

## Aged Changes of Optical Characteristics and Effects on Growth of Leaf Vegetables in An Ultraviolet - Red Light Translation Film and An Ultraviolet Absorbing Film

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): optical characteristics, spinach, ultraviolet -red light translation film, ultraviolet absorbing film, Welsh onion 作成者: 濱本, 浩, 山崎, 敬亮, 吉田, 祐子, 安部, 順一郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00001699">https://doi.org/10.24514/00001699</a>

# 紫外線－赤色光光質変換フィルムと紫外線カットフィルムの 光学的特性および葉菜類の生育に及ぼす影響の経年変化

浜本 浩・山崎敬亮・吉田祐子・安部順一郎

Key words: optical characteristics, spinach, ultraviolet - red light translation film, ultraviolet absorbing film, Welsh onion

## 目 次

I 緒 言	1	IV 考 察	7
II 材料及び方法	2	1 資材特性の経年変化について	7
1 供試資材, 展張ハウス	2	2 作物生育への影響の経年変化について	8
2 供試作物	2	3 アブラムシ類とアザミウマ類の 被覆下侵入の傾向	9
3 資材の特性調査	3	4 まとめ	9
4 作物の生育調査	3	V 摘 要	10
5 栽培試験期間の屋外気象環境	3	謝 辞	10
III 結 果	3	引用文献	10
1 資材特性	3	Summary	12
2 ホウレンソウの生育に対する影響	5		
3 ネギの生育に対する影響	6		

## I 緒 言

近年, 紫外線を吸収して, 赤色光域を主としたより長い波長の蛍光に変えるジアルキルアミノベンズアルデヒドとバルビツル酸の縮合生成物を配合したポリオレフィン系のフィルム被覆資材が開発されている(特開2004-143457)。著者らはこのような光質変換フィルムについて, その光学的特性や被覆下における野菜の生育への効果を紫外線カットフィルムや一般の透明フィルムと比較し, 光質変換フィルムがホウレンソウやネギの生育を一般フィルム以上, 紫外線カットフィルムとも同等かそれ以上に促進することを示した<sup>2,3)</sup>。本研究は, この光質変換フィルムの光学的特性や効果が時間の経過とともにどう変化するかを, 紫外線カットフィルムや一般フィルム

とともに調査したものである。農業用フィルムは屋外で使用するため, 展張後汚れることは避けられない。また, 資材に添加される防曇剤や機能性を付加する光質変換物質や紫外線吸収剤は屋外の光・温度環境の影響を受け, 変質やブリードアウト(噴出)する可能性がある。したがって, 光学的な特性が経年的に変化し, それに伴い被覆効果も変化することは十分考えられる。

光質変換フィルムとして開発された資材の効果の持続性については, 稲田<sup>7)</sup>が過去に開発された紫外線を青色光に変換するフィルムと緑色光を赤色光に変換するフィルムについて述べているが, 前者は1ヶ月程度, 後者は3ヶ月程度で光質変換効果が失われたとしている。また, 後者はレタスの生育を慣行フィルムに比べて促進したが翌年は効果がなかったという試験例も紹介している。最近では効果の持続性

(平成22年5月25日受付, 平成22年9月17日受理)

環境保全型野菜研究チーム

が向上したのも紹介されており、西村ら<sup>19)</sup>は緑色光から赤色光への変換機能を持つフッ素系フィルムを試験し、半年程度光学的特性を保ったことを示し、加えて室内モデル実験の結果から2~3年は効果が期待できるとした。今回著者らが調査する紫外線-赤色光変換フィルムについては、以前の試験で、展張半年程度経過後も新品から大きくは劣らない効果が得られている<sup>3)</sup>。しかし、新品資材との比較では、展張後半年経過したフィルムの被覆下の方が作物生育が劣った場合<sup>5)</sup>もあるうえに、数年単位での展張試験例もないことから、この資材にどの程度効果の持続性があるか、まだ結論を出すには至っていない。

一方、紫外線カットフィルムについては、水上ら<sup>14)</sup>がポリオレフィン系や農ビ系のフィルムを用いて光学的特性の経年変化を調べ、展張後2年程度経過すると紫外線の透過率が上昇することを報告している。しかし、3年経過しても透過率は一般の透明フィルムに比べて低い値を保っていた。井上ら<sup>10)</sup>もポリオレフィン系紫外線カットフィルムで展張後2~3年経過したのもでも一般フィルムに比べて紫外線除去能力が高いことを報告している。しかし、より長い期間となると、その能力の持続性が十分把握されているとはいえない。作物生育に対する効果の持続性については報告例が少ないが、水上ら<sup>14)</sup>は、展張2年目の紫外線カットフィルム被覆下で一般フィルム被覆下よりもアスパラガスの二次側枝発生量が多かったことから、生育促進効果があったとしている。しかしこの効果についても、より長期にわたる持続性については不明である。

近年、園芸用被覆資材には長期展張が可能なものも開発されている。このため、被覆材に付与される機能性についても長期的な変動傾向を把握しておく必要性が高いと考えられる。そこで本研究では、先に紫外線-赤色光変換フィルム<sup>2,3)</sup>や紫外線カットフィルム<sup>8,12,15,22)</sup>の生育促進効果が認められた例がある、ハウレンソウとネギを対象作物として用い、これらの資材の光学的特性の変化や生育促進効果の持続性等について、調査することとした。

なお、本研究の一部は農林水産省委託プロジェクト研究「生物の光応答メカニズムの解明と高度利用技術の開発」において行った。

## II 材料および方法

### 1 供試資材、展張ハウス

被覆資材には以下に述べる厚さ0.1mmのポリオレフィン系の各種フィルムを用いた。光質変換フィルムには東罐興産(株)製の試作品(以後変換)を用い、そのほか、同社製の紫外線カットフィルム(ト-カンエ-スかがやき、以後UVA)、一般透明フィルム(ト-カンエ-スN、以後対照)、を用いた。供試資材はそれぞれ高さ約1.8m、幅2.8m、長さ6mの小型パイプハウス(東西棟)の屋根面に2004年5月26日に展張した。ハウスの妻面と側面には、屋根面に被覆したフィルムが20cm程度はみ出した状態になっているほかは、被覆材を張らず開放状態とし、雨よけハウスとして使用した。このハウスで当年の栽培試験を行った後、2005年4月6日に新しい供試資材を同じように再展張し、そのまま2009年の栽培試験時まで継続して使用した。

