

## A-5 紫外線増加が生態系に与える影響に関する研究

### (2) 紫外線増加が作物・野菜・花卉に及ぼす影響の評価に関する研究

#### ① 作物に対する UV-B と温暖化要因との交互作用効果に関する研究

研究代表者 農業環境技術研究所 企画調整部 地球環境研究チーム 大浦典子

農林水産省農業環境技術研究所 地球環境研究チーム 袴田共之

山川修治

横沢正幸

企画科

野内 勇

平成8－10年度合計予算額 11,642千円

(平成10年度予算額 4,050千円)

#### [要旨]

UV-B 増加が作物の生育、収量に与える影響を明らかにするため、コムギ (*Triticum aestivum* L.) を用いた栽培試験を実施した。UV-B と温暖化に関する CO<sub>2</sub> および気温、栽培方法に関する施肥法、品種などを補助的要因として取り上げ、多因子計画に従い、各因子の効果を検討した。UV-B は野外の 0.8 倍相当を対照区とし、野外の約 1.6 倍（つくば市における 20-30% のオゾン層破壊相当）の照射区を設け、ガラス室内で紫外線ランプによる調光照射を行った。

結果は、1) 生育過程における茎数の変化に、CO<sub>2</sub> や品種によって UV-B 増加の効果が異なって現れること（交互作用効果）を確認した。2) UV-B 増加は分けつを促進したが、CO<sub>2</sub> が低い場合は最終茎数の減少をもたらした。3) 穂数（最終茎数）の差は子実粒数の差につながったが、子実重（収量）については、UV-B 増加の主効果および交互作用効果は認められなかった。4) 品種による UV-B 感受性の差として、キタカミコムギでは UV-B の影響を受けにくいのに対し、農林61号では、UV-B 増加による分けつ促進や生育後半の伸長抑制が確認された。

[キーワード] UV-B<sub>BF</sub>、温暖化、CO<sub>2</sub>、交互作用、コムギ

#### 1. 序

オゾン層の破壊に伴う B 領域紫外線(UV-B)の増加が農作物を含む植物に与える影響についてはすでに多く報告されている<sup>2) 4) 8) 12) 13) 14)</sup>が、実際に作物の生育、収量という生育期間と通した長期的な影響を評価する際には、実験方法の違いなどにより結果が異なる場

合も見られてきた。この原因として UV-B の照射方法の違いが挙げられ、特に、人工光を用いた UV-B の一定量、一定時間照射の実験の問題点が指摘されてきた<sup>1) 5)</sup>。これに対し、ガラス室と野外の平行実験による検証も試みられてきた<sup>4) 2) 11)</sup>。

このような問題点をふまえ、野内ら<sup>8)</sup>は野外での UV-B 照射方法を検討し、UV-B と光合成有効光(PAR)などとのバランスを考慮した UV-B 照射方法を考案している。UV-B の障害作用に対して修復作用があると言われていた PAR や UV-A と UV-B とのバランスを現実的な範囲で推移させるといふところがこの照射方法の目的である。逆にこのバランスを無視した試験では、例えば UV-B 一定時間一定量照射のような場合には積算 UV-B 量と同じでも、UV-B/PAR が高いときには過大評価、UV-B/PAR が低い場合には過小評価をする危険がある。特に、紫外線の季節変化の大きい冬季から春先にかけてを栽培期間とするコムギの試験においてはこのバランスを現実的な範囲に保つことが生育に対する影響を評価する上で重要となってくる。本実験では野内らの照射方法を参考に室内実験用にアレンジしたものを用いた。すなわち、野外の UV-B の日変化、季節変化をガラス室内においてもランプの出力を調節することにより再現し、UV-B/PAR を現実的な範囲で推移させた。ただし、UV-B/UV-A については太陽光源に比べ高くなっているという問題点は残っている。

また、PAR や UV-A などの光要因以外でも気温、土壌水分などにより UV-B の影響が左右されること(交互作用効果)が指摘されている<sup>12)</sup>。しかし、実際にいくつかの環境要因を同時に取り上げた実験例は少ない。

そこで本研究では、グロースチャンパー内の PAR と UV-B とのバランスを現実的な範囲内で推移させ、その上で、UV-B 以外に気温、CO<sub>2</sub> などを取り上げ、UV-B と各要因との交互作用効果を中心に評価することとした。この実験により、UV-B の影響をより多様な環境状況において評価し、将来懸念されている環境変化のもとでの作物生産を予測するための知見を得ることを目的とした。

また、ポット試験のデザインには多因子の効果を効率良く評価するために直交表による多因子計画<sup>9)</sup>を用いた。UV-B の影響について他の環境要因との交互作用効果が指摘されていながら、その解明が遅れている現状において、できるだけ多くの因子を取り上げる網掛け的な実験を選択した。因子の選択においては、温暖化、栽培条件、品種の主なものなど、要因を幅広く設定した。UV-B 増加がコムギの生育・収量にどの程度の影響を与えるかを調査することを第一の目的とし、更に、その機構解明についての知見を得ることを目指した。

## 2. 実験方法

### A. UV-B 照射方法の検討

ガラス室内に調光可能な UV-B 照射装置を設置した。野内らの圃場 UV-B 照射装置<sup>8)</sup>を

応用し、ガラス室内の UV-B 量を野外に追従して変化させるものである(図1)。しかし、ガラスにより太陽からの UV-B はほとんど遮断されるため、ガラス室内の UV-B 光源は紫外線ランプのみとなる。紫外線ランプを用いた人工光はフィルムによる調節を行っても、太陽を光源とする場合と比べて波長特性が異なる。

