

# 温室密閉による高温処理がキュウリの収量ならびに病害虫の発生抑制に及ぼす影響

佐藤達雄・松浦京子<sup>1)</sup>・高柳りか

## Effect of Heat-Shock on the Yield and Controlling Diseases and Pests in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Production

Tatsuo SATO, Kyoko MATSUURA<sup>1)</sup> and Rika TAKAYANAGI

### 摘 要

キュウリの栽培には多回数の防除作業が必要であり、生産コスト、作業労力、作業者の安全性などの面で多くの問題を抱えている。そこで、筆者らが開発した温室密閉による高温処理の実用的な処理方法を2001年、2002年に夏どり栽培で検討した。

2001年には、病害虫の発生は8月上旬までほとんど見られず、それ以降、うどんこ病、べと病、ダニ類、オンシツコナジラミ、ワタヘリクロノメイガ、アブラムシ類がスポット的に発生した。このうち、病害やオンシツコナジラミ、ワタヘリクロノメイガ、アブラムシ類は最高内気温45℃以上の処理に2~3回、遭遇することによって増殖を抑制できた。ダニ類はこの処理では抑制できなかったが、殺ダニ剤散布によって抑制することは可能であった。収穫後期の8月中旬以降に、曇雨天が続いたため、目標とする処理回数を実施できず、収量も低収であった。品種の比較では‘アンコール10’よりも‘大将’が多収であった。

2002年は晴天日が多く、8~14日に1回の高温処理により、農薬散布を1回に減じて、病害虫を効果的に抑制できた。落果を抑え、収量を確保するためには、開花から収穫までに要する果実肥大期間7~8日より長いインターバルで処理をすることが適当と考えられた。

### 謝 辞

新潟大学フィールド科学教育研究センター荒木 肇博士には本稿の校閲を頂き、神奈川県農業総合研究所生産技術部土屋恭一郎長には原稿の校閲及び助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

キーワード：キュウリ、高温処理、病害虫防除、環境保全型栽培

## Summary

Many agricultural chemicals have been used to produce cucumbers in greenhouse. Recently, spraying of agricultural chemicals should be reduced for the purpose of cost-saving, labor-saving or safely for workers. The practical effect of heat-shock on fruit yield and the incidence of disease and insects in summer cucumber production in greenhouse were evaluated in 2001 and 2002.

Most diseases and insects were controlled by the early August. After then, powdery mildew, downy mildew, mites, white flies, cucumber webworm larvae and aphids were observed partially. Diseases, white flies, cucumber webworm larvae and aphids were controlled by a couple of replication of heat-shock above 40°C. This treatment could not be performed on schedule because of continuous cloudy and rainy weather after middle of August. Fruit yields resulted lower level than average year. 'Taisho' showed higher yield than 'Encore 10'.

There many fine days in summer in 2002 than 2001. Many diseases and pests were controlled effectively by heat-shock performed every 8 to 14 days with a spraying of agricultural chemicals.

The results of 2 years-experiments suggested the appropriate interval of high temperature treatment was more than 7 or 8 days that were taken for fruit enlargement.

**Keywords:** cucumber, high temperature treatment, disease and insect management

## 緒 言

キュウリは神奈川県施設野菜における基幹品目の一つであり、主に抑制キュウリと半促成キュウリ、促成トマトと施設雨よけキュウリを組み合わせた作付け体系で栽培されている。キュウリは病害虫の発生が多く、特に夏期は、うどんこ病、べと病、褐斑病、灰色かび病、アブラムシ類、コナジラミ類、アザミウマ類、ダニ類、ハモグリバエ類、ヨトウムシ類、ワタヘリクロノメイガなど、常に多種類の病害虫の寄生、感染の可能性があり、短い間隔での農薬散布が必要である。防除作業の自動化が遅れているため、作業者は防護マスク、手袋、防除衣を着用の上、ノズルを持って散布をしなければならず、不快な作業であり、労働負荷も高い。さらに気中の農薬成分が次回散布までに分解、揮散しないことがあり、作業者は収穫・管理作業中に散布した農薬に暴露される可能性も指摘されている(正田・垂井1988)。また近年は、食料の安全性や生産地周辺の居住環境、生物相などに対する意識も高くなってきている。大消費地の内部に生産施設が点在し、いわゆる直売に代表される、地場消費が販売の大きなウエートを占める本県では、消費者や生産地近隣住民から、農薬の使用量はもとより、防除作業の削減が強く求められている。