### 2 供試作物

作物には、ハウレンソウ(*Spinacia oleracea* L.) 'アクティブ'(サカタのタネ)、葉ネギ(*Allium fistulosum* L.) 'フレッシュ小ねぎ'(タキイ)を用いた。容量約13 Lのプランタに0.3N-0.6P-0.3K g・L<sup>-1</sup>の栽培用土を詰め、供試作物の種子を播種した。ハウレンソウはプランタ内12カ所、ほぼ等間隔にそれぞれ3粒点播し、生育途中で1カ所1株になるよう間引いた。ネギはプランタ内10カ所に5~6粒のすじまきとした。播種後のプランタは、供試資材を展張した雨よけハウス内に設置した高さ0.7mの栽培ベンチ上に移し、そこで栽培を行った。栽培期間中の薬剤散布は行わなかった。各年の播種日、調査日は第1表に示した。

第1表 栽培試験の耕種概要

年次	年	ハウレンソウ		ネギ	
		播種日	調査日	播種日	調査日
2004新品	2004	5月27日	6月24日	5月27日	7月21日
1年目	2005	4月11日	5月24日	5月25日	7月13日 <sup>2)</sup>
2年目	2006	4月11日	5月22日	4月11日	6月26日
3年目	2007	4月10日	5月23日	4月10日	6月15日
4年目	2008	4月14日	5月28日	4月14日	6月13日
5年目	2009	3月10日	4月30日	3月10日	5月22日

<sup>2)</sup>アザミウマの食害のため、他の年よりも早い生育段階で調査した。

### 3 資材の特性調査

2005年～2009年にかけて、各年の作物栽培開始と前後して、ハウス屋根面に被覆した各フィルムの妻面または南側面にはみ出した部分から、約10cm四方の小片を切り取り、晴天日の10～12時に屋外において、日射の波長別透過率を波長別光エネルギー測定装置（ライカ社製LI-1800）を用いて調査した。

### 4 作物の生育調査

作物の生育調査は各区ハウレンソウ10～12個体（2004年のみ8個体）、ネギ10個体をそれぞれサンプリングし、ハウレンソウについては草丈、葉数、地上部の生体重と乾物重、葉面積、葉色（SPAD値）を、ネギについては草丈と地上部生体重、葉鞘径、葉色をそれぞれ調査した。葉面積は面積計（林電工（株）製AAC-400）、葉色は葉緑素計（コニカミノルタセンシング（株）製SPAD-502）を用いて計測した。また、目視で抽だい、虫害について確認した。なお、2005年のネギについては、各区ともアザミウマ類の食害が顕著にみられるようになったため、他の年よりも早い生育段階でサンプリングし、草丈と地上部生体重のみの調査とした。

### 5 栽培試験期間の屋外気象環境

栽培試験期間の日積算日射量と日平均気温については、近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点の気象観測装置を用いて計測し、停電等によるデータの欠測があった日のみ、隣市にある舞鶴海洋気象台のデータを利用した。2004年度の試験期間は平均日積算日射量、平均気温とも他の年の試験期間と比べて高かった。資材効果の経年変化を調査した2005年～2009年にかけては、展張1年目である2005年にハウレンソウの作期の日射量が多く、ネギの作期の気温が高かった。2年目にあたる2006年は両作物の作期とも日射量が少ない傾向があり、2009年（5年目）はどちらの作物も栽培時期が他の年よりも早い時期であったため気温は低かったものの、日射量は他の年と比べて特別少ないということにはなかった（第2表）。

第2表 ホウレンソウとネギの作期における屋外の平均日積算日射量と日平均気温

年次	ハウレンソウ作期期間平均		ネギ作期期間平均	
	日積算日射量	日平均気温	日積算日射量	日平均気温
	(MJ・m <sup>-2</sup> )	( )	(MJ・m <sup>-2</sup> )	( )
2004新品	19.2	22.2	18.8	24.4
1年目	19.0	16.5	16.7	23.0
2年目	13.7	14.8	15.1	17.5
3年目	15.7	15.3	16.2	16.9
4年目	17.6	16.2	16.9	17.2
5年目	15.2	10.9	15.9	12.9