本実験では、異なる波長特性をもつこれら光源の UV-B レベルを比較するため、生物学的有効 UV-B 量(UV-B<sub>BE</sub>)を用いた。これは UV-B 量に、植物一般についてのアクション・スペクトル<sup>5)</sup>で重み付けをし、300nm に基準化したものである。しかし同じ UV-B<sub>BE</sub> 量を示しても、野外(太陽)とガラス室内(紫外線ランプ)では波長特性がかなり異なっているという認識を、同様の実験結果を解釈する上で頭に置いておく必要がある。

実際の UV-B 照射は各室 8 本の 40W 紫外線ランプ(UV313, Q-panel)で行った。UV-B センサー(MS-210W、英弘精機)で野外の UV-B<sub>BE</sub> をモニタリングし、一方ガラス室の紫外線ランプ下に置いた UV-B センサー(同機)でガラス室内の UV-B 量をモニタリングし、ガラス室内の UV-B<sub>BE</sub> 量が野外の一定倍になるように、ディミング・バラストを通してランプの出力を調節した。出力の制御は野外の UV-B<sub>BE</sub> 量が 15mW/m<sup>2</sup> 以上になると開始し、それ以下では紫外線ランプの出力が制御できないため照射無しとした。なお、UV-B センサー値から UV-B<sub>BE</sub> 値を計算するための係数については、太陽光源と紫外線ランプとのそれぞれについて、スペクトロ・ラジオメーター(MSR-7000-03、オプティカルサイエンス)を用いて各実験の前に測定したものをを用いた。UV-B<sub>BE</sub> 量を野外の何倍にするかについては、ガラス室内の PAR を測定した結果、野外の約 0.8 倍であったので、これに合わせ対象区を約 0.8 倍、処理区を 1.6 倍と設定した。

なお、同様の紫外線ランプを用いた照射実験では UV-B 照射区には 290nm 以下の波長を透過しないセルローズ・ダイ・アセテートフィルム(CDA)(厚さ 0.13mm)を被覆し、対照区には 320nm 以下の波長を透過しないマイラーD(MD)フィルムを用いた例が多いが、本実験では、対照区については CDA を 2 枚重ねて UV-B<sub>BE</sub> 量とその波長特性を変える方法を用いた。ガラス室において MD フィルムを用いると、植物にはほとんど UV-B が照射されなくなってしまうし、UV-A の照射条件も違ってくる<sup>7)</sup>。そこで、通常 UV-B 照射に用いる CDA を複数枚重ねることにより、フィルムの透過率を変えることを試みた。実際に CDA を 2 枚重ねると、同じランプの出力でもフィルム透過後の UV-B<sub>BE</sub> 量は 2 枚の方が 1 枚の約半分になっていた。また、波長特性においても、二枚重ねることにより波長の短い部分(290nm 付近)での照射量が顕著に減少しており、オゾン層破壊により変化すると予想されている UV-B 変化<sup>6)</sup>を比較することができる(図2)。またこのフィルムの透過率の違いはフィルムがある程度劣化しても持続される(図3)。なお CAD フィルムは UV-B 添加量の少ない 3 月までは 3 週間ごとに交換し、3 月以降は 2 週間ごとの交換を行った。紫外線ランプは、植物の上約 60cm となるように 2 週間ごとに調節した。

## B. 直交表による多因子計画

UV-B を含む多因子の効果を効率良く評価するために、直交表による多因子計画<sup>9)</sup>を用いた。この方法は情報獲得の効率化をねらい、因子実験(factorial experiment) から、評価、考察対象である主効果と2因子交互作用(3因子交互作用)の評価に必要な情報以外を省く、つまり試験区を節約するものであり、奥野により1962年にまとめられ、農業および工業分野で活用されてきた。与えられた規模の試験で、できるだけ多くの因子についての情報を的確に獲得する試験設計として、要因実験の一部実施法である多因子計画は、本試験の目的にとって有効な手法である。実験1ではブロックを含めて7因子を2水準で取り上げ、 $2^7$ の1/2実施で、64区(ポット)の試験を行った。また、実験2, 3では制御の難しい水分条件を外し、 $2^6$ の1/2実施で、32区(ポット)の試験を行った(表1)。データの解析<sup>10)</sup>にはSAS(SAS institute inc.)を用いた。

### C. コムギの栽培方法

対象植物としてコムギを用いた。コムギはオゾン層破壊によるUV-B増加が懸念される高緯度地域で栽培されているため、UV-Bの影響評価が急がれる作物である。品種は、日本国内で栽培地域の異なる2品種、農林61号(関東以西)およびキタカミコムギ(東北)を供試した。自然光型グロースチャンパー(エコトロン:農業環境技術研究所、茨城県つくば市観音台)において1/2000aのポットにコムギを実験1では4個体、実験2, 3では3個体ずつ植え、1週間毎にポットのローテーションを行い栽培した。肥料は化成肥料を窒素成分で10aあたり6kgを対象区とし、実験1では12kgを実験2, 3では18kgを多肥区として処理した。実験1では灌水処理を行ったため、肥料の影響を灌水条件と切り離すために、液肥を用いた施肥を行った。アミリッチ(N:P:K=8%:4%:6%)を4回に分けて灌水時に施肥した。不足分のリン成分は熔リンで多肥区にP:12kg/10a、少肥区にP:6kg/10aを基肥として土に混ぜた。実験2, 3では粒状化成肥料6-9-6(N:P:K=6%:9%:6%)を全て基肥で、ポット全層に混ぜた。その他全実験で苦土石灰を100kg/10a基肥で混ぜた。なお、ポット充填土壌は、毎回同じ圃場(無施肥でのサツマイモ栽培あと、つくば市観音台、農行間強技術研究所)の作土を用い、ロータリーで粉砕後採取し、土壌水分を安定させた後に重量を測定、一定量の上に基肥を混ぜ込んだ後ポットに充填した。灌水は、ポットの乾燥具合を土壌水分計で測定しながら、1週間から2週間間隔でポットあたり0.5リットルから1リットルを行った。温度は、ガラス室近くの百葉箱内の外気温に追従させた区を対象区とし、その値に2度加えた高温区を設けた。ただし、実験1では播種期が平年より2か月近く遅い1月になったため、2か月~1か月遅れの気温の日変化パターンを半月期毎に作成し、これに従う対象区と2度加えた高温区を設定した。収量調査では、穂部については、風乾重、葉部および根部については70度で48時間乾燥後に乾物重を測定した。穂部について収量構成要素についても測定した。

