

北国の冬の寒さを活かした葉菜類栽培

秋田県農業試験場 野菜・花き部
園芸環境担当

主任研究員 田村 晃

1. はじめに

10月の稲刈りを終えると、秋田の農業の1年はおおかた終了する。秋田は11月には初雪が降り、12月から2月まではほとんど晴れることがなく、地域全体が真っ白な雪に覆われる。

この地域では夏期には農家の栽培作物の選択肢が稲、野菜、花きなど豊富であるが、冬期には気象的な制約を受け、非常に少ない。このため、農家は出稼ぎや季節的な在宅他産業就労を長い間余儀なくされてきた。このことから、北国の秋田にとって、周年農業生産体系の確立は重要な研究テーマの一つになっている。

一方、この地域でも1980年代から夏秋野菜用のパイプハウスを主体に、施設栽培が拡大しつつある。しかし、これらのハウスの大部分は、冬期には雪に埋もれ遊休化している。これらの遊休化しているハウスを有効に利用し、冬期に高品質な葉菜類を生産する技術が開発されるならば、周年農業生産体系の一翼を担う有力な手段となる。そこで、秋田農試では冬期無加温ハウスを利用した葉菜類栽培に関する研究に取り組んだ。

2. 葉菜類の耐凍性について

秋田では冬期の最低気温が沿岸部、県南内陸部、県北内陸部でそれぞれ-8、-15、-18℃程度まで低下することがある。このため、冬期における無加温ハウスを利用した葉菜類生産を推進しようとする場合、農家の不安材料、すなわち、葉菜類が凍結することによって被害を受けること（凍結傷害）に対する不安を除去する必要がある。そこで、葉菜類の耐凍性に関する詳細な調査を実施した。

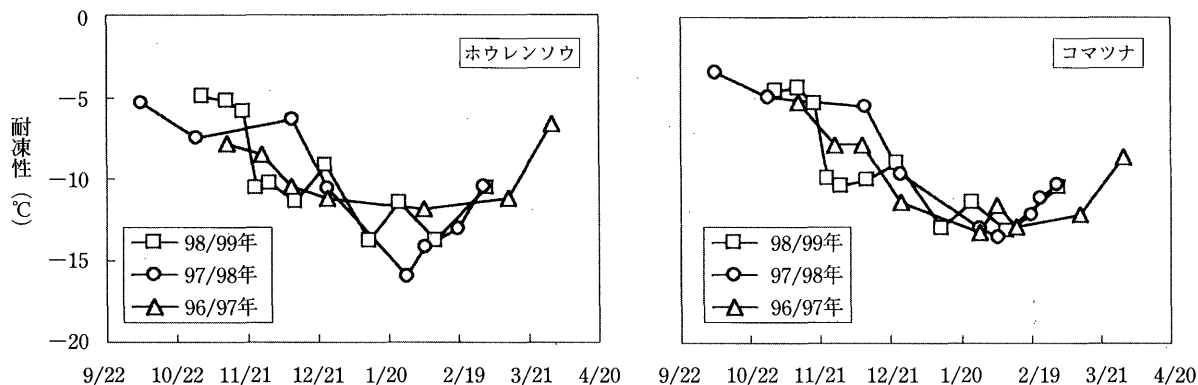
1) 葉菜類の耐凍性の変化

図1に1996/97年～1998/99年の3カ年のハウレンソウとコマツナの耐凍性の季節変化を示した。各年ともにハウレンソウは‘ソロモン’、コマツナは‘せいせん7号’を供試して試験を実施した。耐凍性は電解質漏出法で測定し、凍結により組織が15%傷害を受ける温度 (T_{EL15}) で示した¹⁾。

10月中旬には両作物の耐凍性は約-5℃であるが、11月から耐凍性がしだいに増大し、1月から2月上旬にはハウレンソウで約-15℃、コマツナで約-13℃まで耐凍性が増大した。そして、ハウ

