

病虫害防除を目的とした温湯散布処理がイチゴの生育および収量に及ぼす影響

山邊あずさ・島本桂介*・小河原孝司・佐藤達雄**・植田稔宏

Effect of Hot Water Spraying for Disease and Pest Control on Plant Growth and Yield in Strawberry

Azusa YAMABE, Keisuke SHIMAMOTO, Takashi OGAWARA, Tatsuo SATO and Toshihiro UETA

Summary

This study investigated the effects of regular hot water spraying for pest control on plant growth during the seeding period and after permanent planting in strawberry. The crown could not survive hot water spraying at a leaf temperature of 55°C for more than 30 seconds. Hot water spraying at a leaf temperature of 42°C for more than 30 seconds had a negative effect on plant growth. The results of this study indicate that hot water spraying at a leaf temperature of 50°C for 20 seconds for pest control has no effect on plant growth and yield in strawberry.

キーワード：イチゴ，温湯散布，高温障害，生育，収量

I. 緒言

促成イチゴは栽培期間が約1年間と他の野菜に比べて長く、化学合成農薬の成分回数が多いことから、減農薬の取り組みが求められている。その一つとして、熱の殺虫・殺菌効果が注目されるようになっている。イネでは、乾熱処理や温湯浸漬処理による種子消毒の取り組みがあり（山下ら，1996）、実用レベルでの処理法も開発されている（早坂ら，2001）。また、植物体に対する高温処理が、病虫害防除に利用できることが知られており、キュウリでは耐病性を高める抵抗性誘導を引き起こし（Kubo and Sato, 2002）、トマトでは病虫害防除の手法となり得る（Sato et al., 2004）などの報告がある。

イチゴにおいても、苗の温湯浸漬処理により、生育に影響を与えずにうどんこ病やハダニ類（中嶋ら，2002，小板橋ら，2002）、あるいはミカンキイロアザミウマやワタブラムシ（柏尾ら，2003）を防除できることが明らかになっている。さらに、圃場に定植したイチゴの葉に対する温湯散布処理については、うどんこ病少発生条件下では高い防除効果が認められてい

る（山岸ら，2009）。しかし、温湯散布処理が生育および収量に及ぼす影響については未検討であり、実用規模で処理する技術も確立されていない。

本研究では、実用規模のイチゴ高設栽培において、試作機を用いて育苗期から本圃栽培期まで温湯散布処理を行い、イチゴの生育や収量に悪影響を及ぼさない処理条件について検討し、若干の知見を得たので報告する。

II. 材料および方法

1. 温湯散布装置

家庭用LPガス給湯器を主構成として、任意の温度、設定水量で給湯できる温湯供給機構（K社製）を用いた。育苗期の処理には、葉面温度保持に適したフラットスプレーチップノズルを22cm間隔で直線上に配置し、フレーム周囲はPOフィルムで被覆し、イチゴ上部からのみ温湯を散布する装置を用いた。本圃栽培期には、フラットスプレーチップノズルをフレームの上部に5cm間隔で6個、側面に約20cm間隔で4個配置したアームを2組30cm間隔で前後に並べて箱型とし、