[実験1:生育後半UV-B照射(1996-1997年)]

「直交表利用による一部実施多因子実験計画法」を適用し、UV-B, CO<sub>2</sub>, 気温, 施肥量, 灌水量および品種を各2水準とり(表1), L<sub>64</sub>の直交表に割り付けた。

UV-B照射は照射区を野外のUV-B<sub>BE</sub>量の1.6倍に設定し、出穂期から収穫までの約2か月半行った。

気温は半月期毎に日変化パターンを作成し対照区とし、2度プラスした区を設けた。CO<sub>2</sub>は350, 700ppmの2区, 施肥量, 灌水量はトータルで2倍の差をつける設定とした。

[実験2: 全生育期間UV-B照射(1997-1998年)]

実験1同様の手法を用い、灌水量を除いた5因子を取り上げ(表1), L<sub>12</sub>の直交表に割り付けた。灌水は植物が小さい2月頃までは2週間間隔とし、その後は1週間間隔を基本とし、土壤の乾燥に応じて追加した。UV-Bの照射は、播種後4週間後に開始、収穫時まで行った。照射区を野外のUV-B<sub>BE</sub>量の1.6倍に設定した。気温は、外気温追従を対照区とし、2度プラスした処理区を設けた。CO<sub>2</sub>は350, 700ppmの2区, 施肥量は基肥で対照区の3倍区を設定した。

[実験3: 全生育期間UV-B照射(1998-1999年 継続中)]

ポットでは、圃場に比べて土が乾燥しやすい。土壤水分の変化を小さくする目的で、実験3では、ポットの水口にゴム栓をした。これにより、土壤表面やポットとの接触面からの蒸発はかなり抑えられた。灌水は1週間間隔を基本とし、土壤の乾燥に応じて追加した。それ以外の条件は実験2に従った。

### 3. 結果

#### A. 栽培期間中のUV-B<sub>BE</sub>の変化

実験2栽培期間中のUV-B<sub>BE</sub>(日積算)量の推移を図.4に示す。UV-B<sub>BE</sub>量はオゾン量によって影響を受けるが、太陽高度による季節変化や雲などによる日変化が非常に大きい。播種後の生育初期には、UV-B<sub>BE</sub>は晴天時でも1kJ/m<sup>2</sup>/day前後で推移したが、最高分げつ期を迎えた3月中旬以降増加し、野外で3~5, 増加区で5~7kJ/m<sup>2</sup>/dayとなった。夏作物では、栽培期間を通してUV-B<sub>BE</sub>が高いのに対して、冬コムギの場合、生育初期と後期とで気温や、UV-B条件が大きく変化する点が特徴的である。

#### B. 茎数の変化

コムギでは発芽後、桿基部の節から腋芽が伸び出し、枝を増やす。これを分げつと言う。分げつで増えた枝(茎)は全てが穂をつけるわけではなく、最高分げつ期の後に茎数は減少し、穂をつける枝のみが残る。

生育初期からUV-B<sub>BE</sub>照射を実施した実験2の結果をみると、3月中旬頃に最高分げつ期を迎え、その後小さい分げつから、枯死し、茎数の減少がみられた。出穂、開花が終わる5月中旬には、穂をつけた茎以外は、ほとんど枯死した。

最終茎数である穂数（表2）をみると、施肥量の主効果が顕著であり、多肥区で穂数が増加している。また、CO<sub>2</sub>とUV-Bとの交互作用効果が10%の危険率で認められている。平均値をみると、700ppmではUV-Bの大きい方で穂数が多いのに対し、350ppmではUV-Bが大きい方で逆に穂数が小さくなっている。そこで、CO<sub>2</sub>とUV-Bの2処理ずつの組み合わせ4区それぞれの、生育過程における穂数（8サンプル平均）変化を図5に示す。分けつ期には、UV-B増加区で分けつが促進されている。また、高CO<sub>2</sub>区でも分けつは促進される傾向にある。一方、UV-B\*0.8、CO<sub>2</sub> 350ppm区では他の区に比べ最高分けつ数が低めに押さえられている。最高分けつ期を過ぎ、穂を形成しない茎の枯死が始まると、CO<sub>2</sub>増加を伴わないUV-B増加区で枯死が他の区に比べ多い傾向があった。急激な枯死の原因として、成熟が早められたこと、他にUV-Bの増加が外気CO<sub>2</sub>レベルでの枯死を促進させたことが可能性として考えられる。一方、有効分けつ率が最も高かったのは、UV-B\*0.8、CO<sub>2</sub> 350ppm区であった。高CO<sub>2</sub>条件ではUV-Bが高い方がやや茎数多めで推移したが、茎数の変化はUV-B条件間で類似していた。

同じく生育過程の茎数の変化では、UV-Bと品種の間にも交互作用効果が確認された（図6）。すなわち、分けつ期において、UV-Bの増加により分けつが促進されたのは農林61号であり、キタカミコムギについては、UV-Bの処理に関わらず、高い分けつがみられた。分けつは、幼穂形成前期までの日射量との相関が示された例もあるが、農林61号では、日射量のうちのUV-Bが分けつに関与している可能性が示唆された。キタカミコムギではUV-Bに対する要求度が小さく、UV-B\*0.8区で十分な分けつが起こったと考えられる。