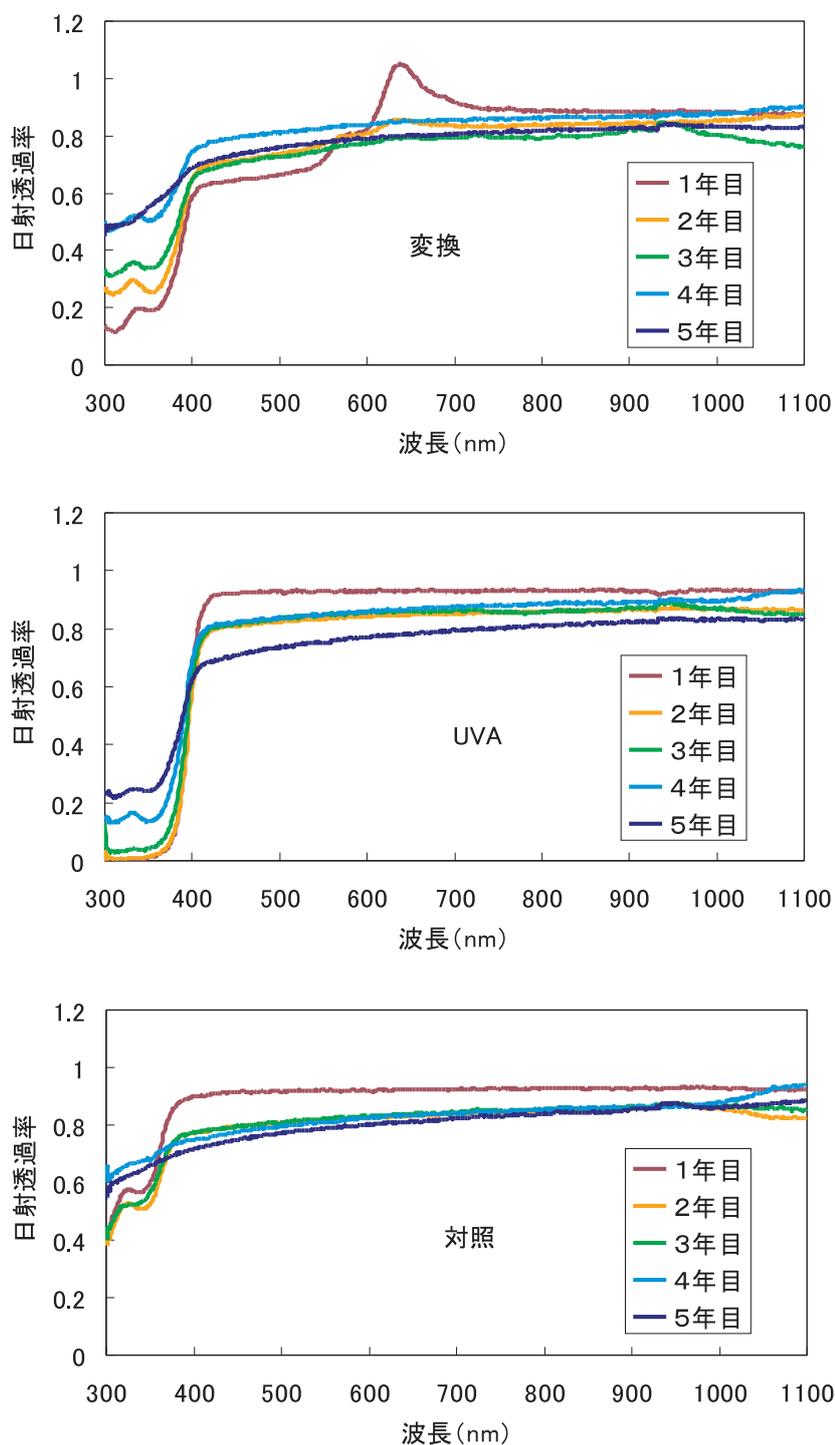
近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点（京都府綾部市）での観測データから算出。ただし、欠測日のみ舞鶴海洋気象台のデータを代入。

## Ⅲ 結 果

### 1 資材特性

#### 1) 供試資材の波長別日射透過率の表示

展張1～5年目における、供試資材の波長別日射透過率について、第1図に示す。また、生理的有効放射として測定される300～800nm<sup>11)</sup>の範囲について波長帯別に透過率をまとめたものを第3表に示す。波長帯は波長300～400nmを近紫外線域、400～500nmを青色光域、500～600nmを緑色光域、600～700nmを赤色光域、700～800nmを遠赤色光域とした。また、波長400～700nmが光合成有効放射域となる。なお、波長800nm以上は近赤外線域で、一般には生理作用がないとされている<sup>11)</sup>。



第1図 供試被覆資材における波長別日射透過特性の経年変化

2005年4月6日に展張した資材の1年目(2005)～5年目(2009)の透過率. 変換:光質変換フィルム, UVA:紫外線カットフィルム, 対照:通常の透明フィルム. いずれもポリオレフィン系資材で厚さは0.1 mm. 光質変換フィルムは赤の蛍光を発するため, 新品の場合, 赤色光域の一部で透過率(正しくは被覆内外の光量比)が1を超える場合がある.

第3表 供試被覆資材における波長帯別日射透過率の経年変化

年次	フィルム	波長帯 (nm) 別日射透過率 (%)				
		300-400	400-500	500-600	600-700	700-800nm
1年目	変換	33.5	64.8	74.1	95.9	89.6
	UVA	19.2	91.6	92.9	93.0	93.1
	対照	77.5	91.4	92.0	92.2	92.6
2年目	変換	37.1	71.3	77.2	83.9	83.5
	UVA	12.8	79.8	83.4	84.8	85.6
	対照	64.8	79.5	81.7	83.2	84.4
3年目	変換	43.0	70.3	75.0	78.9	79.5
	UVA	17.4	80.8	84.7	85.9	85.9
	対照	66.0	79.6	82.1	83.8	85.0
4年目	変換	57.9	79.2	82.6	85.0	85.8
	UVA	28.1	81.6	84.9	86.8	88.1
	対照	70.9	77.6	81.1	83.4	84.7
5年目	変換	58.9	73.4	77.7	79.9	81.2
	UVA	35.2	70.8	75.5	78.3	80.2
	対照	67.6	75.0	78.8	81.2	83.1

変換：光質変換フィルム，UVA：紫外線カットフィルム，対照：通常の透明フィルム，いずれもポリオレフィン系資材で厚さは0.1 mm，2005年4月6日に展張。

### 2) 近紫外線域 (波長300~400nm) の透過率

新品の状態では，透過率は変換フィルムで約30%，UVAフィルムで約20%と低い値であったのに対し，対照フィルムでは約80%であった。2年目以降，変換フィルムは透過率が上昇し，4~5年目では透過率が50%を超えるほどになった。UVAフィルムは試験期間を通してこの波長帯の透過率が最も低く，展張3年目までは20%未満の透過率で推移した。しかし，4年目以降は透過率の上昇がみられた。対照フィルムは，2年目以降も透過率が最も高く推移した。透過率の経年変化は大きくなかったが，低波長側 (300~350nm) の透過率が4，5年目には高くなった。

### 3) 光合成有効放射域 (波長400~700nm) の透過率

新品資材の場合，UVAフィルムと対照フィルムは約90%で，波長別透過率は比較的平坦な傾向にあった。変換フィルムは約80%で，青色光域 (波長400~500nm) で60%台，緑色光域 (波長500~600nm) で70%台，赤色光域 (波長600~700nm) では90%を超える数値になっており，透過率の分布には短波長域で低く，長波長域で高くなる傾向がみられた。2年目以降は，UVAフィルムと対照フィルムでは新品の時期に比べて透過率が低下した。変換フィルムは，光合成有効放射域全体で見ると，経

