

病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究 (3)

ヘルミントスポリウム病菌に感染した飼料作物の飼料成分の変化

誌名	草地試験場研究報告 : s ō chi shikenj ō kenky ū h ō koku = Bulletin of the National Grassland Research Institute
ISSN	03850196
著者名	井澤,弘一
発行元	農林省草地試験場
巻/号	24号
巻号補足	
掲載ページ	p. 41-56
発行年月	1983年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究

III. ヘルミントスポリウム病菌に感染した飼料作物の飼料成分の変化

井 澤 弘 一

環境部 病理研究室

現 山形県立園芸試験場 環境部

(昭和57年7月19日受理)

要 約

井澤弘一(1983): 病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究. III. ヘルミントスポリウム病菌に感染した飼料作物の飼料成分の変化. 草地試研報 24: 41—56.

飼料作物病害の中で重要な病原の一つである *Helminthosporium* 病菌の感染によって、飼料作物の飼料成分がどのように変化するかを明らかにし、罹病による質的な被害の有無を確かめるために、イタリアンライグラス網斑病 (*H. dictyoides* f. *perenne*)、斑点病 (*H. siccans*)、トウモロコシごま葉枯病 (*H. maydis*)、ジョソソングラスとスーダングラスすす紋病 (*H. truncum*) について検討した。罹病程度は網斑病とごま葉枯病については6段階(0: 健全—V: 罹病甚)、他の病害は3段階(R: 健全, M: 罹病小, S: 罹病大)に分けて比較した。これら5種類の病害に共通して、細胞内物質、可溶性糖類、粗蛋白質、粗脂肪、可消化粗蛋白質と可消化養分総量などの含量が減少し、乾物消化率が低下し、繊維成分およびリグニン含量が増加した。特に粗蛋白質と可消化粗蛋白質、なかでも可溶性蛋白質の含量が罹病程度の進展に伴って著しく減少した。このように飼料作物における *Helminthosporium* 病菌の感染は、飼料成分の変化に与える影響が大きく、従って質的な被害は大きいものと考察された。

目 次

1. 緒 言	41
2. 網斑病によるイタリアンライグラスの飼料成分の変化	42
3. 斑点病によるイタリアンライグラスの飼料成分の変化	44
4. ごま葉枯病によるトウモロコシの葉の飼料成分の変化	46
5. すす紋病によるジョソソングラスの葉の飼料成分の変化	49
6. すす紋病によるスーダングラスの葉の飼料成分の変化	50
7. ヘルミントスポリウム病による飼料成分の変化についての考察	50
引用文献	53
Summary	54
図 版	55

1. 緒 言

これまで、活物寄生菌(さび病菌、うどんこ病菌)の感染による飼料成分含量の変化について報告³⁻⁷⁾したが、寄主からの栄養摂取法に大きな差のある殺生菌による感染では、活物寄生菌感染による成分含量変化とは違った影響が考えられる。そこで本論文では殺生菌の感染による飼料成分含量の変化について検討した。殺生菌には多くの種類があるが、本研究では飼料作物病害の中で特に主要な病気と考えられる各種の *Helminthosporium* 病と、*Rhizoctonia* 菌による葉腐病を中心に、更に特異な飼料成分含量の変化を示した2, 3の病害について、殺生菌の感染による変化を検討した。*Rhizoctonia* 菌とその他の病害については、第IV報で報告したい。*Helminthosporium* 病では、イタリアンライグラスの網斑病と斑点病、トウモロコシごま葉枯病、ジョソソングラスとスーダングラスのすす紋病の5種類について比較した。

Helminthosporium 病菌は多くの種類の飼料作物の茎葉を侵し、主として葉身に斑点を生じ、発生が激しい場合には葉身全体を枯死させることがある。最近、本病菌

の分類学的研究が進み、本病菌を *Helminthosporium* 属から *Bipolaris* 属、*Drechslera* 属および *Exserohilum* 属に移す新しい分類方式が用いられ始めているが⁸⁾、本研究では、これまでの分類方式に従って、*Helminthosporium* 病として一括したい。

本研究では、多数の *Helminthosporium* 病の中から、寒地型牧草であるイタリアンライグラスの網斑病 [*Helminthosporium dictyoides* Drechsler f. *perenne* Brabeman et Graham = *Drechslera dictyoides* (Drechsler) Shoemaker] と斑点病 [*H. siccans* Drechsler = *D. siccans* (Drechsler) Shoemaker] を、青刈飼料作物の中から、トウモロコシごま葉枯病 [*H. maydis* Nisikado & Miyake = *Bipolaris maydis* (Nisikado & Miyake) Shoemaker]、ジョンソングラスとスーダングラスすず紋病 [*H. turcicum* Passerini = *Exserohilum turcicum* (Passerini) Leonard & Suggs] の4草種、4種の *Helminthosporium* 菌による5種類の病害について、罹病による飼料成分の変化を比較した。

本論文を草するに当たり、御指導を賜り、校閲の労をとられた東京大学農学部名誉教授與良清博士、同教授土居養二博士に深甚な感謝の意を表す。また宇都宮大学農学部教授寺中理明博士には、本研究の遂行と論文の取りまとめにつき懇篤な御指導を賜った。さらに本研究の推進に当たり、農林水産省畜産試験場栄養部阿部亮博士(現北海道農業試験場畑作部)、堀井聰室長ならびに大山嘉信博士(現草地試験場家畜部長)には、飼料成分の分析法について種々の御教示と御協力を賜った。ここに記

して各位に衷心より感謝の意を表す。草地試験場環境部病理研究室西原夏樹前室長、室長佐藤徹博士、但見明俊博士(現北海道農業試験場草地開発第2部)、秋田滋技官、川俣生子氏には各種実験の準備、調査および集計について御協力を得た。また試料採取を御快諾下さった草地計画部業務第1科、牧草部採種研究室、生理第3研究室飯田克実室長の各位に深く感謝する。

2. 網斑病によるイタリアンライグラスの飼料成分の変化

イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lamarck) の網斑病 (*Helminthosporium dictyoides* Drechsler f. *perenne* Brabeman et Graham) は春から発生し、次第に蔓延して出穂期には発生が最大となる。病斑は初め褐色の小斑点として現われるが、のちにこれが集って大きな病斑となる。病斑は葉脈に沿って伸長するために網目状に見える。激しく感染した葉は黄化して枯れる。網斑病は青刈栽培ばかりでなく採種栽培においても重要な病害である。そこで本病による質的被害を明らかにするために、罹病葉を採取し分析して、飼料成分の変化を比較した(図版A)。

1) 実験材料と方法

1975年9月25日播種したイタリアンライグラス採種栽培用試験圃場(草地試験場・栃木県西那須野町)の品種マンモスA(4倍体)に翌年6月下旬網斑病の自然発病をみた。そこで1976年7月2日葉身のみを採取し、表1の基準によって罹病程度を6段階に分け(図版B)、