最終的な穂数については、UV-Bの影響は認められず、品種による差のみがみられた。

### C. バイオマスの変化

収穫時における各器官のバイオマスについて、各主効果をみてみると（表2、図7）、CO<sub>2</sub>、気温、施肥量、品種などで効果が認められているのに対し、UV-Bの主効果は認められなかった。交互作用効果としては、CO<sub>2</sub>との交互作用効果で根重への影響がみられた。傾向としては高CO<sub>2</sub>条件での根重増加がUV-B増加により促進されるというものであった。

### D. 収量の変化

コムギの収量については、UV-Bの影響は主効果および2因子交互作用効果でも認められなかった（表2）。Bで述べたとおり、穂数（最終茎数）ではUV-BとCO<sub>2</sub>の間に交互作用効果がみられた。茎数は収量を規定する重要な要因の一つであるが、本実験では茎数の差が収量を規定するに至らなかった。この原因として、千粒重の差が考えられる。千粒重を比較すると、有意差は認められないが700ppmではUV-B増加で減少傾向、350ppmではUV-B増加で増加傾向がみられ、これは穂数と全く逆のものである。すなわち、穂数の差はそのまま子実粒数に影響（10%有意）を与えたが、1粒あたりの重さで逆の傾向（有意差無し）があったため、収量（子実重）ではUV-BとCO<sub>2</sub>の今後作用効果について有意

な差は認められなかった。これは、生育後期みられる、穂への光合成産物の転流が関係していると考えられる。

#### 4. 考察

今回、多くの因子を広く薄く（2水準）取り調査した結果、品種による UV-B の感受性の違いを確認したのに加え、生育初期の分げつ数の変化パターンに UV-B が CO<sub>2</sub> との交互作用を持ちながら影響を与えていることが明らかになった。概して UV-B 増加区で茎数は多めに推移した。春コムギを用いた実験で最高分げつ数は発芽期から幼穂形成前期までの積算日射量と高い相関が得られた例もあり、日射のうち UV-B が分げつ促進に関係していることが示唆された。また高 CO<sub>2</sub> を作った場合は UV-B に関わらず高い分げつを示した。高 CO<sub>2</sub> を伴う分げつの促進は、生育後半の茎数（穂数につながる）でも維持されたのに対し、CO<sub>2</sub> が低く UV-B のみが高い場合は、後半の茎数は他の区に比べ少なく、穂を付けるまでに至らない無効分げつが多かったといえる。これらの結果は、実験2から得られたものだが、データの再現性を確認するために行った同様の実験3では、生育初期までの結果では、同様の傾向はみられるものの、実験2ほど顕著な差は確認できていない。実験2に比べ最高分げつ期で約2倍の茎数がみられるなど、分げつは実験3の方が盛んであった。これは、生育初期の土壤水分の改善が効いていると考えられる。

これらの実験からいえることは、茎数の推移に対する UV-B の影響や CO<sub>2</sub> との交互作用効果は、実験の年次変化に相当する、土壤水分条件や、気温、UV-B を含む日射条件など、環境要因の微妙なバランスによって変わってくるようなものであることである。逆に言えば、実際の圃場で、乾燥や曇天などの条件が重なった場合には、実験2で得られたような分げつの促進や CO<sub>2</sub> との交互作用効果がみられる可能性があるといえる。特に、本実験では制御が困難で、要因から除いた土壤の水分条件などについては、実際の圃場では多様な条件にされされる可能性があり、今後 UV-B との関係でさらに調査が進められる必要がある。

また、茎数の差が子実収量の差につながらなかった点に関しては、転流による補償作用が大きかったと考えられる。コムギのように、子実を収穫する作物については、比較的長い生育期間と、栄養成長、生殖成長、転流といった、複数の段階を経てその収量が決定される。UV-B の影響が光合成に影響を与えなかったとしても、生殖成長で影響を受け、転流で挽回するといった現象が起こる可能性がある。本研究で示唆された、このような生育段階別の影響について、さらに評価を行い、植物の生育特性と併せて UV-B 影響を評価・予測していくことは今後更に重要である。

## 5. 謝辞

本研究を実施するに当たり、紫外線照射装置の設置および研究の推進において農業環境技術研究所、野内勇博士および小林和彦博士に貴重なアドバイスをいただいた。実験計画およびデータ解析において三輪哲久博士（同所）にアドバイスをいただいた。また、コムギ栽培に際し、当所業務科の鈴木文夫氏、山口弘氏、鎌田輝志氏、飯泉良行氏、荒貴裕氏、高橋正史氏には圃場管理面でご援助いただいた。また、業務科の丹波さん、富田さん、諸持さんにも圃場作業をお手伝いいただいた。上記の方々を始めご協力いただいた多くの方々的心より感謝いたします。

## 6. 引用文献

- 1) Allen, D.J., Nogués, S. and Baker, N.R. (1998) Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there a real threat to photosynthesis? *J. Exp. Bot.* 49(328): 1775-1788.
- 2) Beyschlag, W., Barnes, P.W., Flint, S.D. and Caldwell, M.M. (1988) Enhanced UV-B Irradiation has no effect on photosynthetic characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena fatua* L.) under greenhouse and field conditions. *Photosynthetica* 22(4): 516-525.
- 3) Caldwell, M.M., Camp, L.B., Warner C.W., and Flint, S.D. (1986) Action spectra and their key role in assessing biological consequences of solar UV-B radiation change. In *Stratospheric ozone reduction, Solar ultraviolet radiation and plant life*. Edited by Worrest, R.C. and Caldwell, M.M., pp.87-111. Springer-Verlag, Berlin.
- 4) Dumpert, K. and Knacker, T. (1985) A comparison of the effects of enhanced UV-B radiation on some crop plants exposed to greenhouse and field conditions. *Biochem. Physiol.* 180: 599-612.
- 5) Fiscus, E.L. and Booker, F.L. (1995) Is increased UV-B a threat to crop photosynthesis and productivity? *Photosynthesis Research* 43: 81-92.
- 6) Geestl, S.A., Zardecki, A., and Wiser, H.L. (1986) A new UV-B handbook, Vol.1. In *stratospheric ozone reduction, solar ultraviolet radiation and plant life*. Edited by Worrest, R.C. and Caldwell, M.M., NATO ASI Series Vol.G8, pp63-74. Springer-Verlag, Berlin.



