

紫外線(UV-B)が牧草類の初期生育に及ぼす影響

中山博敬*・村山三郎*・小阪進一*

Influence of Ultraviolet-B (UV-B) on the Early Growth of Grasses

Hiroyuki NAKAYAMA, Saburo MURAYAMA and Shin-ichi KOSAKA

(Sept.1995)

緒 言

成層圏の15-30km付近の大気には、オゾン(O₃)が多量に含まれており、オゾン層と呼ばれている⁶⁾。オゾン層は生物にとって有害な太陽紫外線を吸収し、地表面に到達する光を生物にとって事実上無害なものにする防壁としての役割を果たしている。近年、クロロフルオロカーボン(フロン)が大量に成層圏に流入することにより、成層圏のオゾン層が破壊されている。

紫外線はその波長により、UV-A(320-400nm)、UV-B(280-320nm)、UV-C(200-280nm)の3つに区別されている。UV-Aは昆虫の視覚に重要であり、UV-Bは人間の皮膚に紅斑を生じさせ、UV-Cは殺菌作用をもつ。290nm以下の紫外線は酸素と成層圏オゾンとに完全に吸収されて地表には到達せず、UV-Bの一部とUV-Aが地表面に到達している。成層圏のオゾンが破壊されたとしてもUV-Aの放射量には変化が起こらず、UV-Cはオゾン層の40%が破壊されたとしても地表面には到達しないと考えられている²⁾。すなわち、成層圏のオゾン層が破壊されると、紫外線のうちUV-Bが特異的に増加することになり、生物に対する影響が懸念されている。

そこで、本報では紫外線の照射が牧草類の初期生育に及ぼす影響を報告する。

材料と方法

1. 耕種概要

本実験は、江別市文京台緑町の本学構内において、人工光型グロースキャビネット(コイトロンHNL-25DA型)を用いて実施した。供試草種は、オーチャードグラス(OG, 品種:オカミドリ)、チモシー(TY, 品種:セ

ンポク)、ベレニアルライグラス(PRG, 品種:フレンド)、アルファルファ(AL, 品種:パータス)、アカローバ(RC, 品種:マキミドリ)、アルサイクロローバ(AC, 品種:テトラ)の6草種を用いた。供試土壌は重粘性洪積土を用い、肥料は元肥としてポットあたりN 0.2g(硫安1g)、P₂O₅0.2g(過石1g)、K₂O 0.2g(硫加0.4g)、炭カル1.2gを施した。供試ポットはプラスチックポット(直径13.5cm、深さ11.5cm)を用いた。供試材料はプランターに播種し、第一本葉展開期に1ポットあたりに4個体移植した。反復は3反復とした。

2. 処理方法

1) 紫外線の照射が弱い場合(実験1)

イネ科牧草は1994年4月25日、マメ科牧草は1994年5月2日に播種し、両科牧草とも1994年5月14日に移植した。紫外線の照射は、Ultra Violet lamp(Vilber Lourmat, VL-15M)1本を供試ポットの上にチェーンで吊り、照射装置とした。紫外線の照射期間は、1994年5月15日から1994年6月19日とし、照射時間は7:00-19:00の12時間とした。温度は昼20℃、夜17℃、日長時間は7:00-19:00の12時間とした。紫外線強度は0.20W/cm²であった。なお、紫外線強度は紫外線強度計(TOPCON, UVR-1)で測定した。

2) 紫外線の照射が強い場合(実験2)

イネ科牧草は1994年9月27日、マメ科牧草は1994年10月2日に播種し、両科牧草とも1994年10月18日に移植した。紫外線の照射は、健康線用蛍光灯(東芝, FL20SE)4本を供試ポットの上にチェーンで吊り、照射装置とした。紫外線の照射期間は、1994年10月21日から1994年11月10日とし、照射時間は10:00-14:00の4時間とした。温度は昼22℃、夜17℃、日長時間は

* 酪農学科

Department of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069, Japan

6:00-18:00の12時間とした。紫外線強度は0.38W/cm²であった。

3. 調査方法

1) 紫外線の照射が弱い場合 (実験 1)

