

## 促成ナスの株元加温における潜熱蓄熱材の利用可能性

佐藤公洋\*・古賀 武・石坂 晃<sup>1)</sup>・井手 治・平尾和弘<sup>2)</sup>

促成ナスの株元加温における潜熱蓄熱材の利用可能性を検討するため、夜間の株元加温時間帯がナスの乾物生産量および収量に及ぼす影響について調査した。前夜半(18~22時)に20℃で株元加温すると、葉部の乾物生産量が増え、商品果率が向上して商品果数および商品果収量が増加した。また、前夜半は、中夜半(22~翌2時)や後夜半(翌2~6時)に比べて、ハウス内の気温が高く、株元加温に必要なエネルギーが少ない。これらのことから、促成ナスにおける効率的な株元加温時間帯は18~22時の前夜半であると考えられた。

次に、前夜半を20℃に加温することを目的として、潜熱蓄熱材を使用した株元加温器を製作し、その加温能力および促成ナスの生育に及ぼす影響を検討した。株元加温器の加温能力は、天候で比べると曇雨天日は低いものの晴天日には高く、晴天日が多い月は前夜半の茎表面温度を20℃以上に維持できた。しかし、株元加温器の設置による増収効果は認められなかった。潜熱蓄熱材は、効率的な株元加温時間帯である前夜半を加温する熱源として利用できる可能性はあるものの、増収効果を得るためには厳寒期の日中に蓄熱量を増やす対策が必要であると考えられた。

[キーワード: ナス, 促成栽培, 株元加温, 加温時間帯, 潜熱蓄熱材]

Use of Phase Change Materials for Basal Stem Heating during the Forced Culturing of Eggplant. SATO Kimihiro, Takeshi KOGA, Akira ISHIZAKA, Osamu IDE and Kazuhiro HIRAO (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 3:30-35 (2017)

The most effective time for basal stem heating was investigated during the forced culturing of eggplant. Basal stem heating at 20°C from 18:00 to 22:00 resulted in an increase in the dry matter production of leaves, marketable fruit rates, marketable yields and the number of marketable fruits. The period from 18:00 to 22:00 required less energy consumption for basal stem heating than from 22:00 to 2:00 or from 2:00 to 6:00. Thus, it was the most efficient time period for basal stem heating.

The effects of a basal stem heater containing phase-change material (PCM) on temperature and yield were also investigated during the forced culturing of eggplant. The basal stems were warmed to greater degrees on sunny days compared with on cloudy or rainy days. The monthly mean temperature of the basal stem surface with this heater was 20°C or more, but the yield did not increase. PCMs may be used as heat sources for basal stem heating; however, to increase the yield the PCM must store a lot of heat during the midwinter days.

[keywords: eggplant, forced culturing, basal stem heating, time period for heating, phase-change material(PCM)]

### 緒 言

近年、施設園芸における暖房用の燃油価格は高値が続いており、福井ら(2009)は約3割の農家が10年前に比べ加温燃料費節減のため設定夜温を低く設定するなど、施設園芸における加温燃料費の負担感は大きいと報告している。促成ナス生産では、最低気温が他の施設野菜よりも高い10℃を下回らないように暖房を行っており、燃油価格高騰に伴う生産コストの増大は大きな問題であり、省エネ生産技術の開発が喫緊の課題である。

省エネを目的とした生産技術では、ナスの株元ダクト加温技術(森山・奥 2012)、イチゴのクラウン部局部加温技術(佐藤ら 2008)、バラの局所加温技術(篠原・光永 2012)など、ハウス全体ではなく局所のみを加温する局所加温技術が報告されている。しかし、これらの報告で用いた局所加温の熱源は、燃油や電気を必要とする暖房機や電熱線であり、この熱源を自然エネルギーに代替できれば、更なる省エネ効果が期待できる。

