 用火焰光度计测定。N、Cu、P、Mg、Mn 和 Zn 用原子吸收分光光度计测定。生物碱用重量法测定。单宁用 AOAC 方法测定。在不同生态型中观察到营养和元素含量的显著差异，尤其是氮（叶片 $p=0.021$ 和豆荚 $p=0.0001$ ）、磷（叶片 $p=0.0001$ 和豆荚 $p=0.0001$ ）、钠（叶片 $p=0.001$ 和豆荚 $p=0.002$ ）、锰（叶片 $p=0.006$ 和豆荚 $p=0.001$ ）和镁（叶片 $p=0.049$ ）。叶片（ $91\pm1\text{mg/kg}$ ）和豆荚（ $96.67\pm7.05\text{mg/kg}$ ）中均含有高有机质。Gonsé 叶片（ $27\pm3\text{g/kg}$ ）和 Arbolé 豆荚（ $29.83\pm1.00\text{g/kg}$ ）的氮含量最高。叶片中的磷含量为 1.72 至 2.79 克/千克，豆荚中的磷含量为 1.82 至 3.34 克/千克。与其他一些豆科植物相比，钠含量相对较低。豆荚中的镁含量最高（高达 1701 ± 12.6 毫克/千克），叶片中的镁含量较低。豆荚和叶片可用作有机物或潜在的饲料。

【关键词】布基纳法索；生态型；营养成分；有机质；抗营养因素

【收稿日期】2025 年 5 月 3 日

【出刊日期】2025 年 6 月 10 日

【DOI】10.12208/j.ocs.20250005

Comparative nutritional and organic matter of leaves and pods from herbaceous papilionaceae ecotype

Lassané Ouédraogo^{1,3*}, Coulibaly Pane Jeanne d'Arc¹, Abdoulazize Sandwidi^{1,2}, Fanta Blagna¹, Barkissa Fofana¹,
Badiori Ouattara¹, Boukari Ousmane Diallo¹, Martin Kiendrebeogo³

¹National Research Centre for Science and Technology, Environment and Agricultural Research Institute, Burkina Faso

²University Centre of Dori, University of Thomas Sankara, Burkina Faso

³Laboratory of Applied Biochemistry and Chemistry, Joseph Ki-Zerbo University, Burkina Faso

【Abstract】 *Crotalaria mucronata* and *Crotalaria retusa* are leguminous plants with potential in their leaves, pods, and seeds. However, this potential remains largely underutilized. This study aimed to assess the nutritional content, organic matter, and antinutritional factors in the leaves and pods (including seeds) of *C. mucronata* and *C. retusa* from various ecotypes in Burkina Faso. The organic matter content was determined from the organic carbon content. Na was determined with a flame photometer. N, Cu, P, Mg, Mn, and Zn with the atomic absorption spectrophotometer. Alkaloids were determined by gravimetry. Tannins were determined using the AOAC method. Significant variations in nutrient and element content were observed across ecotypes, especially for nitrogen (for leaves, $p = 0.021$ and pods, $p = 0.0001$), phosphorus (for leaves $p = 0.0001$ and pods $p = 0.0001$), sodium (for leaves, $p = 0.001$ and pods, $p = 0.002$), manganese (for leaves, $p = 0.006$ and pods, $p = 0.001$) and magnesium (for leaves, p

*通讯作者: Lassané Ouédraogo

注: 本文于 2024 年发表在 International Journal of Food Science and Agriculture 期刊 8 卷 3 期, 为其授权翻译版本。

= 0.049). High organic matter content was found in both leaves (91 ± 1 mg/kg) and pods (96.67 ± 7.05 mg/kg). Nitrogen content was highest in leaves from Gonsé (27 ± 3 g/kg) and pods from Arbolle (29.83 ± 1.00 g/kg). Phosphorus levels ranged from 1.72 to 2.79 g/kg in leaves and 1.82 to 3.34 g/kg in pods. Sodium content was relatively low compared to some other legumes. Magnesium levels were highest in pods (up to 1701 ± 12.6 mg/kg) and lower in leaves. The pods and leaves can be used as organic matter or as potential forage.