これまで、化学合成農薬散布に頼らない病害虫防除手段には、防虫網などの物理的防除、性フェロモンなどによる化学的防除、不妊虫や天敵の放飼、拮抗微生物の接種など、様々な方法が考案されているが、多くは効果や

適用範囲が限定的である。一方、特別な装置、機器を用いず広い範囲の害虫に効果を持つ方法として、東ら(1990)はナスにおいて一時的な高温処理が有効であることを示した。すなわち、ビニールハウスを閉め切ることにより、瞬間的に46~50°Cまで内気温を上げる1回の処理で、ミナミキイロアザミウマ、モモアカアブラムシ、オンシツコナジラミ、チャノホコリダニの密度が抑制されたとしている。しかし、軒高が低く、天窗がないビニールハウスでは内気温の制御が難しいこと、50°C近辺では植物体や温室環境制御機器に障害が発生する恐れがあること、また、生産者の心理的抵抗感から、広く普及するには至っていない。

筆者らは、キュウリにおいて、より低い温度域である45°Cを上限とする高温処理での病害虫抑制効果を検討した(佐藤ら 2003)。

キュウリの施設栽培では、側枝、果実の発生、伸長促進を目的とした、いわゆる「蒸し込み」が一般に行われている。これは、1日のうち午前中の数時間、施設の換気温度を30~35°Cに設定して密閉状態を保持するものである(崎山ら 2000)。生育促進に対する効果は限定的であるとする報告もあるが(平間ら 2000)、高温密閉条件下では、呼吸量と炭酸ガス放出量の増大ならびに気孔開度が確保され、光合成を促進させる効果もあると考えられる。40°C以上の高温域では、一般にキュウリの生育は抑制されるが(王・橋 1996)、順化処理を行うことにより高温に対する耐性を誘導することも可能である(李ら 1996)。しかし、高温耐性に対する定性的な評価手法が

なかったため、筆者ら(2002)は、クロロフィル蛍光測定法による各種野菜の高温ストレス耐性の評価法を開発した。次に、収穫期間中、温室密閉による一時的な高温処理を日単位で反復し、本法によるクロロフィル蛍光の測定ならびに栽培結果から、キュウリの高温ストレス耐性品種の選定を試みた(Sato and Kubo 2002)。また、本処理によって病害虫の被害抑制ならびに生育促進双方の効果が確認された。しかし、作業上、より実用的な昼間帯の高温処理では、ダニ類を抑制できず、収量も早朝の高温処理より劣る結果となった(佐藤ら 2003)。本稿では、処理の時間帯や頻度を調査し、実用的な処理方法を明らかにしようとした。

## 材料及び方法

### 1. 病害虫発生に及ぼす高温処理の影響

供試品種として‘大将’、‘アンコール10’の2品種を用い、それぞれ防除区と無防除区を2反復ずつ設け、計8区とした。

2001年6月6日に両品種をポリ鉢に播種し、ブルームレス台木‘ひかりパワー’に呼び接ぎした。接ぎ木後5~7日でキュウリ自根を切断し、7月6日に165㎡のガラス温室に定植した。栽植密度は125株/a(畦幅160×株間50cm)とした。元肥は与えず、追肥のみをN:P2O5:K2Oが合計1.4:0:1.4 kg/aとなるように5回に分けて施用した。仕立て方は、摘心栽培法とし、主枝を15節、第1次側枝を2節で摘心し、第2次側枝以降は原則として放任した。定植日から7月16日までは温室を常時開放し、翌17日以降は、温室中央部、高さ1.5mに設置した温度センサーにより、天窗ならびに側窓の開閉を制御した。

