

近紫外線および UV-B 照射がツルナシインゲンの 生育並びに光合成に及ぼす影響

玉井富士雄*・田辺 猛*

(平成 13 年 5 月 30 日受付/平成 13 年 9 月 20 日受理)

要約: 屋外の自然光下において、紫外線透過特性の異なるビニールフィルム被覆下で、紫外線の存在の有無がインゲンの生育、生産に及ぼす影響を調査した。さらに、自然光中の紫外線をほとんど含まない光環境下で、UV-B の照射量がインゲンの生育並びに光合成速度に及ぼす影響を考究した。

得られた結果の要約は次の通りである。

1) 自然光中の紫外線を除去することによりインゲンの伸長生長は高められたことから、紫外線はインゲンの生育に対して抑制的に作用することが認められたが、実験後半になって紫外線が存在する環境下で生存葉数の増加が見られた。

2) 紫外線の存在の有無と光合成との関係について、紫外線は光合成に抑制的に作用することが認められ、葉の糖含有率も低下する傾向を認めた。

3) UV-B 照射によるインゲンの生育への影響は、照射強度が増すにつれて生育に対する抑制作用が増大した。光合成速度に対しても同様の影響が見られ、葉の糖含有率が低下した。このことから、オゾン層の破壊に伴う生物に有害な紫外線の増加が、作物生産に重大な影響を及ぼす可能性が示唆された。

キーワード: 近紫外線, UV-B, 光合成, 糖含有率, ツルナシインゲン

1. はじめに

自然界で、太陽から放射される紫外線 (ultraviolet radiation) の波長域は 100 nm から 400 nm で、その波長域別に長波長紫外線 (400~320 nm : UV-A), 中波長紫外線 (320~280 nm : UV-B), 短波長紫外線 (280~190 nm : UV-C) 及び真空紫外線 (190~100 nm) に分類される。

UV-C や真空紫外線は成層圏のオゾンや大気中の酸素などに完全に吸収されることから、地表面に到達する紫外線は、UV-A および UV-B のいわゆる近紫外線 (near ultraviolet radiation) のみである。

現在、地球規模での深刻な環境問題の 1 つにオゾン層の破壊の進行がある。これは半導体産業における洗浄溶剤、冷蔵庫やクーラーの冷媒、発泡剤、噴射剤などに大量に使用され大気中に放出されたフロン (以下フロンという) が主要因であることが判明している。その影響として、オゾンの減少による成層圏のオゾン層の薄い部分、すなわち、オゾンホール の出現がある。このようなオゾンの減少は、地球上に到達する極めて有害な紫外線量が増加することを意味し、人の健康への影響のみならず、作物生産にまで重大な影響を及ぼすことが懸念される。

このような観点から、本研究は地表面に到達している近紫外線並びに近紫外線の中でもより生物に対する影響が大きい UV-B が、インゲンの生育および光合成に及ぼす影響

について検討したものである。

2. 実験材料および方法

(1) 第 1 実験

実験は、近紫外線 (以下紫外線と略記する) の透過特性の異なるビニールフィルムで被覆したハウス内で行った。すなわち、紫外線をほとんど透過するノービエース (T1 区) および 390 nm 以下の紫外線を透過しないハイエース (T2 区) を用いた (いずれも三菱化学 MKV (株))。これらのビニールフィルムの光線透過特性は図 1 に示した。作物はツルナシインゲン (品種トップクロップ) を供試し、1/5000 a ワグネルポットを用いた土耕法により、1 ポット 2 株立てで出芽後 60 日間栽培した。実験には各区 12 ポットを用いた。施肥は、ポット当たり硫安 3.0 g, 過磷酸石灰 3.0 g, 塩化カリ 1.5 g を施与した。光合成速度の測定には、赤外線 CO₂ 分析計 (富士電気) を組み込んだ光合成測定装置 (小糸製作所), および携帯用光合成測定装置 (ライカー社, LI-6200) を使用した。葉の糖含有率の測定はソモギー法によった。