草丈および葉数は6月20日に調査し、さらに葉緑素率を葉緑素計(MINOLTA, SPAD-502)を用いて測定した。また、掘取りを行い、直ちに生草重を葉部、稈部または基部、根部別に測定し、70℃の通風乾燥機で48時間乾燥後、それぞれの乾物重を測定した。

2) 紫外線の照射が強い場合 (実験 2)

草丈および葉数は11月10日に調査した。また、掘取りを11月11日に行い、さらに葉面積はPORTABLE AREA METER (LI-COR, LI-3000A)を用いて測定した。掘取り後は実験1と同様に生草重および乾物重を測定した。

結 果

1. 紫外線の照射が弱い場合 (実験 1)

草丈は、ACを除く草種では対照区より処理区で低い値を示した。逆にACでは高い値を示した。PRGのみ1%水準で処理区と対照区間に有意差が認められた。

葉数は、TY, PRG, AL及びRCでは対照区より処理

区で少ない値を示した。逆にACでは高い値を示した。また、OGでは両区に大差がなかった。

地上部重：地下部重比(T:R比)は、OG及びRCでは対照区より処理区で低い値を示した。TY, PRG, AL及びACでは処理区で高い値を示した。OGのみ両区間に5%水準で有意差が認められた。

非同化部重：同化部重比(C:F比)は、OG, TY及びACでは対照区より処理区で低い値を示し、ALでは処理区で高い値を示したが、PRG及びRCでは両区に大差がなかった。

乾物率は、OG, TY及びACでは対照区より処理区で低い値を示し、逆にRCでは処理区で高い値を示し、また、PRG及びALでは両区に大差がなかった。OGのみ両区間に5%水準で有意差が認められた。

乾物重は、ACを除く草種では対照区より処理区で劣った。逆にACでは対照区より処理区で優った。OGのみ稈重において両区間に1%水準で有意差が認められた。

葉緑素率は、ACを除く草種では対照区より処理区で低い値を示した。逆にACでは処理区で高い値を示した。PRGのみ両区間に5%水準で有意差が認められた。

可視的被害は、いずれの草種も照射期間をとおして認められなかった。

Table 1. Influence of ultraviolet irradiation on plant height, leaf number, top : root (T:R) ratio, non-photosynthetic system : photosynthetic system (C:F) ratio, percentage of dry matter, percentage of chlorophyll, leaf area and specific leaf area (SLA) of grasses.

(1) The case of a low level of ultraviolet-B irradiation (test 1).

