

北海道北部の積雪地域における無加温パイプハウスを利用したコマツナの厳冬期生産*¹

地子 立*² 高濱 雅幹*³

空気膜二重構造のフィルムと内張りカーテンおよびトンネルを被覆したパイプハウス内では無加温条件下でも厳冬期において極めて高い保温効果が得られ、夜間の最低外気温が-26.8℃まで低下した際のトンネル内最低気温は-3.3℃であった。また、単回帰分析によりハウス内の最低気温は夜間の最低外気温を用いて予測できると考えられた。コマツナを多重被覆パイプハウス内へ9月下旬から10月上旬に播種すると、12月下旬から1月下旬にかけて収穫可能となり、2.6 t/10 a以上の収量を得ることができた。以上の結果から、多重被覆を施したパイプハウスを利用することにより北海道北部の積雪地域においてコマツナの厳冬期無加温生産が可能であることが明らかとなった。

緒 言

冬の寒さが厳しい北海道では多大な加温コストが必要とされる冬期間の野菜生産は導入が難しいと考えられてきた。それゆえ、北海道では冬期間に消費する野菜の大部分を道外産に依存している。2018年の札幌市中央卸売市場における葉茎菜類の取扱数量の道外割合を夏（7月～9月）と冬（1月～2月および12月）とで比較すると、夏が3.7%であったのに対して冬は67.7%であった²⁾。このような状況では、異常気象等により道外産が不作に陥ると北海道への供給量が減少し、冬場の野菜価格が上昇する。さらに近年は原油価格の高騰による輸送費の増加が冬場の野菜価格を押し上げる傾向にある。そのため、道内の市場や小売業者からは周年供給が必要な野菜に関しては冬場であっても道内で安定生産してほしいとの要望が年々強まっている。そこで北海道立総合研究機構では暖房機を使用しない無加温パイプハウス内において12月～1月の厳冬期に葉菜類を生産する技術開発を進めることとなった。

耐寒性の高い葉菜類としてはハウレンソウやコマツナが知られており、1990年代初めには東北農業試験場（現東北農業研究センター）においてその特性を活かした「寒締め栽培」と呼ばれる栽培方法が開発された³⁾。無加温パイプハウス内で比較的温暖な秋の間に収穫可能なサイズまで生育させた後、初冬からパイプハウスの側窓を開放して植物体を人為的に外気にさらすことにより糖含量や栄養価を高める栽培方法で、現在では平取町、北見市、名寄市、旭川市など、北海道の各地でハウレンソウの寒締め栽培が行われている。一方、コマツナの耐寒性はハウレンソウよりも低いと報告されており¹⁾、北海道内ではコマツナの寒締め栽培の導入は一部の地域に限られた状況にある。そこで本研究では、北海道北部の積雪地域でのハウレンソウ以外の葉菜類の厳冬期生産を目標に、植物体を外気にさらす寒締め処理は行わずに、低温時の夜間は農業用資材の被覆処理を行うことで植物体を保温し、12月～1月の厳冬期にコマツナ (*Brassica rapa L. Perviridis* Group) を収穫する栽培方法について検討したので報告する。

試験方法

1. 栽培条件と管理

3か年の試験はすべて上川農業試験場（北海道上川郡比布町）の無加温パイプハウス内で実施した。本試験に用いたパイプハウスの保温装備を第1図にまとめた。保温性を向上させるため本研究では外張りの天井に空気膜二重構造のフィルムを採用した。

コマツナの品種には‘陽翠’（渡辺農事株）を供試し、

2020年11月26日受理

*¹ 本報の一部は、平成27年および平成28年北海道園芸研究談話会研究発表会、園芸学会平成28年秋季大会において発表した。

*² （地独）北海道立総合研究機構上川農業試験場（現：同花・野菜技術センター、073-0026 滝川市）
E-mail: jishi-tatsuru@hro.or.jp

