

琉球大学学術リポジトリ

ヒルギダマシの飼料成分および栄養元素組成に関する研究(農芸化学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 志茂, 守孝, 渡嘉敷, 義浩, 大屋, 一弘, Shimo, Moritaka, Tokashiki, Yoshihiro, Oya, Kazuhiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3888

ヒルギダマシの飼料成分および栄養元素組成に関する研究**

志茂守孝*・渡嘉敷義浩*・大屋一弘*

Moritaka SHIMO, Yoshihiro TOKASHIKI, Kazuhiro OYA : Studies on the nutritious components and the mineral elements of *Avicennia marina* VIERH. as a fodder.

Summary

The coastal areas of the Southeast Asian tropics and the southwest Japanese subtropics are vegetated by mangrove forest. Also the inland areas of the North African and the West Asian arid climate are vegetated by *Avicennia marina* VIERH. which is a kind of mangrove. The objective of this study was to investigate the usefulness of *Avicennia marina* VIERH. (*A. marina*) for fodder as one of the unused plant resources.

Leaves of *A. marina* were collected at the mouth of the Funaura River in Iriomote island, Okinawa. Upon leaves and seeds of *A. marina*, the nutritious components and the elemental compositions were determined by the conventional methods and the both were compared with those of alfalfa cube.

The contents of the nutritious components in *A. marina* were 11.1-13.0% in crude protein, 2.1-3.1% in crude fat, 11.5-14.8% in crude fiber, 0.19-0.26% in crude ash, and 56.1-64.7% in nitrogen free extract, respectively. The percentage of the major elemental constituents were 1.78-2.08 in N, 0.16-0.18 in P, 1.41-1.59 in K, 0.80-0.87 in Ca, 0.58-0.80 in Mg and 2.02-2.88 in Na, respectively. The contents of the micro elemental constituents were 354-1937 ppm in Fe, 69-168 ppm in Mn, 160-234 ppm in Zn, and 68-80 ppm in Cu, respectively. These contents in the plant were not much varied by season. The nutritious components and the elemental constituents in the *A. marina* plant were much similar to those of alfalfa cube except that the content of sodium in the leaves of *A. marina* was nine times higher than that in alfalfa cube. It was suggested that the contents of Fe, Mn, Zn and Cu in the leaves of *A. marina* were varied by growing environment. The seeds of *A. marina* were higher in carbohydrate and lower in both crude fat and crude fiber than the leaves of the plant.

It is concluded that it is possible to utilize the *A. marina* leaves as fodder for livestock because both the nutritious components and the elemental constituents in leaves of *A. marina* are not inferior to those of alfalfa cube and utilization of the leaves of *A. marina* may reduce the necessary amount of halite to livestock.

* 琉球大学農学部農芸化学科

** 本研究は昭和61・62年度文部省科学研究補助金（一般研究（B））「未利用資源としてのヒルギダマシの飼料化に関する基礎的研究」の一部として行われた。

琉球大学農学部学術報告 35：27～35（1988）

緒 言

マングロープの一種であるヒルギダマシ (*Avicennia marina* VIERH.) の我国での分布はかなり限定されるが、宮古島島尻の入江、石垣島名蔵の河口附近、小浜島西海岸および西表島主要河川の河口附近に生育し、特に、後者の西表島での分布面積が広く、分布箇所も多いことが知られている⁷⁾。そして、その資源量が少なかったのか、あるいはその利用が全く試みられなかったのか、明確な理由は不明であるが、我国では他のマングロープの利用状況と同様に、ヒルギダマシはほとんど活用されていないようである。

ヒルギダマシの利用については、佐藤¹²⁾のソロモン諸島、マライタ島での調査によれば、住民は日常生活の用具や資材にマングロープを有効利用しているが、その一種であるヒルギダマシの利用については、特に目につくものがなかったようである。一方、アラブ首長国連邦、イランからインド北西部にかけての乾燥地域では、ヒルギダマシの葉や果実は、ラクダ、ウシ、ヤギの家畜飼料として有効利用され、量的にもかなりそれに依存している記述が数種の報告書^{1), 2), 6), 10), 15)}に見られる。しかし、その植物の飼料成分や栄養元素組成などの分析評価は見当たらないことから、昔からの習慣的なヒルギダマシの有効利用の一つの形態として推察することができる。これらの利用実態は、マングロープが生育する熱帯、亜熱帯および乾燥地域での家畜飼料の資源の一つとして、ヒルギダマシの葉や果実を有効利用できる可能性が有ることを示唆しているように思われる。