高温処理は11時30分から13時30分までの換気温度を40℃または45℃に設定することによって行った。7月17日から22日まで毎日、処理時間帯の換気温度を40℃としてキュウリの高温順化を図り、23日の収穫開始とともに45℃の高温処理を開始した。高温処理の実施は、当日午前中の天候により判断することとし、曇雨天日は処理を行わず天窗、側窓を開放した。

7月23日以降、収穫を行い、70g以上の果実収量を調査した。

対照とした防除区は8月21日、31日に、アゾキシストロピン水和剤、トリフルミゾール水和剤、クロルフェナビル水和剤、テブフェンピラド乳剤を用い、農薬散布を行った。収穫終期の9月10日に病害虫の発生状況を調査した。地上高120から160cmに位置する100葉における発病枚数、寄生枚数を計測した。

### 2. 高温処理の頻度がキュウリの収量ならびに病害虫の抑制に及ぼす影響

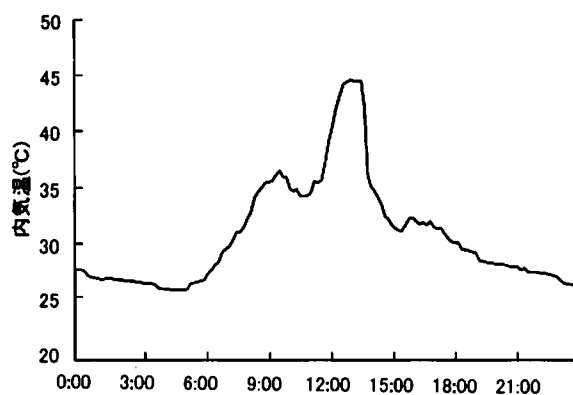
2001年度に多収を示した‘大将’に加えて、うどんこ病、べと病に抵抗性を示す品種‘夏すずみ’と‘Vロード’の3品種を栽培し、収量及び病害虫の発生経過を検討した。

2002年6月1日に連結ポットに上記3品種を播種し、前年同様の育苗管理を行った。栽植密度は139株/a(畦幅160cm×株間45cm)とした。施肥ならびに仕立て方は前年同様とし、定植日から7月20日までは温室を常時開放し、21日の収穫開始とともに、温室中央部、高さ1.5mに設置した温度センサーにより、窓の開閉を制御した。高温処理の開始時刻はあらかじめ特定の時間を決めず、午前中の収穫・管理作業終了後から2時間を処理時間帯とした。7月21日から27日まで毎日、処理時間帯の換気温度を40℃としてキュウリの高温順化を図り、28日の収穫開始とともに45℃での高温処理を開始した。高温処理は、8月10日までは毎日実施し、それ以降は10日に1回程度を目安とし、当日午前中の天候ならびに収量、病害虫の発生状況を勘案して決定した。

8月27日に全試験区にトリフルミゾール水和剤、ミルベメクチン乳剤の散布を行った。7月23日から10日ごとに7回の病害虫発生調査を行った。調査は、2001年同様の手順で行った。

## 結果及び考察

第1図に、晴天日に温室密閉処理を行ったときのガラス室内気温の推移を示した。11時30分に天窗、側窓を密閉後、内気温は急速に約10℃上昇し、約1時間、45℃が持続した。この間、高温、強日照に経過すると、密閉中に内気温が45℃を超え、天窗、側窓が自動的に開いた結果、湿度が急激に低下し、上位2~3葉に葉やけを生じること