*³ （地独）北海道立総合研究機構道南農業試験場（現：同上川農業試験場、078-0397 上川郡比布町）

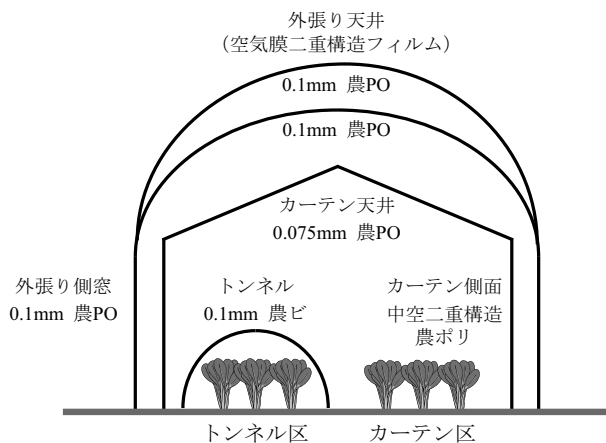


図1 無加温パイプハウスの保温装備

農PO：ポリオレフィン系特殊フィルム
 農ビ：塩化ビニルフィルム
 農ポリ：ポリエチレンフィルム

直播の無マルチ栽培とした。畝間15 cm，株間5 cmに設定して1 cm程度の深さに2～3粒播種し，第1本葉展開時に1個体に間引きした。施肥量 (kg/10 a) はN:P₂O₅:K₂O = 15:15:15とし，全量を耕起時に全面全層施用した。積雪までのハウス内の温度管理は外張りの側窓フィルムに設置した自動巻き上げ機で行い，ハウス内の地上20 cm高の気温が25℃に達したら側窓フィルムが開くように制御した。積雪後は自動巻き上げ機の制御を停止し，側窓フィルムは閉め切り管理とした。ハウスの倒壊を防ぐためにハウス周辺部に雪が積もった場合はその都度除雪した。灌水は作土層が乾燥しない程度に11月上旬まで適宜行った。すべての試験において殺菌剤および殺虫剤の散布は行わなかった。

2. 試験A (パイプハウスA 2014～2015年試験)

長さ30.0 m，幅6.0 m，軒高1.8 m，棟高3.3 mのパイプハウスAを供試した。試験処理は第1図に示した保温処理の2水準 (トンネルの有無，以下トンネル区およびカーテン区と表記) と播種期の3水準 (2014年9月29日，10月6日，10月14日) を組み合わせた6水準とした。トンネル区の支柱には高さ0.6 m，幅1.5 mのアーチを使用した。試験規模は1区1.35 m² (幅1.5 m × 長さ0.9 m) の2反復とし，保温処理を主区にした分割区法の試験配置とした。2014年12月4日から2015年2月24日の夜間 (夕方16時から翌朝9時までの時間帯) は，外張りフィルムとカーテンを閉め切り，トンネルフィルムを被覆して多重被覆条件で保温した。

各試験区の中央には地上20 cm高の気温を測定するためにセンサー内蔵タイプの温度データロガー (おんどとり

Jr. RTR-51A，(株)ティアンドデイ) をそれぞれ1個ずつ設置し，無風条件で1時間ごとに記録して2地点 (2反復) の1時間ごとの平均気温を算出した。なお，ハウスの外気温については上川農業試験場内に設置された気象観測装置のデータを用いた。

収穫調査は保温処理18日後の2014年12月22日，保温処理54日後の2015年1月27日，保温処理82日後の2015年2月24日に実施した。各試験区から12株をサンプリングし，葉先枯れや葉柄の亀裂などの低温障害や病害，老化葉の発生状態を株ごとに観察して健全株率を算出した。また，健全株については調製後の最大葉長と株重を測定した。収量 (t/10 a) は株重に健全株率と栽植密度 (133,333個体/10 a)，ハウスの面積利用率 (75%) を乗じて算出した。さらに，試験区ごとに調製後の健全株の最外葉をポリエチレン袋に集め，フリーザーで凍結させた後，常温で解凍しながら木槌で粉碎し，得られた搾汁液の糖度 (Brix) をデジタル糖度計 (PR-101α，(株)アタゴ) で測定した。

3. 試験B (パイプハウスB 2015～2016年および2016～2017年試験)

試験Aで用いたパイプハウスAに隣接する長さ18.0 m，幅6.0 m，軒高1.6 m，棟高3.1 mのパイプハウスBを供試した。試験Aと同じ保温資材 (第1図) を新たに準備し，2か年にわたって使用した。試験方法や調査方法は試験Aと同様に行った。

2015～2016年の試験では2015年9月28日，10月8日，10月16日に，2016～2017年の試験では2016年9月28日，10月7日，10月14日にそれぞれ播種した。

外張りとカーテン，トンネルを用いた保温処理は2015年12月17日から2016年2月25日と2016年11月10日から2017年2月6日の夜間 (夕方16時から翌朝9時までの時間帯) に実施した。

2015～2016年の収穫調査は保温処理5日後の2015年12月22日，保温処理41日後の2016年1月27日，保温処理69日後の2016年2月24日に，2016～2017年の収穫調査は保温処理44日後の2016年12月22日，保温処理70日後の2017年1月26日にそれぞれ行った。

結果および考察

1. 農業用資材の多重被覆による保温効果

本研究では，農業用資材の多重被覆条件下の保温性を評価するために，夕方17時～翌朝8時までの時間帯の試験区内の最低気温を日最低気温と定義し，同時帯の最低外気温と比較した。なお，今回使用した温度データロガーはセンサー内蔵タイプの仕様であり，日中は日射による測定誤差が生じている可能性が高かったため，日平均気温や日最高気温に関する解析は行わなかった。