本研究は、ヒルギダマシの家畜飼料としての有効利用に資する目的で、市販の家畜飼料のアルファルファを対照に用いて、飼料としての栄養成分および栄養元素組成に関する基礎的資料を得ることを目的とした。

材料および分析方法

1. 分析試料

ヒルギダマシの葉身、その種実および市販飼料のアルファルファキューブを分析試料として、それぞれ供試した。前者の葉身には葉の他に付着した若幼茎も含めた。

ヒルギダマシの葉身は、採取時季の異なる 4 種類の試料を供試し、ヒルギダマシの葉身-A (1986年 4月 24日 採取)、同-B (1986年 4月 24日 採取)、同-C (1986年 9月 29日 採取) および同-D (1986年 11月 4日 採取) とそれぞれ区別して用いた。また、ヒルギダマシの種実は、1987年 10月 7日採取の 1 試料だけを用いた。そして、これらの葉身および種実は、いずれも西表島の浦内川河口附近に生育する樹木群から採取されたものである。市販のアルファルファキューブは、1986年 7月 10日に購入したものをを用いた。

分析試料の調整は、慣行法⁷⁾に準じて次のように行なった。ヒルギダマシの葉身および種実は、河口附近に生育中の樹木群からそれぞれ採取した後水洗して、他方のアルファルファキューブはそのまま水洗しないで、いずれの試料も紙袋に入れて 70°C の送風乾燥器内で、数日間乾燥した。その乾燥処理は、試料の重量減がほぼ認められなくなるまで続け、その後、2日間、室温に放置した。この後、それらの風乾物は、紙袋中から小分けした試料 (約 100 g) の全体を、孔径 1 mm 以下にウィレー粉砕機を用いてそれぞれ粉砕し、よく混合した後、それぞれフタ付き試料瓶に入れて密栓し、分析用試料として供試した。

2. 分析方法

1) 飼料成分

一般に、飼料の性質および栄養価を知る目安として、飼料中の水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、可溶無窒素物、粗灰分などの飼料の一般成分または飼料の 6 成分を調べ、それらの含量を百分率で表示している。これらの飼料成分分析を慣行法⁷⁾に準じて、次のように行なった。

- (1) 水分：分析試料 2 g を 105°C の恒温乾燥器中で 3 時間乾燥，デシケーター中で 30 分間放冷，秤量を重量減が見られなくなるまで繰り返し，乾燥前後の重量差を水分含量として百分率で表示する。
- (2) 粗蛋白質：後述するように，硫酸分解法と蒸留法によって，飼料中の栄養元素組成の一つとして全窒素量を測定する。その際，分析試料約 0.5 g を供して求めた全窒素量に，係数 6.25 を乗じて粗蛋白質量とする。
- (3) 粗脂肪：円筒ろ紙に入れた分析試料約 2 g を 105°C の恒温乾燥器中で 2 時間乾燥後，ソックスレー脂肪抽出装置を用いて純エーテルで 16 時間，試料中の全脂肪の抽出を繰り返し，脂肪抽出前後の重量差を粗脂肪含量として百分率で表示する。
なお，円筒ろ紙中に残った全脂肪抽出後の残渣は，粗繊維含量を求める試料に供する。
- (4) 粗繊維：粗脂肪定量後の残渣を，粗繊維定量用煮沸装置を用いて硫酸液およびカセイソーダ液でそれぞれ 30 分間煮沸し，その後の残渣をろ過する。残渣とろ紙を 105°C の恒温乾燥器中で 3 時間乾燥，デシケーター中で 30 分間放冷，秤量を重量減が見られなくなるまで繰り返し，ろ過前後の重量差を残渣量とし，その残渣量と後述する方法で求めた粗灰分量との重量差を粗繊維含量として，百分率で表示する。
なお，ろ紙とその中の残渣の試料は，粗灰分含量を求める試料に供する。
- (5) 可溶無窒素物：水分，粗蛋白質，粗脂肪，粗繊維および粗灰分含量の百分率の合計を 100 から減じて，可溶無窒素物含量とする。
- (6) 粗灰分含量：粗繊維定量後のろ紙と残渣を，600°C の電気炉中で 2 時間灰化，デシケーター中で 30 分間放冷，秤量を重量減が見られなくなるまで繰り返し，灰化前後の重量差を粗灰分含量として百分率で表示する。