* 茨城県西農林事務所経営・普及部門

** 茨城大学農学部

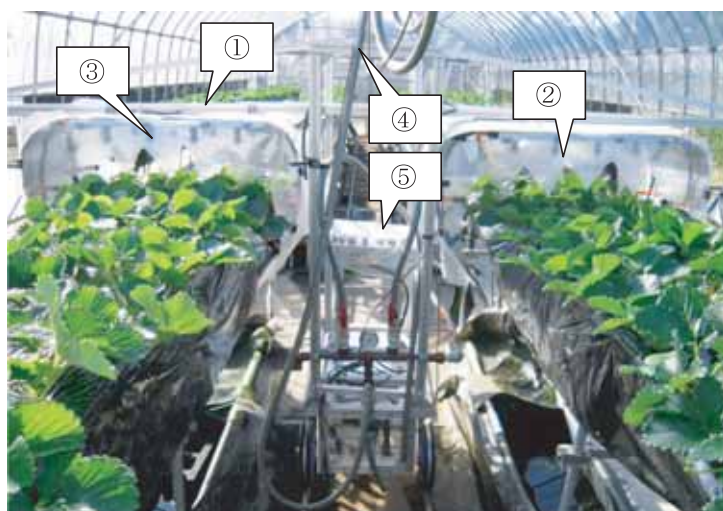


図1 本圃用温湯散布装置

- | | |
|---|--------|
| ① | フレーム |
| ② | POフィルム |
| ③ | 散布ノズル |
| ④ | 給水ホース |
| ⑤ | 走行制御盤 |

フレーム周囲はPOフィルムで被覆した散布装置（図1）を用い、イチゴの茎葉および果実に温湯がかかるように、イチゴ上部および側部から散布した。この装置はバッテリーおよび駆動装置を搭載しており、設定した速度でレール上を自動的に動く仕組みとなっている。

2. 温湯の処理温度および処理時間と高温障害発症程度（実験1）

供試品種は‘とちおとめ’および‘ひたち姫’で、2008年7月8日に2.5号ポットに鉢上げして育苗した苗を、9月17日に所内ガラスハウス内の茨城園研式高設栽培装置に定植した。温湯の処理温度と処理時間を組み合わせ、ノズル吐出温度が66℃で処理時間15、30、45、60秒、および53℃で10、20、30、40秒の処理区を設けた。処理は、吐出温度66℃区では9月26日、53℃区では10月3日に行い、処理3日後に高温障害の調査を行った。葉やクラウン部が褐変症状を呈した場合を高温障害とし、1区30株の2反復で、見取りにより行った。温湯処理による葉面温度の変化は、熱電対を葉の裏側にテープで接着し、データロガー（O社製）を用いて測定した。

3. 吐出温度53℃の温湯の処理時間と生育・収量（実験2）

供試品種‘とちおとめ’および‘ひたち姫’を、実験1に準じて育苗し、定植した。N成分で2.4kg/aを施用し、栽植密度は株間20cm千鳥植えの800株/aで、10月23日にマルチ被覆し、10月31日に栽培ベ

ンチの保温を開始した。暖房機の稼働温度は8℃に設定した。

温湯処理は、9月26日から栽培終了の5月14日まで1週間隔で行い、ノズル吐出温度が53℃の温湯を10、20、30、40秒処理する区と、温湯を処理せず、化学合成農薬により防除を行う化学農薬区を設けた。

1区10株の2反復とし、11月14日に第3葉長を測定した。12月4日から5月14日まで2、3日間隔で収穫調査を行った。

4. 実証試験（実験3）

1) 育苗期における温湯散布処理と生育・収量

供試品種は‘とちおとめ’および‘ひたち姫’で、2010年7月14日に2.5号ポットに鉢上げして育苗した苗を、9月23日に所内パイプハウス内の茨城園研式高設栽培装置に定植した。N成分で2.4kg/aを施用し、栽植密度は株間20cm千鳥植えの800株/aとした。10月22日にマルチ被覆し、11月1日に栽培ベンチの保温を開始した。暖房機の稼働温度は8℃に設定した。

試験区として、温湯区および化学農薬区を設けた。温湯区は、8月12日から9月15日まで1週間間隔で、葉面温度が50℃になるよう、ノズル吐出温度66℃±1℃の温湯160mlを、1株当たり20秒間処理するように設定した。化学農薬区は、温湯を処理せず化学合成農薬により防除を行った。葉面温度は、8月19日に実験1と同様の方法で測定した。新葉から2枚目までを内葉、最も古い葉から2枚目までを外葉とし、高温障害の発生程度を調査した。温湯の処理時期は育苗期のみとし、本圃栽培期は化学合成農薬を使用する通常の