試験Aおよび試験Bにおける最低気温の推移を第2図にまとめた。試験Aでは夜間の外気温が2015年2月4日と翌日の2月5日にそれぞれ-25.5℃まで低下したが、その時のカーテン区の最低気温は-9.5℃、-9.8℃となり、空気膜二重構造の外張りフィルムとカーテンの利用により15.7℃以上の保温効果が生じた（第2図A）。さらにトンネルフィルムを追加すると保温効果はより一層向上し、トンネル区の気温は-2.8℃と-3.0℃で、カーテン区と比較して6.7℃以上高かった。外気温と比較すると、22.5℃以上の気温差となり、空気膜二重構造の外張りフィルムとカーテン、トンネルフィルムの多重被覆処理により極

めて高い保温効果が得られた。

同様な結果は試験Aと異なるサイズのパイプハウスを供試した試験Bでも確認された。すなわち、2015～2016年試験において夜間の外気温が2016年1月25日に-26.2℃まで低下した時、カーテン区の最低気温は-8.1℃、トンネル区の最低気温は-2.8℃となり、外気温よりもそれぞれ18.1℃、23.4℃高かった（第2図B1）。また、同じパイプハウスを供試した2年目の試験（2016～2017年試験）でも、2017年1月24日に-26.8℃まで低下した時のカーテン区の最低気温は-9.1℃、トンネル区の最低気温は-3.3℃となり外気温との差はそれぞれ17.7℃、23.5℃となった（第2図B2）。

以上の結果から、パイプハウスの大きさや試験年次に関わらず、夜間に農業用資材を多重被覆するだけで、暖房機を使用することなく、極めて高い保温効果が得られることが明らかとなった。

空気膜二重構造フィルムの導入により保温性が高まること^{3, 4, 7, 12)}が報告されているように、農業用資材の多重被覆、もしくは多層化により温室内の保温性を向上させる研究は以前から行われてきた^{5, 6)}。しかしながら、これまで外気温が-26.8℃から-25.5℃まで低下する極低温環境下において、暖房機で加温することなく、農業用資材を多重被覆するだけの条件で無加温パイプハウス内の気温を測定した事例がなかったため、本研究で確認された現象（無加温での極めて高い保温効果）に関する知見がなかった。今後はハウス内外の熱の出入りも詳細に調査し、本現象の解析を進める必要がある。

次にハウス内の最低気温と最低外気温との関係を明らかにするために各試験年次において試験区内の最低気温を目的変数、最低外気温を説明変数として単回帰分析を行った。本研究では保温処理の時期が各試験年次で異なったことから、可能な限り条件を揃えるために、3か年で共通して処理を行った12月17日から2月6日の測定データを用いて解析を実施した。

試験Aではカーテン区において $y = 0.400x + 1.815$ の一次回帰式が見出され、その寄与率は0.903であった。一方、トンネル区の一次回帰式は $y = 0.221x + 2.925$ となり、その寄与率は0.820であった（第3図A）。ともに高い寄与率が得られ、回帰式への当てはまりが良好であることから、カーテン内とトンネル内の最低気温は夜間の最低外気温によって説明できることが示唆された。2つの回帰式を比較すると、トンネル区の回帰式の傾きがカーテン区の傾きよりも小さいことから、トンネル区ではより温度が下がりにくいことが示され、トンネルフィルムを追加するだけで保温性が大きく向上していることが改めて確認できた。

試験Aと異なるパイプハウスを用いた試験Bにおいて

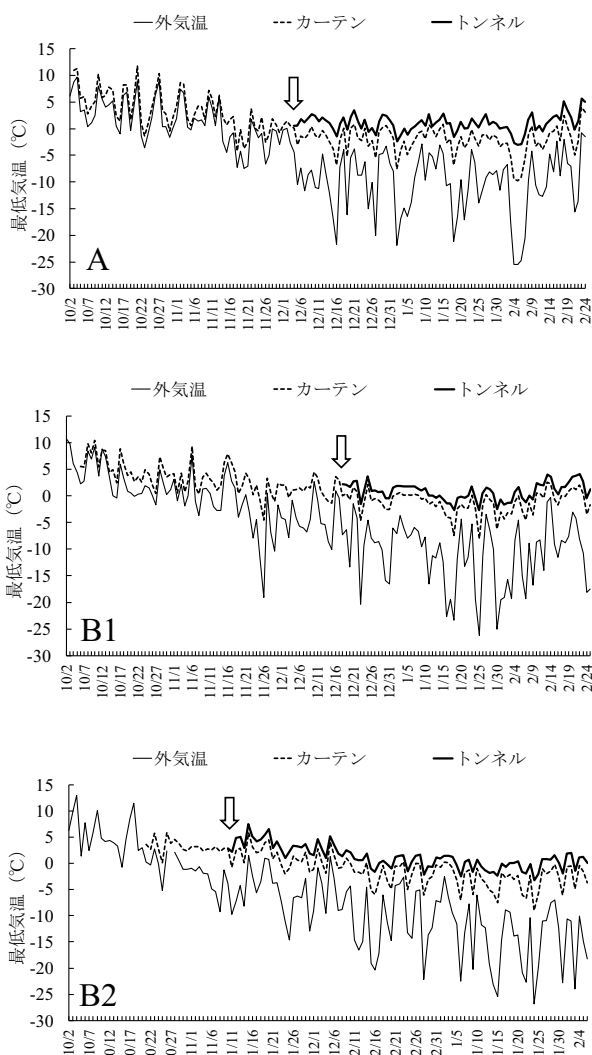


図2 最低気温の推移

- A：パイプハウスA 2014～2015年試験，保温期間は2014年12月4日から2015年2月24日
 - B1：パイプハウスB 2015～2016年試験，保温期間は2015年12月17日から2016年2月25日
 - B2：パイプハウスB 2016～2017年試験，保温期間は2016年11月10日から2017年2月6日
- 矢印は保温処理開始日を示す。

もほぼ同様の解析結果となった。すなわち、2か年ともにカーテン区、トンネル区においてそれぞれ0.745から0.902の高い寄与率を示す一次回帰式が得られた（第3図B1, B2）。カーテン区とトンネル区における各試験年次の寄与率がそれぞれ安定して高いことから、試験Bにおいてもカーテン内とトンネル内の最低気温は夜間の最低外気温によって予測できることが示唆された。しかしながら、得られた一次回帰式が2か年で完全には一致しておらず、解析結果には年次間差が生じていることから、

より高い精度の予測式を得るには同じ調査時期での複数年の測定値を用いて解析する必要があると考えられた。

試験Aと試験Bではハウスの大きさや試験年次が異なったにもかかわらず、それぞれの試験区の寄与率が安定して高かった。このことから、北海道の厳冬期のような極低温環境下では、日射のない夜間の外気温とハウス内の気温との関係は複雑なものではなく、夜間の最低外気温からハウス内の最低気温を予測できると考えられた。

岡田⁶⁾は無加温温室の保温性を評価するためには地温

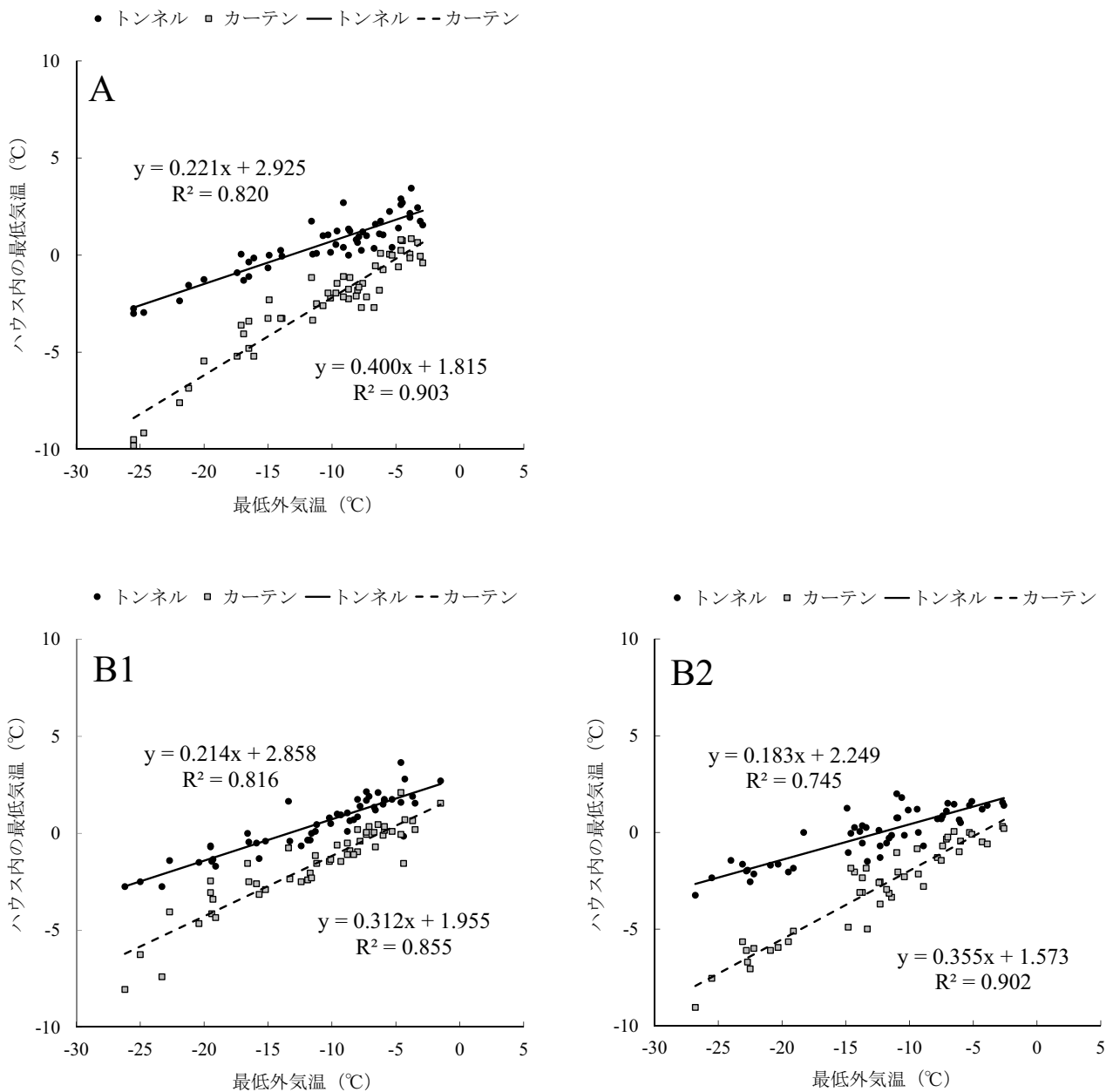


図3 農業用資材の多重被覆により保温したハウス内の最低気温と最低外気温との関係

A: パイプハウスA 2014～2015年試験
 B1: パイプハウスB 2015～2016年試験
 B2: パイプハウスB 2016～2017年試験

の影響を考慮すべきであると指摘している。本研究ではハウス内の地上20 cm高の気温のみを測定したが、今後は同様の環境下で地温の測定も行い、より精度の高いハウス内最低気温の予測式の構築を目指したい。

2. 厳冬期無加温栽培でのコマツナの収量性

3か年の試験を通して夜間の外気温が-20℃以下となった日の朝に植物体を観察すると、明らかに植物体の表面が凍結した状態にあることが確認できた（第4図A）。しかしながら、日中にハウス内の気温が上昇すると凍結状態から回復し（第4図B）、その後も栽培期間を通して

凍結に起因する障害は発生しなかった。収穫時においても一部の調査株で老化葉の発生により健全株率が低下することはあったが（第1表、第3表）、低温障害による健全株率の低下は確認できなかった。田村¹⁰⁾はコマツナの耐凍性を評価し、評価前7日間の平均最低気温が2℃以下になるとコマツナの耐凍性が急激に向上することを報告している。本研究のハウス内の最低気温の推移を見ると、3か年ともに10月下旬、もしくは11月上旬以降から2℃以下の低温に遭遇しており（第2図）、本研究で栽培したコマツナは収穫時には無加温パイプハウス内において十分な耐凍性を獲得していたと考えられた。

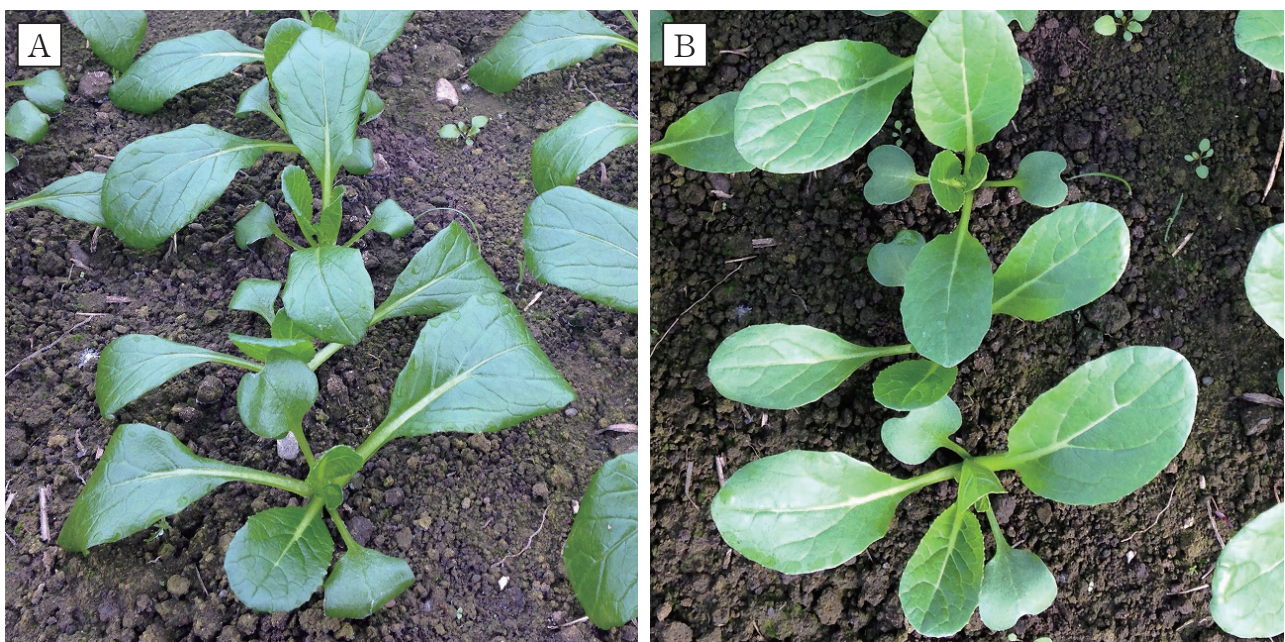


図4 厳冬期の早朝に発生したコマツナの凍結とその後の回復

A：早朝に観察された凍結，B：その後の回復

表1 保温処理と播種期がコマツナの収量性に与える影響（パイプハウスA2014～2015試験）

保温処理	播種期	12月22日収穫（保温処理後18日目）					1月27日収穫（保温処理後54日目）				
		調製時			健全株率	収量 ^z	調製時			健全株率	収量 ^z
		最大葉長	株重	最外葉糖度			最大葉長	株重	最外葉糖度		
(cm)	(g)	(Brix)	(%)	(t/10 a)	(cm)	(g)	(Brix)	(%)	(t/10 a)		
カーテン	9月29日	28.9	36.9	5.5	100	3.7	26.7	43.6	5.8	88	3.8
	10月6日	24.6	25.3	5.6	100	2.5	25.1	35.0	5.8	100	3.5
	10月14日	18.8	12.7	5.4	100	1.3	22.0	30.8	6.1	100	3.1
トンネル	9月29日	30.2	46.5	3.9	100	4.6	29.9	76.4	4.6	100	7.6
	10月6日	26.8	32.7	4.4	100	3.3	27.8	53.4	4.6	100	5.3
	10月14日	21.3	17.0	4.9	100	1.7	24.9	40.8	4.5	100	4.1
保温処理 ^y		NS	**	NS		**	NS	NS	NS		NS
播種期 ^y		**	**	NS		**	**	**	NS		**
保温処理×播種期 ^y		NS	*	NS		*	NS	**	NS		**

^z 収量は株重に健全株率、栽植密度（133,333 株/10 a）、パイプハウスの面積利用率（75%）を乗じて算出した。

^y 保温処理を主区、播種期を副区とした分割区法の分散分析により、**は1%水準で、*は5%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

表2 保温処理と播種期がコマツナの収量性に与える影響 (パイプハウスB2015~2016試験)

保温処理	播種期	12月22日収穫 (保温処理後5日目)					1月27日収穫 (保温処理後41日目)				
		調製時			健全株率 (%)	収量 ^z (t/10 a)	調製時			健全株率 (%)	収量 ^z (t/10 a)
		最大葉長 (cm)	株重 (g)	最外葉糖度 (Brix)			最大葉長 (cm)	株重 (g)	最外葉糖度 (Brix)		
カーテン	9月28日	28.1	49.0	3.7	100	4.9	24.7	28.0	4.8	100	2.8
	10月8日	24.5	27.3	4.0	100	2.7	24.0	28.7	6.4	100	2.9
	10月16日	19.1	15.3	4.2	100	1.5	19.3	21.2	7.1	100	2.1
トンネル	9月28日	28.3	48.7	3.4	100	4.9	26.9	48.5	4.6	100	4.8
	10月8日	24.8	29.6	3.9	100	3.0	24.8	37.2	5.2	100	3.7
	10月16日	19.5	15.3	3.8	100	1.5	21.4	25.3	5.8	100	2.5
保温処理 ^y		NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS		NS
播種期 ^y		**	**	NS		**	**	**	**		**
保温処理×播種期 ^y		NS	NS	NS		NS	**	NS	**		**

^z 収量は株重に健全株率、栽植密度 (133,333株/10 a)、パイプハウスの面積利用率 (75%) を乗じて算出した。

^y 保温処理を主区、播種期を副区とした分割区法の分散分析により、**は1%水準で、NSは有意差なし。

表3 保温処理と播種期がコマツナの収量性に与える影響 (パイプハウスB2016~2017試験)

保温処理	播種期	12月22日収穫 (保温処理後44日目)					1月26日収穫 (保温処理後70日目)				
		調製時			健全株率 (%)	収量 ^z (t/10 a)	調製時			健全株率 (%)	収量 ^z (t/10 a)
		最大葉長 (cm)	株重 (g)	最外葉糖度 (Brix)			最大葉長 (cm)	株重 (g)	最外葉糖度 (Brix)		
カーテン	9月28日	29.1	38.8	6.1	92	3.6	25.8	26.9	6.6	96	2.6
	10月7日	19.4	16.0	6.0	96	1.5	20.0	19.4	7.5	100	1.9
	10月14日	13.5	6.0	6.6	96	0.6	15.6	13.3	7.8	96	1.3
トンネル	9月28日	29.5	47.9	4.8	100	4.8	29.1	42.9	4.6	96	4.1
	10月7日	23.0	22.3	5.2	100	2.2	24.1	29.5	5.6	100	3.0
	10月14日	17.6	10.7	5.5	100	1.1	21.0	22.2	5.7	100	2.2
保温処理 ^y		NS	NS	NS		NS	NS	*		NS	
播種期 ^y		**	**	NS		**	**	*		**	
保温処理×播種期 ^y		NS	NS	NS		NS	NS	NS		NS	

^z 収量は株重に健全株率、栽植密度 (133,333株/10 a)、パイプハウスの面積利用率 (75%) を乗じて算出した。

^y 保温処理を主区、播種期を副区とした分割区法の分散分析により、**は1%水準で、*は5%水準で有意差あり、NSは有意差なし。

北海道内の各野菜品目の栽培体系がまとめられた北海道野菜地図 (その41)²⁾ によると上川農業試験場が位置する比布町を含む道北地域のコマツナの作型別収量基準は収穫期が10月25日から11月15日となる秋まきハウス作型において1.2 t/10 a、収穫期が4月20日から6月25日となる早春まきハウス作型において1.5 t/10 aと設定されている。そこで本研究ではより高い収量水準を目標に早春まきハウス作型の1.5 t/10 aを厳冬期生産時の収量基準とした。加えて、北海道野菜地図 (その41)²⁾ には全作型を通じて葉長が概ね22 cmから27 cmであることがコマツナの品質目標に掲げられていることから、最大葉長の平均値を収穫調査時のもう1つの評価基準とし、本研究ではその目標値を24 cm以上に設定した。

試験Aで実施した2014~2015年の結果を第1表にまとめた。12月22日収穫および1月27日収穫において最大葉長と株重には播種期による有意差が認められ、播種期が遅いほど、最大葉長は短く、株重は軽かった。また、健全株率を用いて算出した収量も播種期が遅いほど有意に

低下した (第1表)。カーテン区、トンネル区ともに9月29日播種および10月6日播種では12月22日収穫および1月27日収穫において各々 2.5 t/10 a以上の収量が得られ、最大葉長も24.6 cm以上となり十分な葉長が確保された。一方、10月14日播種では最大葉長が短く、トンネル区の1月27日収穫においてのみ2つの評価基準を満たした (最大葉長: 24.9 cm, 収量: 4.1 t/10 a)。なお、2月24日に行った収穫調査ではすべての試験区において全個体で抽苔が認められ、収量が得られなかった。

試験Bで実施した2か年 (2015~2016年, 2016~2017年) の結果も試験Aと同様の傾向を示し、播種期の違いにより最大葉長、株重および収量に有意差が認められた (第2表, 第3表)。2015~2016年試験の9月28日播種および10月8日播種では保温処理にかかわらず12月22日収穫および1月27日収穫において各々 2.7 t/10 a以上の収量が得られ、最大葉長も24.0 cm以上となった (第2表)。10月16日播種では保温処理や収穫時期にかかわらず、収量は1.5 t/10 a以上であったものの、最大葉長が短く、評価基

準を満たさなかった。また、2月24日に行った収穫調査では前年の試験Aと同様にすべての試験区において全個体で抽苔が認められ、今回の試験条件では2月下旬まで収穫期を延長できないと考えられた。2016～2017年試験のカーテン区、トンネル区では9月28日播種において最大葉長が十分に確保されるとともに2.6 t/10 a以上の収量が得られた（第3表）。一方、この試験年次ではトンネル区であっても10月7日播種の12月22日収穫では最大葉長が23.0 cmと短く、1月26日収穫においてのみ2つの評価基準を満たした（最大葉長：24.1 cm, 収量：3.0 t/10 a）。

3か年を通して12月下旬収穫の最外葉の糖度には保温処理、播種期ともに処理間差は認められなかった（第1表、第2表、第3表）。一方、1月下旬収穫の最外葉の糖度には年次変動が認められ、試験Aでは有意差がなく、試験Bでは2015～2016年の播種期に、2016～2017年の保温処理と播種期に有意差が認められた。しかし、3か年を通して1月下旬収穫の最外葉の糖度は12月下旬収穫と比較して大きく低下する傾向になく、1月下旬まで収穫を延期しても品質上の問題はないと判断した。田村¹¹⁾は日本海側の日射量が少ない地域であっても低温処理によりコマツナの糖とビタミンC含量が増加することを報告している。本研究では最外葉の糖度のみを調査対象としたが、今後は糖やビタミンC含量などの品質調査も実施する必要がある。

以上の結果から北海道北部の積雪地域においてパイプハウス内に9月下旬から10月上旬に播種することにより、暖房機等で加温しなくとも農業資材を多重被覆する保温処理のみで12月下旬から1月下旬にかけてコマツナを収穫できることが明らかとなった。寒締め栽培では低温条件下の管理で生育が止まるため、長期間の収穫が可能とされている⁸⁾。本研究で行った栽培管理でも適期播種により少なくとも1か月間程度の収穫期間（在圃性）を確保できたため、本栽培方法の導入による出荷調整により冬場の道内市場へのコマツナの安定供給が可能になると考えられた。

