数種のべたがけ資材が初夏のコマツナの生育に及ぼす影響

五十嵐大造・辻野宏明・神谷憲司・三浦泰昌

東京農業大学短期大学部

Effects of Floating Row Cover Materials on the Growth of Komatsuna
(*Brassica campestris* L.) in Early Summer

Daizou IGARASHI, Hiroaki TSUJINO, Kenji KAMIYA and Yasumasa MIURA

Tokyo University of Agriculture, Junior College, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502, Japan

(Received April 18, 2001)

We investigated the effects of microclimate under floating row cover materials on the growth of komatsuna (*Brassica campestris* L.). Under a newly developed row cover film 'Agrihot' (spunbonded polyester non-woven fabric combined with polyethylene flat checker-patterned yarn), soil temperatures in the nighttime were higher, and lower in the daytime than those in the open field, while air temperatures were slightly higher than that under no cover condition. On the other hand, soil and air temperatures under PVA non-woven fabric 'Tufbell3800N' and polyester non-woven fabric 'PASS LITE' were higher than the open field. The stem and leaf fresh weight, the maximum leaf length and the number of leaves of komatsuna were largest under 'Agrihot,' while the total sugar and nitrogen contents in the leaves were slightly lower than those of outdoors. These indicate that 'Agrihot' is useful to maintain air and soil temperatures adequately for komatsuna cultivation under hot conditions in early-summer.

Keywords: komatsuna, microclimate, new material, row cover, temperature

2001年4月18日受付

はじめに

べたがけ栽培は、長繊維不織布が登場した1980年代以降保温や防虫等を目的に急速に普及した。しかし長繊維不織布や割繊維不織布を夏期に使用しても、内部が高湿多湿になることから生育面での有利性は認められず (Hamamoto, 1992) ほとんど利用されていない。べたがけ内部の気温上昇は、外気温、潜熱伝達量、資材の遮光率および通気性の影響を受ける (Okada, 1997)。実際に遮光率が高くかつ通気性の優れた防風ネットや寒冷紗のべたがけは、熱帯や亜熱帯地域での

高温対策として有効であることが報告されているように (Hanada and Saharan, 1988; Okimura and Hanada, 1993)、外気温が高いときには遮光率が高く、通気性に優れた資材を選択する必要がある。

筆者らは、凍害防止を目的に放射冷却を軽減し、かつ通気性を高める新資材 (商品名: アグリホット) を開発した (Igarashi et al., 2000) が、本資材を初夏の高温期にコマツナ栽培に使用したところ、気温・地温の上昇抑制による生育促進効果があり、高温期での実用性が高いことが認められたので報告する。

材料および方法

1. 試験区

べたがけ資材として、アグリホット（パスライトとポリエチレン製フラットヤーンを組み合わせた資材、ユニチカ製、以下資材 A）、パスライト（ポリエステル製長繊維不織布、ユニチカ製、以下資材 B）、とタフベル 3800N（ポリビニルアルコール製割繊維不織布、カネボウ化成製、以下資材 C）を供試し、対照に無被覆区を設けた。

資材 A は、パスライトとポリエチレン製フラットヤーン（以下ネット）を組み合わせたもので、ネットは、幅 3 mm のポリエチレンテープを 10 mm 間隔の格子状に熱融着したもので、結果的にテープ間に縦横 7 mm の間隙を有する。このネット上に、幅 39 cm のパスライトを 15 cm の間隙で熱融着した製品がアグリホットである。従って、幅 39 cm 幅の長繊維不織布と 15 cm 幅のネットが見かけ上 54 cm 間隔で繰り返される構造となる（Fig. 1）。なお、資材 A は、キャベツの凍害対策用に開発したために、キャベツの条間（54 cm）に合わせて等間隔にパスライトが融着されている。

2. 実験方法

コマツナ‘みすぎ’を、1999 年 5 月 14 日に東京農業大学用賀圃場の幅 1 m × 長さ 6 m の播種床に、条間 10 cm × 株間 10 cm で 5 条播種した。べたがけ資材は、播種直後にグラスファイバー製の骨材を用いて、間口 1 m、中央部の高さ 30 cm のトンネル状に播種床全体を被覆した。裾は地表面まで下げて余った部分をたぐり寄せ、U 字の針金で地面に固定した。なお、A 区は、トンネル中央部の上面にパスライトが配置されるよう

Fig. 1 A newly developed row cover film ‘Agrihot’: polyethylene checker-patterned yarn laminated with 39-cm wide stripes of spunbonded polyester non-woven fabric.