2) 栄養元素組成

植物体の必須栄養元素として，C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo および Cl の 16 元素が一般に知られている。これらの元素のうち，C, H, O, S, B, Mo, および Cl の定量分析は測定上の都合で行なわず，別に Na の定量分析を追加して，いずれも慣行法により次のように行なった。

- (1) 窒素 (N)：窒素含量は，西垣および渋谷⁹⁾の記述に準じ，硫酸分解法と塩入・奥田法によって求めた。分析試料約 0.5 g に分解促進剤と濃硫酸を加えて分解した後，分解液全量を塩入・奥田式蒸留装置に移してアルカリ蒸留し，1/28 規定硫酸液を同規定カセイソーダ液で逆滴定して窒素含量を求め，百分率で表示する。
- (2) リン (P)：リン含量は，作物分析法委員会¹¹⁾の方法に準じ，湿式灰化法と比色法によって求めた。分析試料約 2 g に酸混液(硫酸：硝酸：過塩素酸 = 3 : 15 : 6)を加え，約 200°C で湿式灰化後，100ml に定容する。その一部をバナドモリブデン酸法により，470nm で比色測定し，リン含量を求めて百分率で表示する。
- (3) その他の元素 (K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na)
その他の元素含量は，上述のリン測定用の湿式灰化後の定容液を作物分析法委員会¹¹⁾の方法に準じ，いずれも原子吸光光度法でそれぞれの元素含量を求め，百分率で表示した。

結果及び考察

1. 飼料成分

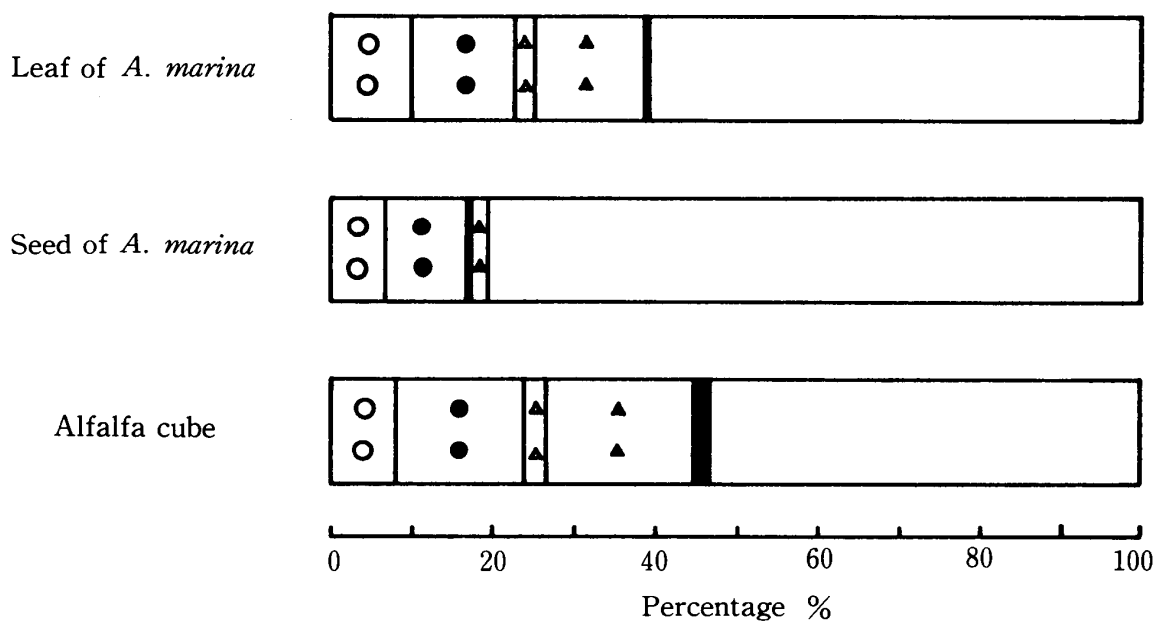
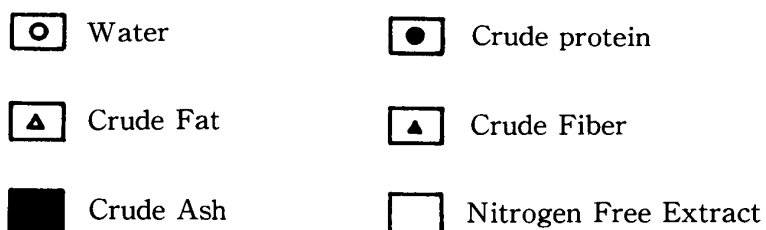
飼料の一般成分として，ヒルギダマシの葉身，その種実およびアルファルファキューブ中の水分，粗蛋白質，粗脂肪，粗繊維，可溶無窒素物および灰分の各含量をとりまとめ，Table 1. に示した。