(2) 第 2 実験

UV-B 照射がインゲンの生育、光合成に及ぼす影響に関しては、ハイエースで被覆した紫外線を含まない光環境下で行った。UV-B 光源としては、UV-B 域の紫外線を放射

* 東京農業大学農学部農学科

する健康線用蛍光灯¹⁾ (東芝ライテック(株), 主波長 310 nm) を用い, 午前 9 時から午後 3 時までの 6 時間補光照射した。ランプの照射強度は, 0.18 (C1 区), 0.37 (C2 区) および $0.87 \times 10^2 \mu W \cdot cm^2$ (C3 区) の 3 水準とし, 出芽直後から 40 日間照射処理を行い, 無照射区 (C0 区) を対照区とした。供試品種, 施肥量は第 1 実験と同様とし, 各区 10 ポットを用いた。照射強度は, ランプから植物体頂部までの距離により調節した。照射強度の測定には, Ultraviolet Digital Radiometer (UV103, Macam 社) を用いた。なお, 第 1, 第 2 実験とも, 実験期間中のハウス内の平均気温は 33°C で, フィルムの種類およびランプ照射に伴う気温の変化は認められなかった。

3. 結果および考察

- (1) 紫外線の有無がインゲンの生育, 収量に及ぼす影響 (第 1 実験)

紫外線の透過特性の異なるビニールフィルム被覆が草丈の伸長に及ぼす影響は, 生育後半を除き紫外線が存在する光環境下で抑制的となることが認められ (表 1), その影響

は主茎長についても同様であった。葉の生長については, 初生葉の葉面積は紫外線によって小さくなった。さらに, 本葉の発育については, 出葉速度には区間における変異がみとめられなかったが, 下位葉の黄化, 落葉が, 紫外線除去区で透過区よりもやや早いことが観察され, 出芽後 40 日を経過するころから, 紫外線透過区である T1 区の生葉数が増加し, 葉面積も大となる傾向が見られた。また, 葉はやや小型化し, 1 枚当たりの葉面積は小さくなる傾向が認められた。しかし, 上位葉の葉色には変化は見られなかった。一方, 根の生育も葉の生育と同様, 処理後半に至って, 紫外線透過区で主根から発生する 2 次分枝根数の増加が観察され, このことが葉の生育に影響したものと考えられる (表 2, 3)。

紫外線透過特性の異なるビニールフィルム被覆によるハウス内の紫外線の有無によって収量の有意な相違はみられなかったが, 紫外線を除去した区の収量がやや高い傾向が認められた (表 4)。

光合成機能に及ぼす影響を, 光—光合成曲線により比較した結果, 紫外線透過フィルム下で生育したインゲンの光合

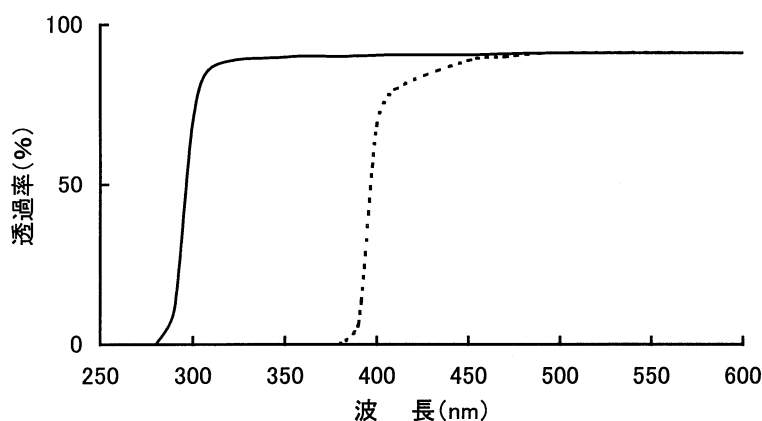


図 1 ビニールフィルムの光線透過特性

—: ノーエース (T1) - - -: ハイエース (T2)