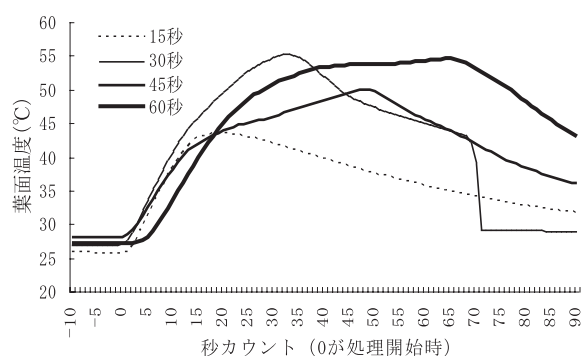


図2 吐出温度 66°C の温湯処理による葉面温度の推移

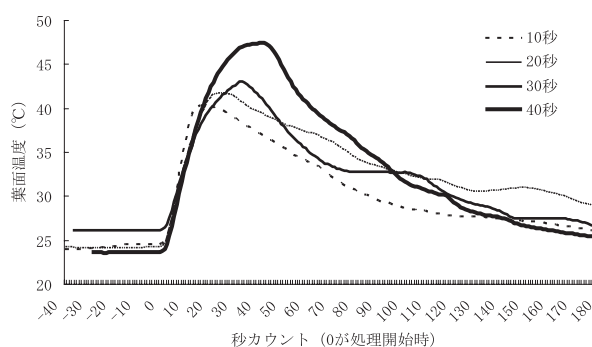


図3 吐出温度 53°C の温湯処理による葉面温度の推移

管理を行った。すべての苗について、9月15日に高温障害調査を、また1区10株2反復として12月13日から1月20日まで、2, 3日間隔で収穫調査を行った。

2) 本圃栽培期における温湯散布処理と生育・収量

試験区として、温湯区および化学農薬区を設けた。温湯区は、10月14日から4月21日まで1週間隔で、葉面温度が50°Cになるよう、ノズル吐出温度が63°C ± 1°Cの温湯1.25Lを、1株当たり20秒間処理した。化学農薬区は温湯を処理せず、化学合成農薬により防除を行った。葉面温度は10月21日に測定した。温湯区は1区18株の2反復、化学農薬区は1区6株の2反復として、葉長(第3葉)および頂花房の花数を測定した。頂花房開花日は、温湯区を1区20株の2反復、農薬区を1区10株の2反復とし、収量は温湯区を2区20株の2反復、農薬区を1区10株の2反復として調査した。

III. 結果

1. 温湯の処理温度および処理時間と高温障害発現程度(実験1)

吐出温度66°Cまたは53°Cで温湯を処理した場合の葉面温度の推移を、それぞれ図2, 図3に示した。いずれの処理温度でも1株当たりの処理時間の違いにより、葉面温度が異なった。吐出温度66°C処理の葉面温度は、15秒区では44°C, 30秒区では55°C, 45秒区では50°C, 60秒区では55°Cであった。また、吐出温度53°C処理の10秒区では42°C, 20秒区では43°C, 30秒区では46°C, 40秒区では45°Cであった。

吐出温度66°Cおよび53°C処理における処理時間が、高温障害の発生株率に及ぼす影響を表1に示した。66°C処理では、‘とちおとめ’の葉の高温障害発生株率は、15秒区で31.7%であったが、30秒以上では70%を超えた。‘ひたち姫’では、15秒区でも高温障害発生株率は71.7%と高く、30秒以上では80%を超えた。