Table 1. A severity index scale of net blotch infected Italian ryegrass

Disease severity	Percentage of disease lesion area in leaf	Median
0 : Non visible infection	0% (Non diseased)	0.0
I : Mild infection	Less than 10%	5.0
II : Mild to moderate infection	10%.....25%	17.5
III : Moderate to heavy infection	25%.....50%	37.5
IV : Heavy infection	50%.....less than 100%	75.0
V : Very heavy infection	About 100% and yellowing	100.0

Table 2. Dry matter percentage and yield of the Italian ryegrass infected with net blotch

	Disease severity					
	0	I	II	III	IV	V
Dry matter percentage (DM %)	20.5	25.6	29.3	30.6	36.1	81.4
Fresh weight/100 leaves (g)	22.1	29.8	31.1	30.7	23.5	8.1
Dry weight/100 leaves (g)	4.5	7.6	9.1	9.4	8.5	6.6
Leaf numbers/fresh weight gram	4.5	3.4	3.2	3.3	4.3	12.4
Leaf numbers/dry weight gram	22.1	13.1	11.0	10.7	11.8	15.2

Table 3. Analytical results of every severity on the Italian ryegrass infected with net blotch

Element	Disease severity					
	0	I	II	III	IV	V
Ash	11.99	15.04	16.24	15.53	14.84	10.80
Crude silicate	3.61	7.45	8.65	7.77	8.00	6.97
Other mineral	8.38	7.59	7.59	7.76	6.84	3.83
Cellular content (CC)	54.52	53.58	51.13	50.66	45.61	33.11
Crude protein (CP)	22.24	18.76	16.03	15.32	12.79	9.21
Pepsin insoluble protein (PIP)	5.07	5.07	4.95	4.87	4.82	5.32
Pepsin soluble protein (PSP)	17.17	13.69	11.08	10.45	7.97	3.89
PSP/CP ratio*	77.20	72.97	69.12	68.21	68.31	42.24
Crude fat	5.42	5.11	5.06	4.78	4.38	3.05
Soluble carbohydrate	9.08	8.91	8.61	8.62	6.83	3.08
Mono, oligosaccharide	8.28	7.81	7.43	7.20	5.44	1.45
Fructosan	0.80	1.10	1.18	1.42	1.39	1.63
Fiber	NDF	44.52	42.98	44.31	45.17	62.95
	ADF	24.32	23.82	25.30	26.03	39.63
	Hemicellulose	20.20	19.16	19.01	19.14	23.32
Lignin	3.79	5.03	5.75	5.55	6.29	7.59
Digestible crude protein (DCP)	17.1	13.8	11.3	10.7	8.3	5.0
Total digestible nutrient (TDN)	63.48	52.11	47.51	48.32	44.23	40.18
Dry matter digestibility* (DMD)	72.80	71.12	68.61	68.24	65.11	57.78

%/Dry matter, *: %.

Table 4. Correlation coefficients between disease lesion area percentage and chemical composition of Italian ryegrass infected with net blotch

Element	Correlation coefficient	Regression equation	Standard deviation
Dry matter percentage	0.864*		
Leaf numbers/dry weight gram	-0.252		
Ash	-0.395		
Crude silicate	0.317		
Cellular content	-0.938**	$Y=55.350-0.185 X$	0.034
Crude protein	-0.945**	$Y=19.884-0.106 X$	0.018
Pepsin soluble protein	-0.947**	$Y=14.911-0.107 X$	0.018
Soluble carbohydrate	-0.915*		
Mono, oligosaccharide	-0.934**	$Y=8.577-0.059 X$	0.011
Fructosan	0.888*		
Crude fat	-0.943**	$Y=5.411-0.020 X$	0.004
Fiber	NDF		
	ADF		
Lignin	0.902*		
Digestible crude protein (DCP)	0.913*		
Digestible crude protein (DCP)	0.910*		
Total digestible nutrient (TDN)	-0.944**	$Y=14.885-0.098 X$	0.017
Total digestible nutrient (TDN)	-0.831*		
Dry matter digestibility (DMD)	-0.957**	$Y=72.238-0.127 X$	0.019

***: $P<0.001$, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$, $N=6$, X =Percentage of disease lesion area.

罹病程度別に飼料成分の分析を行なった。分析法は第1報⁶⁾で報告した方法によった。

2) 実験結果

健全から罹病程度IVまでは20%から36%まで段階的に乾物率が増加し、罹病程度Vの枯死葉では乾物率が81.4%と急激に高くなった。葉100枚当たりの生草重お

Table 5. The correlation matrix among the variable elements

Element	DM %	LN/DM	Ash	C-S	CC	DMD	CP
D. M. percentage (DM %)	1.000				—***	—**	—*
Leaf numbers/DM gram(LN/DM)	—0.046	1.000		—***			
Ash	—0.618	—0.748	1.000				
Crude silicate (C-S)	0.155	—0.976	0.657	1.000			
Cellular content (CC)	—0.983	0.095	0.573	—0.202	1.000	***	*
Digestibility (DMD)	—0.961	0.235	0.448	—0.334	0.989	1.000	**
Crude protein (CP)	—0.849	0.500	0.173	—0.574	0.903	0.956	1.000
Pepsin soluble P. (PSP)	—0.868	0.476	0.203	—0.554	0.917	0.965	0.999
Soluble carbohydrate(Sugar)	—0.982	0.009	0.640	—0.124	0.994	0.969	0.858
Mono, oligo, saccharide (MOS)	—0.983	0.076	0.591	—0.183	0.999	0.983	0.891
Fructosan (Fruc.)	0.783	—0.591	—0.079	0.616	—0.822	—0.888	—0.965
Crude fat (C-Fat)	—0.980	0.151	0.538	—0.242	0.993	0.988	0.917
Fiber	NDF	0.977	0.066	—0.697	0.041	—0.987	—0.824
	ADF	0.987	0.001	—0.651	0.104	—0.995	—0.856
Lignin	0.873	—0.493	—0.183	0.590	—0.909	—0.957	—0.989
Total dig. nut. (TDN)	—0.724	0.699	—0.071	—0.771	0.775	0.855	0.961
Digestible CP (DCP)	—0.848	0.502	0.171	—0.577	0.902	0.955	0.999
Lesion area ratio (LA %)	0.864	—0.252	—0.395	0.317	—0.937	—0.957	—0.945

N=6, ***: 0.1%=0.974, **: 1.0%=0.917, *: 5.0%=0.811.