年的な透過率の低下が他の資材と比べて小さかったが，赤色光域の透過率は2年目には大きく低下した。これとは逆に，青色光域や緑色光域の透過率は2年目には高くなり，3年目以降は波長別の透過率が他のフィルムと同様に平坦に近づいた。

### 4) 遠赤色光域 (波長700~800nm) と近赤外線域 (波長800~1100nm) の透過率

これらの波長の日射透過率については，どの資材も初年度は90%前後あり，2年目以降はやや低下したが，80%前後かそれ以上の数値を示した。2年目以降の経年変化は明確でなく，フィルム間の差も小さかった。

## 2 ホウレンソウの生育に対する影響

### 1) 草丈

草丈は，新品フィルムの場合では，変換フィルムが最も伸長を促進した。UVAフィルムも対照フィルムに比べて促進する傾向がみられた。展張2年目以降は統計的に有意な資材間差はみられなくなった。ただし，平均値にはUVA区>変換区>対照区の順に大きくなる傾向が毎年みられた。対照区を1.00とした場合の変換区の草丈は2年目以降1.10を下回ったが，UVA区では1.10前後で推移しており，この点では明確な経年低下がみられなかった (第4表)。

第4表 供試被覆資材がホウレンソウの草丈 (cm) におよぼす影響の経年変化<sup>2)</sup>

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	25.3 <sup>a</sup> (1.27)	21.7 <sup>b</sup> (1.09)	20.0 <sup>b</sup> (1.00)
1年目	23.2 <sup>a</sup> (1.19)	21.6 <sup>ab</sup> (1.11)	19.5 <sup>b</sup> (1.00)
2年目	24.4 <sup>a</sup> (1.02)	24.8 <sup>a</sup> (1.04)	23.9 <sup>a</sup> (1.00)
3年目	19.4 <sup>a</sup> (1.07)	19.7 <sup>a</sup> (1.09)	18.1 <sup>a</sup> (1.00)
4年目	21.2 <sup>a</sup> (1.04)	22.1 <sup>a</sup> (1.08)	20.4 <sup>a</sup> (1.00)
5年目	17.9 <sup>a</sup> (1.05)	19.1 <sup>a</sup> (1.13)	17.0 <sup>a</sup> (1.00)

<sup>2)</sup>2004年の新品資材を用いた雨よけハウスでの試験結果と2005年に新品資材を雨よけハウスに展張した試験の1年目 (2005) ~5年目 (2009) の結果をまとめた。同じ年で違うアルファベットを付した資材間にはTukeyの多重比較法により5%水準で有意差あり。カッコ内の数値は対照区を1とした場合の比率を示す。

### 2) 葉数

葉数については，2004年のUVA区で他区に比べて1葉程度少なかった以外は，資材間差がみられな

かった (データ略)。

### 3) 生体重および乾物重

これら重量に関しては、統計的に有意な資材間差はみられなかった。ただし、平均値は新品の場合では変換区で最も大きく、次いでUVA区、対照区の順になった。変換区では展張2年目以降は対照区と差がなく、UVA区では概ね対照区と同等かやや大きい数値で推移した (第5表, 第6表)。

第5表 供試被覆資材がハウレンソウの生体重 (g) におよぼす影響の経年変化<sup>z</sup>

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	37.8 <sup>a</sup> (1.26)	31.1 <sup>a</sup> (1.03)	30.1 <sup>a</sup> (1.00)
1年目	36.8 <sup>a</sup> (1.15)	34.7 <sup>a</sup> (1.08)	32.1 <sup>a</sup> (1.00)
2年目	24.8 <sup>a</sup> (0.94)	28.1 <sup>a</sup> (1.06)	26.5 <sup>a</sup> (1.00)
3年目	24.8 <sup>a</sup> (1.04)	27.2 <sup>a</sup> (1.14)	23.9 <sup>a</sup> (1.00)
4年目	29.4 <sup>a</sup> (1.02)	29.1 <sup>a</sup> (1.00)	29.0 <sup>a</sup> (1.00)
5年目	25.3 <sup>a</sup> (1.05)	27.5 <sup>a</sup> (1.15)	24.0 <sup>a</sup> (1.00)

<sup>z</sup>第4表と同じ

第6表 供試被覆資材がハウレンソウの乾物重 (g) におよぼす影響の経年変化<sup>z</sup>

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	3.34 <sup>a</sup> (1.26)	2.89 <sup>a</sup> (1.09)	2.65 <sup>a</sup> (1.00)
1年目	4.11 <sup>a</sup> (1.14)	3.81 <sup>a</sup> (1.05)	3.62 <sup>a</sup> (1.00)
2年目	2.37 <sup>a</sup> (0.91)	2.67 <sup>a</sup> (1.03)	2.59 <sup>a</sup> (1.00)
3年目	2.94 <sup>a</sup> (1.04)	3.31 <sup>a</sup> (1.17)	2.83 <sup>a</sup> (1.00)
4年目	3.57 <sup>a</sup> (1.02)	3.66 <sup>a</sup> (1.05)	3.49 <sup>a</sup> (1.00)
5年目	3.47 <sup>a</sup> (1.05)	3.24 <sup>a</sup> (0.98)	3.31 <sup>a</sup> (1.00)

<sup>z</sup>第4表と同じ

### 4) 葉面積

展張5年目の変換区と対照区は葉面積計のトラブルにより欠測となった。4年目までの推移をみると、概ね生体重や乾物重に似た傾向があった。ただし、新品時の変換フィルムの対照フィルムに対する葉面積増大効果は、重量に対する効果よりも、明確であった (第7表)。

第7表 供試被覆資材がハウレンソウの葉面積 (cm<sup>2</sup>) におよぼす影響の経年変化<sup>z</sup>

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	704.2 <sup>a</sup> (1.32)	573.5 <sup>ab</sup> (1.07)	535.4 <sup>b</sup> (1.00)
1年目	715.3 <sup>a</sup> (1.22)	653.4 <sup>ab</sup> (1.12)	585.6 <sup>b</sup> (1.00)
2年目	565.4 <sup>a</sup> (0.98)	617.7 <sup>a</sup> (1.07)	577.0 <sup>a</sup> (1.00)
3年目	493.5 <sup>a</sup> (1.07)	541.7 <sup>a</sup> (1.17)	461.5 <sup>a</sup> (1.00)
4年目	600.8 <sup>a</sup> (1.02)	622.5 <sup>a</sup> (1.06)	588.4 <sup>a</sup> (1.00)
5年目 <sup>y</sup>	-	516.5	-