に被覆した。

温度の測定はすべて直径 0.32 mm の T 型熱電対を用いた。

地温は、播種直後に地温測定用センサーを播種床中央部の地下 5 cm に埋め込み、気温は播種床中央部の地上 10 cm にセンサーを設置して双子葉展開時の 5 月 28 日から計測を開始した。なお、気温センサーの上部にはアルミホイルの簡単な放射除けを付けた。データはすべてデータロガー（CR-10、キャンベル社製）を介して 1 分毎に計測し、15 分毎にその平均値を記録した。また、1 日の気温と地温の最高および最低値を午前 0 時に記録した。

日積算日射量は、調査圃場から約 13 km 離れた東京都千代田区の東京管区気象台のデータを引用した。

試験区によって生育差が大きくなり、気温センサー周辺部の通気性と地温センサー地表面の受光状況が異なってきたため、地・気温の計測は 6 月 6 日で打ち切った。

生育調査は 1999 年 6 月 2 日、8 日および 11 日に、10 株ずつ採取して地上部生体重とその乾物重、最大葉の葉長、葉長が 2 cm 以下の葉を除いた展開葉枚数を測定した。また全展開葉の葉面積を葉面積計（AAM-9、林電工製）で測定し、クロロフィル含量は SPAD 簡易葉緑素計（SPAD-502、ミノルタ製）で推定した。クロロフィル含量の測定は 1 株の最大葉の上で無作為に 5 か所測定し、平均値をその葉の SPAD 値にした。

全糖含量は全茎葉を凍結乾燥後、粉碎し、試料 0.2 g を用いて 80% エタノールで抽出し、フェノール硫酸法により定量した。全窒素量はガンニング変法、カルシウム含量は原子吸光光度計（170-50A、日立製作所製）により求めた。

結 果

1. 温度環境

日最低気温・地温および日最高気温・地温の推移を Fig. 2 に示した。日最低気温は 13~20°C 前後で推移し、試験区間の差は 0.5°C 以下であった。また、日最低地温は約 15~21°C で推移し、べたがけの 3 区は無被覆区よりも 1~2°C 高く推移した。日最低気温が概ね 15°C 以下のときには無被覆区との地温差が拡大する傾向がみられた。資材では C 区が、A 区と B 区より約 0.5°C 高く推移した。

日最高気温は B 区と C 区が無被覆区よりも 1~5°C 高く推移し、A 区は 0~1°C 高く推移した。日最高地温

Fig. 2 Changes in air (top) and soil (bottom) temperatures under cover and outdoors (left : minimum, right : maximum).
A : Agrihot, B : Tufbell3800N, C : PASS LITE.

Fig. 3 Difference of maximum air and soil temperatures between row cover and outdoors plotted against daily solar radiation (left : soil temperature at a depth of 5 cm below the ground, right : air temperature at a height of 10 cm above the ground).
Symbols are the same with Fig. 2.

は、B 区が無被覆区よりも 0～0.5℃、C 区が 1～2℃ 高く推移した。これに対して、A 区は無被覆区よりも 1～2℃ 低く推移した。

べたがけ区の日最高気温および地温から無被覆区の日最高気温および地温を差し引いた数値と日積算日射量の関係を図 3 に示した。無被覆区との最高気温差は、B 区と C 区では日射量の増加に伴って拡大し、B 区

では最大約 5℃、C 区で約 4℃ に達した。一方、A 区では概ね 0～1℃ 高かったが、日射量との間には一定の関係が認められなかった。無被覆区との最高地温差は、C 区では日射量に関わらず無被覆区より 1～2℃ 高く、B 区は 0～1℃ 高かった。一方、A 区では日積算日射量が約 5 MJ/m² では無被覆区よりも約 0.5℃ 高かったが、15 MJ/m² 以上では日射量の増加に伴って、A 区

Fig. 4-1 An example of diurnal changes in air and soil temperatures.
Symbols are the same with Fig. 2.