- 7) Middleton, E.M., and Teramura, A.H. (1993) Potential errors in the use of cellulose diacetate and mylar filters in UV-B radiation studies. *Photochemi. Photobiol.* 57: 744-751.
- 8) Nouchi, I. and Kobayashi, K. (1995) Effects of enhanced ultraviolet-B radiation with a modulated lamp control system on growth of 17 rice cultivars in the field. *J. Agric.Meteorol.* 51(1): 11-20.
- 9) 奥野忠一 (1994) 農業実験計画法小史, 第3章 直交表による多因子計画. 日科技連出版社, 23-165, 204-205.
- 10) 竹内啓監修, 高橋行雄, 大橋靖雄, 芳賀敏郎(1987) SASによる実験データの解析. SASで学ぶ統計的データ解析⑤. 東京大学出版社, 148-173.
- 11) Teramura, A.H. and Murali, N.S. (1986) Intraspecific differences in growth and yield of soybean exposed to Ultraviolet-B radiation under greenhouse and field conditions. *Environ. Exp. Botany.* 26: 89-95.
- 12) Teramura, A.H., Sullivan, J.H. and Ziska, L.H. (1990) Interaction of Elevated Ultraviolet-B radiation and CO<sub>2</sub> on productivity and Photosynthetic characteristics in wheat, rice, and soybean. *Plant physiol.*94: 470-475.
- 13) Teramura, A.H., Sullivan, J.H. and Lydon, J. (1990) Effects of UV-B radiation on soybean yield and seed quality: a 6-year field study. *Physiol. Plant.* 80: 5-11.
- 14) Teramura, A.H., Ziska, L.H. and Sztein,A.E. (1991) Change in growth and photosynthetic capacity of rice with increased UV-B radation. *Physiol. Plant.* 83: 373-380.

[研究成果の発表状況]

(1) 口頭発表

①大浦典子、袴田共之：日本生態学会第46回大会(1999)