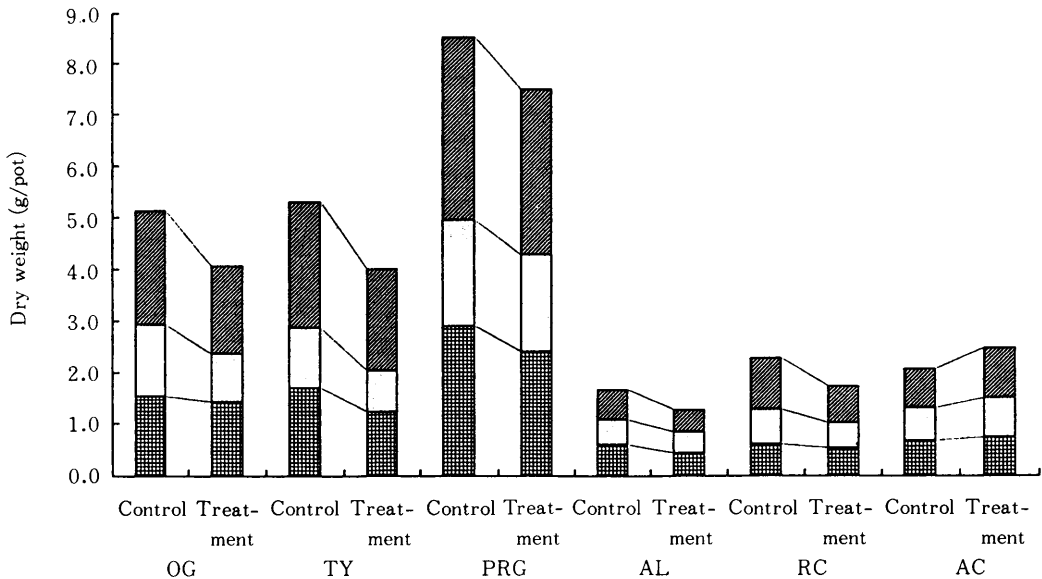
		OG	TY	PRG	AL	RC	AC
Plant height (cm)	Control	50.29	39.17	39.82	13.83	18.40	18.10
	Treatment	48.70	37.95	36.28	11.93	15.27	20.15
	L S D	N S	N S	**	N S	N S	N S
Leaf number	Control	24.17	33.08	51.42	44.42	26.67	32.92
	Treatment	24.58	29.53	47.83	40.24	21.38	37.75
	L S D	N S	N S	N S	N S	N S	N S
T : R ratio	Control	2.35	2.13	2.02	1.81	2.81	2.15
	Treatment	1.87	2.24	2.10	1.93	2.25	2.44
	L S D	*	N S	N S	N S	N S	N S
C : F ratio	Control	0.64	0.48	0.57	0.81	0.68	0.85
	Treatment	0.55	0.40	0.59	0.93	0.66	0.80
	L S D	N S	N S	N S	N S	N S	N S
Percentage of dry matter	Control	0.19	0.18	0.16	0.28	0.15	0.16
	Treatment	0.16	0.17	0.16	0.27	0.19	0.14
	L S D	*	N S	N S	N S	N S	N S
Percentage of chlorophyll	Control	40.46	34.90	40.26	46.16	39.03	37.25
	Treatment	38.89	33.67	37.50	41.84	37.98	39.10
	L S D	N S	N S	*	N S	N S	N S

(2) The case of a high level of ultraviolet-B irradiation (test2).

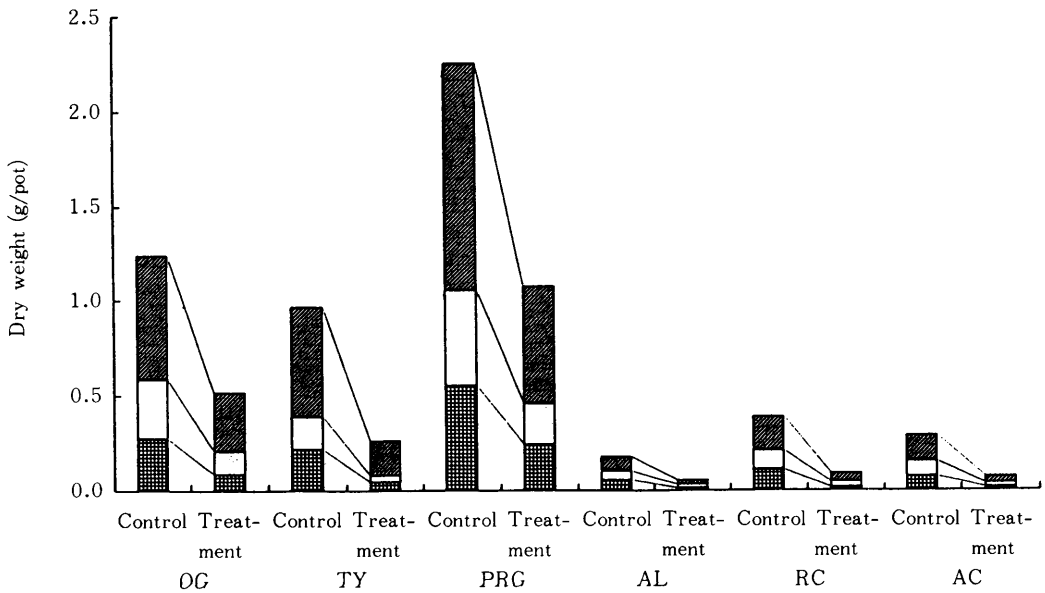
		OG	TY	PRG	AL	RC	AC
Plant height (cm)	Control	41.81	31.96	36.23	5.75	9.90	10.29
	Treatment	33.57	20.58	32.56	2.23	4.23	3.27
	L S D	*	**	NS	***	***	**
Leaf number	Control	12.10	11.78	22.44	17.25	11.29	13.63
	Treatment	5.15	4.77	14.14	8.46	6.67	10.08
	L S D	***	***	**	*	NS	NS
Leaf area (cm ² /plant)	Control	66.73	54.76	98.22	6.43	18.12	14.15
	Treatment	17.43	6.27	29.77	0.93	2.45	2.30
	L S D	***	***	***	**	*	**
T : R ratio	Control	3.60	3.48	3.10	2.17	2.55	3.12
	Treatment	4.92	4.72	3.59	2.98	4.49	3.39
	L S D	NS	*	NS	*	***	NS
C : F ratio	Control	0.48	0.29	0.42	0.61	0.57	0.60
	Treatment	0.38	0.17	0.35	0.76	0.58	0.55
	L S D	*	*	*	NS	NS	NS
SLA (cm ² /g)	Control	414.5	383.1	329.2	342.6	407.6	423.2
	Treatment	226.6	135.1	192.0	166.0	207.4	250.5
	L S D	**	**	***	***	**	**
Percentage of dry matter	Control	0.16	0.17	0.14	0.18	0.16	0.13
	Treatment	0.19	0.30	0.17	0.31	0.25	0.24
	L S D	NS	**	NS	*	NS	***

NS : Not significant.

*, ** and *** : Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.



(1) The case of low level of ultraviolet-B irradiation (test 1).



(2) The case of high level of ultraviolet-B irradiation (test2).

Fig.1 Influence of ultraviolet on the dry weight of grasses.

■: Root, □: Stem, ▨: Leaf.

2. 紫外線の照射が強い場合 (実験 2)

草丈は、いずれの草種も対照区より処理区で低い値を示した。PRG を除く草種の両区間に有意差が認められた。

葉数は、対照区より処理区で少ない値を示し、RC 及び AC を除く草種の両区間に有意差が認められた。

T : R 比は対照区より処理区で高い値を示し、TY, AL 及び RC では両区間に有意差が認められたが、OG, PRG 及び AC では有意差は認められなかった。

C : F 比は、OG, TY, PRG 及び AC では対照区より処理区で低い値を示し、AL では処理区で高い値を示し、RC では両区間に大差がなかった。イネ科牧草 3 草種のみ両区間に有意差が認められた。

乾物率は、対照区より処理区で高い値を示し、TY, AL 及び AC では両区間に有意差が認められたが、OG, PRG 及び RC では有意差は認められなかった。

乾物重は、いずれの草種も対照区より処理区で劣り、部位別及び合計重において両区間に有意差が認められた。

葉面積は、いずれの草種も対照区より処理区で劣り、両区間に有意差が認められた。

比葉面積は、いずれの草種も対照区より処理区で低く、両区間に有意差が認められた (表 1 及び図 1)。

可視的被害は、イネ科牧草 3 草種では、処理区で処理

後 7 日目頃から葉の先端部分が枯れ始め、日数が経過するにともない葉縁部に広まり、範囲が拡大した。マメ科牧草は、RC では処理区で処理後 3 日目頃から葉色が濃緑色に変色し、かつ葉が表面の方に巻き込まれる現象が認められた。AL では RC と同様の現象が認められた。AC では処理後 7 日目頃から葉色が濃緑色に変色している葉が認められたが、ほかのマメ科牧草 2 草種に比較して、その割合は小さかった。

考 察

Krupa 及び Kickert³⁾ がバイオマスを基準にして農作物の UV-B に対する相対的な感受性をまとめたものによれば、OG, AL 及び RC は耐性の作物に分類されている。また、Teramura⁸⁾ は栽培植物を中心とした多くの植物に対する UV-B の影響を検討し、半分以上の植物が UV-B により葉面積の拡大や乾物の増大が阻害されることを報告している。UV-B に対する感受性の違いは植物の種類によって異なり、単子葉植物は双子葉植物に比較して耐性であったと述べている⁷⁾。