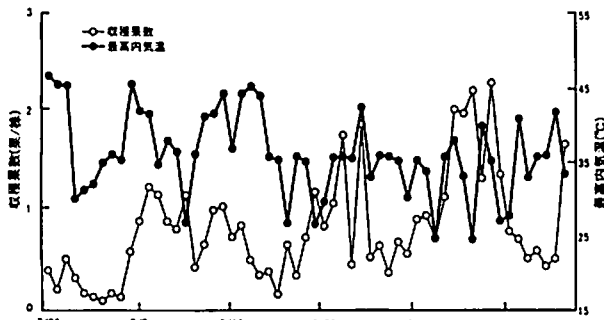


第1図 温室密閉処理実施時のガラス室内気温の日変化 (2001年7月24日)

第1表 高温処理ガラス室での病害虫発生に及ぼす薬剤防除の影響<sup>2</sup>

薬剤防除の有無	アブラムシ類	アザミウマ類	ダニ類	コナジラミ類	べと病	うどんこ病
防除 <sup>1</sup>	0 <sup>x</sup>	0	0	0	14	26
無防除	0	0	54	0	44	4

<sup>1</sup>(2001年9月10日, 品種‘大将’) 8月21, 31日に殺虫剤, 殺菌剤を各1種ずつ散布<sup>2</sup>100葉あたりの寄生・発病葉数



第2図 高温処理下での, 収量と最高内気温の推移 (2001年7月23日～9月17日, 品種‘大将’)

があった。13時20分に窓を開放すると内気温は急激に低下した。第2図に収穫期間中の収穫果実数ならびに最高内気温の推移を示した。8月15日までは好天が続き, 最高内気温が45°C, 40°Cを超えた日は24日間で, それぞれ5日, 12日あった。しかし, 8月16日以降は曇雨天が多く, 33日間で, それぞれ0日と4日であった。

8月上旬までは害虫はほとんど見られなかったが, 中旬以降に, ダニ類, オンシツコナジラミ, ワタヘリクロノメイガ, アブラムシ類がスポット的に発生した。このうち, オンシツコナジラミ, ワタヘリクロノメイガ, アブラムシ類は最高内気温40°C以上の処理に2~3回遭遇することによって抑制できた。多くの害虫は高温で死ぬか, または繁殖行動の抑制が密度低下の原因と考えられる。

病害については, 害虫同様, 8月中旬以降にうどんこ病, べと病がスポット的に発生した。うどんこ病については, 35°C以上では増殖が困難であることが報告されているほか(我孫子ら・岸 1979), キュウリの抵抗性に温度依存性が存在することが知られている(森下ら 2002)。また, 他の作物では, 高温により病害抵抗性が誘導された事例もいくつか報告されている(山本・谷 1987, 吉田・大口 1988, 奥野ら 1991)。また, Metraux et al. (1990)は, 病害に感染したキュウリ葉中に全身獲得抵抗性を誘導するシグナル伝達物質であるサリチル酸の増加を認めたが, Kubo and Sato(2002)は, 高温処理を施したキュウリ葉中にもサリチル酸濃度が増加し, 全身獲得抵抗性関連遺伝子*CuP1*が発現したことを確認しており, 今回の高温処理でも何らかの病害防御機構が発現した可能性が考えられる。

8月中旬以降, 徐々にダニ類, べと病をはじめとする病害が目立つようになったため, 2度の殺虫剤, 殺菌剤の散布を行ったところ, 病害虫を実用レベルでほぼ抑制することが可能であった(第1表)。慣行栽培では, 夏期に週1回程度の農薬散布作業が必要であることに比べると, 温室密閉処理は防除回数を顕著に削減する技術として有効と考えられた。

