

飼料作物の化学的成分と飼料価値に関する研究

(第18報) 草類の窒素溶性区分とその消化性に及ぼす
窒素肥料の施用水準の影響について

三 秋 尚

(家畜飼養学 研究室)

Received Desember 1, 1973

Studies on Chemical Composition and Feeding Value of Forage Crops

(XVIII) Effects of Nitrogen Fertilization on the Solubility
and Digestibility of Nitrogen in Grass
Hay

Takashi MIAKI

(Laboratory of Animal Nutrition)

The effects of nitrogen fertilization on the solubility and digestibility of the total nitrogen in forage crops were studied on hay of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and of *Digitalis ciliaris*. The samples used were collected at various growth stages from pre-booting to heading, and the samples were extracted successively with water, 0.3% NaOH and hot-alkaline-alcohol solvents, then the total nitrogen in the extracted fractions was determined. Only of Italian ryegrass hay harvested at pre-booting stage the digestibility of total nitrogen in each fraction extracted with water, 10% NaCl, 70% alcohol, 0.3% NaOH and hot-alkaline-alcohol solvents was determined by digestion trial using rabbits. As to the other samples the digestibility of total nitrogen was determined directly without the extraction with rabbits or sheep.

The results obtained are as follows :

1) In Italian ryegrass hay harvested at pre-booting stage, the hot-alkaline-alcohol-soluble total nitrogen showed the highest digestibility, and the water-soluble total nitrogen was the second.

2) In all samples, the total nitrogen was distributed mostly in both the hot-alkaline-alcohol-soluble and the water-soluble fractions. The ratio of the hot-alkaline-alcohol-soluble total nitrogen to the sum of total nitrogen in each extracted fraction containing the insoluble fraction increased with increase of nitrogen fertilization, and consequently more than half of the total nitrogen was extracted with the hot-alkaline-alcohol solvent.

3) The ratio of total nitrogen in the extracted fractions of hay under the high level of nitrogen fertilization to those under the low level of nitrogen was about 200% for both the hot-alkaline-alcohol-soluble and the insoluble fractions, followed by 187% for the water-soluble fraction and 35% for the 0.3% NaOH-soluble fraction which was the lowest.

4) The hot-alkaline-alcohol-soluble total nitrogen was highly correlated with the crude protein digestibility, and its correlation coefficient was 0.767 ($P < 0.01$).

5) The above results seem to suggest that improvement of crude protein digestibility in hay by heavy nitrogen fertilization was due to an increase in a more digestible total nitrogen in the hot-alkaline-alcohol-soluble fraction.

緒 言

草類茎葉中蛋白質の溶解性と消化率の関係について、いくつかの研究が発表されている。森本³⁾は多数の茎葉類の窒素分布と、それらの蛋白質のウサギによる消化率との相関関係を調べ、茎葉類の粗蛋白質消化率は熱アルカリ性アルコール溶性窒素の含有量ときわめて高い正の相関関係をもつことを確かめている。また神立・堀米¹⁾は乾燥赤クローバの消化試験をウサギを用いて行ない、熱アルカリ性アルコール溶性蛋白質の消化率が高いことを知り、神立・保井²⁾は青刈大豆葉の熱アルカリ性アルコール溶性および水溶性の蛋白質の消化率が高いことを認めている。

ところで牧草や青刈作物の茎葉中粗蛋白質消化率が窒素肥料の多用によって著しく増大することが報告⁴⁾されている。そこで著者はその消化率増大の原因を明らかにするため、窒素肥料の多用が草類茎葉中の窒素の溶性区分とその消化性に及ぼす影響について検討したので、その概要を報告する。

実験材料と方法

供試材料：岡山大学農学部附属農場の圃場で栽培した Table 1 の草類の乾草を実験に用いた。各材料とも窒素肥料の施用量を 2 水準とし、穂孕前から出穂の生育段階で収穫され乾草に調製された。

Table 1. Samples collected

Sample No.	Species	Level of nitrogen	N applied (kg/10a)	Date of cutting	Growth stage when harvested	Digestion animal	Digestibility(%)	
							Dry matter	Crude protein
1		High	36*	April 22 '69	Pre-booting		72.0	80.4
		Low	12*		1 st cutting		71.8	65.3
2		High	9**	May 30 '69	Early heading		50.1	72.4
		Low	3**		2 nd cutting		54.5	66.3
3	Italian ryegrass	High	39**	May 6 '72	Early heading***	Rabbit	49.7	62.0
		Low	9**		2 nd cutting		45.3	54.3
4		High	39**	May 13 '72	Heading***		54.9	74.8
		Low	9**		2 nd cutting		55.6	52.0
5		High	24**	May 23 '72	Heading****		62.2	68.7
		Low	6**		2 nd cutting		62.2	42.8
6	Digitalia ciliaris	High	20*	July 27 '70	Heading	Sheep	62.1	68.9
		Low	5*		1 st cutting		62.2	60.6