<sup>z</sup>第4表と同じ

<sup>y</sup>5年目 (2009) の変換区、対照区のデータは葉面積計のトラブルのため欠測

### 5) 葉色

葉色については、変換区、UVA区とも、対照区と比べて毎年数%程度の差しかなく、各区の順位、効果の経年変化も明確でなかった (データ略)。

### 6) 抽だい, 虫害について

抽だいはいずれの年、いずれの試験区においても確認されなかった。虫害については、アブラムシの寄生が2005年 (1年目) の対照区、2008年 (4年目) のUVA区で数株みられた程度であった。

## 3 ネギの生育に対する影響

### 1) 草丈

変換フィルムの場合、展張2~3年目までは対照フィルムと比べて草丈の伸長を促進する効果がみられ、特に新品時には、UVAフィルムを上回る促進効果が得られた。UVAフィルムは2年目以降は変換フィルムよりも大きい促進効果を示し、UVA区では5年目まで対照区と同等以上の数値を記録した (第8表)。

第8表 供試被覆資材がネギの草丈 (cm) におよぼす影響の経年変化<sup>z</sup>

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	47.6 <sup>a</sup> (1.31)	44.8 <sup>a</sup> (1.23)	36.4 <sup>b</sup> (1.00)
1年目 <sup>y</sup>	21.2 <sup>a</sup> (1.20)	17.8 <sup>b</sup> (1.00)	17.7 <sup>b</sup> (1.00)
2年目	35.4 <sup>a</sup> (1.27)	37.5 <sup>a</sup> (1.34)	27.9 <sup>b</sup> (1.00)
3年目	35.8 <sup>ab</sup> (1.08)	40.9 <sup>a</sup> (1.23)	33.3 <sup>b</sup> (1.00)
4年目	37.3 <sup>b</sup> (1.02)	41.4 <sup>a</sup> (1.14)	36.4 <sup>b</sup> (1.00)
5年目	29.6 <sup>a</sup> (0.99)	32.1 <sup>a</sup> (1.07)	29.9 <sup>a</sup> (1.00)

<sup>z</sup>第4表と同じ

<sup>y</sup>1年目 (2005) はアザミウマの被害のため、他の年よりも早い生育段階で調査した。

2) 生体重

変換区では展張2年目までは対照区よりも大きくなる傾向にあった。特に、新品を用いた2004年の試験では、対照区の2倍以上の数値が得られており、大幅な促進効果が得られた。変換フィルムの効果は新品時にはUVAフィルムよりも大きい傾向にあったが、2年目以降はUVA区の数値が変換区を上回った。UVA区では早期にサンプリングした2005年(1年目)を除き、展張4年目までは概ね対照区よりも大きな平均値を記録した(第9表)。

第9表 供試被覆資材がネギの生体重(g)におよぼす影響の経年変化<sup>z</sup>

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	11.8 <sup>a</sup> (2.07)	10.7 <sup>a</sup> (1.88)	5.7 <sup>b</sup> (1.00)
1年目 <sup>y</sup>	0.9 <sup>a</sup> (1.29)	0.7 <sup>a</sup> (0.97)	0.7 <sup>a</sup> (1.00)
2年目	4.5 <sup>ab</sup> (1.50)	5.5 <sup>a</sup> (1.87)	3.0 <sup>b</sup> (1.00)
3年目	5.0 <sup>a</sup> (1.21)	6.3 <sup>a</sup> (1.52)	4.2 <sup>a</sup> (1.00)
4年目	4.4 <sup>b</sup> (0.96)	6.0 <sup>a</sup> (1.33)	4.5 <sup>b</sup> (1.00)
5年目	2.6 <sup>a</sup> (0.98)	2.7 <sup>a</sup> (1.03)	2.7 <sup>a</sup> (1.00)

<sup>z</sup>第4表に同じ

<sup>y</sup>第8表に同じ

3) 葉鞘径

葉鞘径については、展張2年目までは変換区、UVA区で対照区と比べて高い値になった。それ以降は対照区と統計的に有意な差はなかった。変換フィルムとUVAフィルムの効果の差は、新品資材を用いた2004年は変換フィルムがUVAフィルムに優り、展張2年目の資材を用いた2006年はUVAフィルムの方が優れた(第10表)。

第10表 供試被覆資材がネギの葉鞘径(mm)におよぼす影響の経年変化<sup>z</sup>

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	7.7 <sup>a</sup> (1.40)	6.4 <sup>ab</sup> (1.16)	5.5 <sup>b</sup> (1.00)
1年目 <sup>y</sup>	-	-	-
2年目	4.8 <sup>ab</sup> (1.14)	5.3 <sup>a</sup> (1.25)	4.3 <sup>b</sup> (1.00)
3年目	5.8 <sup>a</sup> (1.05)	6.3 <sup>a</sup> (1.14)	5.5 <sup>a</sup> (1.00)
4年目	5.0 <sup>a</sup> (0.95)	5.7 <sup>a</sup> (1.09)	5.3 <sup>a</sup> (1.00)
5年目	4.4 <sup>a</sup> (0.94)	4.6 <sup>a</sup> (0.98)	4.7 <sup>a</sup> (1.00)

<sup>z</sup>第4表に同じ

<sup>y</sup>2005年(1年目)は欠測

4) 葉色

葉色については、ネギにおいてもハウレンソウ同

様、資材間差、効果の経年変化とも、明確な傾向がみられなかった(データ略)。

5) 虫害

前述したように、2005年の試験ではアザミウマ類の食害をうけた。目視で確認する限りでは、変換フィルムやUVAフィルムの被覆下では食害程度が対照フィルム被覆下より軽く思われたものの、商品価値に影響があると思われる程度の食痕がみられた。2006、2007年も、食害の程度は2005年よりも軽かったが、アザミウマの食害が全試験区でみられた。