表 1 紫外線の透過特性の異なるビニールフィルム被覆がインゲンの草丈に及ぼす影響

出芽後日数	(cm)					
	10	20	30	40	50	60
T 1	17.82 a	22.59 a	28.46 a	35.96 a	37.71 a	37.63 a
T 2	18.00 a	25.21 b	31.24 b	39.02 b	38.73 a	38.68 a

T 1 : 紫外線透過, T 2 : 紫外線除去。

異なるアルファベットを付した処理間には 5% 水準で有意差がある。

表 2 紫外線の透過特性の異なるビニールフィルム被覆がインゲンの生葉数に及ぼす影響

出芽後日数	(枚)					
	10	20	30	40	50	60
T 1	2.0 a	3.9 a	5.1 a	7.8 a	9.0 a	14.2 b
T 2	2.1 a	3.8 a	5.6 a	7.3 a	8.5 a	12.4 a

区分は表 1 に同じ。

異なるアルファベットを付した処理間には 5% 水準で有意差がある。

表 3 出芽後 60 日目におけるインゲンの葉および根の生育状況

区分	初生葉面積 (cm ²)	1 株生葉数 (枚)	1 株葉面積 (cm ²)	1 枚平均葉面積 (cm ²)	主根長 (cm)	2 次根数 (本)
T 1	44.24 a	14.2 b	817.38 a	57.56	36.7 a	24.6 b
T 2	49.21 b	12.4 a	726.34 a	58.57	36.0 a	19.5 a

区分は表 1 に同じ。初生葉面積は出芽後 15 日目。

異なるアルファベットを付した処理間には 5%水準で有意差がある。

表 4 紫外線の有無がハウス内に生育したインゲンの収量に及ぼす影響

区分	1 株莢重 (g)	1 株収穫莢数	1 莢重 (g)
T 1	20.41 a	6.6 a	3.09 a
T 2	22.79 a	7.4 b	3.08 a

区分は表 1 に同じ。

異なるアルファベットを付した処理間には 5%水準で有意差がある。

表 5 紫外線透過特性の異なるビニールフィルム被覆がインゲン葉の糖含有率に及ぼす影響

区分	(%)			
	還元糖	非還元糖	全糖	デンプン
T 1	0.92	2.43	3.35	15.04
T 2	1.04	2.68	3.72	17.39

区分は表 1 に同じ。

成速度は、光強度が 30 klux 以上の照度で低く推移することが明らかであった (図 2)。また、葉の糖含有率についても紫外線透過区の含有率が除去区よりも低いことが認められた (表 5)。

(2) UV-B 照射がインゲンの生育に及ぼす影響 (第 2 実験)

ハイエース被覆下の紫外線をほとんど含まない光環境下で、UV-B の放射強度を変えて補光照射したところ、インゲンの生育は、その強度が大きいほど抑制された。また、葉面積は照射強度が大きくなるにつれて葉の形状が小型化することにより低下した。このような生育に及ぼす影響から、地上部および地下部乾物重も同様に照射強度の増加に伴って低下することが明らかとなった (表 6)。

このような地上部、地下部生育に及ぼす影響から、照射強度が大きいほど光合成速度は低下することが認められた (図 3)。さらに光合成速度の低下に伴い、葉の糖含有率についても低下することが見られ、生育に見られた傾向と同様に、初生葉、本葉ともに照射強度が大きい区での低下が顕著であった (表 7)。

以上の結果から、自然光中の紫外線はインゲンの生育に対し抑制的に作用していることが明らかとなった。このことは、ニンジン、キュウリなどについて、紫外線を除去することにより、生育が促進されるという報告と一致する²⁻⁴⁾。この原因の 1 つに、作物体内での生長調節物質であるジベレリンの活性が紫外線を除去することにより高まる⁵⁾ことが考えられる。実験期間の後半に紫外線が透過する