収量は収穫期前半には少なく, 収穫期後半に増加する傾向があった(第2図)。任意の日の収穫果数は, 収穫日3~7日前の最高内気温と負の相関が認められた(第2表)。高温, 多湿条件下では, キュウリの開花後, 7~8日程度で収穫となることから, 幼果が高温により落果することが低収の原因と考えられた。これは, 収穫期前半の連日の高温処理によって, キュウリの着果が抑制されたことを示唆している(第2図)。合計収量を見ると, ‘アンコール10’は防除区, 無防除区ともに‘大将’より低収であった(第3表)。当地域では, 露地キュウリの収穫期間45~60日の平均収量は400~500kg/a程度である。これに比べて, 高温処理を行った栽培では, 出荷規格における上物果Bの発生がやや多いものの, ‘大将’の防除区で合計497kg, 無防除区で433kgとなり, 実用レベルに達していると判断された。曲がり果の発生には落果同様, 高温による影響が考えられた。以上のことから, 適切な高温処理条件を検討し, 落果, 曲がり果を減らすことが, この技術の実用化のために必要であることが示された。

第2表 高温処理を施した場合の, キュウリの収穫果数と収穫前の最高内気温の相関関係

高温処理	2001年 <sup>2</sup>	2002年
当日	-0.148	0.054
1日前	-0.031	0.038
2日前	-0.256	-0.019
3日前	-0.360 ** <sup>1</sup>	-0.088
4日前	-0.349 *	-0.103
5日前	-0.343 *	-0.114
6日前	-0.477 **	-0.021
7日前	-0.359 **	0.232
8日前	-0.252	0.324 **
9日前	-0.053	0.227
10日前	-0.024	0.127

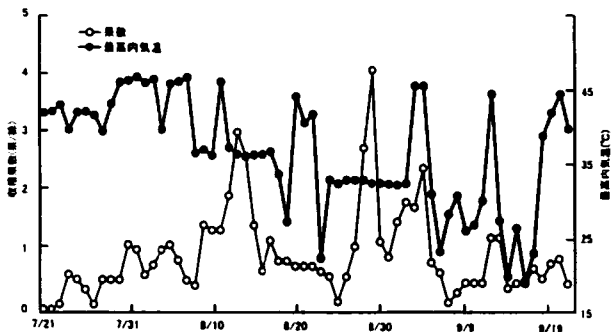
<sup>1</sup>2001年:n=57, 2002年:n=61

<sup>2</sup>\*\*1%有意, \*5%有意

第3表 高温処理ガラス室でのキュウリ2品種の収量に及ぼす薬剤防除の影響(2001年)

品種	薬剤防除	上物A <sup>2</sup>		上物B		下物果	
		(本/a)	(kg/a)	(本/a)	(kg/a)	(本/a)	(kg/a)
アルコール10	防除	2880	294	899	97	707	77
	無防除	3029	310	1096	111	721	79
大将	防除	3928	381	1207	116	736	78
	無防除	3635	342	913	91	529	53