【Keywords】Burkina Faso; Ecotypes; Nutrient content; Organic matter; Antinutritional factors

1 简介

在苏丹-萨赫勒地区, 草本豆科植物通常以其营养价值和高有机质含量而闻名。这些潜力使它们在农业^[1]、畜牧业^[2]和环境保护^[3]等各个应用领域具有重要价值。在布基纳法索, 在这些豆科植物中, 两种豆荚果属植物广泛分布于不同地区。这些豆科草本植物在热带草原生态系统中随季节变化, 生长旺盛。根据 Ouédraogo 等人^[4]的研究, 这些草本植物由于其埋在土壤中的种子库而每年在田间和休耕地自发生长。因此, 它们生长旺盛, 有利于高产豆荚和牲畜饲料所需的生物量。还值得注意的是, 除了能够将大气中的氮固定在土壤中之外, 这些植物产生的高生物量还可以用作有机物, 恢复退化土壤的肥力^[4]。事实上, 多项研究表明, 猪屎豆属的种子和叶子含有大量的蛋白质、纤维^[5]和矿物质, 包括铁、镁、钙、磷和钾^[6], 这些都是动物营养和土壤肥力所必需的^[4]。研究表明, 某些猪屎豆属植物可以改善土壤的理化性质^[4], 增强微生物活性, 并寄主能够代谢常见土壤和地下水污染物的细菌共生体^[7-9]。这些特性使猪屎豆属植物具有土壤改良、侵蚀控制措施和生物修复潜在应用的能力^[10]。

虽然 *Crotalaria* 属植物通常是小反刍动物的首选饲料来源^[11,12]。有趣的是, 在布基纳法索北部地区, 人们观察到山羊在雨季过后, 尤其是在 11 月和 12 月, 会食用 *C. mucronata* 的豆荚和叶子, 这凸显了其作为天然饲料来源的潜力。

C. mucronata 和 *C. retusa* 具有潜在的益处, 但显然这些资源尚未得到充分开发。这可能是由于缺乏科学数据, 尤其是营养价值方面的数据。以及它们作为有机物对土壤的施肥潜力。

这些数据至关重要, 因为它们可以消除布基纳法索农牧业发展的两大制约因素: (1) 第一个制约因素与牲畜饲料短缺(质量和数量)有关, 从而影响动物生产力; (2) 第二个制约因素与作物土壤必需矿物质的消耗有关, 从而降低农业产量。因此, 需要

找到缓解措施, 确保定期供应优质牲畜饲料, 同时也需要创新技术来恢复退化土壤的肥力以用于作物生产。正是出于这个原因, 开展了这项研究, 旨在为发展可持续和环境友好的农业和畜牧业实践提供宝贵信息。获取有关草本豆科植物的这些信息将有助于提高资源的价值, 以便更好地利用。这项研究包括分析 *C. retusa* 和 *C. mucronata* 的叶子和豆荚(包括种子)的营养成分、有机质组成以及是否存在抗营养因子。

2 方法

2.1 样本采集

植物材料由在 Gonsé I、Arbolle、Diabo 和 Boulbi(*C. mucronata*)、Gonsé II、Djindjerma 和 Dinderesso(*C. retusa*)产地的猪屎豆的叶子和豆荚(包括豆荚和种子)组成, 收获时间为 2022 年 11 月至 12 月。帕索雷省汇集了卡迪奥戈(Gonsé)省阿尔博莱的生态型 I、Gonsé II 和 Boulbi)、Houet 省(Dinderesso)、Tuy 省(Djindjerma)和 Gourma 省(Diabo)(图 1)。这些地点的特征是泥土(Arbolle)、铁质土(Arbolle和 Boulbi)、变性土和水成土(Diabo)、倍半氧化土(Dinderesso 和 Djindjerma)以及浅层贫瘠土壤(Gonsé I 和 Gonsé II)^[4]。每个种源采集了约 500 克叶片和豆荚样品。样品研磨以确保均匀, 然后在实验室条件下(约 30° C)用密封袋保存, 以供分析。

2.2 矿物分析

使用凯氏定氮法对植物样品进行矿化处理^[13]。该方法包括用硫酸 (H_2SO_4)、硒(Se)、水杨酸 ($C_7H_6O_3$) 和过氧化氢 (H_2O_2) 的混合物处理样品, 并以硒为催化剂。有机物含量由有机碳含量确定, 乘数为 1.724^[14]。使用火焰光度计测定钠 (Na) 含量, 而总铜 (Cu)、总镁 (Mg)、总锰 (Mn) 和总锌 (Zn) 则使用原子吸收光谱仪 (PerkinElmer 900T 原子吸收光谱仪) 测定。对于镁读数, 在分析之前用 2000 ppm 硝酸镧稀释样品。该过程包括称取 0.5 g