Fig. 4-2 Diurnal changes of temperature differences subtracted outdoor temperature from those of row covers.
Symbols are the same with Fig. 2.

の方が低くなり、その差は最大で 2.4°C であった。

1999 年 5 月 30 日 (晴天日) の各区の気温と地温の経時変化を Fig. 4-1 に、無被覆区との温度差を Fig. 4-2 に示した。夜間の気温は C 区が無被覆区よりも 0.5°C 程度高かったが、A 区と B 区では差が認められなかった。一方、日中は気温の上昇に伴って無被覆区との差が拡大し、B 区では 4~5°C、C 区では 2~3°C、A 区で 1~2°C 高かった。

夜間の地温は、べたがけの 3 区とも無被覆区よりも 1~2°C 高く推移した。その差が最も大きかったのは C 区で、A 区が最も小さかった。日中の C 区と B 区では、無被覆区よりも 1~2°C 高く推移したが、A 区では逆に 0~1°C 低く推移した。

2. コマツナの生育状況

地上部生体重量とその乾物重、葉面積、SPAD 値、葉枚数および最大葉長の推移を Fig. 5 に示した。

地上部生体重量は生育初期の 6 月 2 日では差がなかったが、6 月 8 日、11 日には A 区が最も大きく、無被覆区が最も小さかった。一方 C 区では 6 月 8 日から 11 日にかけてほとんど増加しなかった。これは葉面積と乾物重が増加していることから 6 月 11 日のサンプル

リング時にしおれが出たためと考えられる。乾物重は、6 月 8 日および 11 日には、A 区が最も重く、C 区、B 区の順で無被覆区が最も軽かった。葉面積は 6 月 8 日および 11 日には A 区が最も大きく、B 区と C 区はほとんど同じで、無被覆区が最も小さかった。また、葉面積当たりの乾物重は無被覆区が最も大きく、C 区、A 区の順で B 区が最も小さかった。

SPAD 値は無被覆区が最も高く、C 区、A 区、B 区の順であった。A 区と B 区は無被覆区よりも低かったが、目視では、明らかな葉色の低下は認められなかった。

最大葉長は A 区が最も長く、無被覆区が最も短く、その差は収穫適期の 6 月 8 日から 11 日の段階で約 7 cm に達した。しかし、葉枚数にはほとんど差がなかった。

3. 葉内成分の糖、窒素およびカルシウム含量

各区の茎葉部の全糖含有量、窒素およびカルシウム含有量を Fig. 6 に示した。全糖含有量は、6 月 2 日にはいずれの試験区も 5~6 g/100 g DW の範囲にあった。しかし 6 月 11 日には C 区が 9.1 g/100 g DW と最も

Fig. 5 Changes in stem and leaf fresh weights, leaf area, SPAD, leaf length and number of leaves.

Fresh weight and leaf area : mean of 10 plants. SPAD : mean of 10 plants measured by chlorophyll meter (Minolta Co.). Leaf length : mean of the longest leaves of individual 10 plants.

高く、次いで無被覆区が 7.9 g/100 g DW で、A 区と B 区は 6.8 g/100 g DW, 6.9 g/100 g DW と低かった。

全窒素含有量は 6 月 2 日には C 区が 2.7 g/100 g DW と最も高く、A 区が 2.1 g/100 g DW と低かったが、6 月 11 日にはすべての試験区が 2.1~2.3 g/100 g DW の範囲にあり、明らかな差は認められなかった。

カルシウム含有量は 6 月 2 日には全区 1.9~2.0 g/100 g DW の範囲にあり、差はほとんど認められなかったが、6 月 11 日にはべたがけ区では 2.4~2.6 g/100 g DW であったのに対して、無被覆区は 2.2 g/100 g DW と最も低かった。

考 察

広く普及している長繊維不織布や割繊維不織布資材のべたがけでは、夏期の気温上昇を抑制できないために、使用時期が制限されるのが実状である。Hamamoto (1992) は、対象植物の生育適温を上回る環境条件下でべたがけしても、生育面での有利性が認められないと