<sup>2</sup>上物A:曲り2cm以内, 上物B:曲り4cm以内

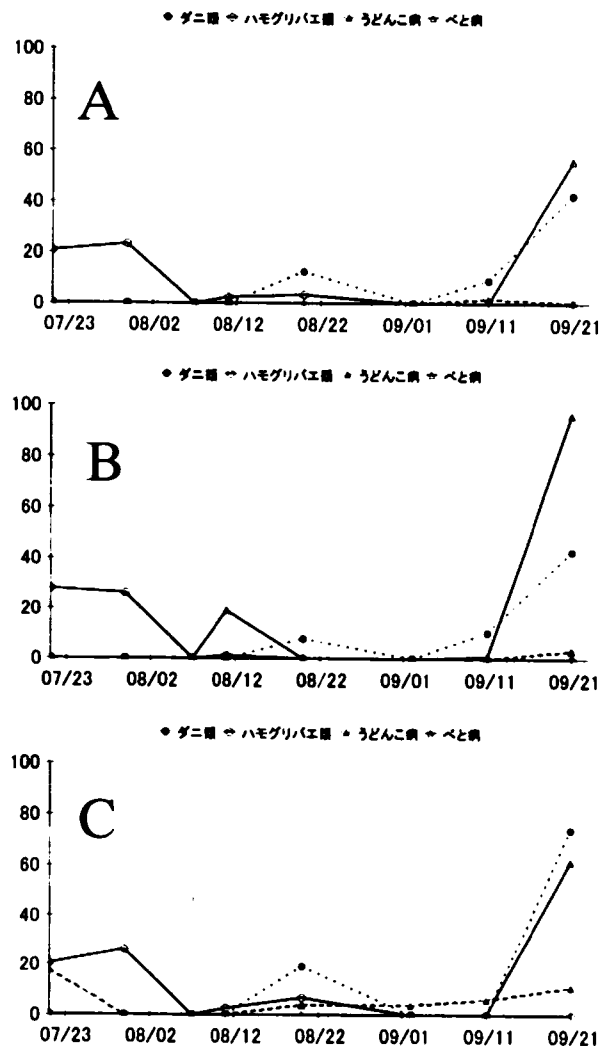


第3図 高温処理下での、収量と最高内気温の推移(2002年7月21日~9月21日, '大将')

2002年には、日照が強く外気温が高い正午前後を避け、午前の収穫管理作業終了直後の10~11時から処理を開始した。また、密閉中に内気温が45°Cに達した段階で不織布製の上部保温カーテンを閉め、温度上昇を防ぐことによって窓が開くことを防ぎ、密閉状態が維持されるようにした。最高内気温が45°C、40°Cを超えた日は収穫期間63日中、それぞれ11日、24日あった。8月中旬及び下旬に一時、天候不順があったが、前年に比べて晴天日が多かった(第3図)。

第4図に、病虫害の発生経過を示した。うどんこ病抵抗性を示す'Vロード'、'夏すずみ'で、うどんこ病の発生がほとんど認められなかった以外は、3品種とも同様に推移した。7月下旬以降、収穫初期にはトマトハモグリバエの寄生が目立ち、被害葉数は急速に拡大した。このため、7月下旬から8月上旬にかけて高温処理を連日行ったところ、葉中の幼虫ならびに、葉上で蛹化した個体の死亡が多数確認され、8月12日の調査では生存個体はほとんど観察されなかった。一方、カンザワハダニを主とするダニ類は8月中旬からスポット的な発生が認められ、特に'大将'では約20%に達した。また、'大将'ではうどんこ病の発生も認められた。このため、8月27日に全試験区に殺ダニ剤ならびに殺菌剤の散布を行ったところ、9月1日にはダニ類の寄生葉数は減少した。'大将'に比べると、'夏すずみ'、'Vロード'では、病害の発生は少なかった。第4図に示した以外の他の病虫害はほとんど認められなかった。

収量についてみると、'大将'では、上物果AとBを合計した収量では目標の500kg/aを超えたが、'Vロード'、'夏すずみ'はきわめて低収であった(第4表)。前年に比べると、晴天日が多いものの、任意の日の収穫果数は、収穫8日前の最高内気温と正の相関があり、前年のように、幼果が高温障害で落果したことが収量に影響したとは考えられなかった(第2表)。この原因は明らかでないが、高温処理が8~14日に1度程度の頻度となっ



第4図 高温処理下での病虫害発生経過  
A:Vロード, B:夏すずみ, C:大将

第4表 高温処理ガラス室での供試3品種の収量(2002年)

品種	上物A <sup>2</sup>		上物B		下物果	
	(本/a)	(kg/a)	(本/a)	(kg/a)	(本/a)	(kg/a)
Vロード	3187	363	990	115	721	90
夏すずみ	2310	276	608	72	573	68
大将	4854	475	990	103	799	90

<sup>2</sup>上物A:曲り2cm以内, 上物B:曲り4cm以内

たため、その時点で着生していたつぼみや、開花直後の幼果が高温によって多く落果し、着果負担が減った結果、その後の無処理期間での着果が増加したことも原因のひとつと考えられる。‘大将’が他の2品種より収量が優ったのは、高温処理によって側枝の発生、伸長がおう盛になったことと、高温期でも比較的、雌花着果率が高いことが原因として考えられる。