よび乾物重は罹病程度ⅡおよびⅢを最高にして凸型の推移を示した(表2)。繊維成分のうち NDF と ADF の含量が増加し、またリグニン、粗珪酸および可溶性糖類のうちのフラクトサン含量は罹病程度の進展に伴って増加した。粗珪酸の含量は健全では3.61%であったが罹病程度Ⅰでは7.45%と2倍以上に増加し、罹病程度Ⅰ—Ⅴまではほぼ同等の含量を示した(表3)。

細胞内物質、可溶性糖類、単少糖類、粗蛋白質、粗脂肪、乾物消化率、可消化養分総量および可消化粗蛋白質などの含量は罹病程度の進展に伴って減少した。特に可溶性蛋白質の含量は、健全が17%なのに対して罹病程度Ⅴでは、約4%弱と1/4以下に減少した。粗蛋白質の量を100とすると罹病程度の進展と共に、可溶性蛋白質の量は77, 73, 69, 68, 62, 42と段階的に減少した(表3)。

病斑面積率と飼料成分との相関を求めると、乾物率、乾物1g当たりの葉数、灰分および粗珪酸を除き、ほとんどの成分において表4に示すように相関が認められた。なかでも細胞内物質、乾物消化率、粗蛋白質、可溶性蛋白質、単少糖類、粗脂肪と可消化粗蛋白質は1%水準で有意な相関が認められた。しかし可消化養分総量は5%水準で有意であった。各種成分間の相関でも細胞内物質、粗蛋白質、粗脂肪、可溶性糖類などで高い相関が認められた。特に細胞内物質と各種成分との間に高い相関が認められた(表5)。

3. 斑点病によるイタリアンライグラスの飼料成分の変化

イタリアンライグラスの *Helminthosporium* 病の中でもう一つの重要な病気である斑点病(*Helminthosporium siccans* Drechsler)は、しばしば種子から第一次感染が起り幼苗の葉や葉鞘に発生し、晩秋から初冬にかけて下葉を枯らす、そして翌春早くから再び蔓延し、大きな被害を与える病気である。そこで本病による質的被害を明らかにするために、この病気に侵されたイタリアンライグラスの葉を分析し、飼料成分がどのように変るかを調べた。

1) 実験材料および方法

Table 6. Dry matter percentage and yield on the Italian ryegrass infected with brown blight

	Disease severity		
	R*	M	S
Dry matter percentage (DM %)	25.8	25.3	30.7
Fresh weight/100 leaves (g)	14.6	14.1	11.8
Dry weight/100 leaves (g)	3.8	3.6	3.6
Leaf numbers/fresh weight gram	6.8	7.1	8.5
Leaf numbers/dry weight gram	26.5	28.1	27.5

* R: Non visible infection, M: Mild to moderate infection, S: Heavy infection.

of Italian ryegrass infected with net blotch

PSP	Sugar	MOS	Fruc.	C-Fat	NDF	ADF	Lignin	TDN	DCP	LA %
—*	—***	—***		—***	***	***	*		—*	*
**	***	***	—*	***	—***	—***	—*		*	—**
**	**	***	—*	***	—**	—**	—**	*	**	—**
***	*	*	—**	**	—*	—*	—***	**	***	—**
1.000	*	*	—**	**	—*	—*	—***	**	***	—**
0.875	1.000	***		***	—***	—***	—*		*	—*
0.906	0.997	1.000	—*	***	—***	—***	—*		*	—**
—0.961	—0.765	—0.811	1.000	—*			**	—**	—**	*
0.930	0.984	0.994	—0.863	1.000	—**	—***	—**		*	—**
—0.842	—0.995	—0.989	0.733	—0.973	1.000	***	*		—*	*
—0.873	—0.996	—0.995	0.774	—0.985	0.997	1.000	*		—*	*
—0.992	—0.871	—0.900	0.940	—0.920	0.830	0.864	1.000	—**	—**	*
0.956	0.719	0.762	—0.944	0.800	—0.663	—0.707	—0.966	1.000	**	—*
0.999	0.858	0.891	—0.964	0.916	—0.823	—0.855	—0.990	0.963	1.000	—**
—0.947	—0.915	—0.933	0.887	—0.942	0.902	0.913	0.910	—0.831	—0.944	1.000

1974年9月に播種したイタリアンライグラスの試験圃場（草地試験場）に翌春、斑点病の自然発病を認めたので、罹病葉を1975年5月30日採取した。葉身のみを

採取し、罹病程度を3段階〔健全（R）：病斑の認められない葉，罹病小（M）：葉面積の半分以下に病斑の認められる葉，罹病大（S）：葉面積の半分以上に病斑の

Table 7. Analytical results of every severity on the Italian ryegrass infected with brown blight

Element	Disease severity		
	R**	M	S
Ash	13.88	12.81	12.17
Crude silicate	6.38	5.26	5.11
Other mineral	7.50	7.55	7.06
Cellular content (CC)	58.93	50.01	44.77
Crude protein (CP)	19.27	11.47	8.41
Pepsin insoluble protein (PIP)	3.53	2.95	2.65
Pepsin soluble protein (PSP)	15.74	8.52	5.76
PSP/CP ratio*	81.66	74.22	68.45
Crude fat	5.80	4.74	4.16
Soluble carbohydrate	8.93	8.45	7.32
Mono, oligosaccharide	7.16	6.24	5.23
Fructosan	1.77	2.21	2.09
Fiber	NDF	38.21	47.42
	ADF	19.02	24.10
	Hemicellulose	19.19	23.32
Lignin	1.04	1.63	1.94
Digestible crude protein (DCP)	14.3	7.2	4.3
Total digestible nutrient (TDN)	57.93	55.36	54.12
Dry matter digestibility* (DMD)	75.01	70.41	67.31

%/Dry matter, *: %, **: Non visible infection, M: Mild to moderate infection, S: Heavy infection.

Table 8. Correlation coefficients between disease lesion area percentage and chemical composition of Italian ryegrass infected with brown blight

Element	Correlation coefficient	Regression equation	Standard deviation
Dry matter percentage	0.835*		
Leaf numbers/dry weight gram	0.427		
Ash	-0.920**	$Y=13.720-0.018 X$	0.004
Crude silicate	-0.712		
Cellular content	-0.955**	$Y=57.819-0.158 X$	0.025
Crude protein	-0.939**	$Y=18.075-0.121 X$	0.022
Pepsin soluble protein	-0.936**	$Y=14.634-0.112 X$	0.021
Soluble carbohydrate	-0.554		
Mono, oligosaccharide	-0.671		
Fructosan	0.506		
Crude fat	-0.956**	$Y=5.670-0.018 X$	0.003
Fiber { NDF	0.960**	$Y=39.362+0.160 X$	0.023
ADG	0.976***	$Y=19.634+0.093 X$	0.010
Lignin	0.880*		
Digestible crude protein (DCP)	-0.940**	$Y=13.216-0.111 X$	0.020
Total digestible nutrient (TDN)	-0.722		
Dry matter digestibility (DMD)	-0.975***	$Y=74.517-0.087 X$	0.010

***: $P<0.001$, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$, $N=6$, X =Percentage of disease lesion area.

認められる葉、図版C)に分け、同一圃場の2か所から採取し、それぞれについて罹病程度別に飼料成分分析を行なった。分析法は第1報⁶⁾で報告した方法によった。結果は特に明示しない限り2反復の平均値で示した。