している。一方、コマツナをはじめとするツケナ類の生育適温は 18~20°C、また発芽当初の適地温は 26°C であることから (Aoba, 1979)、コマツナもほぼ同じ温度が適温と考えられる。本試験では、5 月 30 日以降の最高気温は無被覆区が 30°C 以上で、べたがけによってさらに上昇することから、すべての試験区でコマツナの生育適温を上回っていた。地温も同様に無被覆区が 26°C 以上であり、B 区と C 区は、さらにこれを上回っていた。しかし A 区は無被覆区よりも低かった。このような温度条件下で、べたがけ区の生育は無被覆区を上回り、その中で最も旺盛な生育を示したのは A 区であった。これは A 区内の最高気・地温が B および C 区よりも低かったためと推察される。

最高地温は A 区が、他の 2 資材よりも 2~3°C 低かったが最低地温では差がなかった。このような A 区の地温上昇抑制が、他のべたがけ区よりも生育を旺盛にさせた要因と考えられた。

一方、無被覆区では、最高気温が最も低く、生育適

Fig. 6 Changes in sugar, calcium and nitrogen contents in leaves.

温に近かったにもかかわらず、生育量はいずれのべたがけ区よりも劣った。これは、日最低地温が全べたがけ区でも適地温よりも低いのに、さらに約2°C低く推移したことや、べたがけ区の日最高気温が40°C近くまで上昇しても一時的であり、最低地温の影響の方が長時間持続するためにその影響が現れ易かったと考えられる。さらに、べたがけ下では、土壌の膨軟性の維持、蒸散の抑制等の影響を受けて生育に有利に働いたためと考えられる。

3種のべたがけ資材間での温度環境の違いと資材特性の関係については次のように考えられる。

べたがけ資材各区の気温から無被覆区の気温を引いた値と日積算日射量との関係では (Fig. 3), B区とC区では、日射量の増加に伴ってその数値が大きくなり、最高で4~5°Cに達した。これに対して、A区では0~2°Cにとどまった。このことはA区では、内部気温の上昇に対して日射量の影響が小さいことを示している。

各資材の透光率は、放線面ではBが90%, Cが92~94% (Kawaguchi, 1997) と大きな差はないものの、実際の展張時ではBは77%, Cは86% (Chen et al.,

1988) と10%近い差が生じる。このときAの透光率はネットを無視したとしても、Aに融着したBの占める面積比から、最高でも83%となる。

一方、空隙率はBが39%, Cは48% (Chen et al., 1989) であることから、Aの空隙率は、ネット部分が49%で、ネットにバスライトを融着した部分は、両者の空隙率49%と39%を乗じると19%となり、資材全体では面積比から27%となり、Aの空隙率が最も低い。それでもA区の内部気温の上昇が小さかったのは、ネット部分の7mm間隔という大きな目合いが通気性を高めたためと考えられる。B区とC区を比較すると、B区では透光率が低かったものの空隙率も低く、C区はその逆となり、これら二つの要因が作用し合うことによって、結果的にほぼ同程度の温度上昇を示したと考えられる。

地温では、A区の最高地温が最も低かった。これは、通気性に優れていることから、気温上昇を抑制したためにコマツナの生育が旺盛となって葉面積が増大し、その日陰によって最高地温の低下をもたらした、さらに生長を促進するという好適な循環が生じたためと考えられる。5月30日以降から無被覆と比較しても低くなったのは、通気性による気温上昇の抑制に加えて、コマツナの生育が旺盛になってきて、その日陰によって地温低下をもたらしたからと思われる。一方、B, C区との最高地温差と生育量の違いが現れたのは、B, C区ではこのような好適な循環の影響が小さかったためと考えられる。C区の方がB区よりも高かったのは、コマツナの葉面積はほぼ同じで、無被覆と比較した内部気温の上昇程度もほぼ同じであることから、展張時の透光率の違いが、最高地温の差となって現れたものと思われる。

葉内成分のうち、全糖含量はAとB区が他より低くなった。これはA, B両資材の透光率がC区よりも低く、被覆下作物の純同化量が少なかったためと思われる。一方、窒素およびカルシウム含量は各区の差は小さく、本実験での温度や遮光の範囲内では品質面での影響はないと思われた。また最大葉長はA区が無被覆よりも約7cm長かったが、葉面積も同様に大きかったことから、目視では徒長しているようには認められず、葉色にも差がなかったことから、べたがけによる軟弱徒長による品質上の問題はないと思われた。