図1. ハウレンソウとコマツナの耐凍性

耐凍性は組織が凍結により15%傷害される温度 (T_{EL15}) で示した。



ス内気温が高まる3月には両作物ともに約-10℃まで耐凍性が減少した。このことは、秋から冬にかけて低温に馴化することにより耐凍性が増大し、また、いったん耐凍性が増大しても、暖かい気温のもとでは耐凍性が減少すること、すなわち、同一品種であっても、作物の育っている気温条件により耐凍性が変化することを示している。

2) ハウス内の気温と耐凍性との関係

農家が自分の栽培しているハウレンソウやコマツナがどの程度の低温（凍結）に耐えることができるのかを理解しながら栽培をすることは、凍結傷害を回避する上で非常に重要である。そこで、どの程度の低温に、どの程度の期間遭遇すると、どの程度に耐凍性が増大するのか、すなわち、気温と耐凍性との定量的な解析を試みた。

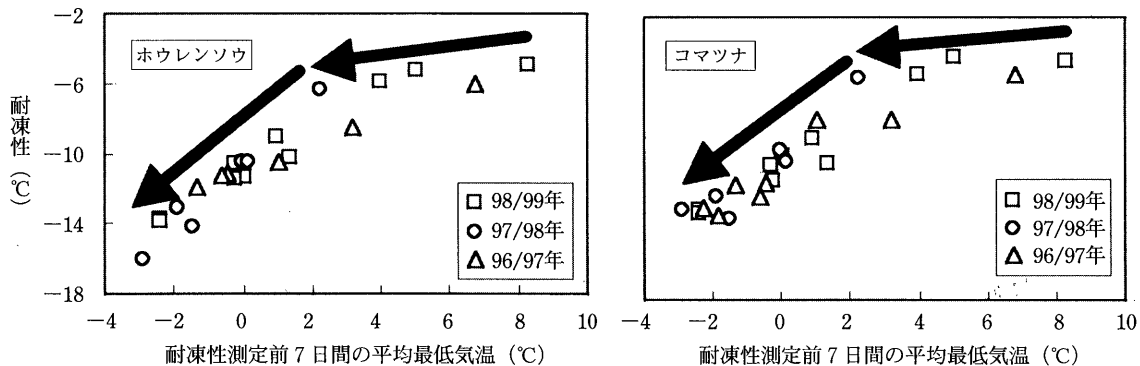
その結果、耐凍性測定前7日間の平均最低気温と耐凍性との間に極めて高い相関関係が認められ

い。むしろ、11月中旬から12月中旬にかけての急激な寒波の到来時や、2月下旬から3月にかけて日射量が豊富になり、日中のハウス内気温が上昇する時期に凍結傷害を受ける危険性がある。したがって、これらの凍結傷害を回避するためには、11月中旬から12月中旬の最低気温が0～-2℃程度になる時期の夜間にハウスを開放して耐凍性を増大させ、また、2月中旬以降においてはハウス内気温を上昇させないように、ハウスを開放して脱馴化を防止することが重要であると考えられる。

3. 寡日射下の寒さと葉菜類の糖・ビタミンC

冬期に無加温ハウス内で葉菜類を生産する場合、農家は厳しい寒さの中での収穫や除雪作業をしなければならない。このため、農家の冬期葉菜類栽培に取り組む意欲を喚起するためには、葉菜類栽培が可能であることを示すだけでは必ずしも十分ではなく、冬期の低温条件が葉菜類の品質を

図2. 耐凍性測定前7日間の平均最低気温とハウレンソウ，コマツナの耐凍性との関係



た²⁾ (データ略)。図2に耐凍性測定前7日間の平均最低気温とハウレンソウ，コマツナの耐凍性との関係を示す。平均最低気温が8℃から2℃程度に低下するにつれて、ハウレンソウの耐凍性は-5℃から-7℃程度、コマツナの耐凍性は-4℃から-6℃程度まで緩やかに増大し、平均最低気温が2℃以下になると、両作物ともに耐凍性が急激に増大した。