本実験では実験 1 において、AC を除く草種で、有意な差はほとんど認められなかったが、処理区の生育が劣った。一方、実験 2 において、すべての草種で有意に処理区の生育が劣った。この原因として、野内⁴⁾ が述べているように、供試品種の違い、紫外線の照射強度の違い、

育成チャンパーや温室内での照射実験と野外下での照射実験との違いなどが考えられる。

植物の器官の中で最も環境ストレスに対して感受性の高いのは葉であり、UV-B 照射によっても葉面積が減少することが認められている⁴⁾。植物育成チャンパーを用いた70種以上の種や品種のうち60%以上で、UV-B 照射による葉面積の減少が認められている⁵⁾。とくに葉面積の減少は生育時に弱光下で栽培された植物に多く認められており、可視光線がUV-Bの悪影響を消去する保護作用があることが観察されている。

本実験では、実験2において、処理区で葉面積の減少が認められており、UV-B 照射と弱光下での栽培の影響があったものと思われる。

葉の厚さの指標となる比葉面積は、実験2において処理区で顕著に低い値を示し、葉が厚くなったことが認められた。このことは、Nouchi⁶⁾が報告しているように、葉を厚くすることにより、葉肉細胞中の紫外線に敏感な細胞小器官への紫外線の到達の割合を減少させる植物の適応機構の一種と考えられる。また、実験2においてRC及びALでは葉が表面の方に巻き込まれた現象を観察したが、このことも植物の適応機構の一種と思われる。

以上のことから、本実験において紫外線の照射が弱い場合、ACを除く草種では処理区で劣る傾向にあり、逆にACでは優る傾向にあるものと考えられる。しかし、紫外線の照射が強い場合、前記の草種間の差異は、紫外線の強さによって打ち消されたものと考えられる。

要 約

本実験は紫外線の照射が牧草類に及ぼす影響を及ぼすかについて検討した。その結果、紫外線の照射が弱い場合、チモシー、オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、アルファルファ及びアカクロバでは処理区で劣る傾向にあり、逆にアルサイクローバでは優る傾向にあるものと考えられる。しかし、紫外線照射が強い場

合、草種間差異は紫外線の強さによって打ち消されたものと考えられる。

引用文献

- 1) Biggs, R.H. and Kossuth, S.V., 1978. Impact of solar UV-B radiation on crop productivity: Effects of ultraviolet-B radiation enhancements on eighty-two different agricultural species. In UV-B Biological and Climatic Effects Research (BACER), Final Report. EPA-IAG-D6-0168, EPA, 79pp. Washington, D.C.
- 2) Green, A.E.S., Sawada, T. and Shettle, E.P., 1974. The middle ultraviolet reaching the ground. *Photochem. Photobiol.*, 19: 252-259.
- 3) Krupa, J.P. and Kickert, W.J., 1989. The greenhouse effect: Impacts of ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO₂), and ozone (O₃) on vegetation. *Environ. Pollut.*, 61: 263-393
- 4) 野内 勇, 1991. 地球環境と農林業. pp. 103-124, 農林水産省農業環境技術研究所編, 養賢堂, 東京.
- 5) Nouthi, I., 1993. Effects of ultraviolet-B radiation on the growth of cucumber plants, *J. Agr. Met.*, 48 (5): 731-734.
- 6) 島崎 達夫, 1989. 成層圏オゾン. 東京大学出版会. 東京.
- 7) Teramura, A.H., 1980. Effect of ultraviolet-B irradiances on soybean. Importance of photo-synthetically active radiation in evaluating ultraviolet-B irradiance effects on soybean and wheat growth. *Physiol. Plant.*, 48: 333-339.
- 8) Teramura, A.H., 1983. Effects of ultraviolet-B radiation on the growth and yield of crop plants. *Physiol. Plant.*, 58: 415-427.

Summary

These tests dealt with the influence of ultraviolet-B irradiation on the early growth of grasses.

The results were as follows:

It was suggested that in cases of low level ultraviolet-B irradiation, the treated sections of timothy, orchardgrass, perennial ryegrass, red clover and alfalfa were all relatively inferior compared with the control section, and conversely, alsike clover was relatively superior. But it was also suggested that in cases of high level of ultraviolet-B irradiation, these differences were negated.