

特集：ポスト臭化メチル時代の土壌病害虫防除

地 中 加 温 消 毒 の 効 果 と 普 及

宮城県農業・園芸総合研究所 ^{みやた}宮田 ^{まさひで}将秀・^{かの}鹿野 ^{ひろし}弘

はじめに

促成イチゴ栽培では萎黄病や土壌線虫などを対象に、7月および8月の高温期に化学薬剤や蒸気消毒、太陽熱利用による土壌消毒が行われている。化学薬剤に代わる新たな消毒方法の一つとして、深層地中加温装置による土壌消毒の効果について以下紹介する。

なお、寒冷地においては、従来の温湯地中加温設備がキュウリなどの促成栽培で冬期間の生育促進の目的で利用される場合があるが、深層地中加温装置も土壌消毒の目的以外に、冬期間の作物の生育促進効果を図ることも可能となる。ここでは、冬季の生育促進効果についてもあわせて触れる。

I 深層地中加温装置の概要

深層地中加温装置は臭化メチル代替技術「太陽熱併用土壌消毒システム」(販売名「ラジアントシステム」)として(株)ラジアントが特許登録している。

システムは図-1と口絵に示すとおりで、燃料タンク、灯油ボイラー、循環ポンプ、主管・ヘッダー部、制御盤、放熱チューブで構成される。圃場への設置は直径11mmの放熱チューブを深さ50cm、幅60cm間隔に埋設し、約70℃の温媒(宮城県農業・園芸総合研究所で実施した熱媒体は2001年はエチレングリコール主体、02年は水のみ)を循環させる。一度設置すると、その後は毎作で利用できる。また、放熱チューブの設置深が深いため、設置後の作土層の耕起は可能である。

II 夏季の土壌消毒効果

1 方法

2001年から2か年間、イチゴ‘さちのか’、‘とちおとめ’の促成栽培における深層地中加温装置の導入効果について(株)ラジアントと共同試験を行った。

試験は、宮城県名取市にある宮城県農業・園芸総合研究所内で実施した。試験区としては、深層地中加温装置

を前述した方法で設置し、太陽熱とを併用した加温区と深層地中加温装置を設置しない無加温区(太陽熱のみ)とした。試験区の規模は各区1ハウス(鉄骨硬質フィルム展張ハウス、240m²)を供試した。