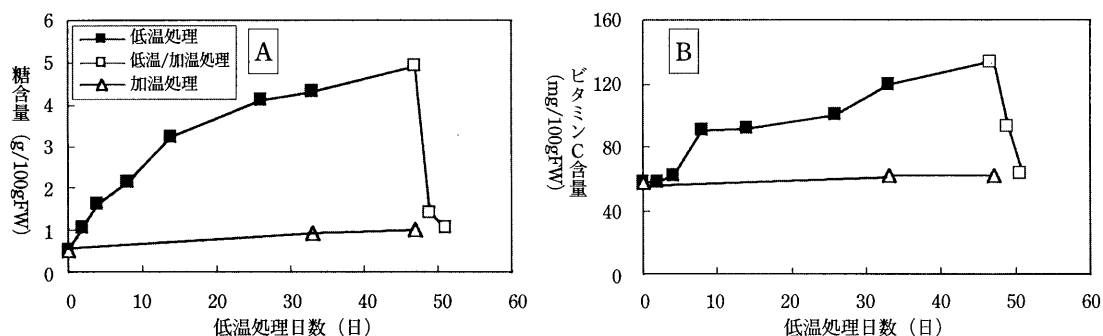
北東北地域において、無加温ハウス内の平均最低気温が氷点下になるのは、概ね12月中旬以降であるが、耐凍性はハウレンソウ，コマツナともに12月中旬には約-10℃まで増大する(図1)。このことから、厳寒期には両作物ともに十分に低温に馴化しており、凍結傷害を受ける危険性は少な

高めるための利点であることを示す必要がある。加藤ら³⁾は日射量の豊富な太平洋側において、外気を導入した低温処理により、ハウレンソウの糖やビタミン含量が高まることを報告している。そこで、筆者は寡日射下における低温条件がハウレンソウやコマツナの糖やビタミンC含量に及ぼす影響を検討した。

1) 低温処理がコマツナの糖とビタミンC含量に及ぼす影響⁴⁾

図3に低温処理区と加温処理区および低温/加温処理区の糖含量とビタミンC含量の変化を示した。糖含量は低温処理区において急激に高まったが、加温処理区では大きな変化はなかった。また、低温処理により高まった糖含量は加温処理すると

図3. 寡日射下の低温条件が葉菜類の糖含量 (A) とビタミンC含量 (B) に及ぼす影響



ハウス内にコンテナを設置し、11月1日にコマツナを播種した。播種後、ハウス内の日平均気温を13~15℃に保つように加温をして育て、収穫期になった12月25日にコンテナを無加温ハウス内に移動した(低温処理区, ■)。低温処理時のハウス内の日平均気温は2~3℃で経過した。また、低温処理後の高温の影響を明らかにするため、低温処理を47日間実施した後、再びコンテナを加温ハウスに移した(低温/加温処理区, □)。なお、対照として低温処理を実施せずに、加温ハウスに残したものを加温処理区(△)とした。試験期間内のハウス内の日射量は2~4 MJ/m²/日の寡日射条件で経過した。

急激に低下した。ビタミンC含量も糖含量と同様に、低温処理区で急激に高まったが、加温処理区では大きな変化がなく、低温/加温処理区でビタミンC含量が急激に低下した。

このことから、寡日射下においても、冬期の低温条件によりコマツナの糖およびビタミンC含量が向上することが明らかになった。ただし、低温処理後に加温処理を実施すると、糖とビタミンC含量が急激に低下することから、糖とビタミンC含量の高いコマツナを生産するためには、コマツナの栽培時の温度を継続して低く保つことが必要であると考えられた。