「紫外線増加状況下におけるコムギの生育特性」

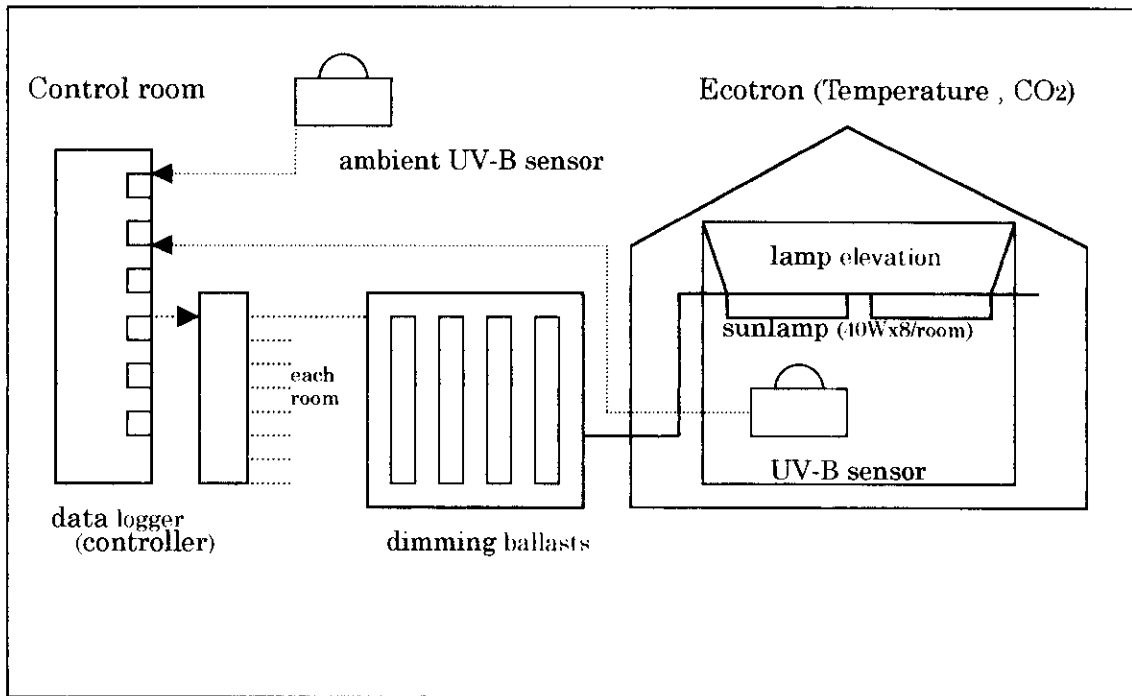


図1. 調光型紫外線照射装置の概要

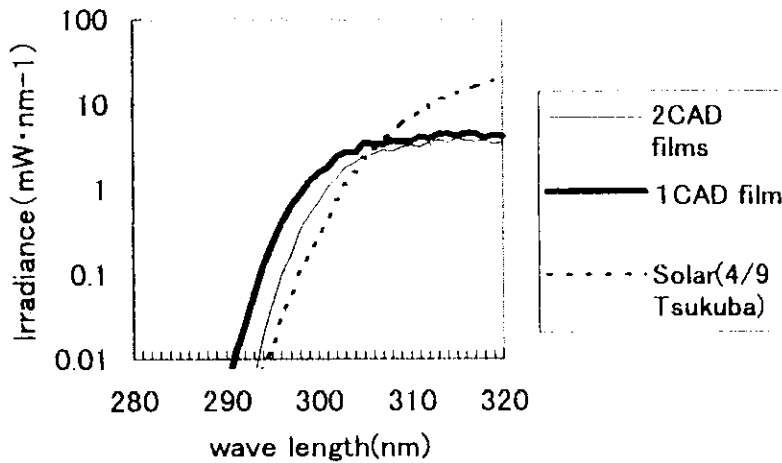


図2. CAD フィルム枚数を変えたときの分光放射特性

CAD フィルムは紫外線ランプを光源とした。太陽光はつくば市において、1998年4月9日、14時に測定した。

Relative Irradiation  
(Double CADs / Single CAD)

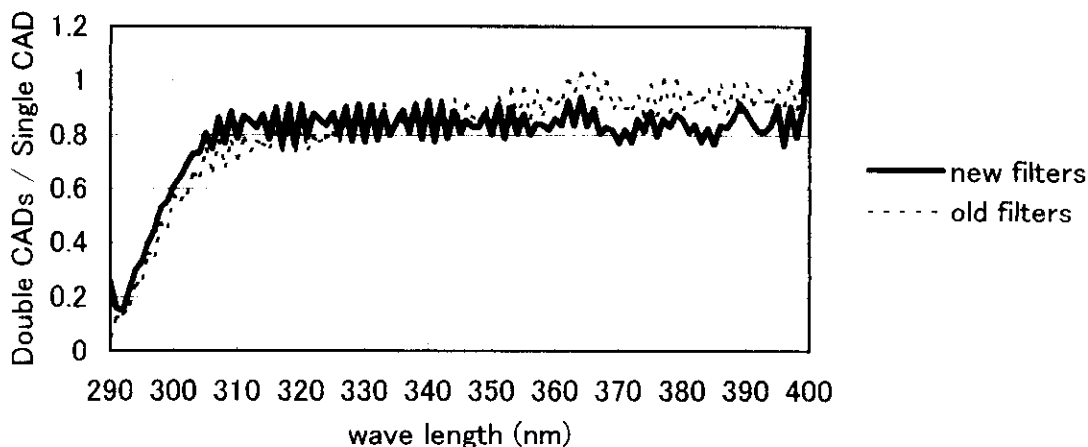


図3. CAD フィルムの枚数を変えたときの分光放射比

紫外線ランプ 100V、0時間照射フィルムと 32 時間照射後フィルムのそれぞれで比較。フィルムの枚数を変えることで、UV-B 領域の分光特性が大きく変化する。UV-A 領域では 1 割弱の減衰があるが、分光特性はほぼ変わらない。

フィルムの劣化による、分光放射比の変化はほとんどみられない。

表1. 多因子実験における要因と各水準

factors	Exp. 1		Exp. 2,3	
	level 1	level 2	level 1	level 2
Block	R1	R2	R1	R2
CO <sub>2</sub>	700ppm	350ppm	700ppm	350ppm
Temperature	average+2degrees	average	ambient+2degrees	ambient
UV-B	ambient UV-B <sub>BE</sub> ×1.6	ambient UV-B <sub>BE</sub> ×0.8	ambient UV-B <sub>BE</sub> ×1.6	ambient UV-B <sub>BE</sub> ×0.8
Fertility	N:12kg/10a	N:6kg/10a	N:18kg/10a	N:6kg/10a
Irrigation	1l/pot/week	0.5l/pot/week	—	—
Cultivar	Norin61	Kitakamikomugi	Norin61	Kitakamikomugi