以上のことから、温室密閉による高温処理は、広範囲の病害虫の発生抑制に有効であり、慣行の農薬使用量を大幅に削減することが可能である。ただし‘大将’のような耐暑性の強い品種を用いても、落果などの悪影響が認められた。そこで、収穫盛期以降の処理頻度は、天候の影響もあるが、開花から収穫までに要する7~8日程度よりも長いインターバルで処理をすることが適当と考えられた。

### 引用文献

- 我孫子和雄・岸 国平, 1979. キュウリうどんこ病の発病に及ぼす温度並びに湿度の影響. 野菜試報A 5: 167-176.
- 東勝千代・森下正彦・矢野貞彦, 1990. 施設栽培ナスにおけるハウスの密閉高温処理によるミナミキイロアザミウマの防除. 和歌山県農試研報, 14: 35-44.
- 疋田慶夫・垂井不二男, 1988. 施設栽培従事者の農薬暴露について キュウリの場合. 農作業研究, 21: 40-53.
- 平間信夫・水澤秀雄・松浦誠司, 2000. 高温・多湿条件がキュウリの生育に及ぼす影響(2)ハウス抑制栽培の場合. 園学雑, 69(別1): 288.
- Kubo, Miyuki and Tatsuo Sato, 2002. Utilization of high temperature stress as plant resistance activators for control of summer greenhouse cucumber diseases. Acta Hort. 588: 171-174.
- Metraux, J.P., Singer, H. Ryals, J. Ward, E. Wyss-Benz, M. Gaudin, J. Raschdorf, K. Schmid, E. Blum, W. Inverardi, B. 1990. Increase in salicylic acid at the onset of systematic acquired resistance in cucumber. Science, 250: 1004-1006.
- 森下昌三・杉山慶太・齋藤猛雄・坂田好輝, 2002. キュウリのうどんこ病抵抗性検定法の改良と抵抗性素材の検索. 園学雑, 71: 94-100.
- 奥野哲郎・中山政治・岡島伸之・古沢 巖, 1991. 生物的及び化学的誘導因子によるキュウリ葉におけるべと病抵抗性誘導と抵抗性特異的酸可溶性タンパク質の検出. 日植病報, 57: 203-211.
- 李 智軍・小田雅行・岡田邦彦・佐々木英和, 1996. 水ストレス及び外生ABAによるキュウリ葉における光合成器官の高温耐性の変化. 園学雑, 65: 587-594.
- 崎山 一・壇 和弘・今田成雄, 2000. 高温条件下の空気湿度がキュウリの生育, 蒸散, 養分吸収, 乾物生産に及ぼす影響. 園学雑, 69(別1): 289.
- Sato, Tatsuo and Miyuki Kubo, 2002. Reducing the need for chemical spraying of summer greenhouse cucumber: heat-shock controls disease and insect damage. Acta Hort. 588: 165-170.
- 佐藤達雄・瀧口 武・松浦京子・成松次郎・水野信義, 2003. 温室密閉による高温処理が夏キュウリの生育ならびに病害虫発生に及ぼす影響. 園学雑, 72: 56-63.
- 佐藤達雄・吉田 誠・大矢武志, 2002. バルス変調クロロフィル蛍光測定法による野菜の高温ストレス耐性の検定. 園学雑, 71: 101-106.
- 王 玉海・橋 昌司, 1996. キュウリの初期成長と無機栄養に及ぼす高気温と高地温の影響. 園学雑, 64: 845-852.
- 山本弘幸・谷 利一, 1987. 高温ストレスによるエンバクの冠さび病抵抗性誘導. 日植病報, 53: 616-621.
- 吉田克志・大口富三, 1988. 熱処理ダイコン根組織におけるべと病菌吸器形成の抑制. 日植病報, 64: 307-314.