2) ハウス内の気温とホウレンソウ、コマツナの糖およびビタミンC含量との関係

先の試験結果から、寡日射下においても低温条件で糖とビタミン含量が高まることが明らかにさ

れた。しかし、これまでに栽培期間中の気温と上記成分含量との間の定量的な解析に関する報告はない。そこで、両作物の栽培期間中の気温と上記成分含量との関係を検討し、両者間の定量的な解析を試みた。

その結果、収穫前10日間の平均最低気温および平均気温と糖含量との間に極めて高い相関関係が認められた⁵⁾(データ略)。図4に収穫前10日間の平均気温とホウレンソウ、コマツナ葉身の糖含量との関係を示す。両作物葉身の糖含量は、収穫前10日間の平均気温が10~25℃の範囲では1 g/100gFW以下で一定であるが、平均気温が10℃以下の範囲では直線的に高まった。すなわち、平均気温が10℃で両作物葉身の糖含量は約1 g/100gFWであったが、平均気温が0~2℃に低下すると両作物の糖含量は約5 g/100gFWに高まった。

図4. 収穫前10日間のハウス内の平均気温とホウレンソウ、コマツナの糖含量との関係

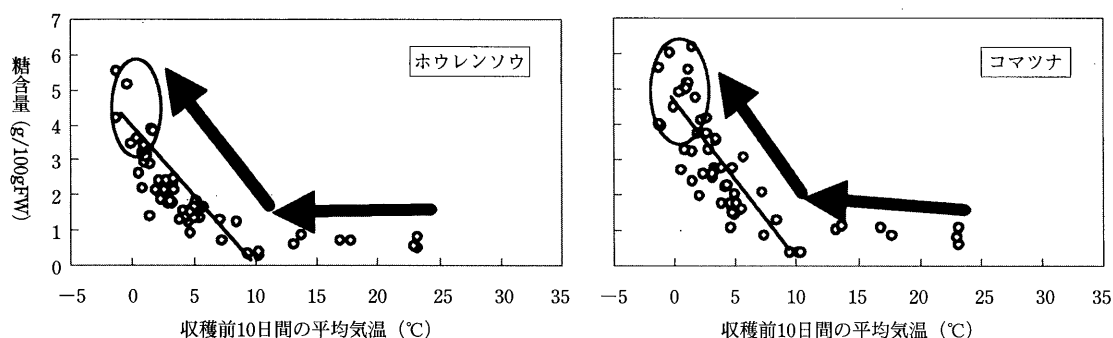


図5. 収穫前10日間の平均気温とホウレンソウ, コマツナのビタミンC含量

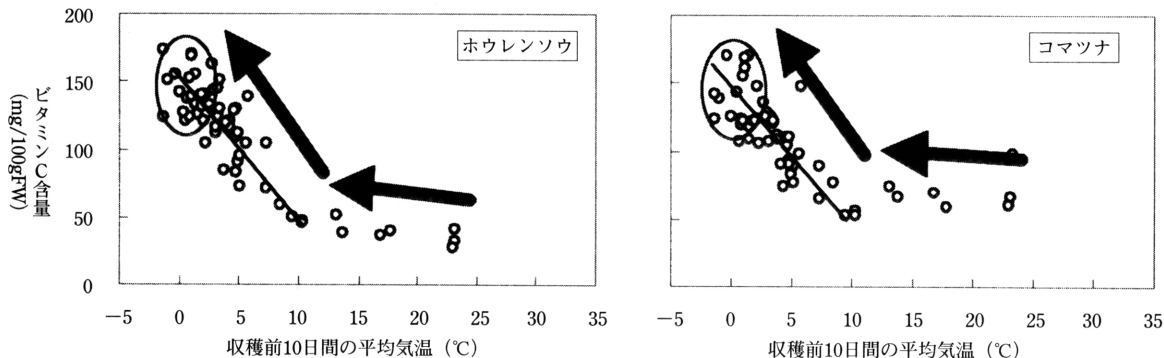


図5に収穫前10日間の平均気温とホウレンソウ, コマツナ葉身のビタミンC含量との関係を示す。両作物の葉身のビタミンC含量は, 収穫前10日間の平均気温が10~25℃の範囲ではホウレンソウで約50mg/100gFW, コマツナで約75mg/100gFWでともに一定であったが, 平均気温が10℃以下の範囲では直線的に高まった。すなわち, 両作物のビタミンC含量は平均気温が10℃で約50~70mg/100gFWであったが, 平均気温が2℃以下に低下すると両作物とも約150mg/100gFWに高まった。