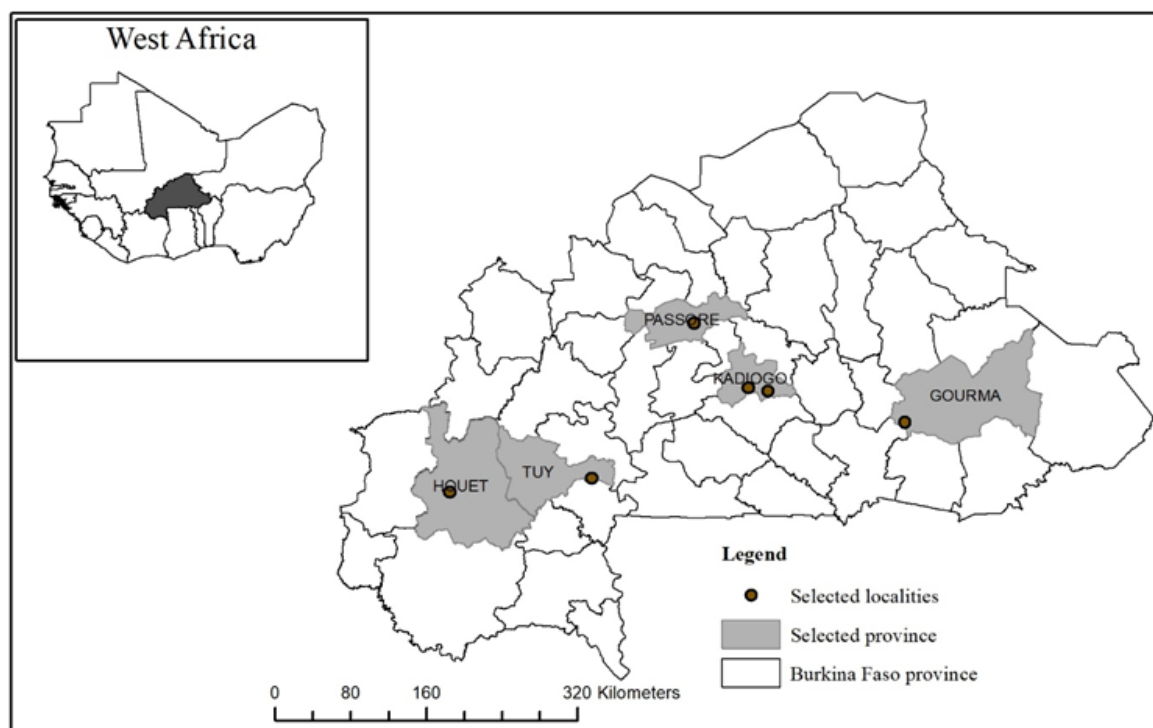


图1 样本收集地点

干燥并过筛的植物样品（用 0.5 mm 筛子）放入 75 mL 消解管中。然后，将 5 mL 硫酸-硒-水杨酸混合溶液加入管中，摇匀。然后将消解管放在破坏块上，在 100 °C 下加热 1 小时，在 250 °C 下加热 1 小时，在 340 °C 下加热 4 小时，在每个加热阶段向消解管中加入 1 mL 过氧化氢。消解结束后，将消解管放在通风橱下稍微冷却，然后加入蒸馏水至消解管的 2/3。再次冷却后，加水至刻度。

$$\text{Cu, Mg, Na, Mn, Zn (ppm)} = ((S-W) * K * V_t * D) / P \quad (1)$$

其中 W=白色读数；S=样品读数；K=常数；V_t=样品制备总体积；D=稀释次数；P=测试部分。

2.3 抗营养因子测定

生物碱的测定方法为液液萃取技术结合重量分析法[15]。该方法先将样品浸渍在酸性溶液中，然后用氯仿进行碱化提取生物碱。分离有机相并干燥，通过测量蒸发后残留物的重量(%)来定量生物碱含量。

AOAC^[16]方法测定单宁含量，结果以干物质的百分比表示。

3 结果与讨论

C.retusa 和 *C.mucronata* 叶片和豆荚中营养元素

及含量的变化（表 1 和表 2），结果表明，不同生态型间矿物质含量差异不显著，包括叶片中的有机质（ $P=0.069$ ）和豆荚中的有机质（ $P=0.344$ ），豆荚中的镁（ $P=0.365$ ），豆荚中的铜（ $P=0.06$ ）以及叶片中的锌（ $P=0.178$ ）。氮（叶片 $P=0.021$ ，豆荚 $P=0.0001$ ）、磷（叶片 $P=0.0001$ ，豆荚 $P=0.0001$ ）、钠（叶片 $P=0.001$ ，豆荚 $P=0.002$ ）、锰（叶片 $P=0.006$ ，豆荚 $P=0.001$ ）和镁（叶片 $P=0.049$ ）。不同生态型叶片中镁和铜的含量存在显著差异（ $P<0.05$ ）。叶片和带豆荚的种子中矿物质含量依次为：N>P>Mg>Na>Mn>Zn>Cu。叶子和豆荚中有机质的最高值分别为 $91 \pm 1 \text{ mg/kg}$ 和 $96.67 \pm 7.05 \text{ mg/kg}$ 。