自然エネルギーの施設園芸への利用では、太陽熱や風

力が注目されているが、風力は年間平均風速がある程度以上ないと十分なエネルギーが得られず、当面は限定的な利用にとどまりそうである(全国農業協同組合連合会 2008)。また、太陽熱は大きなエネルギーを無償で得られる一方、利用できる時間帯が昼間であり、本県で問題になっている夜間の暖房へは直接利用できない。利用にあたっては、昼間得たエネルギーを一時的に水や土壌などの媒体に蓄積させる必要がある。成田・甲斐(1981)は、顕熱利用よりも熱利用効率の高い資材として、液体と固体の間で相変化する際に大量の熱を蓄放熱でき、相変化している間は融点付近の温度を維持する潜熱蓄熱材が有望であると報告しており、潜熱蓄熱材を用いることで昼間の太陽熱を夜間の株元加温の熱源に利用できる。

促成ナスの株元加温で潜熱蓄熱材を利用する場合、使用する株元加温器には、効果が得られる加温温度を一定時間保つ能力が必要となる。ナスの株元加温における加温温度は20℃が適すると報告されており(奥ら 2012)、株元加温に利用する潜熱蓄熱材は融点が20℃付近の素材を選定すると良いと考えられる。

\*連絡責任者(野菜部: satou-k2220@pref.fukuoka.lg.jp)

1) 現 福岡県飯塚農林事務所 飯塚普及指導センター

2) 株式会社クボタケミックス

また、株元加温器を実用化するには専用の株元加温器を開発する必要があるほか、取扱い性を考慮すると小型な方が望ましい。しかし、小型にすると封入できる潜熱蓄熱材の量が少ないため、加温可能時間は短くなると考えられる。促成ナスにおける株元加温の時間帯については、昼間と夜間の12時間加温では効果に差はない(森山ら 2012)と報告されているが、最も効果的な加温時間帯は明らかにされていない。神門ら(2011)はアジサイにおいて、日没後4時間を21°Cで加温し、以降11°Cで管理すると、日没後の夜間を16°C一定で加温する場合と比べ、収量や品質は同等で、加温消費電力量は少ないと報告しており、促成ナスにおいても効果的な加温時間帯がある可能性が考えられる。

そこで本研究では、促成ナス栽培の株元加温における効率的な夜間の加温時間帯を明らかにするため、株元を加温する時間帯の違いがナスの乾物生産量および収量性に及ぼす影響を検討した。さらに、潜熱蓄熱材を使用した株元加温器を用いて、その加温特性およびナスの生育に及ぼす影響を調査し、促成ナスの株元加温における潜熱蓄熱材の利用可能性を検討した。

## 材料および方法

### 1 夜間における効率的な株元加温時間帯の解明

(1) 株元の加温時間帯がナスの生育および部位別乾物生産量に及ぼす影響

試験は、福岡県農林業総合試験場(福岡県筑紫野市)内の間口7m、奥行15m、軒高4mのガラスハウスで行った。供試品種は穂木に「省太」、台木に「トナシム」を用い、接ぎ木苗を2013年9月28日に9号菊鉢(容量12L、アイリスオーヤマ)へ定植した。ポットは株間40cm、条間40cmの2条に配置し、主枝1本仕立てで栽培した。試験区は、株元の加温時間帯が18~22時の前夜半区、22~翌2時の中夜半区、翌2~6時の後夜半区および株元加温を行わない無処理区の4区を設置した。試験規模は1区3株3反復とした。株元加温の方法は、熱源の面状ヒーター(FL-HEAT No.6, シンワ測定株式会社)を地際から10cmの高さまで茎に巻き、その上から長さ15cm、幅15cm、厚さ2.5mmで片面にアルミを蒸着した発泡ポリエチレンシートを被せ、結束用機材(テープナーHT-B(N), マックス)で固定して行った。温度センサーは、地際から約7cmの高さにビニールテープで固定し、ヒーターと主茎に接するように設置して、温度制御装置(農電サーモND-610, 筑波電気株式会社)で加温温度を20°Cに調整した。加温期間は、2013年10月25日~12月8日とした。換気は、ハウス内気温が29°C以上で側窓を開放、27°C以下で閉鎖し、暖房設定温度は10°Cとした。施肥は、OK-F-1(大塚化学)の2000倍液を用いたかん水同時施肥とし、マイクロチューブで株当り370~1,170ml/日を全株同量施用した。収穫は2013年10月25日~12月8日に、果実の長さが18cm以上を目安に2~3日おきに行い、側枝は1芽1果採りとし、整枝は約2週間おきに行った。加温終了後の12月10日に、主

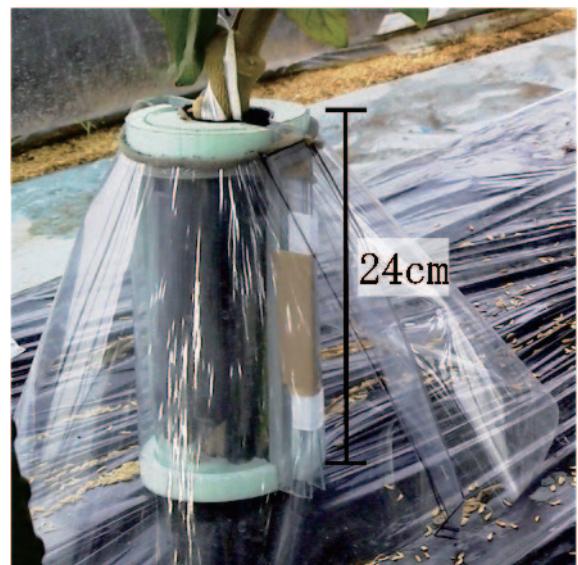
枝長、株元茎径および個葉面積を調査した。部位別の乾物重は、株元加温開始前の10月25日と加温終了後の12月10日に、株を葉、茎、果実および根ごとに分け、80°Cで72時間乾燥させて測定した。加温期間中に収穫した果実および整枝した葉や茎は、株元加温後の乾物重に加え、加温前の乾物重を差し引いて加温期間中の乾物生産量を算出した。

(2) 株元の加温時間帯がナスの収量等に及ぼす影響

試験場所、供試品種、試験区の構成、株元の加温方法、温度および施肥管理方法は試験1-(1)と同様に行った。定植は、2013年9月27日にNPポット黒#25(容量25L, DICプラスチック株式会社)へ行き、株間40cmの1条配置とし、主枝2本仕立てで2014年3月31日まで栽培した。主枝の摘心は、第1、第2主枝とも第8花開花時にその直上の葉を1枚残して実施し、側枝は1芽1果採り切り戻し整枝とした。株元加温期間は、2013年11月13日~2014年3月31日とし、株元加温の温度制御用センサーと同位置に温度記録計(TR-52i, T&D)のセンサーを設置し茎表面温度を10分間隔で測定した。収穫は試験1-(1)と同様の方法で、株元加温効果が現れると考えられる加温開始約30日後(森山ら 2011)の2013年12月14日から加温終了の2014年3月31日まで行った。収穫した果実は博多なす選果基準に基づいて3段階(以下、「上物、中物、下物」)に分類し、それぞれについて果数および重量を測定した。上物と中物に分類した果実の合計を商品果とし、商品果率は、商品果数を収穫果数で除して算出した。1果重は、商品果のうち中程度の大きさの1~3果を測定した。中物と下物のうち曲がり果の果実数を計数した。これらの収穫に関する調査項目は、株元加温効果を詳細に検討するため月ごとに分けて取りまとめた。

### 2 株元加温器の加温能力および生育への影響

株元加温器は、株式会社クボタケミックス(前クボタシーアイ株式会社)が製作した(特許登録【特



第1図 製作した株元加温器の設置状況

許第 5882166 号】)。株元加温器の構造は、透明塩ビ製半円筒形の容器 2 つを使用した外径 9cm、長さ 24cm の円筒形で、容器の内部に塩化カルシウムを主成分とした融点 20℃の潜熱蓄熱材を約 40mL 封入した外径 1.8cm、長さ 18cm の黒色容器 5 本を格納したものとなっており、ナスの株元約 25cm を挟み込んだ 2 つの半円筒形容器をマジックテープで固定し、その外側を透明 PET シート製の傘で覆って設置した (第 1 図)。

試験は福岡県農林業総合試験場筑後分場 (福岡県三潴郡大木町) 内の間口 6m、奥行 20m、軒高 3.2m のパイプハウスで実施した。供試品種は、穂木に「省太」、台木に「トナシム」を用い、2013 年 9 月 9 日に定植した。栽植様式は畝幅 165cm、株間 60cm、1 条植えとし、V 字 4 本仕立てで栽培した。試験区は、株元加温器を設置した区 (以下「試験区」) および設置しない無処理区の 2 水準とした。試験規模は 1 区 4 株 3 反復とした。施肥は、基肥として N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O を成分量でそれぞれ a あたり 3.3kg、4.3kg、2.5kg、追肥としてそれぞれ同 3.6kg、3.1kg、1.5kg を 10 回に分けて施用した。株元加温器は 2013 年 11 月 21 日～2014 年 4 月 30 日の期間設置し、暖房機はハウス内気温が 10℃を下回らないように稼働した。換気開始温度は 30℃とした。ハウス内気温および地際から 12cm の茎表面温度は、温度記録計 (TR-52 i, T&D) を用い 10 分間隔で測定した。果実の収穫および調査は、試験 1- (2) と同様の方法で、加温器設置約 30 日後の 2013 年 12 月 22 日から 2014 年 4 月 30 日に行った。

## 結果

### 1 夜間における効率的な株元加温時間帯の解明

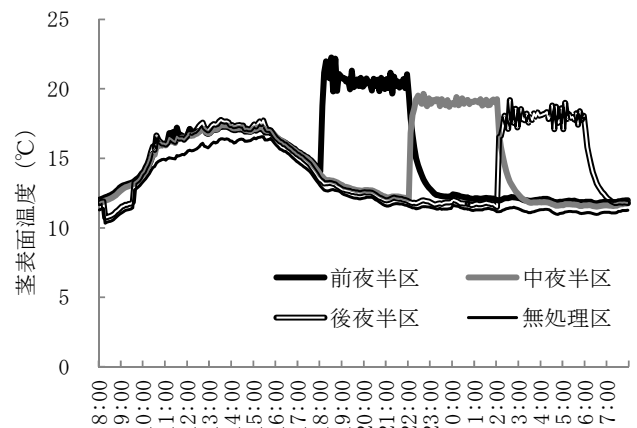
(1) 株元の加温時間帯がナスの生育および部位別乾物生産量に及ぼす影響

株元の加温時間帯がナスの主枝長、株元茎径、個葉面

積および部位別乾物生産量に及ぼす影響を第 1 表に示した。加温処理後の主枝長、株元茎径および個葉面積は、試験区間で有意差が認められなかった。前夜半区の葉部および合計の乾物生産量は株あたりそれぞれ 24.5g、103.0g で、無処理区の 11.5g、77.9g より有意に多かった。中夜半区および後夜半区の部位別および合計の乾物生産量は、無処理区との間に有意差は認められなかった。

(2) 株元の加温時間帯がナスの収量等に及ぼす影響

2014 年 2 月 1 日～10 日の株元の時刻別平均茎表面温度を第 2 図に示した。茎表面温度は、無処理区の 18～翌 6 時が 11.6±0.5℃であったのに対し、株元加温を行っている前夜半区の 18～22 時が 20.4±1.1℃、中夜半区の 22～翌 2 時が 18.8±1.1℃、後夜半区の翌 2～6 時が 17.8±1.1℃であった。株元の加温時間帯が月別の商品果数および商品果収量に及ぼす影響を第 2 表に示した。12～2 月の商品果数および商品果収量は試験区間で差はなかった。3 月および合計の商品果数は、前夜半区がそれぞれ 11.7 果/株、25.7 果/株で、3 月は中夜半区、後夜半区、無処理区より、合計は後夜半区および無処理区より有意



第 2 図 株元の茎表面温度<sup>1)</sup>

1) 茎表面温度は 2014 年 2 月 1～10 日の時刻別平均値

第 1 表 株元の加温時間帯がナスの主枝長、株元茎径、個葉面積および部位別乾物生産量に及ぼす影響

試験区 <sup>1)</sup>	主枝長 <sup>2)</sup> (cm)	株元茎径 (mm)	個葉面積 (cm <sup>2</sup> /枚)	株元加温期間中の乾物生産量 (g/株) <sup>3)</sup>				
				葉 <sup>4)</sup>	茎	果実	根	合計
前夜半区	145.3	13.7	13.4	24.5 a <sup>6)</sup>	14.5	55.3	8.6	103.0 a
中夜半区	141.5	13.8	13.7	18.9 ab	12.3	49.3	10.6	91.0 ab
後夜半区	143.0	14.0	13.7	16.8 ab	11.6	56.0	8.0	92.5 ab
無処理区	137.3	13.7	12.9	11.5 b	11.6	45.8	9.0	77.9 b
分散分析 <sup>5)</sup>	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*

1) 前夜半は 18～22 時、中夜半は 22～翌 2 時、後夜半は翌 2～6 時に加温、加温期間は 2013 年 10 月 25 日～12 月 8 日

2) 主枝長、株元茎径および個葉面積は栽培終了後の 12 月 10 日に調査

3) 乾物生産量は、加温後の乾物重から加温前の乾物重を減じて算出

4) 葉は、主枝葉および側枝の合計量

5) 分散分析により\*は 5%水準で有意差あり、ns は有意差なし

6) 異なる英文字間には Tukey の検定により 5%水準で有意差あり

に多かった。3月および合計の商品果収量は、前夜半区がそれぞれ1.5kg/株、3.2kg/株で、後夜半区および無処理区より有意に多かった。株元の加温時間帯が月別の商品果率および曲がり果の発生割合に及ぼす影響を第3表に示した。商品果率は、12～2月では試験区間に差はなく、3月および合計では前夜半区がそれぞれ85.7%、92.2%で、3月は後夜半区、合計は後夜半区および無処理区より有意に高かった。曲がり果の発生割合は、1月、3月および合計では前夜半区がそれぞれ19.6%、26.0%、25.1%で、1月は無処理区、3月は後夜半区、合計は後夜半区および無処理区より有意に少なかった。

**2 株元加温器の加温能力および生育への影響**

株元加温器の有無による茎表面温度の推移を第3図

に示した。晴天日（12月25日）における試験区の茎表面温度は、16時頃に約22℃まで高まった後、翌8時頃に12℃まで低下した。無処理区と比較した場合、日中の温度は低かったものの、前夜半（18～22時）は約7℃、22～翌6時は約4℃高かった。一方、曇天日（12月26日）における試験区の茎表面温度は、日中でも15℃までしか上がらず、夜間は12℃まで低下し、無処理区と比べ2℃高い程度であった。株元加温器の有無による前夜半の月別平均茎表面温度を第4表に示した。12～4月における試験区の茎表面温度は17.4～22.8℃で、無処理区の11.7～16.3℃に比べ、5.7～7.1℃高かった。株元加温器の有無による月別の商品果数、商品果収量および合計の商品果率、1果重を第5表に示した。商品果数および商品果収量は月別、合計とも試験区間で差はなかった。合

**第2表 株元の加温時間帯が月別の商品果数および商品果収量に及ぼす影響**

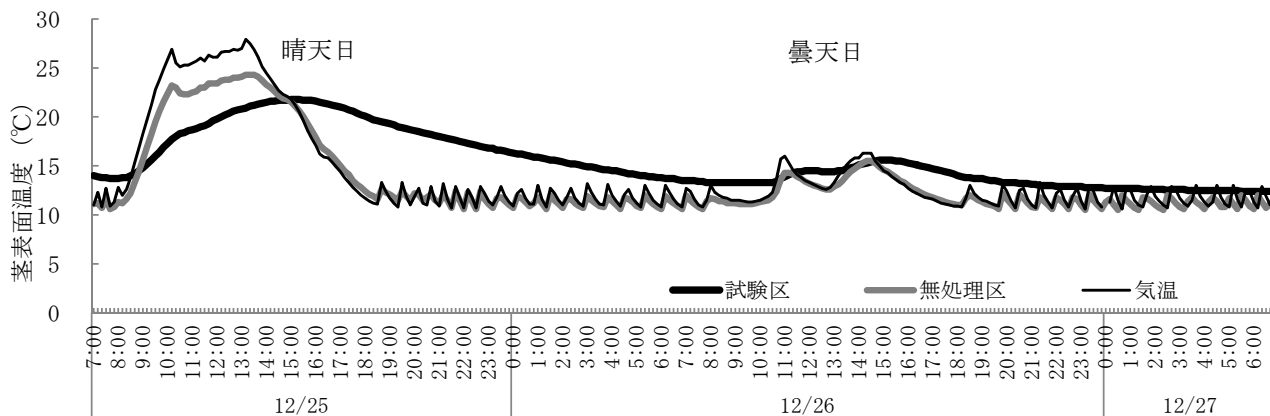
試験区 <sup>1)</sup>	商品果数 (果/株)					商品果収量 (kg/株)				
	12月	1月	2月	3月	合計	12月	1月	2月	3月	合計
前夜半区	3.6	5.0	5.4	11.7 a	25.7 a	0.4	0.6	0.6	1.5 a	3.2 a
中夜半区	3.2	4.6	4.9	8.3 b	21.0 ab	0.4	0.5	0.6	1.1 ab	2.7 ab
後夜半区	3.0	2.8	4.2	6.4 b	16.4 b	0.4	0.3	0.5	0.8 b	2.0 b
無処理区	2.6	3.3	4.1	6.4 b	16.4 b	0.3	0.4	0.5	0.9 b	2.0 b
分散分析 <sup>2)</sup>	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	**	**

- 1) 前夜半は18～22時、中夜半は22～翌2時、後夜半は翌2～6時に加温、加温期間は2013年10月25日～2014年3月31日
- 2) 分散分析により\*\*は1%、\*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし（以下の図表も同様）
- 3) 異なる英文字間にはTukeyの検定により5%水準で有意差あり（以下の図表も同様）

**第3表 株元の加温時間帯が月別の商品果率および曲がり果の発生割合に及ぼす影響**

試験区 <sup>1)</sup>	商品果率 (%)					曲がり果 <sup>3)</sup> の発生割合 (%)				
	12月	1月	2月	3月	合計	12月	1月	2月	3月	合計
前夜半区	97.0	98.1	100	85.7 a	92.2 a	21.2	19.6 a	30.6	26.0 a	25.1 a
中夜半区	94.9	80.7	92.8	71.9 ab	81.1 ab	29.0	30.0 ab	34.0	31.4 ab	31.3 ab
後夜半区	93.5	82.2	86.6	56.2 b	71.2 b	27.6	33.3 ab	45.5	45.7 b	41.3 b
無処理区	77.7	80.0	88.6	61.5 ab	72.8 b	40.0	57.9 b	45.2	41.5 ab	45.1 b
分散分析 <sup>2)</sup>	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	*	*

- 1) 前夜半は18～22時、中夜半は22～翌2時、後夜半は翌2～6時に加温、加温期間は2013年10月25日～2014年3月31日
- 2) 商品果率および曲がり果の発生割合は逆正弦変換後に検定
- 3) 果実の曲がり幅が1cm以上の果実



**第3図 株元加温器の有無による茎表面温度の推移**

計の商品果率は、試験区が 97.2%で無処理区の 95.8%より有意に高く、1果重は試験区間で差はなかった。

**考 察**

ナスの栽培において、側枝から収穫される果実が総収穫果数に占める割合は70%程度であり、収量を上げるためには側枝からいかに多くの果実を収穫するかが重要である(河野 2013)。加温温度 20℃で、18時から4時間ごとに加温時間を区切って株元加温を行った本実験では、株元加温を18~22時に行う前夜半区が無処理区と比べて、葉部の乾物生産量が多かった。葉部の乾物生産量の増加は、個葉面積が同等であったことから葉数の増加によるものと考えられた。ナスの葉は主枝葉と側枝葉に分けられ、主枝葉は規則的に発生し、その葉数は試験区間でほぼ同等になることから、葉部の乾物生産量は、側枝数の増加に伴って側枝葉が増えたためと考えられた。以上の結果から、前夜半のみの株元加温でも側枝の生育が促進されることが明らかとなった。

ナスの生育について、斉藤(2010)は地温が15℃以下になると根の機能が低下し、根からの水や肥料の吸収が伴わずに生育不良になると報告している。約15℃以上の地温が確保できる土耕栽培では、12月初めから株元加温すると1月以降に果数および収量が増加しており(森山ら 2011)、株元加温による増収効果は加温開始から約30日以降に得られると考えられた。一方、気温の低下に伴って地温が下がるポット栽培を行った本実験では、商品果数、商品果収量および商品果率は、12~2月では試験区間で差はなく、3月では前夜半が無処理より多かった。これは、気温が低い12~2月には、根の活性低下によって生育が遅延し、株元加温による生育差が現れ難かったものの、気温が上昇する3月になると根の活性が高まり生育が回復して株元加温の効果が現れたと考えられ、前夜半のみの加温によって株元加温の増収効果が得られるものと推察された。

これらのことから、前夜半は4時間のみの株元加温によって生育促進および増収効果が認められており、促成ナスの株元加温における効果的な加温時間帯は、18~22時の前夜半であると考えられた。また、加温温度20℃で株元加温するために必要なエネルギー量はハウス内の気温が高い時間帯ほど少なく、前夜半は、中夜半や後夜半と比較して、より少ないエネルギー量で加温効果が得られる効果的な加温時間帯であると考えられた。

次に、加温時間18~22時、加温温度20℃を加温目標として、株式会社クボタケミックスが製作した潜熱蓄熱材入り株元加温器(第1図)を用い、ナスの促成栽培における加温能力と生育に及ぼす影響を検討した。

ナスの株元加温温度について、奥ら(2012)は20℃や25℃では側枝の生育促進による増収効果が得られるが、15℃では効果がないと報告しており、加温温度が20℃を下回る場合、株元加温の効果が低下すると考えられる。本実験において、ハウス内気温が25℃程度まで上昇した晴天日では、前夜半における茎表面温度は無処理より約7℃高かったが、ハウス内気温が15℃程度までしか上昇しなかった曇天日では約2℃しか高まらなかった。また、株元加温器設置区における前夜半の茎表面温度を月別に平均すると、12~2月は無処理区より5.7~7.1℃高まっていたが、目標とする20℃までは高まらず、3~4月は22.3~22.8℃まで高まった。以上の結果から、潜熱蓄熱材を利用した株元加温器の加温能力は、天候別には曇雨天日では低いものの晴天日は高く、時期別には曇雨天日が多い月は20℃まで達しないが、晴天日が増加する月は20℃以上を維持できることが明らかとなった。潜熱蓄熱材は、十分に蓄熱できる条件が揃えば18~22時を20℃以上に維持できたことから、株元加温器への利用可能性があると考えられた。

電熱線を使用した株元加温では、光合成速度が向上し(森山ら 2012)、収穫果数が増え、商品果数および商品果収量が増加する(奥ら 2012)。しかし、株元加温器を

**第4表 株元加温器の有無による前夜半の月別平均茎表面温度**

試験区	前夜半 <sup>1)</sup> の平均茎表面温度(℃)				
	12月	1月	2月	3月	4月
試験区	17.4	19.1	19.3	22.3	22.8
無処理区	11.7	12.0	13.4	15.5	16.3

1) 前夜半は18~22時

**第5表 株元加温器の有無による月別の商品果数、商品果収量および合計の商品果率、1果重**

試験区	商品果数(果/株)						商品果収量(kg/株)						商品果率 <sup>2)</sup> (%)	1果重(g)
	12月	1月	2月	3月	4月	合計	12月	1月	2月	3月	4月	合計		
試験区	3.1	17.8	20.0	16.5	30.5	87.8	0.4	2.4	2.6	2.4	4.9	12.9	97.2	143
無処理区	3.1	16.3	20.1	13.6	28.4	81.4	0.5	2.2	2.7	2.0	4.8	12.1	95.8	149
有意差 <sup>1)</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

1) t検定により\*は5%水準で有意差あり、商品果率は逆正弦変換後に検定

2) 商品果率および1果重は12~4月に収穫した果実の平均値

設置した本実験では、商品果数、商品果収量ともに試験区間で差がなかった。電熱線等を使用した場合、設定温度を下回ると天候や気温に関係なく加温されるため、いつでも安定した加温効果が得られる。一方、日中の熱を夜間に利用する潜熱蓄熱材を使用した株元加温器では、気温が上がりにくい厳寒期の曇雨天日には蓄熱が不十分で夜間の加温温度が低くなる。そのため、12～2月は平均茎表面温度が目標の20℃を下回り、株元加温の効果が得られなかったものと考えられた。また、厳寒期に生育が促進されない場合、着果負担が大きく春先の生育が遅延すると考えられる。株元加温器によって平均茎表面温度が20℃以上を維持できた3～4月でも増収効果が得られなかった要因は、12～2月に生育が促進されなかったため株の生育が遅延して加温効果が現れ難かったためと推察された。これらのことから、本実験で用いた株元加温器は、厳寒期の夜間放熱量に対し日中の蓄熱量が不足したため加温効果が得られなかったと考えられる。蓄熱量を増やすためには、蓄熱効率を高める、または蓄積できる熱量を増やす必要がある。近年、促成トマトにおいて、1～2月の日中に気温を20℃に加温することで商品果収量が増加すると報告されており(龍ら2016)、促成ナスにおいても日中加温によって増収効果を得ると同時に、日中の熱量を増やすことが期待できる。今後、株元加温器の実用化を図る上では、日中加温技術との組み合わせ等、積極的に蓄熱を促進させる方法について検討する必要がある。さらに、この株元加温器は本体と傘が別々なため、設置作業が煩雑で3～5分/個と長い設置時間が必要であった。設置が容易で、作業時間が短縮できるような改良も必要と考えられる。

本研究で得られた知見は、ナスの促成栽培における省エネ効果の高い生産技術の開発に繋がる情報になるものと考えられる。

なお、本研究は、農林水産省委託プロジェクト「施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発」において実施した。

## 引用文献

- 福井淑子・玖波井邦昭・中村正男(2009)施設園芸農家の新・省エネルギーシステムに対する意識と導入条件の検討. 高知農技セ研報 18 : 49-58
- 神門卓巳・道園美弦・川村 通(2011)アジサイの生育・開花に及ぼす日没後短時間加温処理の影響. 園学研 10 別 2 : 258
- 河野隆道(2013)ナス栽培の基礎と実際. 農山漁村文化協会, 東京, p. 103
- 森山友幸・伏原 肇・奥 幸一郎(2011)株元加温が促成ナスの着果, 収量, 品質に及ぼす影響. 園学研 10 : 545-550
- 森山友幸・伏原 肇・奥 幸一郎(2012)局所加温の部位および時間帯がナスの形態および生理に及ぼす影響. 園学研 11 : 337-341
- 森山友幸・奥 幸一郎(2012)促成ナス栽培におけるトンネルと枝ダクトを組み合わせた株元加温システムの開発. 園学研 11 : 531-536
- 成田勝彦・甲斐潤二郎(1981)潜熱蓄熱材. 電気学会雑誌 101 : 15-22
- 奥 幸一郎・森山友幸・伏原 肇・小熊光輝・井手 治・龍 勝利(2012)ナスの促成栽培における電熱線を用いた株元加温システムの開発と加温温度の違いが生育や収量に及ぼす影響. 福岡農総試研報 31 : 40-44
- 龍 勝利・井手 治・森山友幸(2016)冬季における日中の加温が促成トマトの収量に及ぼす影響. 園学研 15 : 297-303
- 斉藤 隆(2010)農業技術体系野菜編 5 追録 35 号. 農文協 : 基 43-57
- 佐藤公洋・北島伸之・沖村 誠(2008)イチゴ促成栽培におけるクラウン部局所加温が生育・収量に及ぼす影響と燃料節減の効果. 園学研 7 別 2 : 269
- 篠原裕尚・光永拓司(2012)局所加温によるバラの暖房コスト低減技術の開発. 山口農技セ研報 3 : 54-59
- 全国農業協同組合連合会(2008)施設園芸 省エネルギー対策の手引き. JA 全農, 東京, p. 28-29