採取時季の異なる 4 種類のヒルギダマシの葉身試料間では，Table 1. でみられるように，水分およ

Table 1. Percentage of nutritious components of leaves and seed of *A. marina* and Alfalfa

Name of Sample	Date of Sampling	Water	Crude Protein	Crude Fat	Crude Fiber	Crude Ash	NFE
		%					
Leaf of <i>A. marina</i> — A	1986 4 24	6.10	12.11	2.28	14.58	0.21	64.72
Leaf of <i>A. marina</i> — B	1986 4 24	15.03	11.11	3.08	14.51	0.22	56.05
Leaf of <i>A. marina</i> — C	1986 9 29	9.38	13.00	2.89	11.54	0.26	62.93
Leaf of <i>A. marina</i> — D	1986 11 4	10.46	12.94	2.07	14.75	0.19	59.59
Leaf of <i>A. marina</i> (mean)		10.24	12.29	2.58	13.85	0.22	60.82
Seed of <i>A. marina</i>	1987 10 17	6.57	10.23	0.63	1.88	0.06	80.63
Alfalfa cube		7.69	16.59	2.62	17.95	1.92	53.23

NFE : Nitrogen Free Extract

Fig. 1. Mean percentage of the nutritious components of *A. marina* and Alfalfa

び可溶無窒素物含量を除けば、その他の各飼料成分ごとの含有率はいずれも大きな変化を示さず、ほぼ近似した。両成分含有率に見られる試料間での若干の変化は、試料中に混入する若幼茎の混合割合の違いに起因することが推察される。そして、可溶無窒素物含量のそれは、その他の全飼料成分の含量を100から減じて求めるため、付随してもたらされたものと思われる。このことから、葉身中の各飼料成分は、時季的にはほとんど変動せず、年間を通じてかなり均質であることを示している。

市販飼料のアルファルファキューブの各飼料成分含量に比較して、ヒルギダマシの葉身（平均値）およびその種実の各飼料成分含量には、Table 1. および Fig. 1. に示すような特徴が認められた。すなわち、水分含量は、種実<キューブ<葉身の順に高く、葉身ではキューブよりも2%ほど高かった。粗蛋白質含量は、種実<葉身<キューブの順に高く、葉身ではキューブよりも5%ほど低かった。粗脂肪含量は、種実<葉身=キューブの順に高く、葉身ではキューブとほぼ同じ含量を示した。粗繊維含量は、種実<葉身<キューブの順に高く、葉身では4%ほどキューブよりも低かった。一般に、粗繊維は、セルロース、リグニン、ペントサンおよびヘミセルロースなどの消化のよくないものからなり、栄養価は高くはないが、飼料に容積を与え、食欲の増進、排泄の調節などに効果があることが知られている。また、可溶無窒素物は、主としてデンプンおよび糖類などからなり、これと粗繊維との合計量を炭水化物含量として用いることも知られている。その可溶無窒素物含量は、キューブ<葉身<種実の順に高く、葉身ではキューブよりも8%ほど高かった。また、炭水化物含量としては、キューブ<葉身<種実の順に高く、葉身では4%ほどキューブよりも高かった。最後の粗灰分含量は、種実<葉身<キューブの順に高く、葉身ではキューブよりも2%ほど低かった。