叶片中氮含量最高的是 GonséI (*C.mucronata*) 样品 ($27 \pm 3 \text{ g/kg}$)，而豆荚中氮含量最高的是 Arbolé (*C.mucronata*) 样品，为 $29.83 \pm 1.00 \text{ g/kg}$ 。因此，在所研究的生态型中，*C.mucronata* 的氮含量高于其他生态型。

叶片中磷含量变化范围为 $2.79 \pm 0.08 \text{ g/kg}$ (GonséI, *C.mucronata*) 至 $1.72 \pm 0.03 \text{ g/kg}$ (Djindjerma, *C.retusa*)。豆荚中磷含量变化范围为 $3.34 \pm 0.05 \text{ g/kg}$ (Arbolé, *C.mucronata*) 至 $1.82 \pm 0.06 \text{ g/kg}$ (Boulbi,

C.mucronata)。这表明, *C.mucronata* 各物种叶片和豆荚中的磷含量是最重要的磷元素。

C.retusa 生态型最高, 达 $182.33 \pm 15.7 \text{ mg/kg}$, 而 *Gonsé I* 生态型叶片中钠含量最低, 为 $92.33 \pm 6.66 \text{ mg/kg}$ 。

C.retusa 生态型的最高值 278.67 ± 3.2 毫克/千克到阿尔波莱 (*C.mucronata*) 生态型的最低值 245.33 ± 5.51 毫克/千克。尽管存在这种差异, 但豆荚和叶片中的总体钠含量相对较低, 这表明豆荚或叶片不太可能是钠的主要来源。

然而, 我们带荚种子的钠含量高于白豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 的钠含量, 后者约为 190 毫克/千克。相比之下, 我们样品中的钠含量低于豌豆 (*Pisum sativum* L.) 的报道值, 后者最高可达 300 毫克/千克^[17]。我们对氮和磷含量的测定结果与其他豆科植物的报道值不同, 例如豇豆 (N: 17.5 克/千克; P: 1.1 克/千克) 和葛根 (N: 8.1 克/千克; P: 0.8 克/千克)^[18]。

结果表明, 所研究的猪屎豆属植物的氮和磷含量较高, 表明它们可用作堆肥或土壤肥料。相比之

下, 一些豆科植物, 如白豆 (*P. vulgaris*) 和大豆, 磷含量可高达 4300 毫克/千克^[17]。豆科植物等猪屎豆属植物以其固氮能力而闻名, 当用作绿肥或覆盖物时, 可以大大促进土壤改良^[19]。事实上, 作为豆科植物, 猪屎豆属植物通过与根瘤中的根瘤菌共生关系固定大气中的氮^[20]。随着植物材料的分解, 这些固定的氮在土壤中变得可用。

C.retusa 的叶片, 为 31.67 ± 4.51 毫克/千克; 而金杰尔马生态型 (*C.retusa*) 的叶片锰含量最低, 为 19 ± 3.46 毫克/千克。豆荚中的锰含量范围从贡塞 II 生态型的 56.33 ± 3.21 毫克/千克到 35.67 ± 4.04 毫克/千克。豆荚和叶片中锰含量相对较高, 表明这些植物部位可以作为多种用途的良好锰来源。

Gonsé II 生态型豆荚中的镁含量最高, 达到 1701 ± 12.6 毫克/千克。叶片中的镁含量较低, 范围从 456.3 ± 41.6 毫克/千克到 289 ± 67.2 毫克/千克。与其他一些豆科植物相比, 例如刀豆、豇豆、绿豆、豇豆 *pruriens* 和 *V. Umbellata* 的镁含量高于 1800 mg/kg^[21], 这些植物的镁含量可能超过 1800 mg/kg, 而我们样品中的镁含量相对较低。