IV 考 察

1 資材特性の経年変化について

本研究で供試した資材は、いずれも各測定波長帯を総合した日射透過率が新品に比べて展張2年目以降低くなったが、これは資材の汚れに起因するものとみられる。2年目から5年目にかけては大きな透過率の低下はなく、降雨、降雪などによってある程度以上の汚れの進行は妨げられたとみられる。

波長帯別にみると、近紫外線域に関しては、他の多くの波長帯と異なり、変換フィルムで透過率が経年上昇する傾向がみられている。供試フィルムで最も低い透過率を維持したUVAフィルムでは、展張4、5年目に透過率の上昇が認められた。しかし、3年目までは透過率の経年上昇傾向が明確でなかったため、UVAフィルムの近紫外線の透過抑制効果は、変換フィルムのそれより持続性が高いとみられる。水上ら<sup>14)</sup>の報告では、UVAフィルムの近紫外線透過特性には資材によって多少違いがあるものの、展張後3年経過しても一般の透明フィルム(本研究での対照フィルムにあたる)より低い透過率で推移している。井上ら<sup>10)</sup>もUVAフィルムは展張して2~3年経過後も一般のフィルムより近紫外線の透過が抑制されていると報告しており、本研究の結果と矛盾しない。UVAフィルムは一般的に展張3年目から4年目くらいまでは透過特性の維持が期待できると考えられる。

一方、光合成有効放射域の場合、変換フィルムには、被覆下における赤色光の割合の多さや青色光割合の少なさといった、他の供試資材にはない特徴が

ある。この特徴は新品時は顕著であるが、展張2年目以降はそれらの程度が小さくなっている。外見上も、当フィルムは新品時には赤い蛍光色を呈しているが、3, 4年目には無色に近くなっており、透過特性や蛍光特性が変化していることが伺われた。第2表の数値をみても、展張4年目以降は透明のUVAフィルムや対照フィルムと光合成有効放射域の波長帯別透過率に大差はみられない。また、前報では<sup>3)</sup>、新品の変換フィルム被覆下では赤色光が増強されるため、赤色光/遠赤色光比(R/FR比)が他の供試資材より大きくなることを報告したが、本研究では、この傾向も2年目以降は減少する可能性があることがわかった。UVAフィルムについては、この波長帯の場合、各年とも対照フィルムの間に大きな透過率の差はなかったため、フィルムがこの波長帯の光環境に影響を及ぼさず、展張後年数を経てもその傾向が変わらないことがわかる。

また、遠赤色光域や近赤外線域の透過率については、各年とも供試フィルム間の差は小さく、年数を経ても、どのフィルムも同様な透過特性になることが示されている。

## 2 作物生育への影響の経年変化について

### 1) 光質変換フィルム

変換フィルムは新品の場合、ハウレンソウの草丈と葉面積、ネギの草丈や葉鞘径および生体重に比較的大きな促進効果を示した。ハウレンソウの生体重や乾物重でも統計的な有意性はなかったものの、促進する傾向が示されている。変換フィルムにハウレンソウの乾物重を増加させる傾向がみられたのは、光合成有効放射域のうち赤色光域が光合成への寄与効率が高い<sup>6,13)</sup>ためであると考えられる。したがって、この資材は赤色光域の増強効果が維持されている間は、作物に対する生育促進効果を有すると考えられる。このことは、赤色光の増強効果が小さくなる展張2年目以降は効果が減少したことからも推測できる。ただし、ハウレンソウの2年目については、試験期間の日射量が少なく、光合成有効放射域の透過率が他の供試資材より低い変換フィルムには、不利な条件であったことも影響したと考えられる。

ハウレンソウの抽だいについては、被覆下の光のR/FR比が影響するとして報告が過去にいくつかあ

るが、山崎ら<sup>23)</sup>はR/FR比を高めたフィルムの被覆下で抽だいが促進されたと報告している。本研究で用いた変換フィルムも新品時には被覆下の光のR/FR比を高める特性があるが、特に抽だいを促進することはなかったため、本資材の影響は小さいと思われる。展張2年目以降も抽だいへの影響は確認されなかった。

ハウレンソウでは変換フィルムの展張2年目以降の生育促進効果は小さいかほとんどみられなかったが、ネギに対しては、草丈や生体重など展張2~3年目も効果の現れている項目がある。前述したように、展張して年数が経つと変換フィルムの赤色光増強の効果は減少したが、近紫外線の透過率は対照フィルムと比べて低く保たれており、これがネギの伸長促進などの効果を持続させる要因となったと考えられる。ハウレンソウの2年目も草丈だけは変換区で対照区を上回る数値になったが、これも同様の理由によると思われる。

このほか、葉数や葉色については、対照フィルムと比べて毎年大きな差はなかったため、これらの項目に対する変換フィルムの効果は明確でないといえよう。

### 2) 紫外線カットフィルム

UVAフィルムも作物生育への効果としては変換フィルムに似た傾向を示した。新品時の効果は変換フィルムより小さかったものの、展張2~4年目は大きく効果を下げることなく推移しており、このフィルムは変換フィルムよりも効果を長く保つように思われる。しかし展張5年目については、他の年と比べて効果が小さくなったように思われた。これは試験時の気温が低かったことが影響している可能性もあるが、日射量は2, 3年目と大きく変わらない程度であったので、フィルムの紫外線透過率の上昇に伴う効果の減少だったとも考えられる。

新品UVAフィルムの作物生育への効果については既存の報告がいくつかあるが、ハウレンソウで草丈の伸長を促進することは、龍ら<sup>12)</sup>や村松<sup>15)</sup>も指摘している。ネギについても村松<sup>15)</sup>の夏作試験で草丈、生体重の増加がみられており、本研究の結果と一致する。葉面積の拡大がUVAフィルムで促進された例もキュウリで報告されている<sup>21)</sup>。龍ら<sup>12)</sup>はUVA

フィルム下のハウレンソウが一般の透明フィルム下のものよりも内生ジベレリン活性が強いことを示し、UVAフィルムによる生育促進には内生ジベレリン活性の高まりが影響していることを示唆している。

一方、葉数については、龍ら<sup>12)</sup>がハウレンソウで調べ、UVAフィルム被覆下で増加したとしているが、村松<sup>15)</sup>の試験では効果が認められておらず、本研究の結果も合わせて考えると、安定した効果が得られるとはいえない。