これらのことから、最高気温が生育適温を上回る初夏には、資材全体の空隙率から判断するのではなく、部分的でも、目合いが十分に大きく、通気性の高い資

材を用いて、生育に影響を及ぼさない程度に遮光するのが良いと考えられる。その点で A 資材は、資材全体の空隙率は小さくても、部分的でも 7 mm 目という大きな目合いが十分な通気を保っており、気温や地温の上昇抑制に大きな機能を果たしていた。具体的な目合いの数値は、さらに検討を要するが、均質な資材で大きな目合いをとるよりも、部分的でも十分な通気性を持った資材が夏期の栽培に有効と考えられる。

摘 要

べたがけ資材として、タフベル 3800N、パスライトおよび筆者らが開発したアグリホットを使用し、夏期のべたがけが気・地温とコマツナの生育ならびに品質に及ぼす影響を調査し、以下の結果を得た。

① アグリホットは、無被覆区に比べて最低地温を高く保持する一方、最高地温を低く保持するとともに、日射量の増大に伴う地温の上昇も低く抑えた。

② アグリホット区の日中の気温は、無被覆区よりも 1~2℃ 高い程度にとどまった。これに対して、タフベルおよびパスライト下の気温と地温は無被覆区よりも高かった。アグリホットでの温度上昇が抑えられたのは、構造面から通気性が高かったためと考えられた。

③ コマツナの生育はアグリホットが最も旺盛で、全糖と窒素含量は他の試験区よりもわずかに低かったが品質的な差は認められなかった。

以上の点から、アグリホットは初夏の栽培において実用性の高い資材と考えられた。

本研究の実施にあたり、実験圃場の気象環境調査について東京農業大学生産環境工学科の高橋 悟教授より多大なご協力をいただいた。また、べたがけ資材の

製造および提供については、大洋興業（株）の磯部俊一氏より多大なご協力をいただいた。記して深く感謝の意を表する。

文 献

- Aoba, T. (青葉 高) 1979. Varieties, ecology, and culture of Brassica greens (ツケナ類の品種, 生態, 栽培). (Japanese text) In "Nogyo-Gijutsu-Taikai: Yasai," Vol. 7 (農業技術体系野菜編 7). Nobunkyo (農文協), Tokyo, p 44-46.
- Chen, Q., Okada, M., Aihara, Y. 1988. Relationships between microclimate under plant blankets and physical properties. *Acta Hortic.* **230**: 559-564.
- Chen, Q., Okada, M., Aihara, Y. 1989. Studies on longwave length radiation properties of row cover (Plant blanket), net radiation and leaf temperature under row cover. (Japanese text with English summary) *J. Agric. Meteorol.* **44**: 281-286.
- Hamamoto, H. 1992. Effects of daytime row covering and nighttime row covering on growth of Japanese Komatsuna and spinach. (Japanese text with English summary) *J. Agric. Meteorol.* **48**: 257-264.
- Hanada, T., Saharan b. A. 1988. Shade culture of vegetables in the tropical lowland. (Japanese text) *J. Trop. Agric. Res. Cent.* **60**: 101-110.
- Igarashi, D., Uematsu, H., Miura, Y. 2000. Development of new contacting row cover materials to prevent cold injury in cabbages during growing. (Japanese text with English summary) *J. Agric. Meteorol.* **56**: 295-301.
- Kawaguchi, K. (川口和雄) 1997. Row cover materials with many varieties (いろいろあるぞべたがけ資材). (Japanese text) In "How to Use Row Cover" (べたがけを使いこなす) (ed. by Okada, M., Ozawa, K.). Nobunkyo (農文協), Tokyo, p 14-15.
- Okada, M. (岡田益己) 1997. Understanding the characteristics of cover materials and their effects on climate (資材の特性とその作用を理解しよう). (Japanese text) In "How to Use Row Cover" (べたがけを使いこなす) (ed. by Okada, M., Ozawa, K.). Nobunkyo (農文協), Tokyo, p 22-34.
- Okimura, M., Hanada, T. 1993. Effect of row cover on the growth of leafy vegetables in the subtropical zone of Japan. *JARQ* **26**: 294-303.