表 1 猪屎豆属不同生态型叶片中有机质及矿质元素的平均含量

生态型	有机质(%)	氮(克/千克)	磷(克/千克)	钠(毫克/千克)	锰(毫克/千克)	毫克(毫克/千克)	铜(毫克/千克)	锌(毫克/千克)
贡塞 I(<i>C.mucronata</i>)	91±1 ^a	27 ±3 ^a	2.79±0.08 ^a	92.33±6.66 ^b	29.67±5.51 ^{ab}	375±25 ^{ab}	3.16±0.76 ^{ab}	16.33±5.69 ^a
贡塞 II(<i>C.retusa</i>)	90.33±2.06 ^a	22±2 ^{ab}	1.88±0.1 ^b	173.3±27.5 ^a	31.67±4.51 ^a	367.7±73.2 ^{ab}	4±1 ^{ab}	14.33±2.52 ^a
丁德雷索(<i>C.retusa</i>)	89.67±1.76 ^a	18±3 ^{ab}	1.87±0.11 ^b	161.7±20.2 ^a	28.67±5.69 ^{ab}	289±67.2 ^b	2.4±0.79 ^b	17.33±3.51 ^a
金杰尔玛(<i>C.retusa</i>)	85±3.61 ^a	19±4 ^{ab}	1.72±0.03 ^b	182.33±15.7 ^a	19±3.46 ^b	356.3±57.3 ^{ab}	5±1 ^a	15.67±3.21 ^a
布勒比 (<i>C.mucronata</i>)	85±1 ^a	17.33±2 ^b	1.85±0.18 ^b	102.0±18.5 ^b	21.33±2.52 ^{ab}	317±51.9 ^{ab}	3.53±0.42 ^{ab}	17±1 ^a
阿波莱(<i>C.mucronata</i>)	85±7.21 ^a	22±5 ^{ab}	2.63±0.08 ^a	162.7±28.3 ^a	30.33±4.04 ^{ab}	456.3±41.6 ^a	3.67±0.57 ^{ab}	22±2 ^a
迪亚波 (<i>C.mucronata</i>)	82.67±3.79 ^a	17.33±3.21 ^b	1.82±0.175 ^b	141.3±20.1 ^{ab}	20.33±1.52 ^{ab}	333.3±51.3 ^{ab}	2.93±0.4 ^{ab}	19.50±2.12 ^a
磷	0.069	0.021	0.0001	0.001	0.006	0.049	0.01	0.178

注意, 这意味着不共享任何字母是有显著差异的。

表 2 非洲豆荚（包括种子）中有机质和矿物质的平均值

生态型	有机质(%)	氮（克/千 克）	磷（克/千 克）	钠（毫克/千 克）	锰（毫克/ 千克）	毫克（毫克 /千克）	铜（毫克 /千克）	锌（毫克/ 千克）
贡塞 I(<i>C.mucronata</i>)	95.67±5.15 ^a	26±2.28 ^{abc}	2.01±0.03 ^c	271.67±2.89 ^{ab}	45.48±4.75 ^b	1636±31.9 ^a	4.57±1.4 ^a	34.24±3.67 ^{ab}
贡塞 II(<i>C.retusa</i>)	95.33±8.12 ^a	26.6±5.12 ^{ab}	2.86±0.14 ^b	277±6.08 ^{ab}	56.33±3.21 ^a	1701±12.6 ^a	7.62±2.08 ^a	40.33±1.53 ^a
丁德雷索 (<i>C.retusa</i>)	96.33±10.06 ^a	25.33±8.22 ^{bc}	2.74±0.21 ^b	278.67±3.2 ^a	52±2 ^a	1545±92.5 ^a	6.87±1.32 ^a	38.85±3.06 ^a
金杰尔玛 (<i>C.retusa</i>)	95.00±3.18 ^a	28.5±6.18 ^{ab}	2.98±0.07 ^{ab}	253±10.82 ^{bc}	41.33±3.21 ^{bc}	1523±15.2 ^a	4.33±0.78 ^a	34±1 ^{ab}
布勒比 (<i>C.mucronata</i>)	96.67±7.05 ^a	23.33±3.71 ^c	1.82±0.06 ^c	269.67±0.57 ^{ab}	45.74±3.30 ^b	1600±10 ^a	4.40±0.42 ^a	37.58±5.51 ^{ab}
阿博尔 (<i>C.mucronata</i>)	95.87±3.56 ^a	29.83±1.00 ^a	3.34±0.05 ^a	245.33±5.51 ^c	35.67±4.04 ^c	1547.3±42.4 ^a	2.5±0.5 ^a	27.33±4.04 ^b
迪亚波 (<i>C.mucronata</i>)	95.20±3.89 ^a	29±1.42 ^{ab}	2.14±0.21 ^c	260.7±17.9 ^{bc}	42.33±2.52 ^b	1590±85.4	3.80±0.08 ^a	30.83±5.11 ^{ab}
磷	0.344	0.0001	0.0001	0.002	0.001	0.365	0.06	0.015

注意，这意味着不共享任何字母是有显著差异的。

豆荚中的铜含量最高，达到 7.62 ± 2.08 毫克/千克，而叶片中的铜含量最低，为 2.4 ± 0.79 毫克/千克，为 *Dinderesso* 生态型。与其他一些豆科植物（如 *V. unguiculata*）相比铜含量高达 43 毫克/千克的西洋蒜蓼 (*aseolus vulgaris*)、*M. pruriens* 和 *V. Umbellata* [21]，而 *C. retusa* 和 *C. mucronata* 的叶片和豆荚中的铜含量相对较低。这表明这些猪屎豆属植物可能不是重要的铜来源。