* Applied as basal fertilizer

** Applied as additional fertilizer immediately after the 1 st cutting

*** The 1 st cutting was made on April 24

**** The 1 st cutting was made on April 20

窒素溶出試験：供試乾草を 1 mm の篩を通過する大きさに粉碎して溶出試験に用いた。溶剤として蒸留水、0.3% NaOH、0.3% NaOH 60% アルコールの 3 種類を用い、10% NaCl および 70% アルコールは、この溶剤で溶出される窒素がすくないので一部の実験を除いて省

略した。各種溶剤による溶出操作は大山⁶⁾が採用した方法になった。なお糞中窒素の溶性区分は生糞を用いた。

消化試験：実験動物としてウサギを用いる場合は予備試験期間5日、本試験期間5日の全糞採集法により2頭のウサギに1日2回供試乾草を粉末にして水で練って給与した。羊を用いる場合は予備、本試験期間はともに7日間で全糞採集法により2頭の羊に1日2回長さ3cm前後に細切した乾草を給与した。

結 果 と 考 察

1. 窒素肥料の多用と供試乾草の消化率：Table 1に示すように各供試乾草とも窒素肥料の多用によって粗蛋白質消化率が増加したが、乾物消化率には著明な変化がみられなかった。かような成果はこれまで発表された文献⁴⁾にみられるとおりである。

2. イタリアンライグラス 茎葉中の各溶性区分別窒素の消化率に及ぼす窒素多用の影響：Table 2の穂孕前に収穫した1番刈イタリアンライグラスの茎葉中の溶性区分別窒素の消化率を示した。窒素施用水準に関係なく、消化率の最も高い窒素形態は熱アルカリ性アルコール(0.3% NaOH 60%アルコール)溶性窒素であり、これについて水溶性窒素の消化率が高く、以下0.3% NaOH 溶性窒素、不溶性窒素、70% アルコール溶性窒素、10% NaCl 溶性窒素の順序で消化率が低下した。熱アルカリ性アルコール溶性窒素や水溶性窒素の消化率が他の形態のものより高いことが本実験においても認められた。次に窒素肥料の多用によって各溶性の窒素の消化率の向上がみられたが、特に熱アルカリ性アルコール溶性窒素と70% アルコール溶性窒素の消化率が他のものよりも著しく向上した。

Table 2. Effects of nitrogen fertilization on the digestibility in the extracted fractions in Italian ryegrass hay harvested at pre-booting stage (%)

Level of nitrogen	Total* nitrogen	Water-soluble	NaCl-soluble	Alcohol-soluble	NaOH-soluble	Hot-alkaline-alcohol-soluble	Insoluble
High (A)	80.4	80.8	59.0	70.1	77.6	88.3	70.6
Low (B)	65.3	65.5	44.3	53.0	62.5	70.1	56.0
Difference (A-B)	15.1	15.3	14.7	17.1	15.1	18.2	14.6

* Determined directly without the extraction

For the digestion trial two rabbits were employed

3. 各溶性区分別窒素分布ならびに含量に及ぼす窒素肥料多用の影響：供試乾草中窒素の各溶性区分別の割合を Table 3に示した。各供試乾草とも熱アルカリ性アルコール溶性窒素の割合が最も多くて窒素肥料の低水準の場合はおよそ40%から57%位を占めており、水溶性窒素がこれに次ぎおよそ20%から34%位であった。このように各溶性窒素の割合は乾草の種類や生育段階によって相違するが、何れも窒素肥料の多用によっても変化することがみとめられた。すなわち窒素肥料の低水準の場合に比較して高水準では、熱アルカリ性アルコール溶性窒素の割合が高まり、0.3% NaOH 溶性窒素の割合が低下する結果が得られた。他の溶性区分別窒素の場合は一定の影響がみられなかった。供試したイタリアンライグラスやメヒシバの乾草中の窒素の中で熱アルカリ性アルコール溶性窒素の割合が高く、次いで水溶性窒素であることは、大山⁵⁾によって報告されたオーチャードグラスの場合と同様であった。

Table 3. Effects of nitrogen fertilization on the distribution* of total nitrogen in the extracted fractions in grass hays (%)