これらの特徴から、ヒルギダマシの葉身は、アルファルファキューブに比較して粗脂肪含量が近似するのに加え、その他の各飼料成分含量の間には、含量的に大きな相違がほとんど認められず、飼料成分の内容的な見地から見れば、かなり近似する特徴を有することが明らかである。また、ヒルギダマシの種実は、相対的に粗脂肪や粗繊維含量が低い結果を示したが、炭水化物含量としては葉身よりも高い結果を示し、デンプンや糖類の補充飼料として利用できることも示唆する。

2. 栄養元素組成

ヒルギダマシの葉身、その種実およびアルファルファキューブ中の多量および微量栄養元素の含量について、それぞれ Table 2. および Table 3. にとりまとめて示した。

採取時季の異なるヒルギダマシの葉身中の元素組成は、Fe 含量に見られる若干の変動を除けば、いずれもほぼ同じ含量を示し、採取時季の違いによる葉身中の栄養元素組成の変化は、ほとんど認められなかった。採取時季の違いによって、葉身中の Fe 含量が若干変化するのは、ヒルギダマシが生育している堆積物中の酸化還元状態に何らかの違いがあったのか、あるいはここで分析しなかった他の栄養元素との拮抗作用のようなことが起こったのか、その説明は困難であるが、いずれにせよ、ヒルギダマシの栄養生理的特性の一つであるかもしれないことを示唆するように思われる。

一般に、高等植物¹⁴⁾、被子植物¹³⁾および陸生植物³⁾について、ここで取り扱った栄養元素組成とその含量の概略値のレベル範囲は、多量元素(%)では、N:1.5~3.0, P:0.2~0.23, K:1.0~2.5, Ca:0.5~1.8, Mg:0.2~0.32およびNa:0.02~0.12, 微量元素(ppm)では、Fe:100~400, Mn:50~630, Zn:20~160, Cu:6~14程度である。

ヒルギダマシの葉身中の多量栄養元素含量(平均値)は、上述の植物体の各元素含量に比較して、N, K, Ca はいずれも同じ範囲に、P は若干低いレベル、Mg は若干高いレベルをそれぞれ示し、特に Na は20倍以上もそのレベル範囲を越える特徴を示した。葉身中に、後者の Na 含量が著しく高いのは、その生育環境に伴う好塩性植物の特徴の一つであるに違いない。他方、ヒルギダマシの葉について、同様の栄養元素組成とその含量に関する他の結果^{3), 16)}のレベルと比較してみると、N, P, Na ではほぼ同じレベルで、他の K, Ca, Mg では若干高いレベルにあることを示した。また、UNDP¹⁶⁾の結果では、ここで得

Table 2. Major elemental contents of leaves and seed of *A. marina* and Alfalfa

Name of Sample	Date of Sampling	N	P	K	Ca		Mg		Na
					%		%		
Leaf of <i>A. marina</i> - A	1986 4 24	1.94	0.18	1.59	0.87	0.60	2.27		
Leaf of <i>A. marina</i> - B	1986 4 24	1.78	0.17	1.41	0.80	0.80	2.02		
Leaf of <i>A. marina</i> - C	1986 9 29	2.08	0.18	1.52	0.80	0.80	2.44		
Leaf of <i>A. marina</i> - D	1986 11 4	2.07	0.16	1.47	0.81	0.58	2.88		
Leaf of <i>A. marina</i> (mean)		1.97	0.17	1.50	0.82	0.69	2.40		
Seed of <i>A. marina</i>	1987 10 17	1.64	0.19	1.28	0.01	0.04	0.31		
Alfalfa cube		2.65	0.17	2.44	1.91	0.37	0.27		

Table 3. Micro elemental contents of leaves and seed of *A. marina* and Alfalfa

Name of Sample	Date of Sampling	Fe	Mn	Zn	Cu
Leaf of <i>A. marina</i> - A	1986 4 24	354	78	160	74
Leaf of <i>A. marina</i> - B	1986 4 24	1,360	125	172	80
Leaf of <i>A. marina</i> - C	1986 9 29	1,937	168	197	75
Leaf of <i>A. marina</i> - D	1986 11 4	392	69	234	68
Leaf of <i>A. marina</i> (mean)		1,011	110	191	74
Seed of <i>A. marina</i>	1987 10 17	51	14	162	570
Alfalfa cube		1,836	85	327	126