豆荚中锌含量介于 40.33 ± 1.53 毫克/千克和 27.33 ± 4.04 毫克/千克之间，分别对应 *Gonsé II* 和 *Arbollé* 生态型。叶片中锌含量较低，介于 22 ± 2 毫克/千克和 14.33 ± 2.52 毫克/千克之间。与其他豆科植物（例如 *V. unguiculata*）相比低。普通小鹿，*M. 刺毛蠹* 和 *伞形蠹* [21]，*C. retusa* 和 *C. mucronata* 的叶片和豆荚中的锌含量相对较低。我们研究中观察到的锌含量与报道的蓝羽扇豆、白羽扇豆、黄羽扇豆、小扁豆和草豌豆的含量相似 [22]。我们研究中观察到的锰含量低于报道的其他一些豆科植物的锰含量 [21]。然而，叶片中锰和锌的含量，以及叶片和豆荚中铜和磷的含量，接近豆科和谷类饲料混合的推荐值 [23]。

C. mucronata 和 *C. retusa* 的营养价值可用于增

强牲畜的营养平衡。一项研究表明，*C. retusa* 的营养价值组成以重要的蛋白质、各种矿物质和微量营养素含量为特征 [6]。*Crotalaria* 属植物中含有的这些有益营养素使其成为有价值的饲料补充剂，可以改善牲畜的整体健康和生产力。此外，*Crotalaria* 属植物的豆荚和叶子具有丰富的有机质含量，可以有效地用作残留物来提高土壤肥力。大量研究表明，将作物残留物结合到农业实践中可以显著改善土壤生物学特性和整体土壤健康 [24,25]。通过将 *Crotalaria* 属植物用作牲畜饲料和土壤改良剂，农民可以创建一个可持续的再生农业系统，使动植物生产都受益。研究表明，*Crotalaria* 植物富含镁，并含有大量的铜和锌，这些元素有益于牲畜营养并有助于均衡饮食。

研究强调了不同生态型之间营养物质和元素含量的显著差异，尤其是氮、磷、钠、锰和镁。这些营养物质的最大值是在特定生态型中观察到的。

本研究结果强调了考虑植物营养中生态型变异及其对植物生长和生产力的影响的重要性。这些结果强调了植物的营养价值可能因其生态型或地理来源而存在显著差异。营养成分的变化可能受到产地、生态条件和农业实践等因素的影响。

通过认识并考虑这些与生态型相关的植物营养

差异，研究人员和农民可以更好地优化植物的生长和生产力。了解不同植物生态型独特的营养状况，可以更有针对性、更高效地利用植物资源，无论是用于牲畜饲料、土壤改良还是直接供人类食用。考虑到生态型的差异是发展可持续、有韧性的农业系统的关键一步，该系统能够最大限度地发挥植物资源的效益。

本研究还检测了植物叶片和豆荚中的抗营养因子。叶片和豆荚中的生物碱含量差异不显著，分别为 $P=0.88$ 和 $P=0.549$ ，叶片的取值范围为 $0.26\pm 0.05\%$ 至 $0.19\pm 0.03\%$ （表 3）。豆荚中的生物碱含量范围为 $0.07\pm 0.003\%$ 至 $0.12\pm 0.01\%$ 。叶片中单宁平均含量差异不显著（ $P=0.120$ ），豆荚中的单宁

含量差异显著（ $P=0.044$ ）。豆荚中单宁含量较高的品种为 *Arbollé*（ $0.080\pm 0.001\%$ ），叶片中单宁含量较高的品种为 *Dinderesso* 和 *Diabo*（ $0.04\pm 0.002\%$ ）。抗营养因子含量测定表明，*C. mucronata* 和 *C. retusa* 植株可以作为饲料。

这些相对较低的生物碱含量有利于将猪屎豆用作饲料。单宁对动物营养有好有坏。它们虽然会降低蛋白质消化率和饲料摄入量，但也可能具有有益的驱虫特性^[26]。这些发现与对猪屎豆属物种的其他研究基本一致。例如，一项关于 *C. retusa* 的研究发现，叶子和种子中都含有低浓度的抗营养因子，包括植酸（叶子中 0.01% ，种子中 0.06% ）和草酸（叶子中 0.07% ，种子中 0.09% ）^[6]。这进一步证明了