なお、加温区ではハウス内の北側周辺部に厚さ1cm

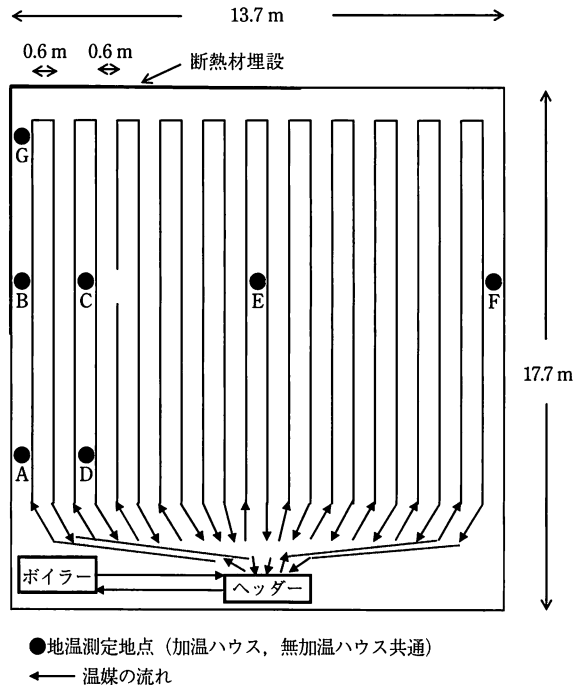


図-1 深層地中加温装置の構成と圃場への設置例

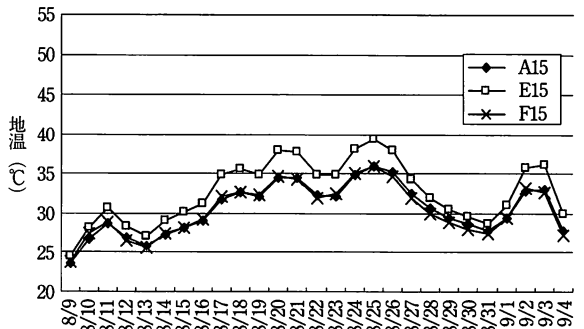


図-2 無加温区(太陽熱土壌消毒のみ)における地表下15cmの地温の推移(アルファベットは地温測定地点を示す。2001年)

The Effect and Extension of using the Heating in the Deep Layers of Soil. By Masahide MIYATA and Hiroshi KANO

(キーワード：深層地中加温装置，イチゴ促成栽培，ネコブセンチュウ，ネグサレセンチュウ)

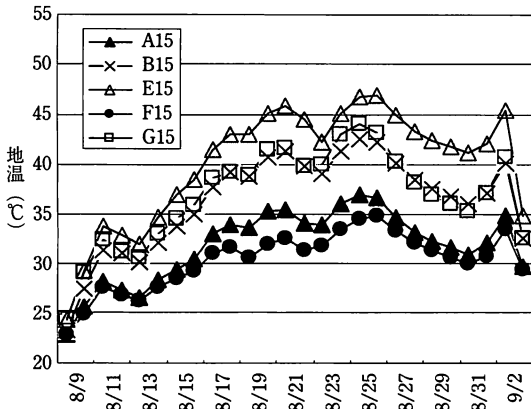


図-3 加温区における地表下 15 cm の地温の推移(2001 年)

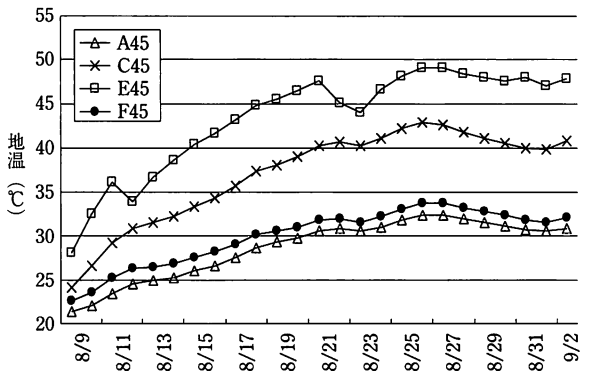


図-5 加温区における地表下 45 cm の地温の推移(2001 年)

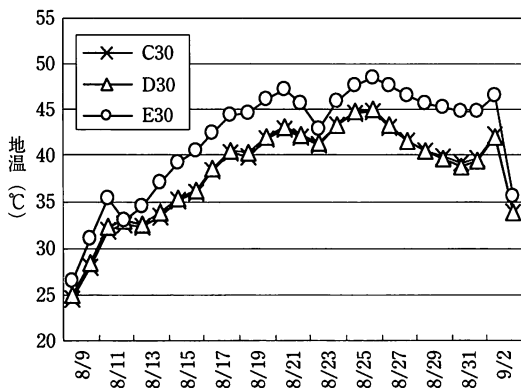


図-4 加温区における地表下 30 cm の地温の推移(2001 年)

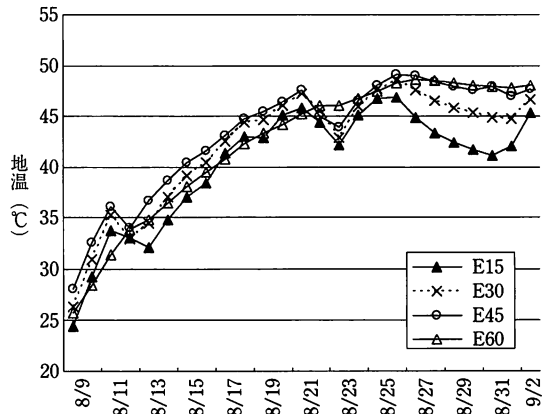


図-6 加温区中央部における層別地温の推移 (2001 年)

のウレタン断熱材を地表下 40 cm まで埋設し、地温確保の効率を高めた。

地中加温実施期間は 2001 年は 8 月 8 日から 9 月 3 日まで、02 年は 8 月 10 日から 9 月 5 日までとした。土壤消毒期間は圃場に十分に灌水後、ポリフィルムで地表を全面被覆とし、気温が 50℃ を超えないようにハウスを管理した。通常の太陽熱土壤消毒ではハウス内の温度は制御ができないため、高温条件下ではハウス内の塩ビパイプなどの劣化が問題となる。深層地中加温装置は地表下 50 cm のところから加温するため、ハウス内はそれほど高温になることはない。

地温は圃場内の 7 地点 (図-1 の A ~ G) で、深さ 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm を計測した。また、土壤線虫密度は 2002 年に加温処理前の 7 月 1 日と加温処理後の 9 月 10 日に、圃場内の 4 地点から深さ 10 ~ 20 cm の土壤を採取し、土壤 20 g 当たりの線虫数をベルマン法 (72 時間, 室温) で分離、計数した。

2 結果および考察

2001 年 (試験実施 1 年目) の 8 月は平均気温 21.8℃

(仙台平年比 - 2.8℃), 日照時間 78 時間 (平年比 - 77 時間) であった。無加温区 (太陽熱消毒のみ) では地表下 15 cm の地温は 40℃ に達しなかった (図-2)。一方、加温区の地表下 15 cm ではハウス端部 (地点 A, F) 以外は処理後 10 日程度で 40℃ 以上に達した (図-3)。また、ハウス北側に断熱材を埋設した箇所 (地点 B, G) では、ハウス中央部 (地点 E) に比較し温度の上昇、最高到達温度は低いものの断熱材埋設の効果は十分に認められた。加温区の地表下 30 cm および 45 cm の地温も地表下 15 cm の地温とほぼ同様な推移を示し (図-4, 5), ハウス中央部では処理後約 10 日で地表下 60 cm まで 45℃ 以上に達した (図-6)。また、処理期間中のハウス中央部土壤の 50℃ に達した累積の時間は、深さにより異なったが 129 ~ 357 時間となった (表-1)。

2002 年 (試験実施 2 年目) 8 月の平均気温は 24.4℃ (仙台平年比 + 0.1℃), 積算日照時間 140.8 時間 (平年比 - 2 時間) でほぼ平年並みの経過となった。加温区の地表下 15 cm では、ハウス全観測地点で処理後 10 日程度で 40℃ 以上に達した (データ省略)。

線虫については、加温処理前の7月1日にはネグサレセンチュウおよびネコブセンチュウ（いずれも種は未特定）が混発していた。調査地点のうち、高密度の地点では土壌20g当たり、ネグサレセンチュウで5,000頭、ネコブセンチュウで500頭に及んでいたが、8月10日から9月5日までの加温終了後、9月10日の線虫密度はどの調査地点も両種の線虫は全く認められなかった（表-2）。

植物寄生性線虫は50℃、30分処理程度で大部分のものが死滅するとされ（横尾, 1959）、竹内・福田（1993）はサツマイモネコブセンチュウ（*Meloidogyne incognita*）の死滅温度が45℃で4時間、50℃で30分、55℃で15分であることを確認している。また、伊藤ら（1991）は、太陽熱消毒により地温40℃以上の積算時間で290時間を確保することによってキクのキタネグサレセンチュウ（*Pratylenchus penetrans*）が検出されなかったことを報告している。今回の深層地中加温装置による土壌消毒でも、地温の推移から十分に線虫の死滅温度に達していたと考えられる。

病原菌については、小玉・福井（1979）によるとイチゴ萎黄病菌（*Fusarium oxysporum*）は45℃で6日間、50℃で2日間、55℃で12時間処理することで汚染土壌中の病原菌が死滅するとしている。竹内・福田（1993）はトマト青枯病菌（*Pseudomonas solanacearum*）は50℃で3時間、55℃で30分、トマト褐色根腐病菌（*Pyrenochaeta lycopersici*）は45℃で30分、50℃で5分で死滅することを確認している。また、植草ら（2003）はトマト萎凋病菌（*Fusarium oxysporum*）が50℃以上で100時間、還元土壌消毒の実験としてショ糖を加えた場合では40℃以上で100時間の試験区で病原菌が検出限界以下であったことを報告している。さらにキクの半身萎ちょう病（*Verticillium dahliae*）についても40℃以上の積算365時間で発生が見られなかった（伊藤ら, 1991）。これらの病害抑制の地温条件についても今回の試験は十分に満たしており、病害発病抑制効果も期待できる。

III 冬季の生育促進効果

1 方法

2002年には冬季に地中加温を実施し、イチゴ‘さちのか’、‘とちおとめ’の促成栽培における生育促進について検討した。

試験場所や規模は前述の夏季の土壌消毒試験と同様である。加温期間は2002年12月1日から03年4月20日までとした。

夏季に用いた深層地中加温装置を利用し、約50℃の温媒を循環させながら地温設定17℃（畝表面から

表-1 加温区中央部(地点E)における深度別累積温度(2001年)

温度領域 (°C)	地表下深度			
	15 cm	30 cm	45 cm	60 cm
0.0	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
20.0	0	0	0	0
30.0	47	44	34	56
40.0	149	133	127	141
45.0	293	154	100	104
50.0	129	286	357	317
55.0	0	0	0	0

表-2 加温区における加温処理前後の線虫密度(2002年)

地点	7月1日(処理前)		9月10日(処理後)	
	ネグサレセンチュウ数 (頭)	ネコブセンチュウ数 (頭)	ネグサレセンチュウ数 (頭)	ネコブセンチュウ数 (頭)
1	3,000	400	0	0
2	3,900	300	0	0
3	5,000	500	0	0
4	8	370	0	0

注) 加温期間は8月10日～9月5日、土壌は深さ10～20cmから採取した。線虫はベルマン法(72時間)により分離した。

20cm深)で稼働させたハウスを加温区とし、深層地中加温装置を設置しないハウスを無加温区とした。

なお、2002年の夏季には両ハウスを深層地中加温と太陽熱を併用した土壌消毒を実施し、土壌線虫による生育への影響を除去した。

調査は商品果収量、平均商品1果重、商品果率などについて、2002年12月から03年5月まで月別に実施した。

2 結果および考察

12月から4月中旬までの地温を比較すると、加温区における地表下20cm（畝表面から20cm）の地温は17～18℃前後で推移し、無加温区では14～16℃で推移した。また、地表下30cmの地温は地表下20cmより1～2℃高く推移した（図-7）。

加温区では無加温区に比べて両品種とも収穫開始日が早まり、特に‘とちおとめ’では無加温区よりも8日早まった。また、収量、一果重、商品化率のいずれについても両品種とも加温区のほうが優れ、収量は‘とちおとめ’で22.6%、‘さちのか’で30.3%の増収となった（表-3）。

IV 経費について

本装置の設置経費を表-4に示した。また、今回の試験では夏季加温中の灯油消費量は26日間で2,600 l/10 a（費用112,000円）であった。化学薬剤での土壌消毒で

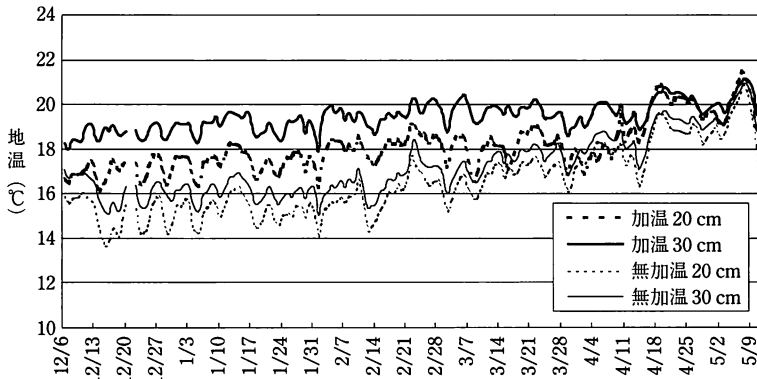


図-7 冬季における加温区および無加温区の層別地温の推移 (2002年)

表-3 各区における商品化収量

品種	処理区	12月	1月	2月	3月	4月	5月	商品果 収量 (kg)	商品果平 均1果重 (g)	商品 果率 (%)	商品果 収量比 (%)	収穫 開始日 (月/日)	2/4日の第3果 房開花状況 (%)
とちおとめ	深層地中加温	25	52	117	122	128	132	576	17.9	79.8	122	12/9	90
	地中無加温	16	55	112	97	70	119	470	16.3	75.9	100	12/17	30
さちのか	深層地中加温	16	101	83	99	119	115	533	14.3	72.6	130	12/17	60
	地中無加温	13	80	88	86	70	74	409	12.7	71.5	100	12/20	0

注) 単位 kg/a. 商品果 6g 以上の正常果および 8g 以上の奇形果. 商品果率は果重平均. 商品果収量比は地中無加温を 100 とした場合. 収穫期間は 2002 年 12 月 ~ 03 年 5 月までである.

表-4 深層地中加温装置 (ラジアントシステム) の設置経費の目安

暖房面積 (m ²)	1,000	1,300	1,650	2,000	2,500
価格 (万円)	155	200	240	265	290

注) 価格には埋設, 電源工事費等は含まない.

は 65,000 円/10 a (バスアミド使用の場合) と試算されるが, 加温区での加温期間 16 日分にはほぼ相当する. 冬期間の加温区の灯油消費量は 2,260 l/10 a (104,000 円) であり, 加温区の温風暖房機の重油消費量は無加温区よりも約 800 l (27,000 円) 少なかった. ただし, 温風暖房機の燃費の違いによって節減量は変動するだろう.

V ま と め

以上のことから, 夏季の高温期に深層地中加温と太陽熱を利用することにより, 処理後 10 日程度で土壌温度は 40°C 以上に上昇し, 25 日間程度の処理によって地表下 15 ~ 60 cm の 50°C 以上累積温度遭遇時間は 129 ~ 357 時間となる. このことにより, 土壌中の線虫密度を減少させることができると考えられた. また, 冬期間

(12 ~ 4 月) の地温を 17 ~ 18°C に加温することで, 'とちおとめ', 'さちのか' の生育が促進され, 収量は 2 ~ 3 割程度増収し, 一果重も向上することが明らかとなった.

お わ り に

深層地中加温装置の設置経費は決して安価ではないが, 前述したように本装置による土壌消毒は, 土壌線虫や土壌病害に対して十分な防除効果が期待できる. さらに冬季の作物の生育促進効果を目的とした装置の稼働も可能で, この点は他の土壌消毒法にはない特徴といえる. 現在, 宮城県内ではイチゴの促成栽培のほかにはトマトとキクの促成・抑制栽培での導入事例があるが, 深層地中加温は東北・寒冷地における環境に配慮した土壌消毒技術, 冬季の安定生産技術の一つとして提案できると考えられる.

引用文献

- 1) 伊藤啓司ら (1991): 関西病虫研報 (講要) 33: 136.
- 2) 小玉孝司・福井俊男 (1979): 奈良農試研報 10: 71 ~ 82.
- 3) 竹内妙子・福田 寛 (1993): 千葉農試研報 34: 85 ~ 90.
- 4) 植草秀敏ら (2003): 関東東山病虫研報 50: 43 ~ 47.
- 5) 横尾多美男 (1959): 土壌線虫一生態と防除一, 明文堂, 東京, p. 519.