2) 実験結果

表6, 7に示したとおり、葉100枚当たりの生草重は罹病大の試料でやや少なかったが乾物重は罹病程度には関係なくほぼ一定であった。また乾物率は健全と罹病小ではほとんど差がなく、罹病大になって少し高くなった。リグニンと繊維成分(NDF, ADF, ヘミセルローズ)の含量が罹病程度の進展に伴い増加の傾向を示した。しかし灰分、粗珪酸およびミネラル含量は罹病に関係なくほぼ一定であった。可溶性糖類についても罹病による大きな影響はみられないが、このなかでフラクトサンの含量は罹病に伴いわずかに増加し、逆に単少糖類は若干減少する傾向がみられた。粗蛋白質、粗脂肪、可消化養分総量と可消化粗蛋白質の各種成分の含量は罹病程度の進展に伴って減少し、乾物消化率は低下した。なかでも粗蛋白質と可消化粗蛋白質および可溶性蛋白質の値は、健全に比べ罹病小では約1/2、罹病大では約1/3に減少した。

病斑面積率と飼料成分との相関を求めたところ、表8に示すように相関が認められたのは灰分、細胞内物質、乾物消化率、粗蛋白質、可溶性蛋白質、粗脂肪、繊維成分(NDF, ADF)および可消化粗蛋白質であった。特

に乾物消化率およびADFと病斑面積率との間に高い相関が認められた。しかし可溶性糖類や可消化養分総量との間では相関が認められなかった。更に各種成分間の相関でも、乾物率、可溶性糖類および可消化養分総量では、他の各種成分との間に相関が認められなかった。本病の場合、粗蛋白質と繊維成分(NDF, ADF)とが他の成分との間でかなり高い相関を示した。

4. ごま葉枯病によるトウモロコシの葉の飼料成分の変化

ごま葉枯病(*Helminthosporium maydis* Nisikado et Miyake, 図版D)は、トウモロコシ(*Zea mays* L.)の栽培地では至るところで発生し、特に暖地では青刈トウモロコシの最も重要な病気とされている。本病は初夏から霜のおりる頃までの長い期間にわたって発生するが、雨が降り続く梅雨期と秋の雨季に特に流行する。そこで本病による質的被害を明らかにするために、罹病トウモロコシの葉を分析し、飼料成分の変化を比較した。

1) 実験材料および方法

罹病程度を表9の基準に従って6段階(図版E)に分けた。実験材料は草地試験場の1976年7月30日播種した飼料用トウモロコシである。この圃場で自然発病した8品種・系統の混合したものから、1976年11月1日に2反復で試料を採取した。分析は第1報⁶⁾で報告した方法によった。得られた結果について、病斑面積率と飼料

Table 9. A severity index scale of southern leaf blight infected maize

Disease severity	Percentage of disease lesion area in leaf	Median
0 : Non visible infection	0 % (Non diseased)	0.0
I : Mild infection	Less than 10%	5.0
II : Mild to moderate infection	10%.....25%	17.5
III : Moderate to heavy infection	25%.....50%	37.5
IV : Heavy infection	50%.....less than 100%	75.0
V : Very heavy infection	About 100% and yellowing	100.0

成分含有率との間で相関を求め、かつ回帰式を算出した。

2) 実験結果

乾物率は罹病程度Ⅱまでは健全とほぼ同じであったがⅢ—Ⅴまでは罹病程度の進展に伴い高くなった。本実験の範囲においては葉数と収量（生草重、乾物重）との間

には一定した傾向は認められず、葉数当たりの生草重および乾物重は罹病程度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを最高にして凸形になった（表10）。灰分、粗珪酸およびその他の無機成分などの含量は罹病程度Ⅱまでは変わらないが、Ⅲ—Ⅴの段階ではやや減少した。細胞膜を構成している主な成分であ

Table 10. Dry matter percentage and yield on the maize infected with southern leaf blight

	Disease severity					
	0	I	II	III	IV	V
Dry matter percentage (DM %)	33.1	32.7	33.2	36.5	40.5	48.6
Fresh weight/10 leaves (g)	58.9	80.3	79.7	74.0	59.0	37.7
Dry weight/10 leaves (g)	19.5	26.2	26.4	27.0	23.9	18.3
Leaf numbers/fresh weight 100 gram	17.7	12.6	12.6	13.5	17.0	26.5
Leaf numbers/dry weight 10 gram	5.3	3.9	3.8	3.7	4.2	5.5

Table 11. Analytical results of every severity on the maize infected with southern leaf blight

Element	Disease severity					
	0	I	II	III	IV	V
Ash	10.54	10.25	10.45	9.82	8.74	8.42
Crude silicate	5.82	5.43	5.60	5.32	4.67	4.93
Other mineral	4.72	4.82	4.85	4.50	4.07	3.49
Cellular content (CC)	39.50	40.98	40.82	38.40	35.56	31.99
Crude protein (CP)	15.72	15.48	14.89	14.09	12.66	10.19
Pepsin insoluble protein (PIP)	4.84	4.91	5.01	5.53	5.36	4.81
Pepsin soluble protein (PSP)	10.88	10.57	9.88	8.56	7.30	5.38
PSP/CP ratio*	69.21	68.28	66.35	60.75	57.66	52.80
Crude fat	2.18	2.23	1.93	1.70	1.40	1.23
Soluble carbohydrate	8.05	9.86	10.54	8.61	6.82	5.23
Mono, oligosaccharide	7.49	9.29	9.92	7.98	6.09	4.44
Fructosan	0.56	0.57	0.62	0.64	0.74	0.78
Fiber { NDF	57.95	56.74	56.65	59.20	62.34	65.83
ADF	28.09	27.89	27.43	27.98	30.51	33.60
Hemicellulose	29.86	28.85	29.22	31.23	31.85	32.24
Lignin	4.05	3.94	4.21	4.49	5.02	5.51
Digestible crude protein (DCP)	11.02	10.80	10.26	9.53	8.19	5.94
Total digestible nutrient (TDN)	56.8	58.4	57.3	55.8	54.2	50.3
Dry matter digestibility* (DMD)	61.01	61.84	61.59	59.65	57.43	55.32

%/Dry matter, *: %.