葉色についてはUVAフィルム被覆下で薄くなった例がハウレンソウ<sup>12)</sup>、ネギ<sup>22)</sup>で示されている。本研究ではこの傾向が明確にはみられなかったが、対照フィルムと比べて濃くなることもなく、プラスに作用するものではないと考えられる。

作物生体重に関しては、ハウレンソウ、ネギとも、本研究同様UVAフィルムによる増加が認められた報告がある<sup>12,15)</sup>。ハウレンソウの乾物重についてもいくつか報告があり、龍ら<sup>12)</sup>はハウレンソウの生体重はUVAフィルムの被覆下で増加するが、乾物重は低下したとしている。同様の指摘は高市<sup>22)</sup>の報告でもみられる。しかし、本研究のUVA区ではやや高くなることが多く、UVAフィルム被覆下でも必ずしも乾物生産の低下が起こるわけではないと思われた。

### 3 アブラムシ類とアザミウマ類の被覆下侵入の傾向

アブラムシ類については、UVAフィルムの被覆下で侵入が抑制されることが報告されている<sup>4,17,18)</sup>。新品の変換フィルムでも同様の傾向が認められている<sup>4)</sup>。しかし、本研究ではハウレンソウ、ネギともアブラムシ類が寄生する機会が少なく、抑制効果とその持続性については明確にできなかった。なお、著者らが別途行った甘トウガラシを用いた試験では<sup>1)</sup>、変換フィルムの被覆下では展張2年目以降アブラムシの寄生がみられた一方、UVAフィルムの被覆下では4年目程度までは抑制効果がみられており、UVAフィルムの効果の方が長期間維持できるように思われる。

UVAフィルムは被覆下へのアザミウマ類の侵入も抑制すると報告されているが<sup>9,16,17,20)</sup>、本研究の試

験ではUVAフィルム、変換フィルムとも、展張1～3年目にあたる2005～2007年にネギにおいてアザミウマの食害がみられており、明確な抑制効果は確認できなかった。永井・野中<sup>16)</sup>はUVAフィルム被覆下でもアザミウマ類の侵入を完全に防止することは困難であると述べており、ハウスの形態等によっては十分な効果が得られない可能性があると考えられる。

### 4 まとめ

本研究で用いた変換フィルムについては、展張半年後にも効果が認められた場合や<sup>3)</sup>、半年経過後のフィルム被覆下で新品と比べて生育が悪かった場合<sup>5)</sup>が報告されている。これらの報告からは、本資材の効果の持続性が天候等によって変動することが伺われるが、本研究で展張2年目から日射の波長別透過性に関する特徴や生育促進効果が小さくなったことも総合して考慮すると、数年単位で光学的特性や作物生育に対する効果を維持することは困難で、展張して概ね半年～1年程度で効力が小さくなるようである。これは、過去に開発された紫外線-青色光変換フィルムの1ヶ月程度とされている特性の持続期間<sup>7)</sup>と比べて、長い期間の効果が期待できることを示すものと考えられる。しかし、数年使用するフィルムに対して付与する機能性としては持続期間が短い。本フィルムは、効果の減少後も一般の透明フィルムに対して生育の悪化をもたらすことはなかったため、長期展張しても特段の弊害はないが、新品時に近い機能性を期待し続けることも難しいといえる。本光質変換機能については、現状では、一年の内ある期間必要に応じて着脱して使用する資材や、半年～1年程度の使用を前提とした資材に応用することが有効と考えられる。具体的には、春～夏季に利用する、トンネル用や雨よけ栽培用の被覆材、遮光用資材等が想定できる。また、光質変換物質を被覆資材への混入だけでなく、塗布用、吹きつけ用といった、展張後のフィルムに機能を付加するための資材に応用することも、効果の持続性の短さを補う方法の一つとして考えられる。

UVAフィルムについては、現状では、既報の結果<sup>10,14)</sup>や本研究の結果から考えて、3～4年程度の持続的効果が期待できそうである。ポリオレフィン

系資材は5年程度の長期展張を行う場合もあり、もう1～2年効果の確実な期間が延長できれば、さらに実用性が高まるであろう。

## V 摘 要

紫外線を主として赤色光に変換するフィルム（変換フィルム）と紫外線カットフィルム（UVAフィルム）、一般の透明フィルム（対照フィルム）について、その光学的特性やハウレンソウと葉ネギの生育への影響が経年的にどう変化するか調査した。各フィルムは小型雨よけハウスに展張し、展張5年目まで、毎年被覆下で作物をプランタ栽培した。以下、結果の要点を示す。

- 1) 資材の日射透過性について、近紫外線域では、変換フィルム、UVAフィルムとも対照フィルムより透過率が低いが、変換フィルムの透過率は展張2年目から上昇する傾向がみられたのに対し、UVAフィルムは明確に上昇したのは展張4年目以降であった。光合成有効放射域については、変換フィルムにおいて、被覆下における赤色光の割合が多く青色光割合が少ないといった特徴がみられた。しかし、展張2年目以降はそれらの程度が小さくなった。UVAフィルムは、対照フィルムと比べ、光合成有効放射域の透過性に関して大きな差がなかった。遠赤色光域や近赤外線域の透過率については、各年とも供試フィルム間の差は小さかった。
- 2) 作物生育への影響については、変換フィルムやUVAフィルムの被覆下ではハウレンソウの草丈や葉面積、ネギの草丈や葉鞘径、生体重の促進がみられた。しかし、変換フィルム下では展張2年目以降は効果が減少した。UVAフィルムは新品時の効果は変換フィルムより小さかったものの、展張2～4年目は他のフィルムよりも被覆下作物の生育が良好であった。
- 3) 以上の結果や既存の報告を総合して考え、変換フィルムについては展張して概ね半年～1年程度で効力が小さくなり、UVAフィルムについては3～4年程度の持続的効果が期待できると結論づけた。