られた葉身中の Na 含量のレベルよりもその含量が数倍も高く, Mg 含量は数倍も低いレベルにあることも示した。このことは, ヒルギダマシが生育する堆積物やその環境の違いに原因があるのかもしれない。いずれにせよ, 多量元素の組成は上述の一般的植物体のそれとは Na 含量において著しく異なるが, ヒルギダマシの試料間では同様の傾向を有して類似する特徴を示した。

ヒルギダマシの葉身中の微量元素含量(平均値)は, 上述の植物体のレベル範囲に比較して, Fe, Cu では数倍高いレベルに, Mn, Zn では同じ範囲のレベルにある特徴を示した。また, ヒルギダマシの葉のそれらについては, 久馬らの報告³⁾のレベルと比較して, Fe, Mn, Zn のいずれもここで得られたレベルの方が数倍高いレベルにあることも示した。この種の微量元素の植物体中における動態は, その植物が生育する環境下にある土壌や堆積物などの pH や酸化還元条件に左右され, 植物体中の各元素含量のレベルには, それなりの範囲が生じることを推察させ, ここで得られた特徴は妥当のように思われる。

ヒルギダマシの葉身中の無機バランスについてみると, グラスステタニーの発生率と関係すると知られている $K / (Ca + Mg)$ は 0.34~0.43 を示し, 牛におけるグラスステタニーの発生がみられる 1.8⁴⁾ より著し

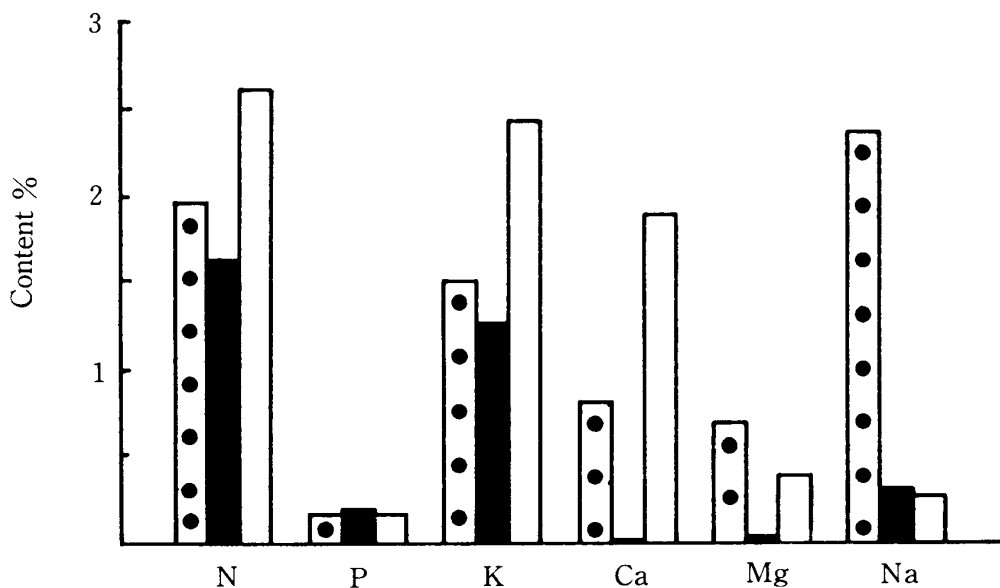


Fig. 2. Mean major elemental contents of *A. marina* and Alfalfa.