Table 12. Correlation coefficients between disease lesion area percentage and chemical composition of maize infected with southern leaf blight

Element	Correlation coefficient	Regression equation	Standard deviation
Dry matter percentage	0.947***	$Y=31.573+0.149 X$	0.016
Leaf numbers/dry weight 10 gram	0.305		
Ash	-0.792**	$Y=10.567-0.022 X$	0.005
Crude silicate (C-S)	-0.529		
Cellular content	-0.903***	$Y=41.118-0.083 X$	0.012
Crude protein	-0.970***	$Y=15.850-0.051 X$	0.004
Pepsin soluble protein	-0.976***	$Y=10.806-0.052 X$	0.004
Soluble carbohydrate	-0.817**	$Y=9.779-0.041 X$	0.009
Mono, oligosaccharide	-0.830***	$Y=9.217-0.043 X$	0.009
Fructosan	0.951***	$Y=0.563+0.002 X$	0.0002
Crude fat	-0.931***	$Y=2.166-0.010 X$	0.001
Fiber { NDF	0.888***	$Y=56.401+0.086 X$	0.014
ADF	0.854***	$Y=27.118+0.054 X$	0.010
Lignin	0.958***	$Y=3.942+0.015 X$	0.001
Digestible crude protein (DCP)	-0.969***	$Y=11.136-0.047 X$	0.004
Total digestible nutrient (TDN)	-0.862***	$Y=58.006-0.067 X$	0.012
Dry matter digestibility (DMD)	-0.927***	$Y=61.919-0.063 X$	0.008

***: $P<0.001$, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$, $N=12$, X =Percentage of disease lesion area.

る繊維成分 (NDF, ADF, ヘミセルローズ) は罹病程度 0 から II—III まではほとんど同じ程度を示し、罹病程度 III—IV から増加し、罹病程度 V ではかなり高い値を示した。リグニン含量は罹病程度の進展とともに段階的に

増加した (表 11)。細胞内物質の割合は罹病程度 0 から II まではほとんど変わらず、III から V にかけて段階的に減少した。細胞内物質に含まれる可溶性糖類、なかでも単少糖類の含量は同じような傾向を示した。しかしフラ

Table 13. The correlation matrix among the variable elements

Element	DM %	LN/DM	Ash	C-S	CC	DMD	CP
D. M. percentage (DM %)	1.000		—**		—***	—***	—***
Leaf numbes/DM 10 gram (LN/DM)	0.455	1.000			—*		
Ash	-0.737	-0.516	1.000	***	***	***	**
Crude silicate (C-S)	-0.431	-0.404	0.916	1.000	*	*	
Cellular content (CC)	-0.930	-0.632	0.888	0.655	1.000	***	***
Digestibility (DMD)	-0.927	-0.569	0.909	0.697	0.990	1.000	***
Crude protein (CP)	-0.972	-0.435	0.819	0.562	0.949	0.957	1.000
Pepsin soluble p. (PSP)	-0.949	-0.372	0.834	0.596	0.940	0.959	0.992
Soluble carbohydrate (Sugar)	-0.882	-0.693	0.762	0.500	0.947	0.925	0.848
Mono, saccharide (MOS)	-0.891	-0.682	0.769	0.506	0.953	0.932	0.860
Oligo,							
Fructosan (Fruc.)	0.901	0.311	0.765	-0.534	-0.887	-0.906	-0.947
Crude fat (C-Fat)	-0.880	-0.344	0.846	0.646	0.910	0.930	0.925
Fiber { NDF	0.906	0.641	-0.921	-0.714	-0.997	-0.990	-0.937
ADF	0.889	0.688	-0.889	-0.691	-0.954	-0.949	-0.918
Lignin	0.910	0.333	-0.742	-0.474	-0.871	0.898	-0.939
Total dig. nut. (TDN)	-0.906	-0.305	0.453	0.088	0.767	0.758	0.851
Digestible CP (DCP)	-0.973	-0.442	0.823	0.562	0.951	0.957	0.999
Lesion area ratio (LA %)	0.947	0.305	-0.792	-0.529	-0.903	-0.927	-0.970

$N=12$, ***: $0.1\%=0.823$, **: $1.0\%=0.708$, *: $5.0\%=0.576$.

クトサンは罹病程度の進展とともにわずかず増加した。粗蛋白質と粗脂肪は逆に段階的に減少した。粗蛋白質の中で可溶性蛋白質の含量の割合が段階的に減少し、健全に比べ罹病程度Ⅴでは半分近くに減少した。

乾物消化率および可消化養分総量の含量も細胞内物質の割合の変化と同様に罹病程度ⅠからⅡまではほとんど変わらず、ⅢからⅤにかけて低下および減少した。しかし可消化粗蛋白質は粗蛋白質の割合と同様にⅠからⅤまで順次段階的に減少した。

病斑面積率と飼料成分との間で相関を求めたところ、表12に示すような結果が得られた。乾物1gを得るに要する葉数と粗珪酸を除いて、分析したすべての成分の間に高い相関が認められた。各種成分間の相関を表13に示すが、前表の結果を受けてほとんどの成分間で高い相関が認められた。ただ乾物1gを得るに要する葉数と粗珪酸は例外的に他の成分との間に相関が認められなかった。

5. すず紋病によるジョンソングラスの葉の飼料成分の変化

青刈飼料作物として栽培されるジョンソングラス〔*Sorghum halepense* (L.) Persoon〕の重要病害であるすず紋病(*Helminthosporium turcicum* Passerini, 図版F)は、関東では梅雨あけごろから発生し始め、8月一

9月下旬ごろにかけて大発生する。そのため、2番刈り以降のものに大きな被害をもたらす。はじめ、葉身に青味を帯びた、輪郭の不明瞭な、小さな紡錘形の斑点が現れるが、その後、これは葉脈に沿って広がり、細長い病斑となり、激しく感染すると葉身全体が枯死してしまう。

ジョンソングラスがすず紋病に罹病することによって飼料成分がどのように変化するかを知るために、分析を行ない飼料成分を比較した。

1) 実験材料および方法

畜産試験場(千葉市青葉町)の飼料生産圃場の周辺で野生化したジョンソングラスに、すず紋病が自然発病した。1971年8月23日に葉身だけを採取し、病斑の全く認められない葉を健全(R)、葉に小さな病斑を有するものから葉面積の3/4以下が病斑で占められるものまでを罹病小(M)、葉面積の3/4以上が病斑で占められるものから、全面罹病し褐色に変色しているものまでを罹病大(S)とし、3段階に分け(図版G)、それぞれについて飼料成分の分析を行なった。分析法は第1報⁶⁾で報告した方法によった。

2) 実験結果

罹病程度の進展に従って乾物率が高くなり、灰分、粗珪酸の含量も同様の傾向を示した。逆に粗蛋白質、粗脂肪、可溶性糖類および可消化養分総量の値は罹病程度の

of maize infected with southern leaf blight

PSP	Sugar	MOS	Fruc.	C-Fat	NDF	ADF	Lignin	TDN	DCP	LA %
— ***	— ***	— ***	***	— ***	***	***	***	— ***	— ***	***
	— *	— *			*	*				
***	**	**	**	***	— ***	— ***	— **		***	— **
*				*	— **	— *				
***	***	***	— ***	***	— ***	— ***	— ***	**	***	— ***
***	***	***	— ***	***	— ***	— ***	***	**	***	— ***
***	***	***	— ***	***	— ***	— ***	— ***	***	***	— ***
1.000	***	***	— ***	***	— ***	— ***	— ***	***	***	— ***
0.832	1.000	***	— **	**	— ***	— ***	— **	**	***	— **
0.845	0.999	1.000	**	**	— ***	— ***	— **	**	***	— ***
—0.960	—0.794	0.811	1.000	— ***	***	***	***	— ***	— ***	***
0.946	0.796	0.808	—0.928	1.000	— ***	— ***	— ***	**	***	— ***
—0.931	—0.933	—0.938	0.872	—0.906	1.000	***	***	— **	— ***	***
—0.890	—0.887	—0.893	0.840	—0.811	0.961	1.000	***	— *	— ***	***
—0.940	—0.807	—0.820	0.948	—0.858	0.851	0.851	1.000	— ***	— ***	***
0.828	0.790	0.799	—0.843	0.728	—0.716	—0.700	—0.888	1.000	***	— ***
0.989	0.850	0.862	—0.947	0.921	—0.938	—0.923	—0.937	0.849	1.000	— ***
—0.976	—0.817	—0.830	0.951	—0.931	0.888	0.854	0.958	—0.862	—0.969	1.000