表1 温湯の処理温度と処理時間が高温障害発生に及ぼす影響

吐出温度	品種	処理時間	処理量 (ml/株)	被害程度別発生株率				
				展開葉1枚 (%)	展開葉2枚 (%)	展開葉3枚以上 (%)	展開葉被害計 (%)	クラウン部 (%)
66°C	とちおとめ	15秒	724	15.0	6.7	10.0	31.7	0.0
		30秒	1450	28.3	25.0	18.3	71.7	5.0
		45秒	2170	20.0	20.0	48.3	88.3	25.0
		60秒	2900	18.3	20.0	38.3	76.7	35.0
	ひたち姫	15秒	724	50.0	16.7	5.0	71.7	0.0
		30秒	1450	18.3	33.3	48.3	100.0	10.0
53°C	とちおとめ	45秒	2170	11.7	28.3	55.0	95.0	26.7
		60秒	2900	16.7	25.0	41.7	83.3	26.7
		10秒	492	5.0	5.0	0.0	10.0	0.0
		20秒	983	20.0	1.7	0.0	21.7	0.0
	ひたち姫	30秒	1475	13.3	20.0	3.3	36.7	0.0
		40秒	1967	31.7	18.3	1.7	51.7	0.0
		10秒	492	3.3	0.0	0.0	3.3	0.0
		20秒	983	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0
	30秒	1475	30.0	6.7	3.3	40.0	0.0	
	40秒	1967	28.3	16.7	1.7	46.7	0.0	

表2 吐出温度 53°C の温湯の処理時間と生育

品種	処理方法	処理時間	草丈 (cm)	葉身長 (cm)	葉柄長 (cm)	葉幅 (cm)
とちおとめ	温湯	10秒	18.5	11.8	9.9	18.6
		20秒	17.3	10.2	9.4	17.6
		30秒	14.9	10.6	7.8	16.9
		40秒	14.8	10.5	7.6	16.7
	化学農薬	17.2	11.2	8.2	18.3	
有意差 ¹⁾		ns	ns	ns	ns	
ひたち姫	温湯	10秒	22.5 a	13.8	10.1 a	20.6 a
		20秒	20.9 ab	11.2	9.3 ab	19.6 ab
		30秒	18.7 b	12.1	8.1 b	18.6 ab
		40秒	18.4 b	11.2	8.4 b	17.3 b
	化学農薬	20.8 ab	12.6	9.1 ab	18.8 ab	
有意差		*	ns	*	**	

1)*:5%有意, ns:有意差なし。多重比較はTukey法, 異なる英文字間で5%水準で有意差有り (n=2)

クラウン部の高温障害は、15秒区では両品種とも発生しなかったが、30秒以上では処理時間が長くなるほど発生株率が高くなる傾向がみられた。

53°C 処理では、処理時間が長くなるほど両品種とも葉の高温障害発生株率は高くなった。また、各処理時間区において、クラウン部の高温障害は認められなかった。

2. 吐出温度 53°C の温湯の処理時間と生育・収量 (実験2)

吐出温度 53°C の温湯を処理した場合の、生育に及ぼす影響を表2に示した。‘ひたち姫’では、処理時間が長いほど草丈、葉柄長、葉幅が有意に小さくなり、‘とちおとめ’でも‘ひたち姫’と同様の傾向が認められた。

‘ひたち姫’では、処理時間が長いほど収量が有意に減少した。処理時間の違いによる1果重の差は認め

られず、収量低下の原因は総果実数の減少によるものであった。また、いずれの品種でも、温湯処理が果実形状に及ぼす影響は認められなかった (表3)。

3. 実証試験 (実験3)

1) 育苗期における温湯散布処理と生育・収量

温湯散布処理による葉面温度の推移を図4に示した。葉面温度は‘とちおとめ’では外葉、内葉ともに48°C程度であったが、‘ひたち姫’では外葉が53°C程度、内葉が49°C程度と高くなった。高温障害の発生は‘とちおとめ’の6.5%に対して、‘ひたち姫’では84%と著しく高かったが、収量への影響は認められなかった (表4)。

2) 本圃栽培期における温湯散布処理と生育・収量

温湯散布処理による葉面温度の推移を図5に示した。葉面温度は、‘とちおとめ’では外葉、内葉ともに48

表3 吐出温度 53°C の温湯の処理時間と収量、果実糖度および果実形状

品種	処理方法	処理時間	総収量 ¹⁾ (g/株)	着果数 (個/株)	果重 (g/個)	糖度 (Brix%)	品質別果実数割合 (%)			
							正形	やや不正形	不正形	不可販
とちおとめ	温湯散布	10秒	494.1	29.7	16.7	9.1	39.0	32.8	21.8	6.4
		20秒	488.0	30.5	16.0	9.3	40.2	34.4	22.9	2.5
		30秒	456.1	29.1	15.7	9.0	37.5	33.8	26.1	2.6
		40秒	408.9	26.8	15.3	9.0	38.8	34.0	24.5	2.7
	化学農薬	474.9	28.9	16.5	9.1	42.4	32.4	21.7	3.5	
有意差 ²⁾		ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	
ひたち姫	温湯散布	10秒	480.1 a	27.1 a	17.7	9.7	53.5	30.6	13.0	2.8
		20秒	446.6 ab	26.6 ab	16.8	9.5	48.7	35.0	13.8	2.6
		30秒	379.5 ab	23.7 ab	16.0	9.5	52.4	34.8	10.6	2.2
		40秒	371.0 b	22.9 b	16.2	9.3	47.4	36.0	12.9	3.8
	化学農薬	435.5 ab	24.9 ab	17.5	10.0	53.6	31.9	12.7	1.8	
有意差		*	*	ns	ns	-	-	-	-	

1)7g以上の果実

2)*:5%有意, ns:有意差なし。多重比較はTukey法, 異なる英文字間で5%水準で有意差有り (n=2)

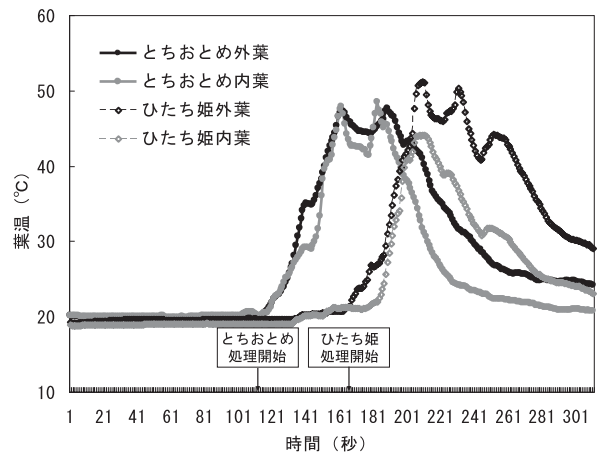
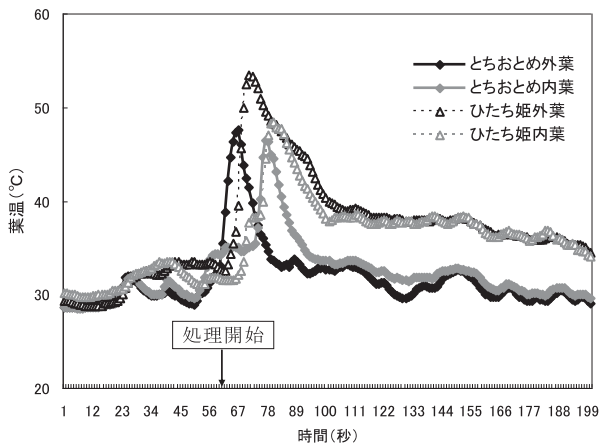


図4 温湯処理¹⁾による葉面温度の推移(育苗期)
1) 吐出温度 66°C ± 1°C の温湯 160ml を、1 株当たり 20 秒間散布処理

図5 温湯処理¹⁾による葉面温度の推移(本圃栽培期)
1) 吐出温度 63°C ± 1°C の温湯 1.25L を、1 株当たり 20 秒間散布処理

表4 育苗期の温湯処理が高温障害発生および収量に及ぼす影響

品種	処理区	株数(株)	高温障害発生株数(株)	高温障害発生割合(%)	収量 ³⁾ (g/株)	果実数(個)	果重(g)
とちおとめ	温湯区 ¹⁾	309	20	6.5	148.0	8.7	17.2
	化学農薬区 ²⁾	159	0	0.0	143.6	7.9	18.2
有意性 ⁴⁾		-	-	-	ns	ns	ns
ひたち姫	温湯区	319	268	84.0	91.1	4.4	20.9
	化学農薬区	160	0	0.0	87.5	3.9	22.4
有意性		-	-	-	ns	ns	ns

- 1) 吐出温度 66°C ± 1°C の温湯 160ml を、1 株当たり 20 秒間散布処理
- 2) 温湯を処理せず、化学合成農薬の散布
- 3) 7g 以上の果実
- 4) t 検定により * 5%水準で有意差有り、ns 有意差無し(n=2)

表5 本圃栽培期の温湯処理が生育に及ぼす影響

品種	処理区	収穫開始時の生育			頂花房	
		葉長(cm)	葉身長(cm)	葉身幅(cm)	花数(花)	開花日(月/日)
とちおとめ	温湯区 ¹⁾	13.2	6.4	5.5	19.2	11/11.5
	化学農薬区 ²⁾	13.5	6.4	5.8	17.4	11/10.3
有意性 ³⁾		ns	ns	ns	ns	ns
ひたち姫	温湯区	14.8	7.1	6.2	16.4	11/13.7
	化学農薬区	15.3	6.8	5.8	15.0	11/14.0
有意性 ³⁾		ns	ns	ns	ns	ns

- 1) 吐出温度 63°C ± 1°C の温湯 1.25L を、1 株当たり 20 秒間散布処理
- 2) 温湯を処理せず、化学合成農薬の散布
- 3) t 検定により ns 有意差無し(n=2)

表6 本圃栽培期の温湯処理が収量に及ぼす影響

品種	処理区	収量 (g/株) ³⁾					10a当たり収量 (t/10a)	果実数 (個/株)	果実重 (g/個)	
		12月	1月	2月	3月	4月				
とちおとめ	温湯区 ¹⁾	54.5	99.9	155.8	113.7	65.2	489.1	3.9	32.4	15.1
	化学農薬区 ²⁾	73.4	104.4	164.1	111.4	59.6	512.7	4.1	31.8	16.1
有意性 ⁴⁾		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ひたち姫	温湯区	28.4	92.3	152.4	108.2	49.4	430.8	3.4	26.5	16.2
	化学農薬区	32.2	101.6	151.7	101.4	54.9	441.6	3.5	25.9	17.1
有意性		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

- 1) 吐出温度 63°C ± 1°C の温湯 1.25L を、1 株当たり 20 秒間散布処理
- 2) 温湯を処理せず、化学合成農薬の散布
- 3) 7g 以上の果実
- 4) t 検定により ns 有意差無し(n=2)

℃程度，‘ひたち姫’では外葉が52℃程度，内葉が45℃程度で，育苗期処理と同様の傾向を示した。収穫開始時の生育および頂花房の花数，開花日（表5），また収量，果実数，果実重（表6）についても，温湯散布処理の影響は認められなかった。

IV. 考 察

本研究において，吐出温度66℃の温湯を30秒以上散布処理した場合，葉面温度は55℃になり，イチゴ苗のクラウン部に高温障害が認められ，枯死株が生じた。この結果は，‘とよのか’の苗を50℃の温湯に3分間浸漬処理しても枯死株は発生しないが，55℃の温湯に1分以上処理するとすべての株が枯死した（小坂橋ら，2002）とする報告とほぼ一致した。このことから，イチゴ苗に処理する温湯の温度は，葉面温度で50℃が目安になると考えられた。

温湯散布処理時間については，‘とよのか’の苗の温湯浸漬処理では，50℃3分間の処理でチップバーンが発生するが，その苗を定植しても生育への影響は認められない（中嶋ら，2002）ことが報告されている。本研究では，吐出温度53℃の温湯を処理すると，‘ひたち姫’では30秒以上で収量が減少するなど生育への影響が認められた。この時の葉面温度は46℃で，中嶋らの浸漬処理温度よりやや低かったが，浸漬処理では苗への温湯処理が1回であるのに対し，散布処理では定期的に繰り返し温湯を処理することから，その影響が大きく，生育に影響を与えない温湯散布の処理時間は，30秒未満であると考えられた。

生育に影響を及ぼすことなく，病害虫の発生を抑制する温湯浸漬処理の温度は50℃（中嶋ら，小坂橋ら，2002）と報告されている。また，葉面温度が50℃となる温湯を20秒間散布処理すると，うどんこ病に対する抑制効果が大きい（小河原ら，2010）ことが明らかにされている。これらを参考に，葉面温度が50℃となる温湯を20秒間処理したところ，生育および収量に直接影響するほどではなかったが，軽微な高温障害が‘ひたち姫’でやや多くみられた。‘ひたち姫’で高温障害が発生した要因は必ずしも明らかではないが，‘ひたち姫’は‘とちおとめ’より立性で葉長が大きいため，葉と温湯の散布ノズルとの距離が近いことが要因の一つと考えられた。しかし，高温耐性に関わる品種間差については，さらに検討を要する。なお，果実形状の異常は認められなかったことから，

温湯散布処理が花粉稔性や受精能力に与える影響は小さいと考えられた。

以上のことから，栽培期間を通して1週間隔程度で，葉面温度が50℃となるように1株当たり20秒間温湯を散布する方法は，イチゴの生育に影響がなく，病害虫の発生を抑制でき，実用的であると考えられた。

V. 摘 要

促成イチゴにおいて，病害虫の発生を抑制するための温湯散布技術の確立を目的として，生育に悪影響を及ぼさない温湯処理条件について検討した。

葉面温度が55℃となる温湯を株当たり30秒間処理すると，クラウン部に高温障害が認められ，葉面温度42℃となる温湯を1株当たり30秒以上処理すると，草丈が小さくなるなど生育への悪影響が認められた。

病害虫に対して防除効果が認められている，葉面温度が50℃となる温湯の1株当たり20秒間処理は，イチゴの生育・収量に影響を及ぼさず，実用的であると考えられた。

謝 辞 本研究は新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業「温湯散布による施設イチゴの農薬使用量削減と保鮮技術の確立」（平成20～22年度）で実施しました。計画から取りまとめに至るまで，ご指導・ご助言頂きました茨城大学農学部，（独）理化学研究所，茨城県工業技術センター，カンプロ株式会社の関係各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 早坂 剛・石黒清秀・渋谷圭治・生井恒雄. 2001. 数種のイネ種子伝染性病害を対象とした温湯種子消毒. 日植病報. 67 : 26-32
- 柏尾具俊・中島規子. 2003. イチゴ苗に寄生したミカンキイロアザミウマ，カンザワハダニ，ワタアブラムシの温湯浸漬による殺虫法. 日本応用動物昆虫学会. 47 : 22
- 小坂橋基夫・中島規子・柏尾具俊・西村繁夫. 2002. 温湯浸漬によるイチゴうどんこ病およびハダニの不活化処理法の検討. 日植病報. 68 (2) : 197
- Kubo, M. and Sato, T. 2002. Utilization of high temperature stress as plant resistance activators for control of summer greenhouse cucumber

- diseases. *Acta Hort.* 588 : 171-174
- 中島規子・大和陽一・柏尾具俊・小板橋基夫. 2002.
温湯浸漬処理がイチゴ苗に及ぼす影響と病害虫の
防除効果. *園学雑.* 71 (2) : 154
- 小河原孝司・島本桂介・小西博郷・富田恭範. 2010.
温湯散布のイチゴうどんこ病に対する防除効果.
日植病報. 76 (3) : 210
- Sato, T., Watanabe, S., Nakano, Y., Kawashima, H.,
Takaichi, M., Sogawa, S., Shinkawa, T.,
Nakashita, H., Yasuda, M. and Yoshida, S. 2004.
The effects of high temperature and high salinity
stress on summer single-truss tomato cultivation.
Acta Hort. 659 : 685-692
- 山岸菜穂・江口直樹・徳竹浩文・杵淵真也. 2009.
温水散布によるイチゴうどんこ病の防除. *関東東
山病害虫研究会報.* 56 : 39-41
- 山下 亨. 1996. 水稻種子の温湯浸漬法による数種
の種子伝染性病害の同時防除. *関東東海農業の新
技術.* 12 : 254-257