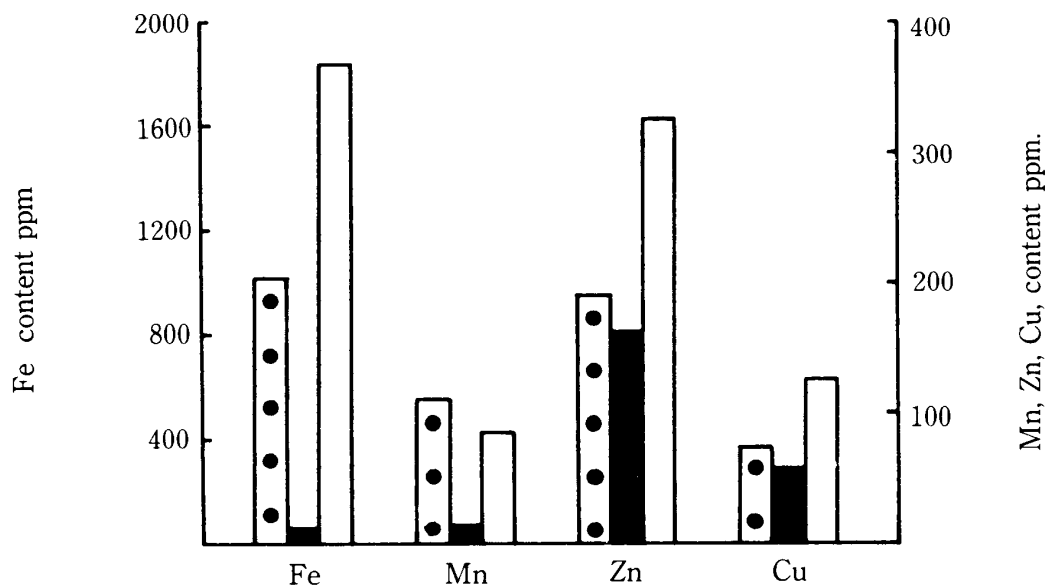
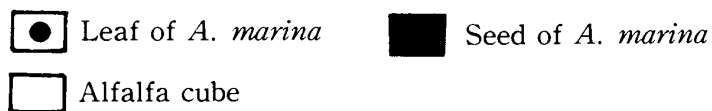
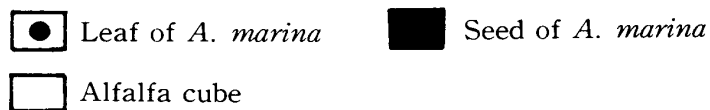


Fig. 3. Mean micro elemental contents of *A. marina* and Alfalfa



く低い値であった。くる病に関連し、一般に 1~2 が適当である⁴⁾とされている Ca / P は 4.4~5.1 を示し、アルファルファの Ca / P は 11.2 を示した。ヒルギダマシの葉身中の Ca / P は高い値であるが、家畜飼料として広く使用されているアルファルファの約半分の値であることから、飼料としてヒルギダマシの葉身を用いることは支障ないと推察される。

ヒルギダマシの葉身に比較して、その種実中の栄養元素含量は、全般的に著しく低いレベルにあるが、N, K, Zn, Cu では低い程度がゆるく、P ではわずかに高いレベルにある特徴を示した。(Fig. 1, Fig. 2.)

市販飼料のアルファルファキューブの栄養元素含量とヒルギダマシの葉身中のそれ(平均値)との比較では、全般的には市販飼料中の元素含量が高い傾向を示した。それらのうち、ヒルギダマシの葉身中には Na 含量が著しく高いレベルを示し、Mg や Mn 含量が若干高いレベルと P 含量がほぼ同じレベルをそれぞれ有する特徴を示した。特に、ヒルギダマシの葉身中の Na 含量が著しく高いことを示す特徴は、飼料として利用するのに一つのメリットになると思われる。すなわち、家畜を飼育する過程では、飼料と一緒に岩塩をなめさせて塩分補給しているので、ヒルギダマシの葉身中の高い Na 含量が、岩塩に代わって塩分の補給を助けることになると考えるからである。

先述したように、ヒルギダマシ葉身の飼料成分(6成分)含量は、市販飼料のアルファルファキューブのそれと比較して、特徴的には何ら遜色がなかったことと、これと同様に栄養元素組成にも何ら遜色がなく、むしろ、Na 含量が相対的に高いレベルにあることがプラスに作用する可能性のあることから、飼料としての価値が十分に高い植物体であることが示唆された。また、アルファルファキューブ飼料と比較しながらヒルギダマシの葉身飼料を給飼してのヤギの飼育実験によれば、嗜好性が有り、いずれのヤギも健全に生育している⁵⁾ことから推察して、ヒルギダマシの葉身中には有毒成分が含有されていないことも推測され、この結果も上述の飼料としての利用価値の高い植物体であることの示唆を支持するように思われる。

要 約

マングローブが生育する環境条件下の熱帯、亜熱帯および乾燥地域に生育するヒルギダマシについて、その植物体を家畜飼料として有効利用するために、市販飼料のアルファルファキューブと比較検討したところ、以下のような結果が得られ、ヒルギダマシは家畜飼料として十分に価値の高い植物体の特徴を有することが示唆された。