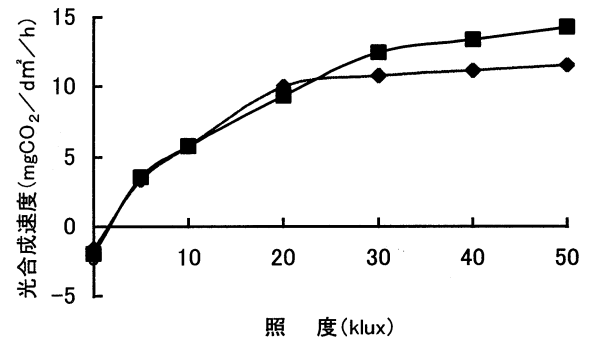


図 2 紫外線透過特性の異なるビニールフィルム被覆がインゲンの光合成速度に及ぼす影響

◆: 紫外線透過区 (T1) ■: 紫外線除去区 (T2)

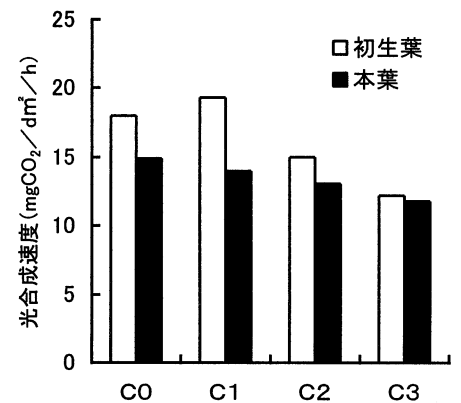


図 3 UV-B 照射強度の相違がインゲン葉の光合成速度に及ぼす影響

初生葉は処理 20 日目、本葉は 40 日目に測定
区分は表 6 に同じ。

環境下で生葉数や葉面積が増加する傾向が見られた。このことは、供試した 2 種類のビニールフィルム被覆の間でインゲンの出葉速度には変化が見られず、自然光中の紫外線を除去した光環境下で下位葉の黄化、落葉がやや早まる⁶⁾ことが原因の 1 つと考えられ、紫外線を除去することにより

表 6 UV-B 照射強度の相違がインゲンの生育に及ぼす影響

区分	草丈 (cm)	葉面積 (cm ²)	地上部 乾物重 (g)	地下部 乾物重 (g)
C 0	19.75 b	57.74 c	1.25 b	1.48 b
C 1	18.95 b	60.37 c	1.24 b	1.51 b
C 2	17.40 a	49.44 b	0.73 a	0.92 a
C 3	16.10 a	38.02 a	0.71 a	0.82 a

処理 40 日目。異なるアルファベットを付した処理間には 5% 水準で有意差がある。

照射強度 ($\times 10^2 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$): C 1 ; 0.18, C 2 ; 0.37,
C 3 ; 0.87

表 7 UV-B 照射強度の相違がインゲン葉中の糖含有率 (%) に及ぼす影響

区分	還元糖		全糖
	本	葉	
C 0	2.67	2.18	4.76
C 1	2.43	1.73	4.17
C 2	1.66	1.66	3.34
C 3	1.53	1.53	3.06
初生葉			
C 0	1.74	2.11	3.85
C 1	1.43	2.83	4.28
C 2	1.05	2.29	3.34
C 3	0.87	1.05	1.66

初生葉は処理 20 日目、本葉は 40 日目に測定
区分は表6に同じ

葉の成熟速度が早まることが示唆された。

光合成および収量に及ぼす影響については、本研究に供試したインゲンでは紫外線透過下で光合成速度が抑制的な影響を受けたが、既往の報告では必ずしも一定した結果は得られておらず、栽培時期や作物の種類あるいは光以外の環境要因により結果が異なるものと考えられる⁶⁻⁸⁾。

UV-B 照射がインゲンの生育に及ぼす影響は、UV-B 強度が大きいほど生育に対する抑制程度が増大することが明らかに認められた。この現象は、UV-B が紫外線の中でも

より作用性が大きい波長帯の紫外線であること、さらにその作用性は強度により変化することによると考えられる⁹⁾。

従って、光合成速度に対しても同様な影響を及ぼしたものと考えられる。この点については、紫外線による光合成の光化学反応系への影響が報告されていることから^{10,11)}、今後さらに詳細な研究が待たれる。