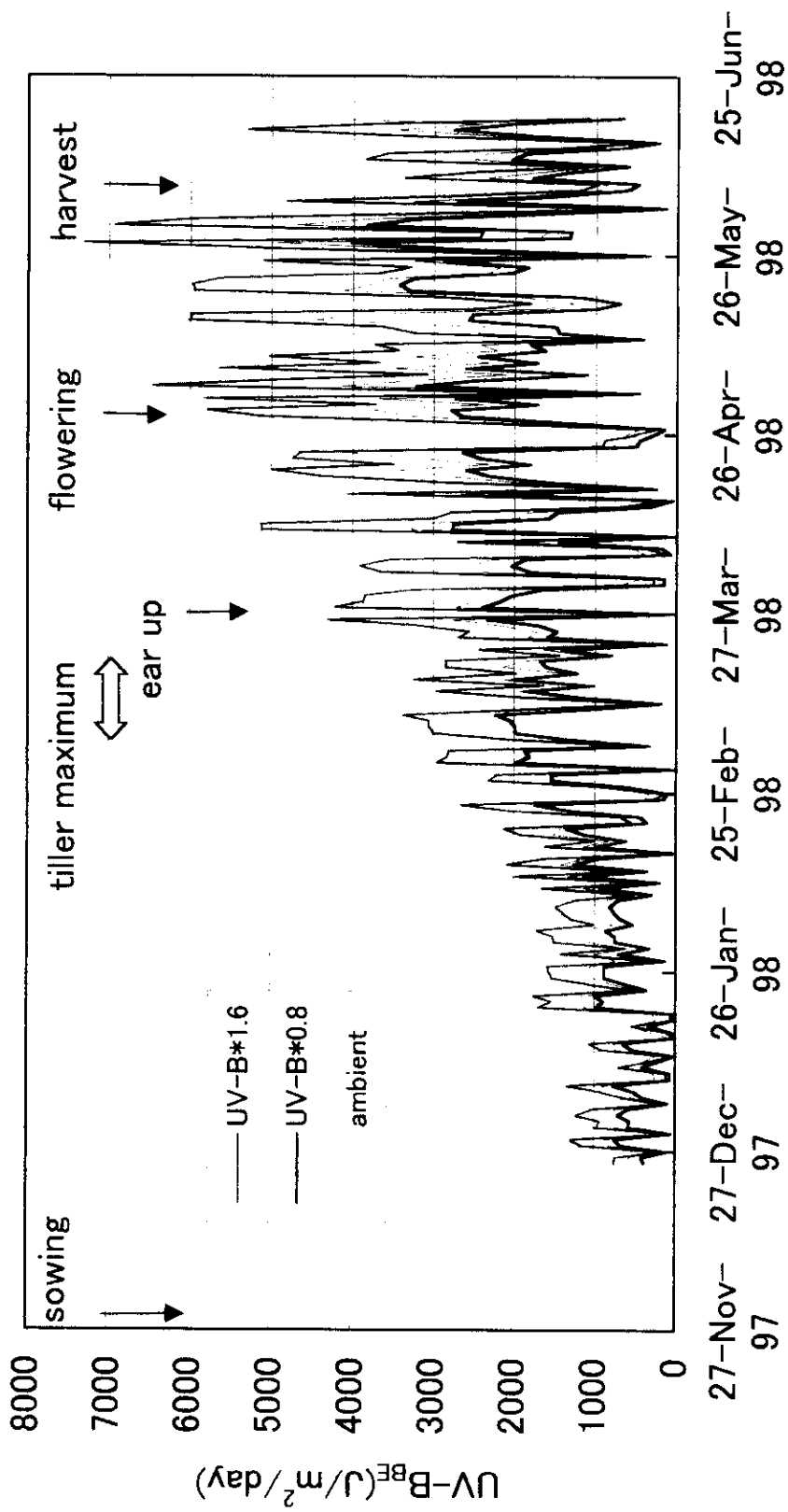


図4. 栽培期間中の UV-B<sub>BE</sub> 量の推移と主なコムギの生育ステージ (実験2)

表2. 収量調査に関する分散分析結果

	Head number	Plant height (cm)	Leaf and stem dry weight	Ear dry weight (g)	Root dry weight (g)	Seed weight (g)	Seed number
Block (B)							
CO <sub>2</sub> (C)		**	**	**	**	**	**
Temperature(T)			**	**	**	**	*
UV (U)							
Ferility (F)	**	**	**	**	**	**	**
Cultivar (Cu)		**	**	**		**	
C×T					*	.	**
C×U	.				*		.
C×F			**	**	*	**	**
C×Cu			**	*			*
T×U		*					
T×F				*	**	.	*
T×Cu		.			.		
U×F		.					.
U×Cu		.					
F×Cu		**	*				
C×T×U							
C×T×F			*				.
C×T×Cu							
C×U×F							*
C×U×Cu		.					
C×F×Cu		.	*	*		*	*
T×U×F		*	*			*	
T×U×Cu							
T×F×Cu							
U×F×Cu		**					*
Error distribution	0.38	1.95	1.32	5.25	0.31	3.7	2135

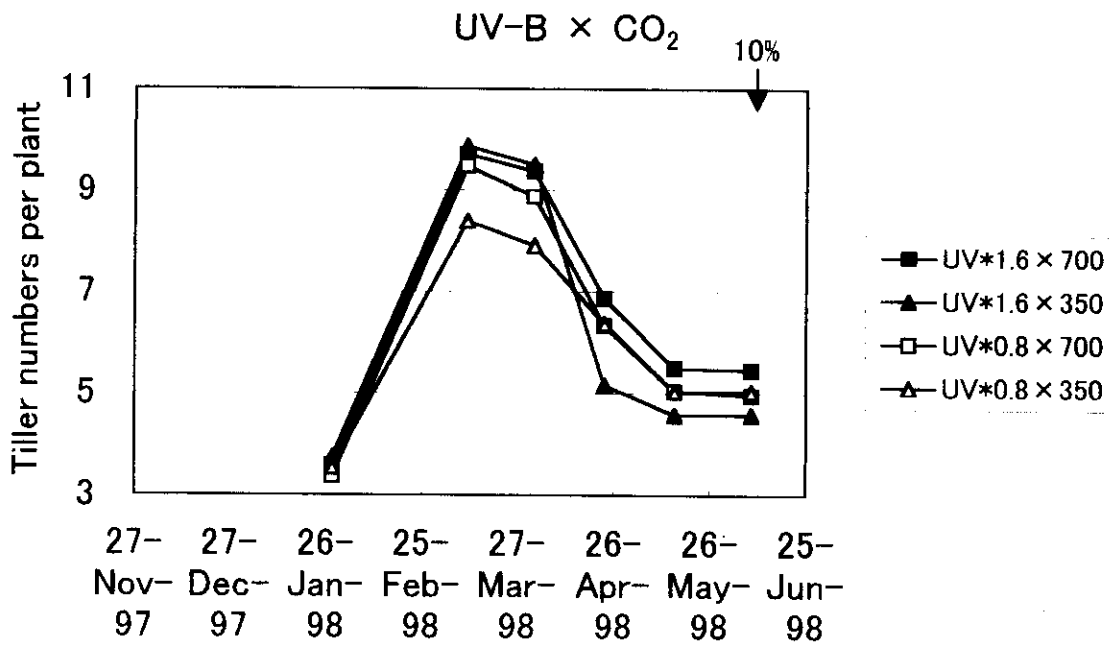


図5. 茎数の変化 (UV-BとCO<sub>2</sub>の交互作用効果)