Table 14. Analytical results of every severity on the Johnsongrass infected with leaf blight

Element	Disease severity		
	R**	M	S
Dry matter percentage*	34.8	42.3	58.0
Ash	6.80	7.63	8.99
Crude silicate	3.49	4.10	5.40
Other mineral	3.31	3.53	3.59
Cellular content (CC)	34.83	38.12	33.18
Crude protein (CP)	13.72	12.15	8.21
Pepsin insoluble protein (PIP)	4.11	4.44	4.49
Pepsin soluble protein (PSP)	9.61	7.71	3.72
PSP/CP ratio*	70.04	63.46	45.31
Crude fat	2.88	2.59	2.10
Soluble carbohydrate	7.61	5.99	3.54
Mono, oligosaccharide	6.88	5.26	2.48
Fructosan	0.73	0.73	1.06
Fiber	NDF	64.01	64.57
	ADF	32.49	36.23
	Hemicellulose	31.52	28.34
Lignin	5.20	5.53	6.48
Digestible crude protein (DCP)	9.18	7.72	4.67
Total digestible nutrient (TDN)	60.3	52.9	44.3
Dry mater digestibility* (DMD)	59.47	59.40	56.78

%/Dry matter, *: %, **R: Non visible infection, M: Mild to moderate infection, S: Heavy infection.

進展とともに減少した。なかでも可溶性蛋白質と単少糖類は減少が著しかった。繊維成分 (NDF, ADF, ヘミセルローズ) 含量は罹病程度に関係なく、ほぼ一定であった。リグニンは絶対量が他の成分に比べて少ないけれども乾物に占める割合は、罹病程度の進展とともに段階的に増加した。乾物消化率は罹病によってわずかに低下した (表 14)。

6. すず紋病によるスーダングラスの葉の飼料成分の変化

本病は前述のジョンソングラスのすず紋病と同様に、関東では梅雨あけごろから発生が始まり、8月から9月下旬にかけて最も激しく蔓延する。葉身に細長い紡錘形の病斑を生じ、激しく感染すると葉身全体が枯死する。そこでジョンソングラスのすず紋病における結果と比較する意味も含めて、すず紋病 (*Helminthosporium turcicum* Passerini) に侵されたスーダングラス [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf] の飼料成分を分析した。

1) 実験材料および方法

畜産試験場 (千葉市青葉町) の品種比較試験圃場のスーダングラス (品種: スイートスーダン) にすず紋病の自然発病を認めた。そこで 1971 年 9 月 17 日に止葉から

数えて 3 枚目から 5 枚目までの葉を採取し、ジョンソングラスと同様の基準で 3 段階 (図版 H, I) に分けて飼料成分を比較した。分析は第 1 報⁶⁾ で報告した方法によった。

2) 実験結果

乾物率は罹病程度の進展とともに高くなり罹病大では急激に増加した。灰分、粗珪酸の含量はわずかに増加した。逆に細胞内物質、粗蛋白質、粗脂肪、可溶性糖類、可消化養分総量および可消化粗蛋白質などの含量は罹病程度の進展に伴い減少した。粗蛋白質中の可溶性蛋白質含量及び可溶性糖類中の単少糖類の含量の減少が著しかった。リグニンおよび繊維成分 (NDF, ADF) は罹病程度の進展とともに増加した。ヘミセルローズの含量は罹病程度に関係なくほぼ一定であった。しかし、乾物消化率は蛋白質、糖類や脂肪などの含量と同様に低下した (表 15)。

7. ヘルミントスポリウム病菌の感染による飼料成分の変化についての考察

Helminthosporium 病菌によって起こる飼料作物の病気は非常に多い、その中からイタリアンライグラス網斑病、斑点病、トウモロコシごま葉枯病、ジョンソングラ

Table 15. Analytical results of every severity on the Sudangrass infected with leaf blight

Element	Disease severity		
	R**	M	S
Dry matter percentage*	27.0	31.6	46.3
Ash	10.98	11.16	11.71
Crude silicate	6.37	6.86	7.72
Other mineral	4.61	4.30	3.99
Cellular content (CC)	48.47	47.55	43.98
Crude protein (CP)	21.36	19.78	17.30
Pepsin insoluble protein (PIP)	6.28	6.93	7.59
Pepsin soluble protein (PSP)	15.08	12.85	9.71
PSP/CP ratio*	70.60	64.96	56.13
Crude fat	2.98	2.69	1.79
Soluble carbohydrate	9.61	7.52	4.13
Mono, oligosaccharide	8.99	6.80	3.13
Fructosan	0.62	0.72	1.00
Fiber	NDF	48.90	49.45
	ADF	24.76	25.42
	Hemicellulose	24.14	24.03
Lignin	4.06	4.60	6.24
Digestible crude protein (DCP)	16.23	14.77	12.49
Total digestible nutrient (TDN)	58.5	52.9	43.4
Dry matter digestibility* (DMD)	68.20	66.12	63.38

%/Dry matter, *: %, **R: Non visible infection, M: Mild to moderate infection, S: Heavy infection.