参考・引用文献

- 1) 玉井富士雄・田辺 猛, 1982. 作物の生育に及ぼす近紫外域光的作用特性に関する研究, 第 1 報 近紫外域光照射下における数種作物の初期生育について, 東京農大農学集報, 26, 262-268.
- 2) 土岐知久, 1976. 施設栽培における紫外線除去ビニールフィルムの被覆効果, 園芸学会講演要旨, 1976 秋, 148-149.
- 3) 山田英一・中村 浩・土田政行, 1978. トマト苗の生育に及ぼす近紫外線カットフィルム被覆の影響, 野菜試栽培部年報, 6, 91-92.
- 4) 山田英一・中村 浩・土田政行・清水達夫, 1978. キュウリ苗の生育に及ぼす近紫外線カットフィルム被覆の影響, 野菜試栽培部年報, 6, 93-98.
- 5) 中村 浩・清水達夫・土田政行・山田英一, 1980. 近紫外線除去フィルム被覆がキュウリの生長と内生生長調節物質に及ぼす影響, 野菜試栽培部年報, 7, 77-85.
- 6) 工藤澄志, 1980. 近紫外線除去フィルムの特性の研究, 農林水産省研究ジャーナル, 42, 83-86.
- 7) 西谷国宏・十河和博・山内正幸, 1977. 冬どりレタスに対する紫外線除去ビニール被覆の効果, 香川県農試研究報告, 29, 1-4.
- 8) 山田英一, 1977. レタスの生育に及ぼすハイエスフィルム被覆の効果, 施設野菜における近紫外線カットフィルム(ハイエス)の実用化試験成績概要(農業生産工学会).
- 9) 玉井富士雄・田辺 猛, 1983. 作物の生育に及ぼす近紫外域光的作用特性に関する研究, 第 2 報 初期生育に及ぼす照射強度の影響並びに可視光との相互作用について, 東京農大農学集報, 28, 49-55.
- 10) BASIUONNY, F.M, and VAN BIGGER, T.K, 1978. Some morphological and biochemical characteristics of C₃ and C₄ plant irradiation with UV-B, *Physiol. Plant*, 42, 29-32.
- 11) KLEIN, R.M, 1978. Plants and near ultraviolet. *Bot. Rev.*, 44, 1-127.

On the growth and photosynthesis of dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by near ultraviolet radiation and UV-B irradiation

By

Fujio TAMAI* and Takeshi TANABE*

(Received May 30,2001/Accepted September 20, 2001)

Summary : The effect of the existence of near ultraviolet radiation on growth and production of dwarf bean(*Phaseolus vulgaris* L.) was investigated in green house conditions with a vinyl film covering, of which the ultraviolet ray permeation characteristic differed.

In addition, the effect of irradiation quantity of UV-B on growth and photosynthetic rate of dwarf bean was studied under the light condition which contained almost no near ultraviolet radiation in natural light. Results of the investigation are as follows.

1) The near ultraviolet radiation might inhibit the growth of dwarf bean, because the plant height was elongated by removing near ultraviolet radiation in natural light, but an increase in the number of leaves was observed under the condition of near ultraviolet radiation in the latter half of the experiment period.

2) On the relation between existence of near ultraviolet radiation and photosynthesis, the near ultraviolet radiation tended to also lower sugar content rate of the leaf, while it worked to inhibit the photosynthesis rate of crop.

3) It was observed that the effect of the UV-B irradiation for the growth of dwarf bean also lowered photosynthetic rate and sugar content rate of the leaf, while the inhibitory effect for the growth increases with the increase of the irradiation intensity of UV-B. From this fact, the possibility of causing the effect which is important for the crop production, when noxious ultraviolet ray increases by ozone layer depletion, was considered.

Key Words : near ultraviolet radiation, UV-B, growth, photosynthesis, sugar content, dwarf bean
(*Phaseolus vulgaris* L.)

* Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture