

トマト袋培地栽培における培地加温温度の違いが 生育および収量に及ぼす影響

中園 堯士*・國武みどり¹⁾・井手 治・龍 勝利

トマト袋培地栽培システムにおける暖房費の削減を目的として、電熱線を用いた培地加温温度の違いが生育および収量に及ぼす影響について検討した。その結果、ハウス内最低気温を慣行の 15℃から 3℃下げた 12℃環境下で袋培地を 21℃に加温すると、慣行に比べて開花日は遅くなり最終収穫花房の段数が減少したが、冬季に開花した花房の収穫果数が増えることで慣行と同等の合計収穫果数が得られ、商品果収量は同等となった。また、本培地加温方法により、暖房用の燃油消費量が大幅に削減でき、暖房に係る経費が約 2 割削減できることが明らかとなった。

[キーワード：トマト、袋培地栽培システム、培地加温、収量、燃油削減]

Effects of the Heating Treatment for the Polyethylene Bag Culture on Growth and Yield in Forcing Culture in Tomato. NAKAZONO Takashi, Midori KUNITAKE, Osamu IDE and Katsutoshi RYU (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 33: 13-17 (2014)

For the purpose of reduction of heating cost under the Polyethylene Bag Tomato Cultivation System, we investigated the effects of differences in the heating medium on the growth and yield.

As a result, when the medium was heated to 21℃ under 12℃, which was lowered 3℃ from the practice house minimum temperature 15℃, flowering date was later and the number of final harvest clusters was fewer than practice. However, with the increase of the number of harvest fruits by winter flowering, the total fruits and yield were similar. With this medium heating method, we can reduce huge amount of heating fuel cost by approximately 20%.

[Key words: tomato, polyethylene bag cultivation system, medium heating, yield, reducing oil]

緒言

福岡県の冬春トマトの系統共販額は 32 億円であり（平成 23 年度）、本県の野菜の中でも重要な品目として位置付けられている。本県の生産方式は、土耕栽培が中心であるが、養液栽培も久留米市、うきは市、福岡市を中心に盛んに行われている。養液栽培は、土耕栽培に比べて施肥・耕うん作業などが不要で、土壌病害発生などの連作障害が回避できる。さらに、施肥や給液管理を植物の状態に合わせて細かく調節できることから、長期間収穫できる作型の導入も可能で、このことにより年間 10 a 当たり 30 t といった多収も期待できるなど、栽培面でのメリットも多い。しかし、養液栽培システムは一般に導入経費が高く、さらに近年の資材高騰の影響により、福岡県における新規導入者数および設置実面積は、平成 15 年以降減少傾向にある（福岡県農林水産部園芸振興課 2012）。

近年、設置が簡単で低コストなトマト袋培地栽培システムが開発され（金子ら 2006）、本県においても導入が進みつつある。一方で、袋培地栽培では、培地温がハウス内気温の影響を受けやすく、特に本県の生産現場では 12～2 月の冬季に気温低下による収量低下が報告されている。培地温を高く保つためには、他の養液栽培システムで用いられている温湯管等による加温システムが有効であるが、袋培地栽培システムの大きな利点は低コストで導入できることであるので、加温設備を新規に装備することは難しい。金子らは、培地の温度低下を回避

するため、袋培地の設置方法について検討し、袋の長辺を栽培床に接した状態で設置することが望ましいと報告しているが、冬季に低温寡日照が続く本県では、金子らの設置方法だけでは培地温度の低下の回避が十分ではない。そのため、本県におけるトマト袋培地栽培システムでは、最低気温を 15℃に制御することが一般的であり、他の養液栽培システムよりも 2～3℃高い設定となっている。しかし、近年の暖房用燃油の高騰が農家経営を圧迫しており、暖房費の削減を目的とした効率的な加温方法が強く求められている。

近年、暖房費を抑える省エネ栽培技術として、局部加温技術の導入が進められている。これは、イチゴのクラウン部やナスの主枝株元部といった植物体の一部分を暖める技術で、ハウス内最低気温を下げても、慣行と同等以上の生育および収量が得られることが報告されている（佐藤ら 2008、森山ら 2011）。トマト養液栽培では、河崎ら（2007）がロックウール耕において、暖房温度 8℃の環境下で 20℃に培地を加温することにより、根量および商品果収量が増加することを報告している。しかし、袋培地栽培システムにおける培地加温に関する報告はこれまでない。

そこで本試験では、トマト袋培地栽培システムにおける暖房費の削減を目的とし、電熱線による培地加温とハウス内最低気温がトマトの生育および収量に及ぼす影響について検討した。

*連絡責任者（野菜部:nakazono-t0419@pref.fukuoka.lg.jp）

1) 現 福岡県農林水産部経営技術支援課

材料および方法

1 耕種概要

試験は、2010年と2011年の2ヶ年、農業総合試験場内に設置した間口6.5m、奥行15mの南北方向単棟ガラスハウス2棟で実施した。供試品種は「CF 桃太郎はるか」を用い、自根栽培とした。定植日は、2010年が10月12日、2011年が10月13日とした。栽培様式は、「トマト袋培地栽培マニュアル」（愛知県農業総合試験場2006）に準じて行い、栽植本数は10a当たり2,400株とした。着果処理は、各花房とも第3花開花時にトマトトーン（4-CPA：石原バイオサイエンス社製）100倍希釈液を噴霧した。着果数は、果房当たり4果とした。摘心は、2010年が2月28日に、2011年が3月30日に果房の上2葉を残して一斉に行った。施肥は、OK-F-1（ $N-P_2O_5-K_2O=15-8-17\%$ ：大塚アグリテクノ社製）をECが0.8~1.2dS/mとなるよう希釈し、かん水と同時に行った。給液量は、廃液率が5~10%となるよう1日株当たり150~1,890mLとした。ハウスの換気温度は26℃とし、12月上旬から3月上旬まで内張りカーテンをハウス内気温23℃で開閉した。ハウスの暖房は温湯方式で、2010年は10月22日~4月28日、2011年は10月25日~4月30日の間行った。

2 試験区の構成

試験区の構成は、最低気温を15℃に設定したハウスを慣行区とし、12℃に設定したハウスに培地加温を行う区（以下、培地加温区）を設けた。培地加温温度は、18℃および21℃の2水準とした。培地加温の期間は、2010年が11月22日~4月28日とし、2011年は11月20日~4月26日とした。試験規模は、1区12株、3反復とした。

3 培地加温の方法

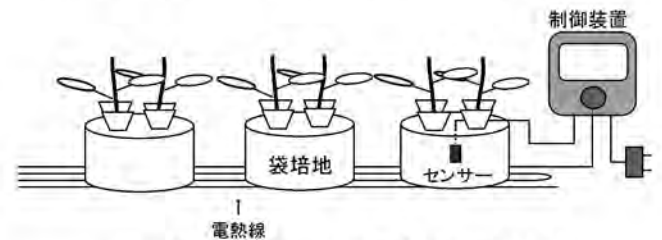
培地加温の方法を第1図に示す。まず、袋培地を設置する場所の下に4本の電熱線（三相200V・500W⁻¹）を6cm間隔で敷設した。電熱線は、幅10mmの面状のものを用いた。その後、袋培地をそれぞれ80cm間隔で電熱線の上に設置した。温度制御装置（サーマルコントローラーDR5330：パナソニック社製）の温度センサーは、袋培地中央に穴を開け、深さ10cmの位置に挿入し、その位置が各区の設定温度になるよう制御した。電熱線の稼働時間は、電子カウンター（H7ET：オムロン社製）を用いて計測した。

4 調査方法

培地温度は、サーモレコーダー（RTR-52：T&D社製）を用いて、温度制御用センサーと同様に袋培地中央の深さ10cmの位置に挿入し測定した。ハウス内気温の測定位置は、ハウス中央部高さ150cmとし、測定に用いたレコーダーは培地温度の測定と同じものとした。測定間隔は、培地温度、気温とも10分とした。調査期間は2010

年、2011年とも11月1日~4月30日としたが、培地温度の2010年11月1日~12月9日は欠測した。培地温度は、終日測定されたデータを旬別に平均した。また、ハウス内気温のデータから、19時~翌朝7時までを抽出し、旬別に平均したものをハウス内夜間気温とした。各花房開花日は、着果処理を行った日とした。

収穫調査は、JA全農ふくれんトマト部会作成の選果基準に基づいて3段階（上物、中物、下物）に分類し、週に3回行った。収穫期間は、2010年が4月28日まで、2011年は5月25日までとした。上物と中物に分類された果実を市場に出荷可能な果実（以下、商品果）とみなし、各果房の果数、1果重および合計収量を算出した。

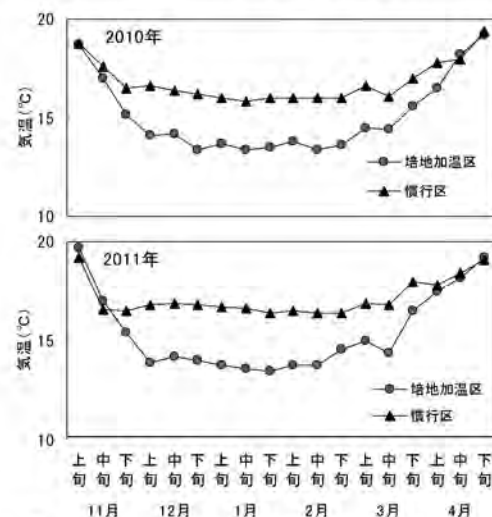


第1図 袋培地における培地加温の方法

結果

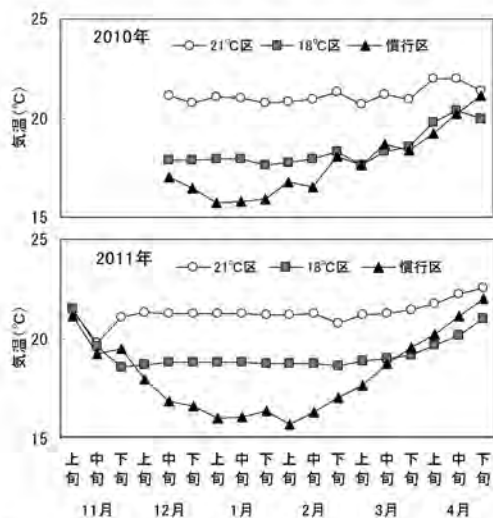
1 培地温度およびハウス内気温の推移

第2図に培地加温区および慣行区の旬別ハウス内夜間気温の推移を示す。12月上旬~2月下旬における平均夜間気温は、2010年が慣行区の16.1℃に対して、培地加温区は13.6℃、2011年が慣行区の16.6℃に対して培地加温区は13.9℃と、両区ともハウス内最低気温付近まで低下した。3月中旬以降、培地加温区の夜間気温は徐々に上昇し、2010年は4月中旬以降、2011年は4月上旬以降、慣行区とほぼ同じ気温で推移した。



第2図 培地加温区および慣行区の旬別ハウス内夜間気温の推移

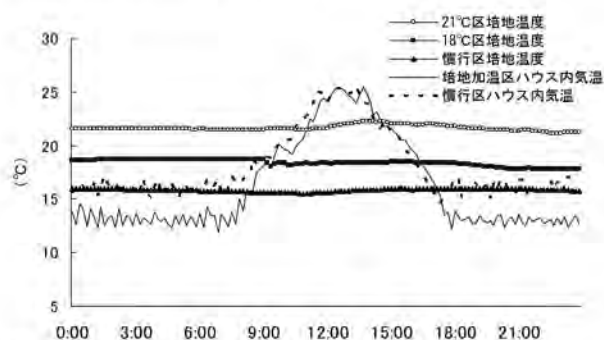
第3図に培地加温温度の違いによる旬別培地温度の推移を示す。各試験区の12月中旬から2月下旬における平均培地温度は、2010年が、慣行区の16.5℃に対して、培地加温21℃区では21.0℃、培地加温18℃区では17.9℃であった。2011年は、慣行区の16.6℃に対して、培地加温21℃区では21.2℃、培地加温18℃区では18.8℃であった。培地加温区の培地温度は、2ヶ年ともほぼ設定した温度を下回ることなく推移したのに対し、慣行区はハウス内最低気温15℃付近まで低下した。



第3図 培地加温温度の違いによる旬別培地温度の推移

1) 2010年11月1日～12月1日は欠測

2011年1月12日のハウス内気温および各区の培地温度の推移を第4図に示す。培地加温区の培地温度は、21℃区、18℃区とも制御した温度で推移し、慣行区の培地温度は、ハウス内最低気温の15℃より1～2℃高い16～17℃で推移した。また、日中のハウス内気温は、慣行区および培地加温区ともほぼ同様に推移した。



第4図 ハウス内気温および各区の培地温度の推移

1) 測定日：2011年1月12日、天候：晴れ

2 花房別の開花日、最終収穫花房段数

第1表に第4～10段の花房別開花日および最終収穫花房段数を示す。培地加温区の開花日は、2010年が第8段以降、2011年は培地加温18℃区が第6段以降、培地

加温21℃区が第9段以降、慣行区に比べて遅くなった。また、いずれの年度においても培地加温区間に有意な差は認められなかった。最終収穫花房の段数については、2010年は慣行区が12.4段であったのに対し、培地加温21℃区は11.5段、培地加温18℃区は10.9段となり、2011年は慣行区が14.3段であったのに対し、培地加温21℃区が12.5段、培地加温18℃区が11.7段と、培地加温区は慣行区に対して有意に減少した。

3 収穫果数、商品果数、商品1果重および商品果収量

第2表に第1～4段、第5～9段および第10～最終花房段における収穫果数、商品果数、商品1果重および商品果収量を示す。2010年、2011年とも、第1～4段の収穫果数、商品果数、商品1果重および商品果収量に差は認められなかったが、第5～9段の収穫果数、商品果数および商品果収量は、2010年、2011年とも培地加温21℃区が慣行区を上回った。第5～9段の開花時期は、各区12月上旬～2月上旬に当たり、培地温の差が大きい時期であった(第3図、第1表)。一方、第10～最終花房段の収穫果数、商品果数および商品果収量は、培地加温区が慣行区と比べて少なかった。

第3表に全期間の収穫果数、商品果数、商品1果重および商品果収量を示す。収穫果数、商品果数、および商品果収量は、2010年、2011年とも培地加温18℃区が慣行区に比べて少なかったのに対し、培地加温21℃区は、慣行区と同等になった。商品1果重は各区に有意な差は認められなかった。

考 察

本試験では、トマト袋培地栽培における暖房費の削減を目的として、ハウス内気温を下げた環境下で、電熱線を用いた培地加温による加温温度の違いが生育および収量に及ぼす影響について検討した。

気温とトマトの生育の関係について、豊福ら(1972)は、夜温5～15℃、地温12～20℃を組み合わせた環境下における草丈および開花日について検討し、夜温が低いほど草丈の伸長は劣り、開花は緩慢で長時間を要すること、またその際に地温の影響は認められなかったことを報告している。一方、藤井ら(1962)は、トマトを定植後約2ヶ月間、夜温6℃および9℃、地温8℃～14℃を組み合わせた環境下における開花日について検討し、開花は夜温が高いほど促進され、地温も夜温ほど顕著ではないが、高いほど促進されたことを報告している。本試験では、12月から2月の冬季における夜間気温は、慣行区の15℃に対し、培地加温区で12℃と3℃低く、培地温度では慣行区の15℃に対し、培地加温区は18℃および21℃と3℃または6℃高い条件で実施し、これらの環境下における開花日について検討した。培地加温区の花房別開花日は、2010年は第8段以降、2011年は培地加温区18℃が第6段以降、培地加温区21℃区が第9段以降、慣行区に比べて遅くなり、地温上昇の効果よりも

第1表 培地加温温度の違いが花房別開花日および最終収穫花房段数に及ぼす影響

試験区	花房開花日 (月/日)								最終収穫花房段数
	4段	5段	6段	7段	8段	9段	10段		
2010年	21℃区	11/23	12/7	12/19	1/5	1/23 b ¹⁾	2/4 b	2/14 b	11.5 b
	18℃区	11/22	12/6	12/21	1/5	1/23 b	2/5 b	2/16 b	10.9 b
	慣行区	11/22	12/4	12/16	12/27	1/12 a	1/23 a	2/3 a	12.4 a
分散分析	n. s. ¹⁾	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	*	*	
2011年	21℃区	11/27	12/9	12/28 ab	1/17 ab	1/30 ab	2/14 b	2/26 b	12.5 b
	18℃区	11/27	12/16	1/8 b	1/27 b	2/9 b	2/24 b	3/7 b	11.7 b
	慣行区	11/24	12/5	12/20 a	1/4 a	1/17 a	1/29 a	2/9 a	14.3 a
分散分析	n. s.	n. s.	*	*	*	*	*	*	

1) *は分散分析の結果、処理区間に5%水準で有意差があること、n. s.は有意差がないことを示す
2) Tukey-Kramerの多重検定により、異なる文字の処理区間には5%水準で有意差があることを示す

第2表 培地加温温度の違いが花房別の収穫果数、商品果数、商品1果重および商品果収量に及ぼす影響

試験区	第1~4段				第5~9段				第10~最終収穫花房段				
	収穫果数 (果/株)	商品果数 (果/株)	商品1果重 (g)	商品果収量 (g)	収穫果数 (果/株)	商品果数 (果/株)	商品1果重 (g)	商品果収量 (g)	収穫果数 (果/株)	商品果数 (果/株)	商品1果重 (g)	商品果収量 (g)	
2010年	21℃区	14.1	12.8	154	1,970	14.5 a ¹⁾	13.5 a	152	2,064 a	4.4 b	4.1 b	243	987 b
	18℃区	14.3	12.6	163	2,045	13.6 ab	12.5 ab	148	1,847 ab	2.4 b	2.3 b	218	518 c
	慣行区	13.5	11.5	151	1,698	13.1 b	11.6 b	137	1,587 b	8.3 a	7.7 a	191	1,436 a
分散分析	n. s. ¹⁾	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	*	*	*	n. s.	*	
2011年	21℃区	13.1	11.5	161	1886.0	15.0 a	13.8 a	134	1,859 a	11.4 b	10.9 b	208	2,303 b
	18℃区	12.4	10.5	171	1827.0	14.4 a	12.7 ab	134	1,705 ab	8.5 b	6.8 b	190	1,300 b
	慣行区	13.3	11.5	155	1793.0	12.2 b	11.5 b	128	1,493 b	14.5 a	13.8 a	205	2,730 a
分散分析	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	*	*	*	n. s.	*	

1) *は分散分析の結果、処理区間に5%水準で有意差があること、n. s.は有意差がないことを示す
2) Tukey-Kramerの多重検定により、異なる文字の処理区間には5%水準で有意差があることを示す

第3表 培地加温温度の違いが収穫果数、商品果数、商品1果重および商品果収量に及ぼす影響

試験区	2010年				2011年			
	収穫果数 (果/株)	商品果数 (果/株)	商品1果重 (g)	商品果収量 (g)	収穫果数 (果/株)	商品果数(果) (果/株)	商品1果重 (g)	商品果収量 (g)
21℃区	33.0 a	30.4 a	165	5,021 a	39.5 a	36.2 a	165	5,948 a
18℃区	30.3 b	27.4 b	161	4,410 b	35.3 b	30.1 b	161	4,830 b
慣行区	34.9 a	30.6 a	154	4,721 a	40.0 a	36.5 a	165	6,016 a
分散分析	*	*	n. s.	*	*	*	n. s.	*

1) *は分散分析の結果、処理区間に5%水準で有意差があること、n. s.は有意差がないことを示す
2) Tukey-Kramerの多重検定により、異なる文字の処理区間には5%水準で有意差があることを示す

夜間気温の低下の影響を強く受けたものと考えられ、豊福らの報告と一致した。また、培地加温 18℃区は、慣行区と比べて最終収穫花房の段数が減少したことにより最終的な収量が低くなったが、培地加温 21℃区は、12月～2月の冬季に開花した第5～9段の収穫果数が増えたことにより、最終的な収穫果数は慣行区と同等になり、収量も同等になったと考えられる。

河崎ら(2007)は、トマト養液栽培において、ハウス内最低夜温を8℃とし、20℃に培地加温すると、根量が増加し、可販果収量が増加することを報告している。また中野ら(2008)は、トマト養液栽培において、ハウス内最低夜温が8℃の環境下で20℃に培地加温すると、培地を加温しない場合と比べてトマトの葉の無機元素濃度は上昇し、養分吸収が促進されたことを報告している。本試験において、夜間気温が低かったにも関わらず、商品1果重が低下しなかった要因は、培地加温したことで養分吸収が促進されたためと考えられる。

藤重ら(1991)は、トマトの根部を10～25℃の範囲で加温し、花数および結果数について検討したところ、15～25℃で加温すると、10℃に加温した場合と比べて有意に増加したことを報告している。本試験において、培地加温 21℃区の第5～9花房の果数が増えた要因は、花数および結果数が増加したことが推察され、今後さらに検討の余地がある。

第4表に培地加温を含む暖房費の試算を示す。培地加温の電熱線稼働時間は、稼働時間が長かった2011年のデータを用いた。電気料金は、九州電力の低圧季時別電力の単価(2011年)を用い、電力量料金は、夜間と昼間の単価を平均して算出した。培地加温に用いた資材費と電気料金および資材の設置に係る労働費の合計は、年間10a当たり35万7千円になることが明らかとなった。また、ハウスの暖房に係る燃油代の試算を、農研機構野菜茶業研究所が作成した「暖房燃料消費量試算ツール」を用いて行った。A重油の単価を農作物価統計による

第4表 培地加温を含む暖房費の試算 (千円/10a当たり)

	培地加温 (21℃)		慣行	
減価償却費 ¹⁾²⁾	148		-	
電気料金	189		-	
設置に係る労働費 ³⁾	20		-	
燃油代 ⁴⁾⁵⁾ (燃油消費量L/10a)	844	(10.6kL)	1,495	(18.7kL)
合計額	1,201	(80) ⁶⁾	1,495	(100)
増減	▲294			

1) 培地加温に係る資材費は、電熱線(200V)、制御装置(電子サーモ)、7%蒸着7/44の合計であり、加温温度は21℃に制御

2) 電熱線、サーモは耐用年数5年、7%蒸着7/44は2年で算出

3) 労働費は、10a当り電熱線敷設に20h/人、7%蒸着7/44被覆に5h/人かかるものとし、賃金単価800円/h(福岡県農業会議、H24)で算出

4) 燃油単価は80円/Lとし、燃油消費量は野菜茶業研究所が作成した温室暖房燃料消費試算ツールを用いた

5) 試算した条件は、間口6m、奥行10mとし、内張り1層(ポリ)、加温期間は11月1日～翌年4月30日とした

6) 合計額の括弧内数値は、慣行に対する割合

2011年1月時点の価格80円/Lとし、ハウス内最低気温を15℃から12℃に下げた場合、燃油消費量が大幅に削減され、10a当たりの燃油代が149万5千円から、84万4千円に抑えられた。燃油消費量が削減できたことで、培地加温におけるコストを含めても、10a当たり29万4千円削減でき、暖房に係る経費が約2割削減できると試算された。

以上の結果より、暖房コスト低減のためにハウス内の最低気温を15℃から12℃に低く設定した場合でも、袋培地を21℃に加温することで慣行と同等の収量を得られることが示唆された。なお、本培地加温方法によって暖房用の燃油消費量が大幅に削減でき、暖房に係る経費が約2割削減できると試算された。

引用文献

- 愛知県農業総合試験場(2006) トマト袋培地栽培マニュアル. p. 7-17
- 藤井健雄・伊東 正(1962) 果菜栽培温度に関する研究 2. 千葉大学園芸学部蔬菜園芸学研究室業績第52: 71-80.
- 藤重宣昭・杉山直儀・尾形亮輔(1991) トマトの花芽分化と結実に及ぼす根温の影響. 園学雑 60(1): 97-103.
- 福岡県農林水産部園芸振興課(2012) 福岡の野菜動向. p. 61.

- 金子良成・樋江井清隆・榊原正典・今川正弘(2006) 低コストで設置が簡単なトマト袋培地栽培システムの開発. 愛知県農総誌研報 38: 45-50.
- 河崎 靖・安場健一郎・鈴木克己・川嶋浩樹・佐々木英和・高市益行・中野有加・黒崎秀仁・中野明正・大森弘美・坂上 修(2007) 生長点および根域加温がトマトの生育、収量に及ぼす影響. 園学研 6 別 2: 549.
- 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.
- 中野明正・河崎 靖・佐々木英和・中野有加・安場健一郎・鈴木克己・高市益行(2008) トマトの根域加温はマグネシウムの吸収を促進することにより葉の黄化を抑制する. 根の研究(Root Research) 17(2): 43-44.
- 農研機構野菜茶業研究所(2007) 暖房燃料消費試算ツール. <http://vegetea.naro.affrc.go.jp/joho/index.html>
- 佐藤公洋・北島伸之・沖村 誠(2008) 高設栽培におけるクラウン部局部加温の温度がイチゴの生育および収量に及ぼす影響. 福岡県農総誌研報 29: 27-32.
- 豊福康弘・今泉 寛・吉川重彦(1972) 温度条件とトマトの生育に関する研究. 三重県農技研報 1: 41-53.