No.	Level of nitrogen	Distribution of total nitrogen				Recovery**	Total*** nitrogen
		Water-soluble	NaOH-soluble	Hot-alkaline-alcohol-soluble	Insoluble		
1	High	26.2	17.9	50.7	5.2	100	3.29
	Low	23.7	24.4	48.7	3.2	100	1.76
2	High	23.2	15.5	55.8	5.5	100	2.97
	Low	25.3	31.6	37.5	5.6	100	1.71
3	High	25.6	13.7	53.9	6.8	100	2.97
	Low	34.0	20.9	39.9	5.2	100	1.41
4	High	21.3	16.7	57.9	4.1	100	2.55
	Low	19.8	19.8	56.8	3.6	100	1.35
5	High	22.6	17.0	56.7	3.7	100	2.09
	Low	23.9	23.9	47.7	4.5	100	1.30
6	High	24.7	10.5	56.7	8.1	100	1.94
	Low	23.7	12.5	54.6	9.2	100	1.10

* Expressed as percentage of the sum of total nitrogen in each extracted fraction containing insoluble fraction

** (Sum of total nitrogen in the extracted fractions)/(total nitrogen directly determined)×100

*** Determined directly without the extraction

窒素肥料の多用によって乾草中窒素含量が著しく増加することは Table 3 にみられたとおりであるが、各溶性区分別窒素含量の増加率を示したものが Table 4 である。各溶性区分別窒素含量が窒素肥料の多用によって増加することがみとめられた。しかし増加の程度は窒素形態によって相異し、また乾草の刈取時の生育段階によっても変化がみとめられた。増加率の最も高いものは不溶性および熱アルカリ性アルコール溶性窒素で、およそ2倍の増加であった。しかるに0.3% NaOH 溶性窒素の増加率は最も低くおよそ35% にすぎなかった。

Table 4. Rate* of increase in total nitrogen in the extracted fractions in the hays due to heavy nitrogen fertilization (%)

No.	Water-soluble	NaOH-soluble	Hot-alkaline-alcohol-soluble	Insoluble	Total** nitrogen
1	207	137	195	300	187
2	225	120	171	238	172
3	158	137	284	274	210
4	200	157	190	208	186
5	150	112	187	132	158
6	185	148	183	156	177
Average	187	135	202	218	181

* Expressed as the ratio of total nitrogen in the extracted fractions in the hays under the high level of nitrogen fertilization to those under the low level of nitrogen

** The sum of total nitrogen in each extracted fraction containing the insoluble fraction

4. 粗蛋白質消化率と各溶性区分別窒素との相関：各供試乾草の粗蛋白質消化率と各溶性区分別窒素との相関関係はいずれも正であるが、その度合は窒素形態によって相異した。すなわち、最も相関関係の高い溶性窒素は熱アルカリ性アルコール溶性窒素であり ($r=0.767$, $P<0.01$)、次いで水溶性窒素 ($r=0.623$, $P<0.05$) で、以下 0.3% NaOH 溶性窒素 ($r=0.579$, $P<0.05$)、不溶性窒素 ($r=0.533$) の順であった。これらの傾向は、これまでの文献にみられたものと一致する^{1,3)}。

以上の結果から、窒素肥料の多用による粗蛋白質消化率の向上は、消化性のよい熱アルカリ性アルコール溶性窒素が茎葉中に著しく増加することに一因があると考えられる。

要 約

窒素肥料の多用が草類茎葉中の窒素の各溶性区分とその消化性に及ぼす影響について、主としてイタリアンライグラス乾草を用いて検討した。得られた結果を要約すると次のとおりである。

- 1) イタリアンライグラス乾草の各溶性区分別窒素の中で熱アルカリ性アルコール溶性窒素の消化率が最もよい。
- 2) 供試乾草の窒素中熱アルカリ性アルコール溶性窒素の割合が最も多く、その割合は窒素肥料の多用によってさらに高められた。
- 3) 熱アルカリ性アルコール溶性窒素含量と粗蛋白質消化率の間に高い正の相関関係 ($r=0.767$, $P<0.01$) が得られた。
- 4) 窒素多用による草類粗蛋白質消化率の向上は、消化性のよい熱アルカリ性アルコール溶性窒素が茎葉中に増加することと深い関係がある。

文 献

- 1) 神立 誠・堀米隆男：日畜会報 26, 165—168 (1955)
- 2) ———・保井忠彦：日農化誌 32, 62—67 (1958)
- 3) 森本 宏：農林省畜産試験場報告 (57) (1950)
- 4) 三秋 尚：江原 薫 監修 飼料作物・草地の研究 (初版), 263—276, 養賢堂, 東京 (1971)
- 5) 大山嘉信：日畜会報 31, 23—30 (1960)
- 6) ———：同上 32, 11—17 (1961)