- 1) ヒルギダマシ葉身中の飼料 6 成分(水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、可溶無窒素物および粗灰分)および栄養元素組成(N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, および Na)の各含量は、市販飼料のアルファルファキューブ中のそれらの含量に比較して、特徴的にはほとんど遜色がなかった。
- 2) ヒルギダマシの葉身中には Na 含量が著しく高く、アルファルファキューブ中のそれに比べて 9 倍量も多かった。この高 Na 含量の示す特徴により、家畜飼育過程での必要な塩分補給を大いに助けることが示唆された。
- 3) ヒルギダマシの種実中の飼料成分は、その葉身中のそれに比較して粗脂肪や粗繊維の含量はいずれも低いが、炭水化物含量として含量として高い特徴を示した。
- 4) ヒルギダマシの葉身中の飼料 6 成分および栄養元素組成の各含量には、採取時季の違いによる変動はほとんど認められなかった。
- 5) ヒルギダマシ葉身中の微量栄養元素 Fe, Mn, Zn, Cu などの含量は、その植物が生育する環境条件に左右されて、含有量のレベルが変動することを示唆した。

引用文献

1. Chapman, V. J. 1964 Some factors involved in mangrove establishment, Les Prolemes Scientifiques des Deltas dela Zone Tropicale Humide et leurs Implications, UNESCO, p219~225 Paris
2. 向後元彦 1987 砂漠のマングローブ, あるくみるきく, 244: P2-43, 日本観光文化研究所
3. 久馬一剛, 西村和雄, 平井英明, 舟川晋也 1988 マングローブ林下の土壌/堆積物の特徴, 「環境科学」研究報告書 (B-344R12-04): p123-147
4. 原田勇 1979 牧草の栄養と施肥: p124-137, 養賢堂
5. 星野正生 1988 未利用資源としてのヒルギダマシの飼料化に関する基礎的研究, 昭和61, 62年度文部省科学研究補助金 (一般研究 (B)) 研究成果報告書 (印刷中)
6. 宮城豊彦, 向後元彦 1982 アラビア湾・パキスタンおよびインド西岸におけるマングローブ林の植物地理学的調査, 第三回中東マングローブ調査報告書 (中東協力センター資料No.137): p19~67
7. 森本宏 1968 飼料成分と飼料の分析法: 飼科学, p41-57, 養賢堂
8. 中須賀常男 1979 マングローブ林の林分析 琉大農学報, 26: 413-519
9. 西垣晋, 渋谷政夫 1979 新しい角度からみた分析法 (作物試験法: 戸刈義次, 松尾孝嶺, 畑村又好, 山田登, 原田登五郎, 鉢木直治編): p387-445, 農業技術協会
10. 農林省熱帯農業研究センター 1978 熱帯有用樹種: p321-323, 熱帯林業協会
11. 作物分析法委員会編 1975 栄養診断のための栽培植物分析測定法: p59-61, p69-72, p73-75, p76-81, p81-86, p96-99, p99-104, p105-107, p107-116, p127-128, 養賢堂
12. 佐藤一紘 1980 マライタ島ランガララグーンにおけるマングローブの利用, 亜熱帯林, 2: p1-12
13. 高橋英一, 谷田沢道彦, 大平幸次, 原田登五郎, 山田芳雄, 田中明, 1969, 作物栄養学, p13-14, 朝倉書店
14. 高井康雄, 早瀬達郎, 熊沢喜久雄, 1976 植物体の組成: 植物栄養土壌肥料大事典: p9, 養賢堂
15. 高槻成紀, 向後元彦 1980 ペルシャ湾岸, ケシュム島およびパキスタン・ミアニ潟におけるマングローブ林の生態学的調査, 第二回中東マングローブ植生調査報告書 (中東協力センター資料No.100): p23~65
16. UNDP/UNESCO REGIONAL PROJECT-Training and research pilot programme on the mangrove ecosystems of Asia and Oceania RAS/79/002/E/10/13 1983 1st Training Course-Introduction to Mangrove Ecosystem, Thailand, 2-30 March 1983, Volume I-B: p12-13