飼料価値に及ぼす病害の影響

I. 冠さび病によるイタリアンライグラスの化学成分の変化*

井沢 弘一**・阿部 亮***・西原夏樹**

Kouichi ISAWA**, Akira ABE*** and Natsuki NISHIHARA**: Influence of Diseases on the Chemical Composition and Nutritive Value of Forage Crops

I. Chemical composition of Italian ryegrass infected with crown rust

Abstract

In November 1971, Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lamarck) was infected with crown rust (*Puccinia coronata* Corda) at field in National Institute of Animal Industry. It was considerable that there was a deterioration of its crop quality besides loss in yield. Therefore to determine the influence of disease on forage quality was indispensable for production of good feedstuff. This investigation was undertaken to evaluate the influence of crown rust infection on the chemical composition and nutritive value of Italian ryegrass.

Dry matter percentage of 0 - IV were about 18% and V 36%. Thus, fresh weight of Italian ryegrass did not much decrease up to IV severity of crown rust infection. In color of samples, 0 showed bright green, then with increasing disease severity the color faded away into yellowish brown, and showed brown. The optical density at 432 nm and 664 nm chromogen decreased in more than disease severity III. The percentage of cell content, water soluble carbohydrates, crude protein and true protein also gradually decreased, while crude fiber, lignin, crude ash and crude silica were almost proportional to the area covered by rust lesions. Especially non-digestible fiber fraction increased remarkably and crude silica content in V was four times as much as in the quantity in 0. These may explain a decrease in digestibility, resulting in lower forage quality. Of other minerals, Sodium was abundant in mild infected plant and little in severe infection, while Calcium was in reverse tendency. Contents of Phosphoric acid, Potassium and Magnesium were constant through all disease severity.

(Received July 23, 1973)

緒言

一般に作物の病気による被害は、収穫物の量や重さである程度把握できる。しかし飼料作物とくに茎葉を目的とする牧草では、生草重や乾物重だけで被害を査定するのは適切な方法とは思われない。それは罹病部

が質的な変化を起こし、飼料価値が低下していることが考えられるからである。一方普通作物では収量との間に高い相関が見られる罹病率や病斑等を基準にして被害を査定する方法がとられている。飼料作物でもこれらの方法が用いられているが、混播や刈り取り等の栽培条件のために罹病程度と収量との関係は判然とし

* 本論文の概要は1972年4月、日本草地学会大会で発表した。

** 農林省草地試験場牧草部 National Grassland Research Institute Nishinasuno, Tochigi, Japan.

*** 農林省畜産試験場栄養部 National Institute of Animal Industry Chiba, Japan.

ない点が多い。さらに飼料作物は家畜に利用されて初めて価値が生じる。それ故に病気の影響を考える場合に量的な面と、飼料価値の低下、いわゆる質的な面も合わせて判断する必要があると考える。木下・渡辺・中島¹⁸⁾はイタリアンライグラスが冠さび病に罹病することによって飼料価値が低下するのは無視できないと述べ、一方虫害でも阿部・奥村³⁾は、アルファルファがアブラムシの寄生によって化学成分が変化し、栄養価が低下することを報告した。そこで著者らは病気による質的な変化と、罹病程度と化学成分との関連性について検討するために、冠さび病 (*Puccinia coronata* Corda) に罹病したイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lamarck) の葉を用いて分析を試みた。すなわち被害解析の一つの手段として、被害の質的な変化を見るために、飼料成分の測定による方法を検討した。

本論文の校閲を賜った宇都宮大学農学部助教授寺中理明博士に深謝する。本研究の遂行にあたり農林省畜産試験場栄養部堀井聡室長ならびに大山嘉信室長にいろいろご教示を仰いだ。また、同場飼養技術部飼料生産室和気日出男室長には試料の採取に、農林省草地試験場牧草部の中島紘一技官には試料分析にご協力いただいた。ここに厚く謝意を表する。

実験材料および方法

農林省畜産試験場(千葉市青葉町)の飼料生産圃場に1970年10月24日に播種されたイタリアンライグラスに、1971年秋冠さび病の発生を見た。そこで同年11月19日、罹病葉を第1表の基準(米国における麦類

さび病被害程度の査定基準¹⁰⁾を一部変更)に従って、0からVまでの6段階に分けて採取し、乾燥、粉碎して、0.5 mmの篩を通した粉末を実験に供した。各成分はそれぞれ次に述べるような方法に従って測定した。得られた値はとくに明示しないかぎり試料の乾物重あたりの含有割合で示した。水分、粗蛋白質、粗灰分などの一般成分は常法¹⁴⁾により、可溶性糖類はアンスロン法²⁰⁾により定量した。細胞膜物質(以下CW)は中性デタージェント溶液²⁸⁾での処理残渣として定量し¹²⁾、リグニンは堀井らの方法¹³⁾、セルローズはサラシ粉溶液法¹⁾によって分析した。乾物の消化率は阿部らのTwo Step法^{5,6,7)}により、CWの消化率は中性デタージェント処理によって得た残渣CWを1.0%セルラーゼ溶液(pH 4.0の酢酸緩衝液1 lにセルラーゼ・オノズカ P 1500を10 g溶解したもの)で4時間、40°Cにて加水分解し、そのセルラーゼによる分解率を測定した²⁾。

粉碎サンプルの色調の比較は試料を85%アセトンで抽出し、その抽出液について吸光度を測定する方法によった¹⁶⁾。蛋白態窒素の定量は試料の3時間水抽出液についてトリクロル酢酸法²²⁾で、また純蛋白態窒素はバルンスタイン法²²⁾によった。またペプシンによる人工消化法はA.O.A.C.法²¹⁾によって測定した。無機成分分析は試料を乾式灰化後、その希塩酸抽出液について、原子吸光法により、カリウム、ナトリウム、マグネシウム、カルシウムを、比色法によりリンを定量した¹¹⁾。なお、粗硅酸は灰化後の塩酸不溶残渣として定量した。

Table 1. A severity index scale of crown rust infected Italian ryegrass

Disease severity	Percent of Uredosorus area in leaf
0: (No visible infection)	0%. (non Uredosorus).
I: (Mild infection)	Less than 25%.
II: (Mild to moderate infection)	25%~50%.
III: (Moderate to heavy infection)	50%~75%.
IV: (Heavy infection)	75%~less than 100%.
V: (Very heavy infection)	About 100% and yellowing.

実験結果

1. 乾物率 冠さび病感染によってほとんど変化なく、罹病程度Vに達して初めて高い値を示した(第1図)。

2. 葉の退色 健全葉における吸収スペクトルは第2図のとおりである。この中で極大吸収を示す2つの波長(432 nm, 664 nm)における吸光度の値は、第3図のように0からIIまではほとんど変化なくIIからIIIへ、さらに罹病程度が進むにつれて低下した。

3. 細胞膜物質と細胞内物質 罹病程度の進んだものほど細胞内物質(乾物からCW含量を差引いたもの)が少なく0とVでは細胞内物質とCWの割合がほぼ逆転した(第4図)。CWの消化率は罹病程度の進展とともに低下した(第5図)。また、乾物消化率も同様の傾向にあった(第5図)。

Fig. 1. Dry matter percentage of crown rust-infected Italian ryegrass (%: Fresh weight)

Fig. 2. Absorption spectrum of 85% acetone extract from healthy Italian ryegrass

Fig. 3. Optical densities at 432 nm and 664 nm of 85% acetone extract of crown rust-infected Italian ryegrass

4. 可溶性糖類含量 罹病程度の進んだものほど少なくなり、Vでは0の5分の1以下であった(第6図)。粗蛋白質の量も同様な傾向を示したが、純蛋白質の方は0からIIまではほとんど変わらずIIIからVまで

Fig. 4. Change of cell content with crown rust infection

Fig. 5. Change of digestibility of cell wall and whole plant samples with crown rust infection (1% cellulase was operated for 6 hr at 40°C)

Fig. 6. Change of contents of water soluble carbohydrates with crown rust infection

Fig. 7. Change of protein contents with crown rust infection

Fig. 8. Digestibility of crude protein with pepsin

Fig. 9. Change of crude ash and crude silica content with crown rust infection

Fig. 10. Change of crude cellulose/CW and non digestible cellulose content with crown rust infection

Fig. 11. Change of lignin and lignin/CW content with crown rust infection

は低下した (第7図)。これらの蛋白質についてペプシンを用いその消化率を求めた結果、0からIIまではゆるやかに低下し、IIIからIVでは急激に低下した。Vではさらに急激に低下するのが認められた (第8図)。

5. 無機成分 粗灰分および粗珪酸の含量 (第9図) は、ともに罹病程度の進んだものほど増加し、0とVの差は、粗灰分で5%、粗珪酸で4.5%で、とくに粗珪酸の増加は著しく、Vは0の4倍も多い値を示した。その他の無機成分については第2表に示したとおり、リン、カリウム、マグネシウムの3種については罹病程度に関係なくほぼ一定の値を示した。しかしナトリウムでは罹病程度の進んだものほど含有割合が低

Table 2. Mineral contents of Italian ryegrass infected with crown rust^{a)}

Inorganic matters examined	Disease severity					
	0	I	II	III	IV	V
Calcium	0.26	0.36	0.45	0.51	0.53	0.74
Magnesium	0.20	0.23	0.23	0.24	0.24	0.26
Phosphoric acid	0.40	0.36	0.37	0.39	0.34	0.38
Potassium	3.61	3.67	4.40	4.39	4.13	3.06
Sodium	0.36	0.45	0.23	0.14	0.12	0.14

a) Data were recorded on percentage of dry matter.

下し、逆にカルシウムは増加する傾向が認められた。

6. セルローズとリグニン セルローズでは罹病程度の進んだものがわずかにふえる傾向が見られるが、CW に対するセルローズの割合は逆に減少する傾向が見られた。とくにセルローズの中でも、Two-Step 法による消化試験で消化されずに残る割合を見ると、罹病程度の進んだものほど多く、V は 0 の 4 倍以上であった (第 10 図)。リグニンの含有割合および CW に対するリグニンの割合は、いずれも罹病程度の進んだものほど高い値を示す傾向が見られた (第 11 図)。

考 察

生草では冠さび病に重く罹病したものほど外見的に新鮮さがなく、飼料としての品質低下が見られる。乾燥粉末の色もあざやかな緑色から茶褐色まで段階的に変色していた。85% アセトンによって抽出した液の吸光度は病気の進んだもので急激な低下が見られた。これは病気の進展にともなって植物色素が段階的に減少しているものと考えられる。しかし乾物率の方は 0 から IV まではほぼ一定で、V で急に高くなっている。このことは病気によって枯れた葉や生理的に全面黄化した葉もこの中に入ったためと考える。次に乾物の消化率と CW の消化率はともに病気の程度に従ってほぼ直線的に減少している。そしてリグニン、硅酸の含量はこれと逆の傾向を示している。つまり病気の程度が進むにつれて、リグニン、硅酸が増加し、消化率が減少している。一般的に見て牧乾草の反芻家畜による乾物消化率、可消化養分含量などと、リグニン、硅酸含量との間には高い負の相関が認められている⁴⁾。それは病気による組織の破壊にともない、木化が促進して相対的にリグニン、硅酸の含量が増加し、その結果消化率が低下するものと判断される。セルローズの消化率も病気の進展にともない減少し、リグニン化さ

れた領域が拡大していくものと考えられる。細胞内物質について見ると、可溶性糖類、粗蛋白質、純蛋白質、水溶性蛋白質ともに病気の進展にともない減少しており、さらに蛋白質のペプシンによる消化率も同様な結果を示している。

このように家畜にとって必要な飼料成分である蛋白質、可溶性糖類の含まれる割合が病気の進展にともなって減少し、そのうえ消化率が低下していることは、飼料価値の著しい低下と見なされる。草類の消化については桜井²³⁾が組織学的方法によって草の生育環境と家畜の消化の結びつきを詳細に報告した。その中で草が病気に侵されて組織に病斑が形成されると表皮剥離が困難になり、不消化になることが観察されたと述べている。病気と成分との関係については Burton⁹⁾が、炭そ病 (*Colletotrichum graminicolum* (Cesati) G. W. Wilson) に侵されたスーダングラスについて分析し乾燥重の顕著な減少は認められないにもかかわらず、粗蛋白質が減少し、リグニン含量が増加し、また嗜好性を低下させたと報告している。アルファルファが斑点病 (*Cercospora medicaginis* Ellis et Everhart) に侵された場合も粗脂肪、粗蛋白質が減少し灰分、粗繊維が増加したと Brigham⁸⁾が報告している。高橋・飯田²⁶⁾はラジノクローバが汚斑病 (*Curvularia trifolii* (Kauffman) Boedijn) に罹病すると乾物重の低下、粗蛋白質の減少、粗繊維および灰分の増加が見られたと述べている。ウイルス病による影響については、ラジノクローバが AMV と BYMV に罹病すると粗蛋白質、粗繊維の減少が見られたと報告している¹⁹⁾。飯塚・飯田¹⁵⁾も飼料分析を行ない Kreitlow, Hunt and Wilkins¹⁹⁾ とほぼ同様な結果を得たと報告した。それによると罹病クローバでは粗蛋白質や粗灰分がわずかに増加し、粗繊維が減少し、また TAC (全有効性炭水化物) は罹病クローバのいずれの部位 (葉、

茎、根)でも減少する傾向が認められた。

これらのことから病気によって成分含量にかなりの変動が見られることが推察され、とくに炭水化物や蛋白質、脂肪の減少と灰分やセルロースの増加の傾向が見られる。しかしウイルスの罹病による場合は多少異なり、粗蛋白質が増加し、粗繊維が減少する傾向が報告されている。本実験における冠さび病罹病植物でも、細胞内物質、可溶性糖類、蛋白質等が減少し、粗灰分、粗硅酸、セルロース、リグニン等が増加した。このことは植物体が糸状菌病とウイルス病とでは、罹病することによって受ける影響にかなり異なった点があると推察される。さらにこのように植物が病気の程度によって起こる体内成分の変化ばかりでなく、侵害を受けた病気の種類によっても植物体内の成分含量が変わってくることも注目すべき点であると考ええる。一方サンプルの採取について見ると、本実験では晩秋に罹病したイタリアンライグラスの葉を供試したが、イタリアンライグラスの養分および飼料価値についてはすでに、刈り取りとの関係を丹比²⁵⁾が、生育時期との関係については須藤²⁴⁾が報告している。またイタリアンライグラスの冠さび病に対する品種・系統間差異については、植田・内堀²⁷⁾や木下・中島・横島¹⁷⁾が報告している。このように刈り取りや生育ステージ、葉位、品種や系統間差、また冠さび病の発生時期のちがいとの関係などは今後検討しなければならない問題点である。

摘 要

冠さび病に罹病したイタリアンライグラスの葉の化学成分が罹病程度(健全:0, 葉面積に対する孢子層の占める面積割合によってI~Vまで5段階)によってどのように変化するかを試験した。

1. 乾物率は0~IVまでは18%前後で大差なかったが、Vは36%で高い値を示した。

2. 健全葉が緑色で罹病程度が進むにつれて緑色が減少しVでは茶褐色を呈した。色調測定でも罹病程度の進展にともない極大吸収を示す波長における吸光度が低下した。

3. 細胞膜物質と細胞内物質との比率は罹病程度の進んだものほど細胞内物質の割合が低下し0とVではその割合が逆転した。

4. 可溶性糖類含量は罹病程度の進んだものほど少なく、Vは0の5分の1であった。

5. 粗蛋白質および純蛋白質の量は罹病程度が進むにつれて減少し、Vでは0の約半分であった。

6. セルロース含量も罹病程度が進むにつれて増加が認められ、とくに消化されないセルロースの量が増加する傾向が認められた。

7. リグニンの含量も罹病程度の進んだものほど増加する傾向を認めた。

8. 粗灰分の含量もリグニンと同様に罹病程度の進んだものほど増加の傾向を認めた。

9. 無機成分では、とくに粗硅酸の含量が罹病程度の進んだものほど多く、Vは0の4倍の値を示した。

10. その他の無機成分では、リン、カリウム、マグネシウムは罹病程度に関係なくほぼ一定していたが、ナトリウムでは罹病程度の進んだものほど少なく、カルシウムでは逆の傾向が認められた。

このように病気の進展にともないその値がしだいに減少するものは、色調における吸収波長、細胞内物質、可溶性糖類、蛋白質、ナトリウム等であり、逆に増加するものには、セルロース、リグニン、粗灰分、粗硅酸、カルシウム等である。乾物重はVを除いて、またリン、カリウム、マグネシウムでは一定であった。このように罹病程度が進むにつれて細胞内物質の割合が減少し、家畜に必要な可溶性糖類、粗蛋白質、純蛋白質の減少が見られ、逆にセルロースやリグニン、粗灰分、粗硅酸の割合が増加しており、これが消化率の低下とあいまって飼料としての価値を減少させていることがうかがわれた。

引用文献

- 1) 阿部 亮 (1971). 動物栄養試験法 (森本宏監修). 養賢堂, 東京. pp. 348-349.
- 2) 阿部 亮 日草誌 (投稿中).
- 3) 阿部 亮・奥村隆史 (1972). 畜試研報 25: 19-25.
- 4) 阿部 亮・堀井 聡 (1972). 同上 25: 69-74.
- 5) 阿部 亮・堀井 聡・亀岡喧一 (1972). 日畜会報 43: 141-145.
- 6) 阿部 亮・堀井 聡・亀岡喧一 (1972). 同上 43: 146-154.
- 7) 阿部 亮・堀井 聡・亀岡喧一 (1972). 同上 43: 175-180.
- 8) Brigham, R. D. (1959). Agron. J. 51: 365.
- 9) Burton, G. W. (1954). *Ibid.* 46: 99.
- 10) 平塚直秀 (1950). 植物病理学概論. 朝倉書店, 東京. pp. 130-131.
- 11) 堀井 聡 (1971). 動物栄養試験法 (森本宏監修). 養賢堂, 東京. pp. 303-304.
- 12) 堀井 聡・阿部 亮 (1970). 畜試研報 23: 83-87.

- 13) 堀井 聡・阿部 亮 (1972). 同上 25: 63-67.
- 14) 堀井 聡・倉田陽平・林 弥太郎 (1971). 動物栄養試験法 (森本宏監修). 養賢堂, 東京. pp. 280-298.
- 15) 飯塚典男・飯田 格 (1969). 東北農試研報 37: 43-122.
- 16) 亀岡喧一・森本 宏 (1957). 農技研報告 G 13: 77-89.
- 17) 木下東三・中島敏男・横畠吉彦 (1968). 日草誌 14: 271-274.
- 18) 木下東三・渡辺徳太・中島敏男 (1967). 同上 13: 172-178.
- 19) Kreitlow, K. W., Hunt, D. J. and Wilkins, H. L. (1957). *Phytopathology* 47: 390-394.
- 20) 柁木茂彦 (1971). 動物栄養試験法 (森本宏監修). 養賢堂, 東京. pp. 422-424.
- 21) Official method of analysis of the A.O.A.C. (1960). 286.
- 22) 大山嘉信 (1971). 動物栄養試験法 (森本宏監修). 養賢堂, 東京. pp. 318-319.
- 23) 桜井茂作 (1963). 農林水産技術会議事務局. 研究成果, 15: 1-66.
- 24) 須藤 浩 (1964). 畜産の研究 18: 1057-1060, 1164-1166.
- 25) 丹比邦保 (1968). 日草誌 14: 1-9.
- 26) 高橋広治・飯田 格 (1969). 東北農試研報 37: 43-122.
- 27) 植田精一・内堀甲子生 (1968). 日草誌 14: 155-162.
- 28) van Soest P. J. (1967). *J.A.O.A.C.* 50: 50-55.