以上のことから, 北東北地域の冬期の寒冷気象を活かして, 糖とビタミンC含量の高いホウレンソウ, コマツナを生産し, 消費者に提供することが可能である。すなわち, 寡日射条件となる日本海側においては, 収穫前10日間の平均気温を2℃以下で管理すると糖とビタミンC含量の高いホウレンソウとコマツナを生産することができる。

4. 冬の寒さを活かした高品質葉菜類の栽培法

これまで, 凍結傷害を受ける危険性を少なくするためには, ハウスを開放して耐凍性を増大させること, また, 脱馴化を防止することが重要であること, さらに, 糖とビタミンC含量を高めるためには収穫前10日間の平均気温を2℃以下の低温で管理することが重要であることを述べた。

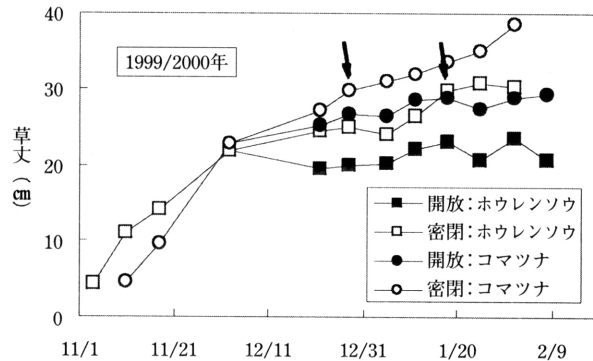
写真1にサイドを開放し, ハウス内に冬の冷たい外気を導入し, ホウレンソウやコマツナを低温に積極的に遭遇させている状況を示す。

図6にハウスサイドを開放し, 積極的に寒さにさらした場合と, ハウスを密閉してホウレンソウやコマツナを育てた場合の草丈の伸長状況を示す。ハウスを密閉して栽培した場合はホウレンソウ

写真1. ハウスのサイドを開放している様子



図6. ハウスの開放, 密閉処理とホウレンソウ, コマツナの草丈の伸長



ウ, コマツナともに草丈が伸長しているが, サイドを開放し, 寒さにさらすと, 両作物の草丈の伸長は著しく抑制されている。このことから, 両作物が出荷できる大きさ(草丈25cm程度)に到達した後, サイドを開放して寒さにさらす必要がある。

先に, 収穫前10日間の平均気温を2℃以下で管理すると, 両作物の糖, ビタミンC含量が大きく高まることを述べた。秋田県で外気温が2℃以下に低下する時期は, 沿岸部が12月末, 内陸部が12

月上中旬である。したがって、この時期までに両作物の出荷できる大きさに到達させ、10日間十分に2℃以下の低温にさらし、出荷することが望ましい。沿岸部、内陸部でそれぞれ12月末、12月上中旬に出荷できる大きさに育てあげるための播種適期は沿岸部、内陸部でそれぞれ10月中旬、10月上旬である。しかし、10月～12月にかけてのハウス内気温の年次差は非常に大きい。2000～2002年の3カ年の10～12月にかけてのハウス内気温を図6Aに示す。2000、2001年に比べ、2002年は10月