## 謝 辞

元東罐興産（株）植野耕造氏にはご在職中資材の提供等でご協力いただいた。近中四農研綾部研究拠点の大槻和子氏、業務第1科綾部駐在の職員諸氏には実験調査補助、ハウス周囲の環境整備等でお世話になった。感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 浜本 浩・安部順一郎・山崎敬亮 2010. 紫外線-赤色光変換フィルムや紫外線カットフィルムにおけるアブラムシ類抑制効果の経年変化. 日本農業気象学会2010年全国大会講演要旨: 113.
- 2) 浜本 浩・植野耕造 2006. 紫外線-可視光光質変換資材が野菜の成育に及ぼす影響. 園学雑 75別2: 542.
- 3) 浜本 浩・植野耕造・山崎敬亮 2008. 紫外線を可視光に変える光質変換資材が葉根菜類の成育に及ぼす影響. 農業気象 64: 81-86.
- 4) 浜本 浩・植野耕造・太田 泉・安部順一郎・山崎敬亮 2008. 紫外線-可視光光質変換資材が施設内へのアブラムシの侵入、増殖に及ぼす影響. 園学研 7別2: 558.
- 5) 浜本 浩・山崎敬亮 2009. 半年および2年展張した紫外線-可視光光質変換資材と新品資材の被覆下での葉菜類の生育. 園学研 8別2: 476.
- 6) Inada, K. 1976. Action spectra for photosynthesis in higher plants. *Plant Cell Physiol.* 17: 335-365.
- 7) 稲田勝美 1995. 着色フィルムの被覆は作物に有効か? [10]. 農及園 70: 794-798.
- 8) 稲田勝美 1997. 着色フィルムの被覆は作物に有効か? [31]. 農及園 72: 1019-1022.
- 9) 井上勝広・小川恭弘・尾崎行生 2008. 半促成長期どり栽培のアスパラガスに寄生するアザミウマ類の発生消長と近紫外線除去フィルムの効果. 園学研 7: 413-418.
- 10) 井上勝広・小川恭弘・尾崎行生 2008. アスパラガスの半促成長期どり栽培における生育と収

- 量に及ぼす近紫外線除去フィルムの影響. 園学研 7: 419-423.
- 11) 桂 直樹 1992. 光測定の実際. (社)照明学会編, 光バイオインダストリー. オーム社, 東京. 182-198.
  - 12) 龍 明華・大久保 敬・藤枝國光 1988. ホウレンソウの生育と内生ジベレリン活性に及ぼす近紫外線除去の影響. 九大農学芸誌 42: 157-162.
  - 13) McCree, K.J. 1971. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agric. Meteorol. 9: 191-216.
  - 14) 水上宏二・平田祐子・森山友幸 2008. アスパラガス等における近紫外線除去フィルムの昼行性害虫抑制効果と紫外線除去効果の持続性. 農及園 83: 481-486.
  - 15) 村松 功 1995. 軟弱野菜栽培における被覆資材の利用効果. 農及園 70: 799-805.
  - 16) 永井清文・野中耕次 1982. 紫外線除去フィルムによるミナミキイロアザミウマの防除. 植物防疫 36: 466-468.
  - 17) 中垣至郎・雨ヶ谷洋・小沼 寛 1984. 近紫外線域除去フィルムが作物の生育, 害虫の寄生に及ぼす影響 (第4報) トマトの害虫の寄生に及ぼす影響. 茨城園試研報 12: 89-94.
  - 18) 中垣至郎・関口計主・小沼 寛 1982. 近紫外線域除去フィルムが作物の生育, 害虫の寄生に及ぼす影響 (第2報) 害虫の寄生に及ぼす影響. 茨城園試研報 10: 39-47.
  - 19) 西村安代・福元康文・有賀広志・下井保子・進紗耶香 2008. 波長変換フィルム下におけるアブラナ科蔬菜の生育特性. 園学研 7別1: 372.
  - 20) 野中耕次・永井清文 1983. 果菜類を加害するアザミウマ類の生態と防除に関する研究 第7報 紫外線除去フィルムによるミナミキイロアザミウマの防除. 九州農業研究 45: 119-120.
  - 21) 小沼 寛・中垣至郎 1982. 近紫外線域除去フィルムが作物の生育, 害虫の寄生に及ぼす影響 (第1報) ピーマン, キュウリの生育に及ぼす影響. 茨城園試研報 10: 31-38.
  - 22) 高市益行 2002. 紫外線カットフィルムの種類と特性. 農業技術大系野菜編12. 農文協, 東京. 施設・資材37-38.
  - 23) 山崎博子・大井 龍・濱野 恵・大和陽一・三浦周行 1999. 赤色光/遠赤色光比がハクサイ, ダイコンおよびホウレンソウの花成に及ぼす影響. 園学雑 68別1: 101.

## Aged Changes of Optical Characteristics and Effects on Growth of Leaf Vegetables in An Ultraviolet - Red Light Translation Film and An Ultraviolet Absorbing Film

Hiroshi HAMAMOTO, Keisuke YAMAZAKI, Yuko YOSHIDA and Jun-ichiro ABE

### Summary

A newly designed film that absorbs ultraviolet radiation and fluoresces red light (UV - R film) , an ultraviolet absorbing film (UVA film) , and a normal clear film (control film) were tested as rain shelters for the spring cultivation of spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) . The films were continuously used for five spring cultivations. The results and conclusion are as follows.

- 1) In new films, transmittances of near ultraviolet radiation of UV - R film and UVA film were smaller than that of control film. The transmittances of UV - R film became larger since second-year cultivation but UVA film did so since forth-year cultivation. Transmittance of photosynthetically active radiation (PAR) was not clearly different between UVA film and control film. In PAR under new UV - R film, red light percentage was larger and blue light percentage was smaller than PAR under UVA and control films. However, this characteristic of UV - R film became smaller since second-year cultivation.
- 2) New UV - R film and UVA film promoted growth of spinach and Welsh onion, especially in plant height, spinach leaf area, and Welsh onion's fresh weight and leaf sheath diameter, compared with control film. The effect of UV - R film became smaller since then but the effect of UVA film was found until forth-year cultivation.
- 3) Considering the results of the present and earlier studies, effects on light condition and plant growth of UV - R film would decrease after half-year to one-year use. The effects of UVA film can be expected to keep for three to four years.