本研究での最低外気温は-26.8℃であったが、北海道の中には年間最低気温が-30℃以下となる地域がある。また、冬期間の積雪が少なくパイプハウス周辺部の土壌が凍結する地域もあるため、今後は本研究に供試したパイプハウスの保温装備（空気膜二重構造フィルム、内張りカーテンおよびトンネルによる多重被覆）によって、上記の地域においてコマツナの厳冬期無加温栽培が可能であるかどうかの検討を進め、本栽培法が導入できるエリアの把握に努めたい。また、筆者らは厳冬期無加温栽培における品目拡大の研究を進めており、近い将来、冬場の道内市場において北海道産葉菜類の取扱数量が増加することを期待する。

謝 辞 本論文執筆にあたりご校閲を賜った明治大学黒川農場の川岸康司特任教授（元北海道立総合研究機構花・野菜技術センター研究部長）、本研究の遂行にあたり適切な圃場管理を実施いただいた北海道立総合研究機構上川農業試験場の石崎雅一氏ならびに契約職員の方々に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 濱寄孝弘, 佐藤睦人, 岡田益己. 寒締め野菜の栽培地域・品目の拡大. 農業技術. 60, 544-549 (2005)
- 2) 北海道野菜地図（その41）. 北海道農業協同組合中央会・ホクレン農業協同組合連合会. 2018, p.79-80
- 3) 岩崎泰永, 吉田千恵, 宍戸良洋. 空気膜二重構造ハウスの利用による施設内環境変化が半促成栽培キュウリの生育および収量に及ぼす影響. 園学研. 10, 49-54 (2011)
- 4) 勝山直樹, 福田富幸, 越川兼行. 冬春キュウリ栽培における空気膜利用技術による省エネ効果. 岐阜農技セ研報. 10, 16-22 (2010)
- 5) 小倉祐幸, 向井隆司, 加藤哲也. 一重四層被覆ハウスの保温性. 生物環境調節. 25, 165-172 (1987)
- 6) 岡田益己. 無加温温室におけるカーテンの保温性の解析. 農業気象. 37, 221-230 (1981)
- 7) 岡田益己, 林 勇. 空気膜ハウスの簡易試作例とその特徴. 農業および園芸. 58, 57-60 (1983)
- 8) 岡田益己, 井上めぐる, 濱寄孝弘, 青木和彦, 荒川市郎. 寒締め野菜の環境調節シナリオ. 農業技術. 60, 507-511 (2005)
- 9) 札幌市中央卸売市場. 札幌市中央卸売市場年報 <http://www.sapporomarket.gr.jp/market/year/indexf.htm>
- 10) 田村 晃. 無加温パイプハウス栽培におけるハウレンソウとコマツナの秋から早春にかけての耐凍性の変化. 園学雑. 71, 74-81 (2002)
- 11) 田村 晃. 栽培期間中の気温がハウレンソウおよびコマツナの糖とビタミンC含量に及ぼす影響. 園学研. 3, 187-190 (2004)
- 12) 漆山喜信, 吉田千恵, 岩崎泰永. 空気膜二重構造によるパイプハウスの保温性向上〔1〕設置方法と特徴について. 農業および園芸. 81, 824-828 (2006)

Midwinter Production of Komatsuna under the Unheated Plastic Greenhouse in the Snow-covered Region of Northern Hokkaido

Tatsuru JISHI^{*1} and Masayoshi TAKAHAMA^{*2}

Summary

A three-year experiment was conducted to produce Komatsuna (*Brassica rapa L. Perviridis* Group) in midwinter in the snow-covered region of northern Hokkaido, Japan. Unheated plastic greenhouses with double plastic tunnels equipped with multiple layer insulation plastic film showed extremely high performance for heat insulation in midwinter. When the outside air temperature dropped to -26.8°C at night, the minimum air temperature in the tunnels was -3.3°C . It was thought the minimum air temperature in the plastic greenhouse could be predicted from the minimum outside air temperature using a simple regression analysis. In the case of sowing from late September to early October, more than 2.6 t/10 a of Komatsuna was obtained from late December to late January throughout every experiment. These results reveal that the usage of the multiple-layer plastic greenhouse with double plastic tunnels makes it possible to produce Komatsuna with no heating in midwinter in the snow-covered region of northern Hokkaido.

*1 Hokkaido Research Organization Kamikawa Agricultural Experiment Station (Present: Hokkaido Research Organization Ornamental Plants and Vegetables Research Center, Takikawa, Hokkaido, 073-0026 Japan)
E-mail: jishi-tatsuru@hro.or.jp

*2 Hokkaido Research Organization Donan Agricultural Experiment Station (Present: Hokkaido Research Organization Kamikawa Agricultural Experiment Station, Pippu, Hokkaido, 078-0397 Japan)