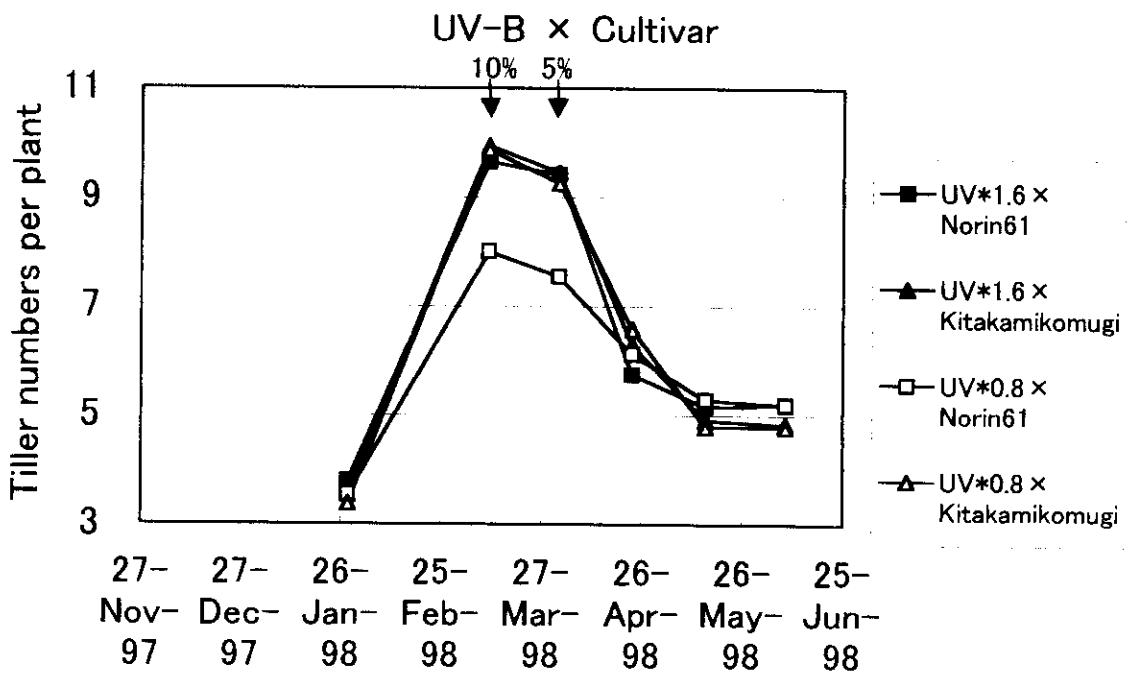


図6. 茎数の変化 (UV-Bと品種の交互作用効果)

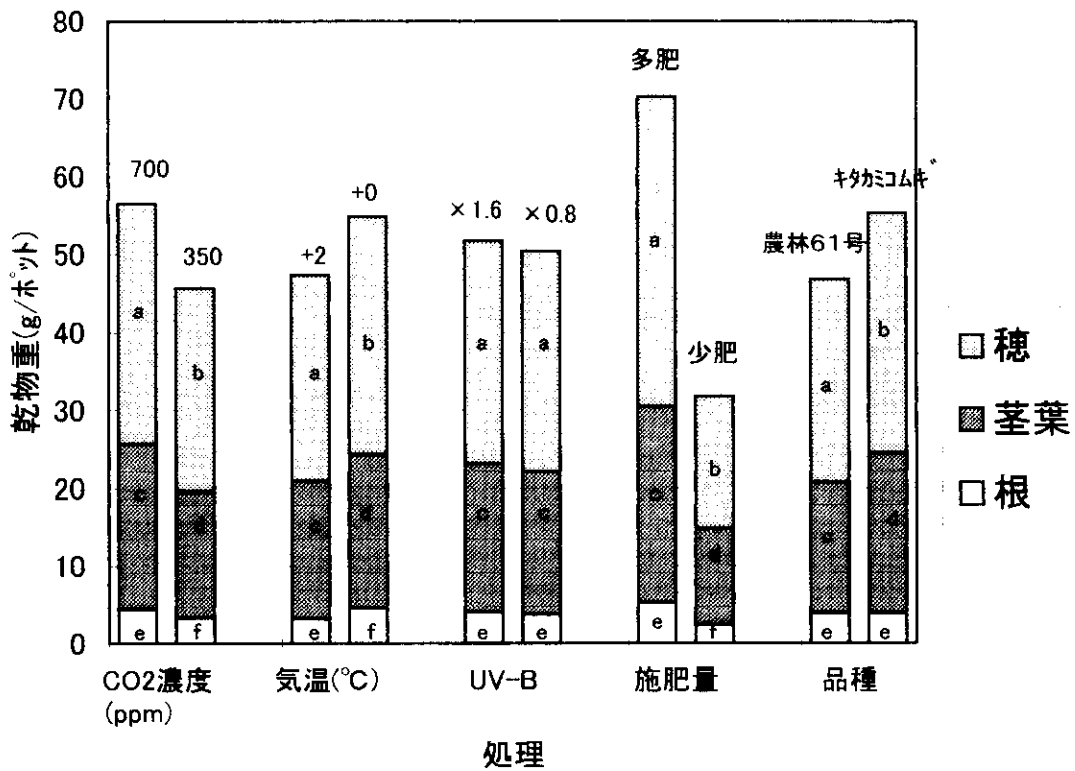


図7. 各因子の収穫時乾物重への主効果

各柱はそれぞれの処理を受けている16区(ポット)の平均値を示す。

各柱中の英文字は分散分析結果を示す。有意差(<1%)がある場合は異なる文字(例 a-b)、有意差がない場合は同じ文字(例 a-a)。

他の因子では、各器官乾物重に対する主効果が認められたのに対し、UV-Bでは主効果は認められなかった。