スとスーダングラスのすす紋病, 以上5種類の病気について, 罹病程度による飼料成分の変化について調べた。罹病程度は網斑病とごま葉枯病は健全を含めて6段階に, 他の3種類の病気は健全を含めて3段階に分類して比較した。

Helminthosporium 病と飼料成分との関係について Couch and Moore (1971)¹⁾によれば, ケンタッキーブルーグラスにおける *H. sativum* の罹病性は, 一般に窒素成分の高い品種で増大したと述べ, 更に Gibbs and Wilcoxson (1972)²⁾は同じケンタッキーブルーグラスの葉中の糖含量と罹病程度などとの関係を調べている。それによると葉中の糖含量と *H. dictyoides* の罹病程度あるいは病気の影響との間には関係が認められなかったと述べている。このようにいずれの報告も耐病性と植物体内成分との関係を調べたもので, 質的被害に注目した報告は今のところ少ないように思われる。

乾物率は本実験で供試した5種類の病害とも罹病程度の進展に伴って増加した。特に網斑病において罹病程度0からIVまでは20.5%から36.1%まで次第に増加したが, Vで81.4%と急激に高くなった。これは病斑面積が多くなり, 枯葉になったものが多く混入したためと考えられる。灰分や粗珪酸などの含量の変化は比較的小さか

った。しかし粗蛋白質含量の減少は激しく, 網斑病, 斑点病, ごま葉枯病で著しかった。更に可溶性蛋白質含量が激減した。これは粗蛋白質含量のうちの減少した部分に相当し, *Helminthosporium* 病の罹病によって可溶性蛋白質含量の減少が著しいことが明らかになった。粗脂肪や可溶性糖類の含量も, 罹病程度の進展に伴って減少した。これらの結果を受けて可消化養分総量と可消化粗蛋白質の含量が減少した。これとは反対に5種類の病害すべてにおいて, 罹病程度の進展に伴ってリグニン含量が増加した。またジョンソングラスのすす紋病を除いて, 繊維成分含量はリグニンと同様の結果を示した。リグニンや繊維成分含量の増加につれて乾物消化率が低下した。

ジョンソングラスとスーダングラスは同じ *Sorghum* 属に位置し, ただ種が異なるだけの植物であり, 同じ病原菌に侵されることから考えて, 飼料成分の変化についても同様の結果が得られるものと想像される。本研究で測定した各種成分のうち, 繊維成分含量が異なる変化を示した以外は, 同様の結果が得られた。*Helminthosporium* 病の罹病が飼料成分に及ぼす影響を模式的に表16に示す。この表からも分かるように家畜の栄養素として大切な成分である蛋白質, 脂肪, 可溶性糖類が減少し,

Table 16. The tendency of change in the chemical composition and nutritive value on the forage crops infected with *Helminthosporium* spp.

Host	Italian ryegrass	Italian ryegrass	Maize	Johnsongrass	Sudangrass
Disease name	Net blotch	Brown blight	Southern leaf blight	Leaf blight	Leaf blight
Latin name	<i>H. dictyoides</i>	<i>H. siccan</i>	<i>H. maydis</i>	<i>H. turcicum</i>	<i>H. turcicum</i>
Disease severity	R*—⑥→S	R—③→S	R—⑥→S	R—③→S	R—③→S
Dry matter %					
Ash					
Crude silicate					
Cellular content					
Crude protein					
Pepsin insoluble P.					
Pepsin soluble P.					
Crude fat					
Soluble carbohydrate					
Fiber					
NDF					
ADF					
Lignin					
Digestible CP					
Total dig. nutrient					
D. M. Digestibility					

*R: Healthy plant, S: Diseased plant, ⑥: Numbers of disease severity index scale.

** : Increased as the disease severity increased. : Decreased.

: Slightly changed. : Heavily changed. — : Not changed.

反対に家畜の増体にあまり役立たない繊維成分やリグニンが増加した。そのために可消化養分総量と可消化粗蛋白質含量が減少し、乾物消化率が低下し、質的被害の大きいことが明らかになった。更に実測点数が少ないけれども、病斑面積率と各種成分との相関を求めたところ、かなり多くの成分で高い相関が認められた。従ってどの回帰式を用いても質的被害値が得られるが、*Helminthosporium* 病の場合は可消化養分総量、可消化粗蛋白質または乾物消化率の回帰式を使って質的被害値を推定する

のが妥当であると考えられる。何故ならば可消化養分総量は細胞膜物質、粗蛋白質、粗脂肪および可溶性糖類などの含量を基礎にして、計算によって得られる値であるから、これらの影響がすべて反映している可消化養分総量を基準にして飼料の良し悪しを判定すべきであると考えられるからである。更に家畜飼料学で良く用いられる可消化粗蛋白質や乾物消化率で、飼料の品質評価を実施すべきであると考えられる。それ故、病気による飼料成分の変化もこれら飼料学的な意味をもつ項目で評価すべ

きであろう。

引用文献

1. Couch, H.B. & Moore, L.D. (1971): Influence of nutrition and total nonstructural carbohydrate content on *Helminthosporium sativum*-incited leaf spot of kentucky bluegrasses. *Phytopathology* 61: 888, (Abstr.).
2. Gibbs, A. F. & Wilcoxson, R. D. (1972): Effect of sugar content of *Poa pratensis* on *Helminthosporium* leaf spot. *Physiological Plant Pathology* 2: 279-287.
3. 井澤弘一・阿部 亮・西原夏樹 (1974): 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. 日植病報 40: 86-92.
4. 井澤弘一・西原夏樹 (1975): 飼料価値に及ぼす病害の影響. II. 冠さび病による イタリアンライグラスの 質的・量的被害. 草地試研報 6: 87-94.
5. 井澤弘一 (1976): 病害による牧草飼料価値の低下. 植物防疫 30:164-170.
6. 井澤弘一 (1982): 病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究. I. さび病菌に感染した飼料作物の飼料成分の変化. 草地試研報 21: 30-53.
7. 井澤弘一 (1982): 病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究. II. うどんこ病菌に感染したオーチャードグラスとアカクローバの 飼料成分の変化. 草地試研報 22: 74-82.
8. 上山昭則・津田盛也・西原夏樹 (1978): いわゆるヘルミントスポリウム病菌群の学名. 植物防疫 30: 361-368.

SUMMARY

Deterioration in the Chemical Composition and Nutritive
Value of Forage Crops by Foliar DiseasesIII. Chemical Composition and Nutritive Value of Forage Crops
Infected with *Helminthosporium* Diseases

Kouichi ISAWA

*Environment Division, National Grassland Research Institute,
Nishinasuno, Tochigi, 329-27 Japan**Present Address: Yamagata Prefectural Horticultural Experiment Station
Shima, Sagae, Yamagata, 991 Japan*

Received July 19, 1982

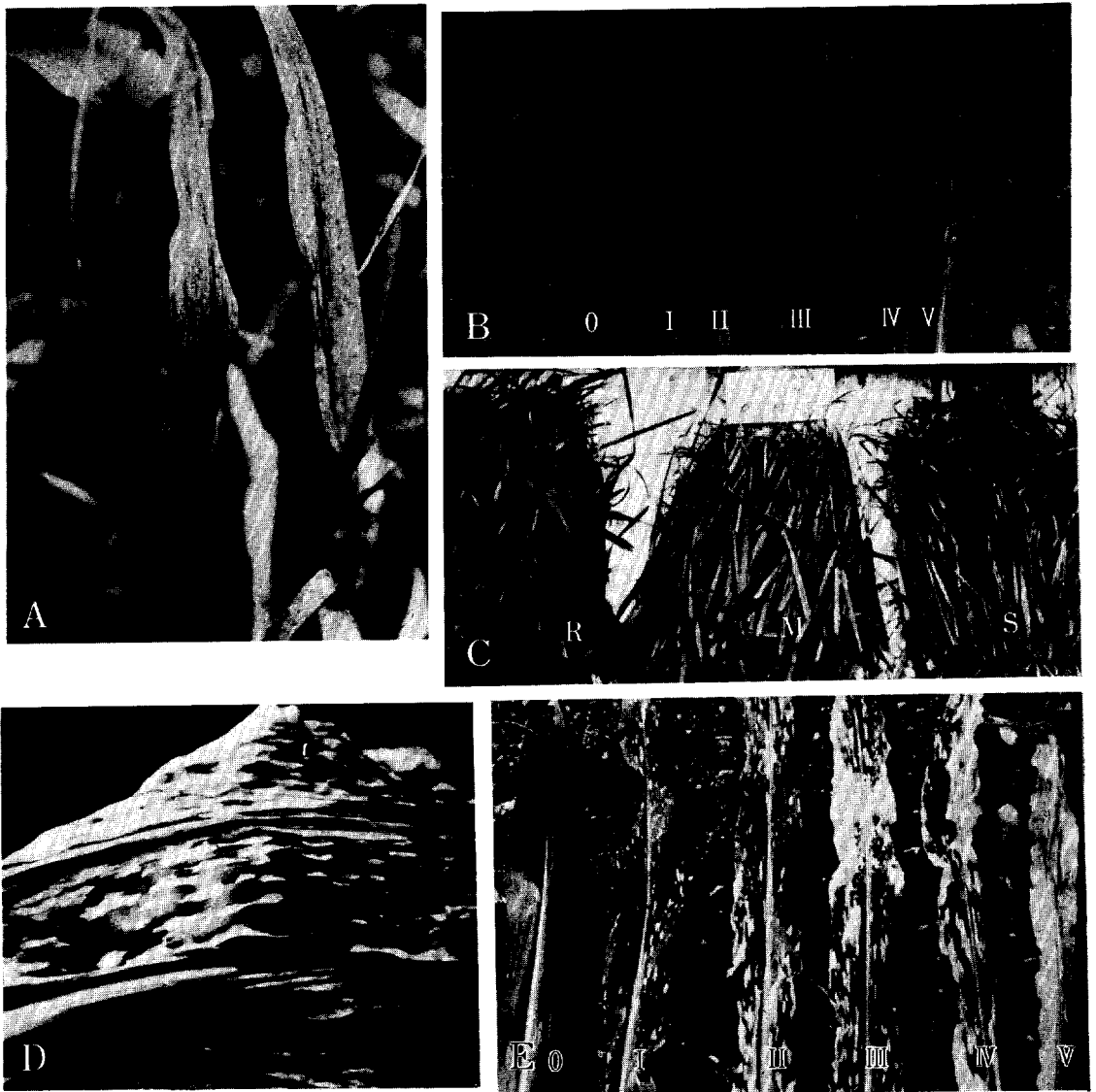
This investigation was carried out to evaluate the influence on nutritive value of forage crops by five *Helminthosporium* diseases, namely, net blotch [*Helminthosporium dictyoides* Drechsler f. *perenne* Brabeman et Graham=*Drechslera dictyoides* (Drechsler) Shoemaker] and brown blight [*H. siccans* Drechsler=*D. siccans* (Drechsler) Shoemaker] of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lamarck), southern leaf blight [*H. maydis* Nisikado & Miyake=*Bipolaris maydis* (Nisikado & Miyake) Shoemaker] of maize (*Zea mays* L.), leaf blight [*H. turcicum* Passerini=*Exserohilum turcicum* (Passerini) Leonard & Suggs] of Johnsongrass [*Sorghum halepense* (L.) Persoon] and Sudangrass [*S. sudanense* (Piper) Stapf].

The leaves were classified according to the severity of the disease and the quality of the leaves in each class was determined. Disease severity was classified into six grades by diseased leaf area (0: Non visible infection-V: Very heavy infection) on the net blotch and southern leaf blight and into three grades by diseased leaf area (R: Non visible infection, M: Mild to moderate infection, S: Heavy infection) on the brown blight and both leaf blights.

In these five *Helminthosporium* diseases, the percentage of cellular content, soluble carbohydrates, crude protein, crude fat, digestible crude protein, total digestible nutrient and dry matter digestibility decreased according to the disease severity. Especially crude protein and pepsin soluble protein decreased remarkably. While fiber (neutral detergent fiber: NDF, acid detergent fiber: ADF) and lignin increased almost proportional to the area covered with diseased lesions.

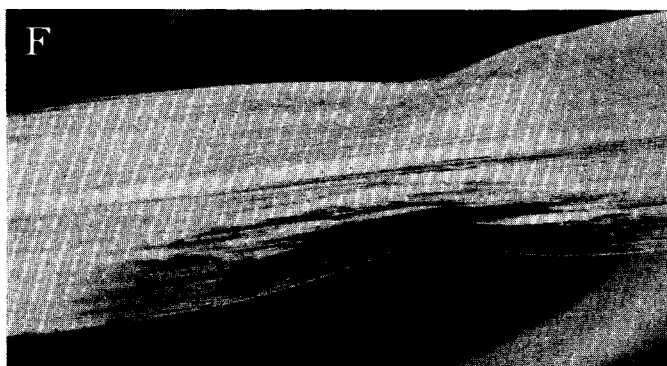
These results indicate that *Helminthosporium* diseases cause severe qualitative damages on the forage crops such as Italian ryegrass, maize, Johnsongrass and Sudangrass.

Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 24: 41-56 (1983)



Plate

- A. Leaves of Italian ryegrass infected with net blotch
- B. Severity index scale of Italian ryegrass leaves infected with net blotch
- C. Collected leaves of Italian ryegrass infected with brown blight
- D. Leaves of maize infected with southern leaf blight
- E. Severity index scale of maize leaves infected with southern leaf blight

**Plate**

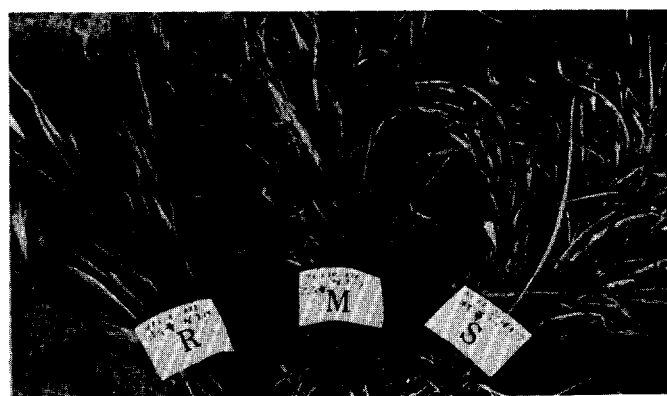
F. Leaf of Johnsongrass infected with leaf blight



G. Collected leaves of Johnsongrass infected with leaf blight



H. Severity index scale of Sudangrass leaves infected with leaf blight



I. Collected leaves of Sudangrass infected with leaf blight