表 3 猪屎豆与凹叶野百合叶片及豆荚（含种子）中的抗营养因子（生物碱与单宁）

生态型	生物碱（%）		单宁（%）	
	叶子（%）	荚	叶子（%）	豆荚（%）
贡塞 I(<i>C.mucronata</i>)	0.19 ± 0.03^a	0.10 ± 0.02^a	0.02 ± 0.006^a	0.076 ± 0.006^{ab}
贡塞 II(<i>C.retusa</i>)	0.26 ± 0.05^a	0.12 ± 0.01^a	0.02 ± 0.005^a	0.06 ± 0.02^{bc}
丁德雷索 (<i>C.retusa</i>)	0.20 ± 0.01^a	0.08 ± 0.002^a	0.04 ± 0.002^a	0.07 ± 0.01^{abc}
金杰尔玛 (<i>C.retusa</i>)	0.24 ± 0.08^a	0.07 ± 0.003^a	0.03 ± 0.003^a	0.083 ± 0.006^a
布勒比 (<i>C.mucronata</i>)	0.20 ± 0.01^a	0.13 ± 0.05^a	0.02 ± 0.006^a	0.056 ± 0.006^{bc}
阿波莱(<i>C.mucronata</i>)	0.19 ± 0.09^a	0.05 ± 0.001^a	0.03 ± 0.004^a	0.080 ± 0.001^a
迪亚波 (<i>C.mucronata</i>)	0.20 ± 0.03^a	0.13 ± 0.005^a	0.04 ± 0.002^a	0.076 ± 0.006^{ab}
磷	0.88	0.549	0.120	0.044

注意，这意味着不共享任何字母是有显著差异的。

猪屎豆属物种作为饲料作物的潜力。相对较低的抗营养因子含量表明 *C. mucronata* 和 *C. retusa* 确实可以用作饲料。食用猪屎豆的叶子和豆荚 山羊对猪屎豆属植物，尤其是 *mucronata* 的消化率较高，这可以通过所分析器官中的高营养价值以及其低水平的生物碱和单宁来解释。然而，必须考虑到不同动物物种对这些化合物的耐受性可能不同。例如，反刍动物通常比单胃动物对抗营养因素的耐受性更强^[26,27]。消化率测试将有助于巩固这些结果。此类测试

将提供更具体的证据，证明动物如何很好地利用猪屎豆属植物中的营养物质，以及抗营养因素如何影响整体饲料效率^[28]。但我们应该记得，猪屎豆属的其他物种，如 *C. ochroleuca*，在植物生长第 10 周左右就表现出明显的消化率。

4 结论

C. mucronata 和 *C. retusa* 的营养意义和生态型差异。这些植物的叶子和豆荚富含有机质和矿物质，同时生物碱和单宁等抗营养因子含量较低。因此，

它们可以作为饲料资源，并有助于土壤肥力，尤其是 *C. mucronata* 的叶子和豆荚。这项研究强调了考虑植物营养生态型差异及其对植物发育和生产力的影响的重要性。进一步研究其消化率和毒性将为有效利用该物种作为饲料或食用豆科植物提供重要见解。

参考文献

- [1] Subaedah, S., Aladin, A., and Nirwana. (2016). Fertilization of Nitrogen, Phosphor and Application of Green Manure of *Crotalaria juncea* in Increasing Yield of Maize in Marginal Dry Land. *Agriculture Agricultural Science Procedia*, 9, 20-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.114>.
- [2] Arias, L., Losada, H., Rendón, A., Grande, D., Vieyra, J., Soriano, R., Rivera, J. and Cortés, J. (2003). Evaluation of Chipilín (*Crotalaria longirostrata*) as a forage resource for ruminant feeding in the tropical areas of Mexico. *Livestock Research for Rural Development*, 15. <http://www.lrrd.org/lrrd15/4/aria154.htm>.
- [3] László, M. (2009). *Crotalaria* (*Crotalaria juncea* L.) Heavy Metal Uptake in Eastern Hungary. *Geophysical Research Abstracts*, 11, EGU2009-1374.
- [4] Ouédraogo, L., Sandwidi, A., Coulibaly, P. J. d'Arc, Bassolé, M. S., Fofana, B., Blagna, F., Ouattara, B. and Diallo, B.O. (2024). Effect of Legume Ecotypes in Some Physicochemical Properties of Soil. *Universal Journal of Agricultural Research*, 12(2), 310-320. <https://doi.org/10.13189/ujar.2024.120208>.
- [5] Al-Snafi, A. E. (2017). The contents and pharmacology of *Crotalaria juncea*—A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(6), 77-86. <https://doi.org/10.9790/3013-06067786>.
- [6] Alalade, J. A., Akinlade, J. A., Akingbade, A. A., Emiola, C. B., and Adebisi, I. A. (2019). Proximate Composition and Phytochemical Screenings of *Crotalaria retusa* Leaves and Seeds. *Open Access Library Journal*, 6, e5058. <https://doi.org/10.4236/oalib.1105058>.
- [7] Rocha, A. L. (2011). Isolation and characterization of bacterial symbionts from *Crotalaria spectabilis* grown on trichloroethene contaminated soil. Master's Thesis, Missouri University of Science and Technology, 6909. <https://doi.org/10.25388/mst.edu.6909>.
- [8] Barbosa, I. R., Santana, R. S., Mauad, M., and Garcia, R. A. (2020). Dry matter production and nitrogen, phosphorus and potassium uptake in *Crotalaria juncea* and *Crotalaria spectabilis*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50, e61011. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5061011>.
- [9] Tulu, D., Gadissa, S., Hundessa, F., and Kebede, E. (2023). Contribution of Climate-Smart Forage and Fodder Production for Sustainable Livestock Production and Environment: Lessons and Challenges from Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2023, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2023/8067776>.
- [10] De Souza, A. J., Santos, E., Ribeiro, F. P., Pereira, A. P. de A., Viana, D. G., Coelho, I. da S., Filho, F. B. E., and Santaren, K.C.F. (2023). *Crotalaria juncea* L. enhances the bioremediation of sulfentrazone-contaminated soil and promotes changes in the soil bacterial community. *Brazilian Journal of Microbiology*, 54, 2319-2331. <https://doi.org/10.1007/s42770-023-00777-5>.
- [11] Daimon, H. (2006). Traits of the Genus *Crotalaria* Used as a Green Manure Legume on Sustainable Cropping Systems. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 40(4), 299-305. <https://doi.org/10.6090/jarq.40.299>.
- [12] Ouachinou, J. M. A. S., Dassou, G. H., Azihou, A. F., Adomou, A. C., and Yédomonhan, H. (2018). Breeders' knowledge on cattle fodder species preference in rangelands of Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14, 66. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0264-1>.
- [13] WF, H., GEF, L., HA, B. and Hoffman, J. I. (1953). *Applied Inorganic Analysis*. 2nd ed. Wiley: New York.
- [14] Keeney, D. R. and Nelson, D. W. (1996). Nitrogen—Inorganic Forms. In *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*; A. L. Page, Ed.; Agronomy Monograph No. 9; ASA and SSSA: Madison, WI, USA, 1996; pp. 643-698.
- [15] Jilani, A., Soulimani, R., and Dicko, A. (2006). New extraction technique for alkaloids. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 17(3), 518-520. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532006000300012>.