図8. 草丈伸長の管理指針

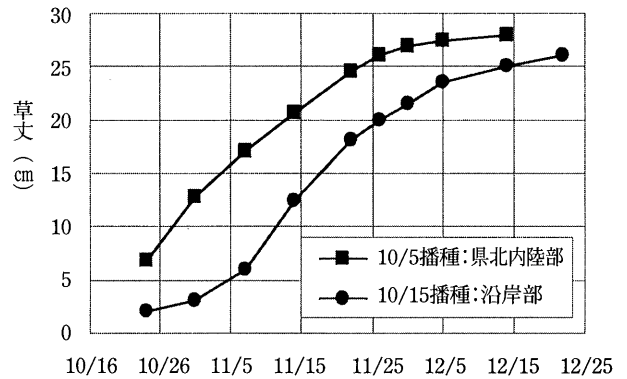
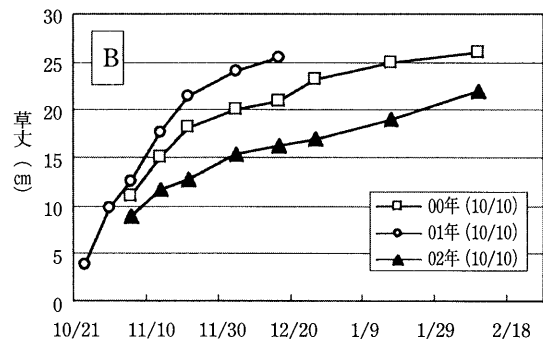
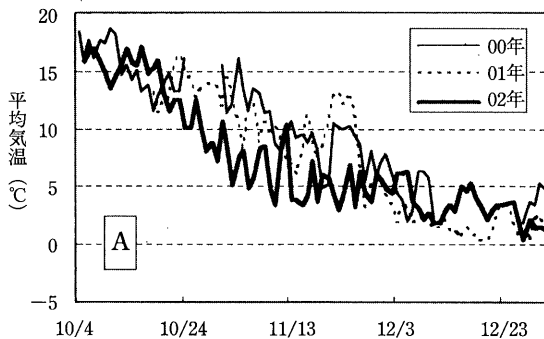


図7. ハウス内気温 (A) とハウレンソウの草丈伸長 (B) の年次較差



下旬～11月下旬にかけて、5～10℃も低く推移した。このハウス内気温の年次差はハウレンソウの草丈の伸長に大きく影響し、2000、2001年に比べ、2002年は草丈の伸長が著しく緩慢で、冬期間の出荷には間に合わなかった (図6B, 3カ年ともに10月10日播種)。

秋期の気温が高いときは草丈が伸びすぎ、年内に収穫が完了してしまい、気温が低いときは出荷が春になってしまうのでは冬期の生産が安定しない。そこで、秋田県北部内陸部と沿岸部におけるハウレンソウの草丈伸長の管理指針を作成し、図7に示した。例えば、県北部で11月5日時点で草丈が15cmよりも伸びすぎている場合は、昼夜のハウスの換気量を多くし、草丈伸長を抑え、逆に短い場合は、換気量を少なくし、伸長を促進させる。このように、指針に基づいて草丈伸長をコントロールすることで、12月中に出荷可能な大きさに育て、その後に冬期の寒さにさらし、高品質な葉菜類生産が安定的に可能になると考えられる。

引用文献

- 1) 田村 晃. 2000. コマツナとハウレンソウの個体レベルでの耐凍性の評価. 園学雑. 69: 332-338.
- 2) 田村 晃. 2002. 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.
- 3) 加藤忠司・青木和彦・山西弘恭. 1995. 冬期ハウス栽培ハウレンソウのビタミンC, β-カロテン, α-トコフェロールおよびシュウ酸含有量に対する外気低温の影響. 土肥誌. 66: 563-565.
- 4) 田村 晃. 1999. 寡日射条件下における低温処理がコマツナ (Brassica campestris L.) の糖およびアスコルビン酸含有率に及ぼす影響. 園学雑. 68: 409-413.
- 5) 田村 晃. 2004. 栽培期間中の気温がハウレンソウとコマツナの糖およびビタミンC含量に及ぼす影響. 園学研究. 3: 187-190.