- [16] AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the AOAC* (15th ed.). Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- [17] Soñta, M., and Rekiel, A. (2020). Legumes – Use for nutritional and feeding purposes. *Journal of Elementology*, 25(3), 835-849. <https://doi.org/10.5601/jelem.2020.25.3.2003>.
- [18] Kone, A. W., Tondoh, J. E., Aduramigba-Modupe, V. O., Deleporte, P., Orendo-Smith, R., and Brunet, D. (2017). Legume and mineral fertilizer derived nutrient use efficiencies by maize in a Guinea savannah of Cote d'Ivoire. *Agronomy Africaine*, 29(1), 33-48.
- [19] Gatsios, A., Ntatsi, G., Celi, L., Said-Pullicino, D., Tampakaki, A., and Savvas, D. (2021). Legume-Based Mobile Green Manure Can Increase Soil Nitrogen Availability and Yield of Organic Greenhouse Tomatoes. *Plants*, 10, 2419. <https://doi.org/10.3390/plants10112419>.
- [20] Wang, Q., Liu, J., and Zhu, H. (2018). Genetic and Molecular Mechanisms Underlying Symbiotic Specificity in Legume-Rhizobium Interactions. *Frontiers in Plant Science*, 9, 313. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00313>.
- [21] Santos, L. F. da C. dos, López, C. J. A., Medina, H. E., and Osornio, J. J. (2023). Growth and mineral composition of legume cover crops for sustainable agriculture in southern Mexico. *Tropical Agriculture*, 100(3), 182-190.
- [22] Grela, E. R., Samolińska, W., Kiczorowska, B., Klebaniuk, R., and Kiczorowski, P. (2017). Content of Minerals and Fatty Acids and Their Correlation with Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity of Leguminous Seeds. *Biological Trace Element Research*, 180, 338-348. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1003-7>.
- [23] Juknevičius, S., and Sabienė, N. (2007). The content of mineral elements in some grasses and legumes. *Ekologija*, 53(1), 44-52.
- [24] Turmel, M.-S., Speratti, A., Baudron, F., Verhulst, N., and Govaerts, B. (2014). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, 134, 6-16. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.009>.
- [25] Fu, B., Chen, L., Huang, H., Qu, P., and Wei, Z. (2021). Impacts of crop residues on soil health: A review. *Environmental Pollution and Bioavailability*, 33(1), 164-173. <https://doi.org/10.1080/26395940.2021.1948354>.
- [26] Rawat, R., and Saini, C. S. (2022). Effect of soaking conditions in the reduction of antinutritional factors in sunnhemp (*Crotalaria juncea*) seeds. *Food Chemistry Advances*, 1, 100092. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100092>.
- [27] Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., and Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>.
- [28] Thorninger, N. W. and Jensen, R. B. (2021). Methodical considerations when estimating nutrient digestibility in horses using the mobile bag technique. *Animal*, 15(1), 100050. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100050>.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS