

# 低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒と活性炭の併用処理によるモモの 連作障害低減効果

和中 学・堀田宗幹<sup>1</sup>・有田 慎・藤本欣司

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

## Effect of Reductive Soil Disinfection with Ethanol and Activated Carbon on Reduction of Peach-Replant Failure

Manabu Wanaka , Muneki Hotta, Shin Arita and Kinji Fujimoto

*Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Prefecture Fruit Tree Experiment Station*

### 結 言

和歌山県におけるモモの栽培面積は 777ha (2012 年農林水産統計) で全国 4 位であり, 紀北地方の主要な品目に位置づけられている。モモの経済樹齢は約 20 年と短く, 安定した生産を維持するには計画的な改植が必要になるが, モモは連作障害の発生し易い樹種であり, 改植園の一部では連作障害の発生に伴う苗木の生育不良や成園化の遅れが問題となっている。

連作障害低減対策として, これまでは改植時の客土や大苗移植が最も有効とされてきた。しかし, これらの方法は多大な労力とコストを必要とするため, 生産農家の高齢化が進む中で実施が困難になりつつあり, 低コスト, 省力的な連作障害対策技術の開発が望まれている。

連作障害対策としてアスパラガスでは, 土壌中のアレロパシー物質の吸着性に優れた活性炭を土壌混和することで生育障害の発生を低減できることが明らかにされ (元木ら, 2006b), 長野県等ではこれらの技術が普及に移されている (西原ら, 2009)。こうした事例を参考に, 著者らはこれまでに, 活性炭等を利用したモモの省力的連作障害低減技術の検討を行ってきた。その結果, モモの生育障害には土壌中のアレロパシー物質の他に何らかの微生物の関与が示唆され, 改植時の土壌くん蒸剤や熱水による土壌消毒と活性炭の併用処理が連作障害被害の低減に有効であること, 苗木の植え付け周辺の比較的狭い範囲の土壌を処理することで効果が認められることなどを明らかにしてきた (和中ら, 2011, 2012)。しかし, 連作障害の原因が明らかでないため, 効果の認められた土壌くん蒸剤の農薬登録は難しく, 熱水消毒は高価な処理機や大量の水を要するなどの問題点がある。

近年, ヒトや周辺環境への影響が懸念される土壌くん蒸剤に替わる新たな土壌消毒技術の開発が求められる中で, 小原ら (2008) は 2% 程度の低濃度エタノール水溶液を湛水状態になるまで処理した後, 農業用ポリフィルムを 1 週間以上覆うという低コストで簡便な土壌消毒法を開発し, 主要な土壌消毒剤と比較しても十分な効果が得られたことを報告している。還元土壌消毒用の資材にエタノール溶液を用いた場合に, 湛水状態にすることで, ふすまなど他の有機物資材と比較して短期間に意図し

<sup>1</sup>現在: 伊都振興局地域振興部農業振興課

た深さまで土壤消毒できるなどの利点が考えられた。そこで、低濃度エタノールを用いた還元土壤消毒法を活用したモモの連作障害低減効果について検討したので報告する。

## 材料および方法

### 試験1. 各種土壤処理がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2011年8月にかき・もも研究所内のモモ2代畑の成木4樹を伐採後に重機で可能な限り残根を除去し整地した。各伐根跡地を4等分して、それぞれ約1.5m四方(約2.25m<sup>2</sup>)を幅30cmの亚克力製の波板を10cm程度埋設して囲い、エタノール1%溶液処理区、水処理区、クロロピクリン処理区および無処理区の4処理区を設定した。エタノール1%溶液処理区および水処理区は、同年8月18日とともに小型ポンプを用いて1処理あたり約100L/m<sup>2</sup>を湛水処理した。供試したエタノール資材は、日本アルコール産業株式会社のエコロジアル(エタノール65%含有)をポリタンク内でエタノール成分1%(v/v)に希釈して用いた。また、同日、クロロピクリンを1処理あたり約125ml処理し、これらの3処理区は処理後直ちにポリエチレンフィルム(厚さ0.05mm)で被覆し、10月13日に除去した。11月22日に各処理区の植え付け土壌約0.3m<sup>3</sup>(約1m×約1m×約0.3m)に木質系活性炭(大阪ガスケミカル株式会社製 白鷺 MW50 水分含量50%)を各1kg(f.w.)混和し、11月24日に‘白鳳’1年生苗を定植した。

エタノール1%溶液処理区、無処理区については深さ10cmおよび30cm地点に設置した自記温度計(株式会社ティアンドデイ、おんどとり Jr. RTR52)を用い地温を測定した。また、各処理区の活性炭混和前後の土壌について、元木ら(2006a)による根域土壌アッセイ法の2層法に準じて植物検定(レタス)を行い、根長阻害率を求めた。2012年11月5日に供試樹を掘り上げ後、総新梢伸長量(副梢含まず)を調査するとともに解体し風乾(70℃)後、器官別の乾物重を計測した。

### 試験2. エタノール処理時期がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2012年8月に研究所内のモモ3代畑の‘白鳳’成木4樹を伐採し、可能な限り残根を除去した後、跡地を4等分して、それぞれ約1.5m四方を亚克力製の波板を10cm程度埋設して囲い、1.5%(v/v)エタノール溶液(試験1と同製品)を8月17日、9月3日、9月24日の時期別に1処理あたり約80L/m<sup>2</sup>を湛水処理し、無処理区と併せて4処理区を設けた。エタノール溶液処理直後にポリエチレンフィルム(厚さ0.05mm)で被覆し、10月26日に除去した。12月12日に植え付け土壌約0.3m<sup>3</sup>(約1m×約1m×約0.3m)に木質系活性炭(試験1と同製品)1.5kg(f.w.)を土壌に混和し、12月14日に1年生‘白鳳’を定植した。1区につき各4樹を供試し、処理後に深さ10cmの地温(試験1と同様に調査)および酸化還元電位(堀場製作所製 pHメータ D-52, Ag/AgCl 電極使用)の推移を測定するとともに、2013年11月に解体調査を行い、試験1と同様の手法で総新梢長および器官別の乾物重を計測した。

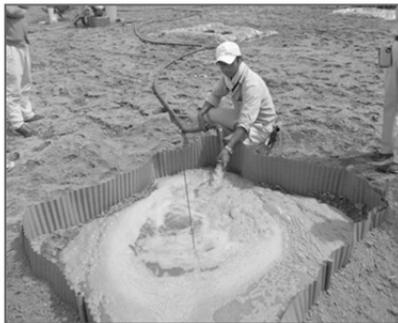
### 試験3. エタノール処理濃度がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2012年8月に紀の川市の現地モモ2代畑の‘日川白鳳’成木4樹を伐採後、可能な限り残根を除去後、跡地を4等分して、それぞれ約1.5m四方を亚克力製の波板を10cm程度埋設して囲い1%(v/v)および2%(v/v)エタノール溶液(試験1と同製品)を9月4日、9月21日に1処理あたり約100L/m<sup>2</sup>湛水処理し、無処理区と併せて5処理区を設けた。エタノール溶液処理直後にポリエチレンフィルム(厚さ0.05mm)で被覆し、10月31日に除去した。処理後に深さ10cmの地温(試験1と同様に調査)

および酸化還元電位（試験 2 と同様に調査）の推移を測定した。12 月 17 日に植え付け土壌約 0.3m<sup>3</sup>（約 1m×約 1m×約 0.3m）に木質系活性炭（試験 1 同製品）1.5kg（f.w.）を土壌に混和し、12 月 19 日に 1 年生‘白鳳’を定植した。1 区につき各 4 樹を供試し、2013 年 11 月に解体調査を行い、試験 1 と同様の手法で総新梢長および器官別の乾物重を計測した。

#### 試験 4. エタノール処理前の残根の除去程度がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2013 年 8 月に研究所内モモ 3 代畑‘白鳳’および‘清水白桃’成木 9 樹を伐採し、うち 6 樹は細根まで除去し、他の 3 樹についてはφ20mm 以上の太根のみ除去した。処理区として、エタノール溶液処理（細根除去）区、エタノール溶液処理（太根のみ除去）区、無処理区（細根除去）の 3 処理区を設け、うちエタノール溶液処理（細根除去区、太根のみ除去）区について、第 1 図に示すとおり低濃度エタノールおよび活性炭を処理した。処理方法は、各伐採跡地を中心に 1.5m 四方をアクリル製の波板を 10cm 程度埋設して囲い、9 月 10 日にエタノール 1.5%（v/v）溶液（試験 1 と同製品 100L/m<sup>2</sup>）を湛水処理し、10 月 15 日までの約 1 か月間ポリエチレンフィルム（厚さ 0.05mm）で被覆した。12 月 10 日に植え穴約 0.3m<sup>3</sup>につき木質系活性炭（試験 1 と同製品）1.5kg（f.w.）を混和後、1 年生‘つきあかり’苗を定植した。各処理区の供試樹数は 3 樹とし、幹周長（2014 年 2 月、11 月）および総新梢伸長量（同年 11 月）を調査した。



① 植え付け予定地 1.5m 四方を波板で囲い、エタノール 1.5% 水溶液約 225L を湛水処理



② 処理後にポリエチレンフィルム被覆（処理後約 1 か月間被覆）



③ 植え付け前に木質系活性炭 1.5kg（f.w.）を混和処理



④ 苗木の植え付け

第 1 図 モモの連作障害対策のための低濃度エタノール溶液と活性炭の処理方法

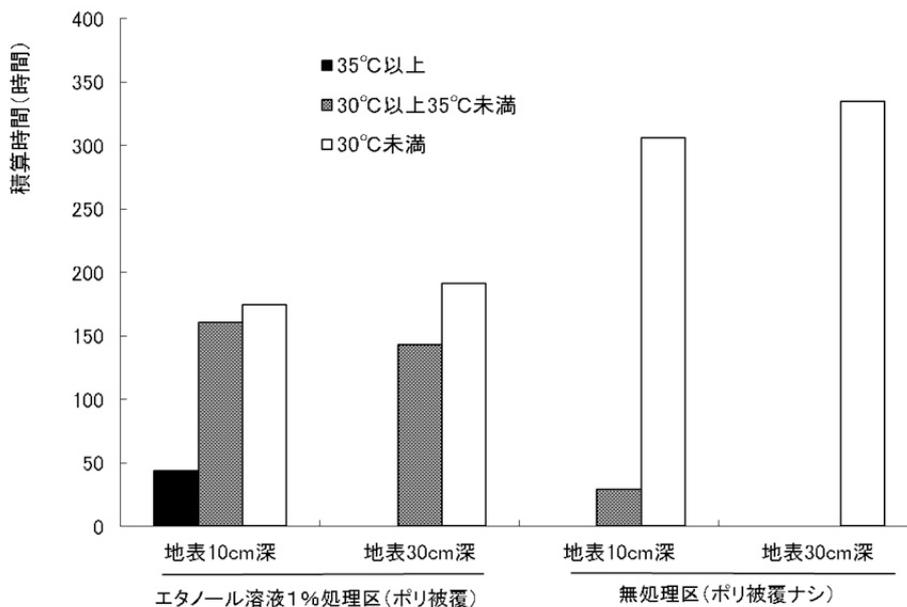
## 結 果

### 試験1. 各種土壌処理がモモ幼木の生育に及ぼす影響

ポリエチレンフィルムで被覆したため、エタノール1%溶液処理区の処理翌日(8/19)から14日間の地温は、無処理区に比べて高く、35℃以上の積算時間は、深さ30cmでは測定されなかったものの、深さ10cmでは44時間であった。また、30℃以上35℃未満の積算時間は、深さ10cmで160.5時間、深さ30cmでは143.5時間であった(第2図)。

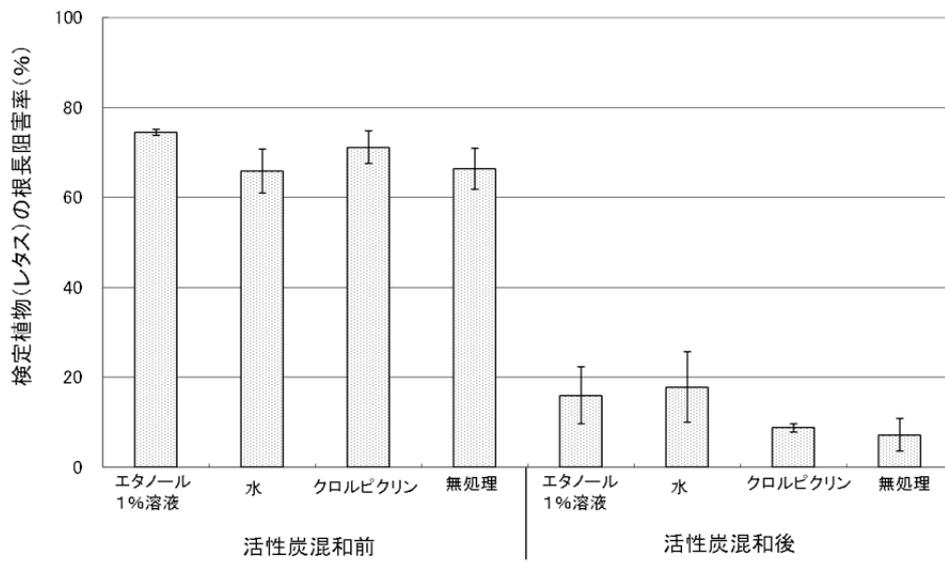
各処理区の活性炭処理前の11月に採取した土壌の検定植物の根長阻害率は、66~74%と大差なかったが、活性炭混和後には各処理区ともに18%以下に低下した(第3図)。

試験した4地点のモモ幼木の生育にばらつきがみられたため、各調査項目ともに各地点の無処理区を100とした指数で比較した。その結果、試験終了時の総新梢伸長は、無処理区と水処理区では大差なかったが、エタノール1%溶液処理区およびクロロピクリン処理区では無処理区に比べて長かった。また、解体時の地上部、地下部の乾物重の無処理区に対する指数は、処理区の中で水処理区が132, 109と低く、エタノール1%溶液処理区では182, 161とクロロピクリン処理区の206, 212に次いで大きかった(第4図)。

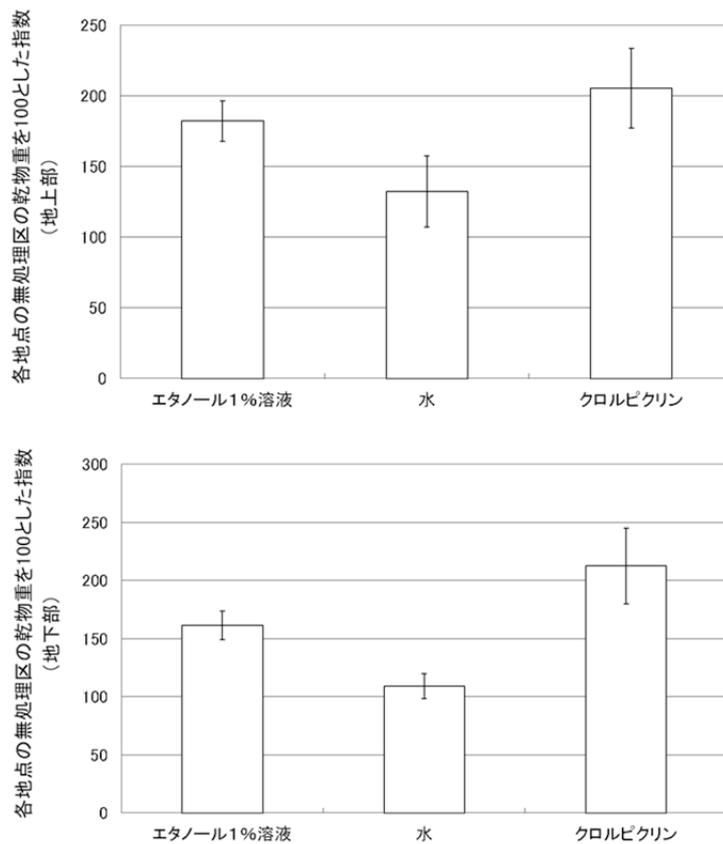


第2図 エタノール溶液1%処理区と無処理の地温の積算温度

注)測定時期:8/19~9/1



第3図 処理区土壌の活性炭混和前後の検定植物の根長阻害率  
縦棒は標準誤差 (n=3)



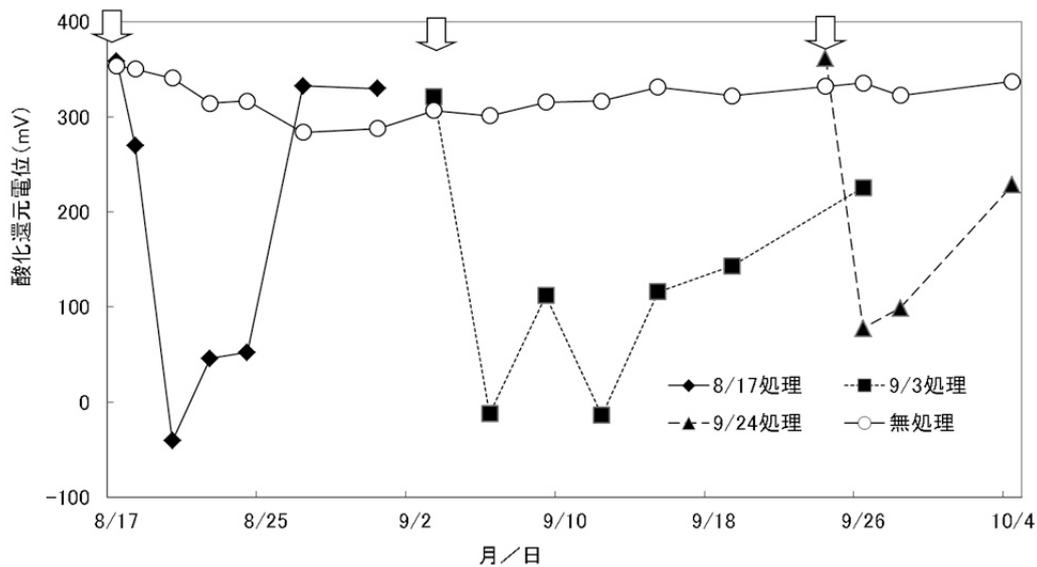
第4図 モモ連作土壌の土壌処理の違いがモモ幼木の生育(2011)  
に及ぼす影響  
縦棒は標準誤差 (n=4)

## 試験2. エタノール処理時期がモモ幼木の生育に及ぼす影響

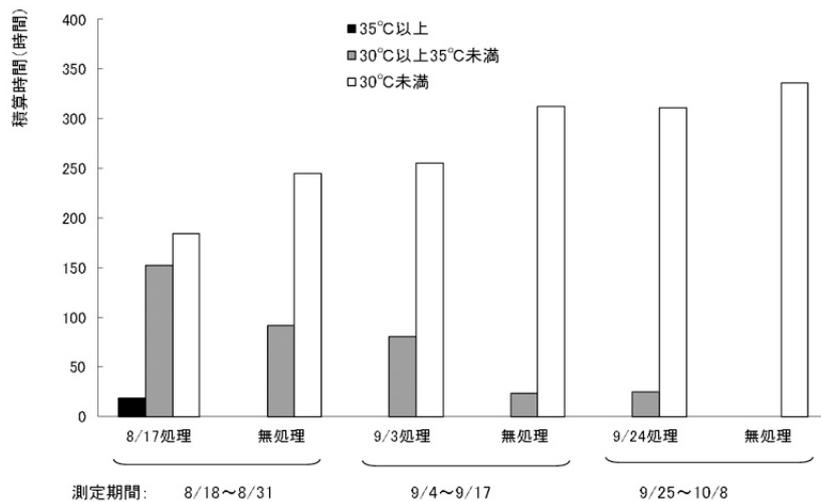
土壌の酸化還元電位は、無処理区では期間中に約280~350mVで推移したのに対し、エタノール処理区では処理時期にかかわらず処理後に低下した。酸化還元電位の最低値は、8月17日区で-41mV、9月3日区で-14mV、9月24日区で78mVであり、以後上昇傾向を示した(第5図)。

エタノール処理区の深さ10cmの地温は、ポリエチレンフィルムで被覆したため、無処理区に比べて高く、処理後2週間における35℃以上の積算時間は、8月17日処理区で18.5時間あったのに対して、9月3日処理区および9月24日処理区では測定されなかった。一方、30℃以上35℃未満の積算時間は、8月17日処理区で152時間、9月3日処理区で80.5時間、9月24日処理区で25時間であった(第6図)。

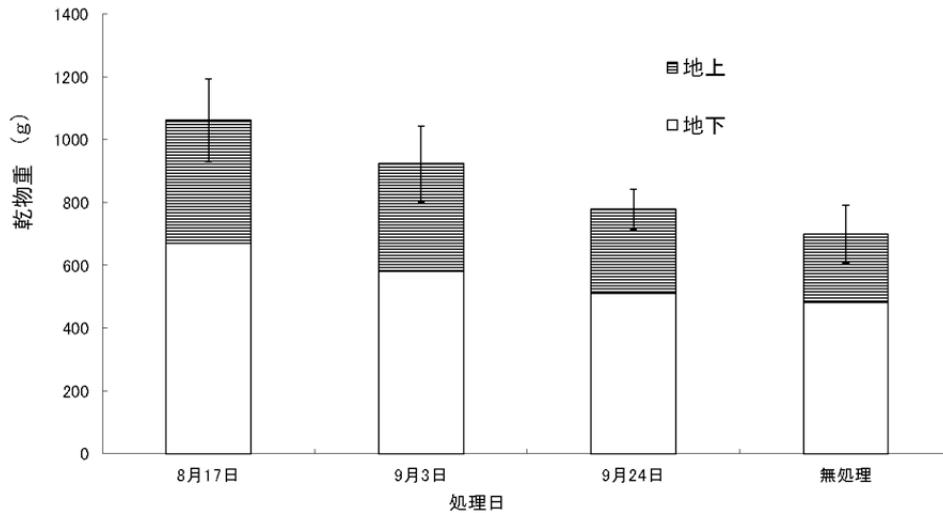
処理時期が早い程、定植苗の総新梢長は長く(データ省略)、地下部および地上部の乾物重は重い傾向があった(第7図)。



第5図 エタノール溶液処理後の酸化還元電位の推移(矢印は処理日)



第6図 エタノール溶液処理時期と地温(地表10cm深)の積算温度



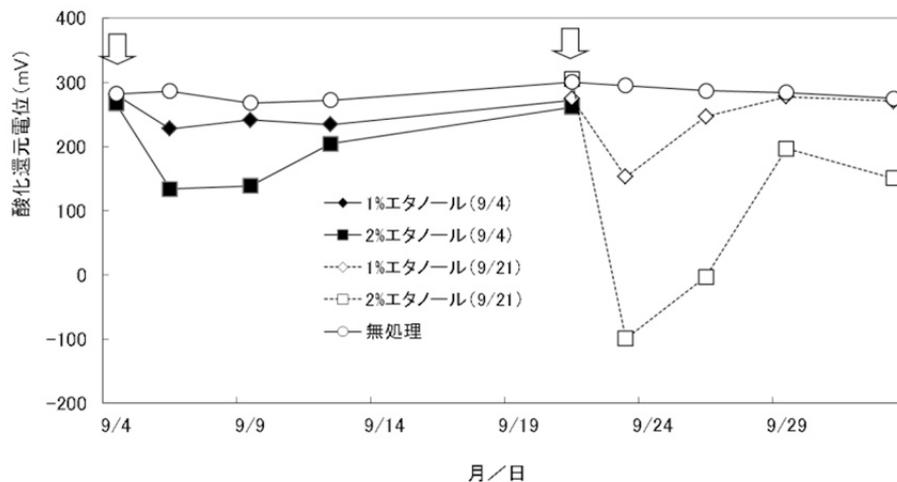
第7図 エタノール溶液処理時期と器官別乾物重 (2013)

縦棒は標準誤差 (n=4)

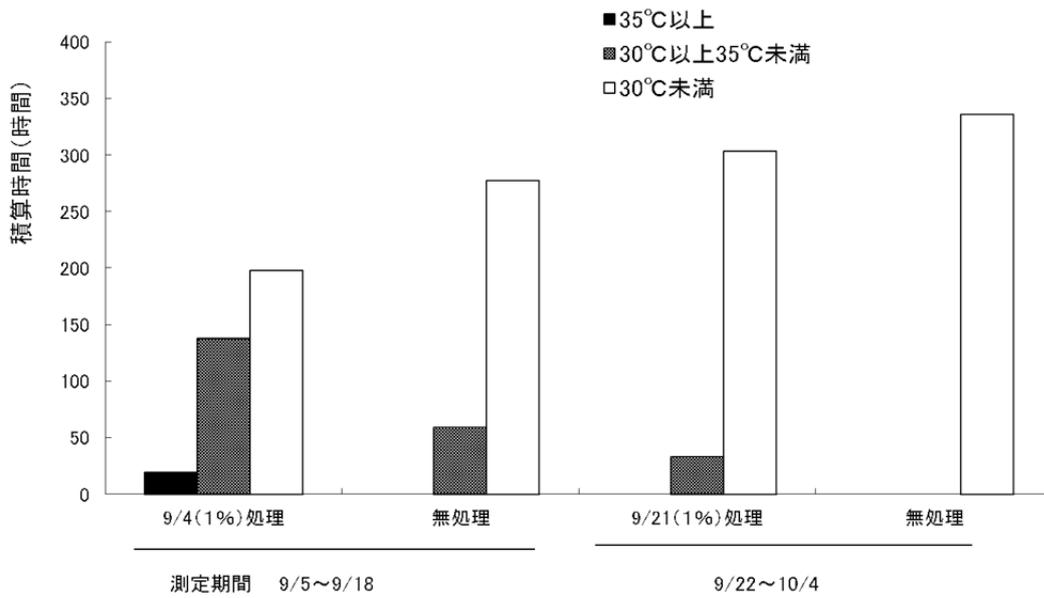
### 試験3. エタノール処理濃度がモモ幼木の生育に及ぼす影響

土壌の酸化還元電位は、無処理区では期間中に約 270~300mV で推移したのに対し、エタノール溶液処理区では 9月4日、9月21日ともに処理後に低下し、低下度合は 1%区に比べ 2%区で大きかった (第8図)。エタノール 1%溶液処理区の深さ 10cm の地温は、ポリエチレンフィルムで被覆したため、無処理区に比べ高かった。処理後 2 週間における 35℃以上の積算時間は、9月4日処理区で 19.5 時間あったのに対して、9月21日処理区では測定されなかった。一方、30℃以上 35℃未満の積算時間は 9月4日処理区で 138 時間、9月21日処理区で 33 時間であった (第9図)。

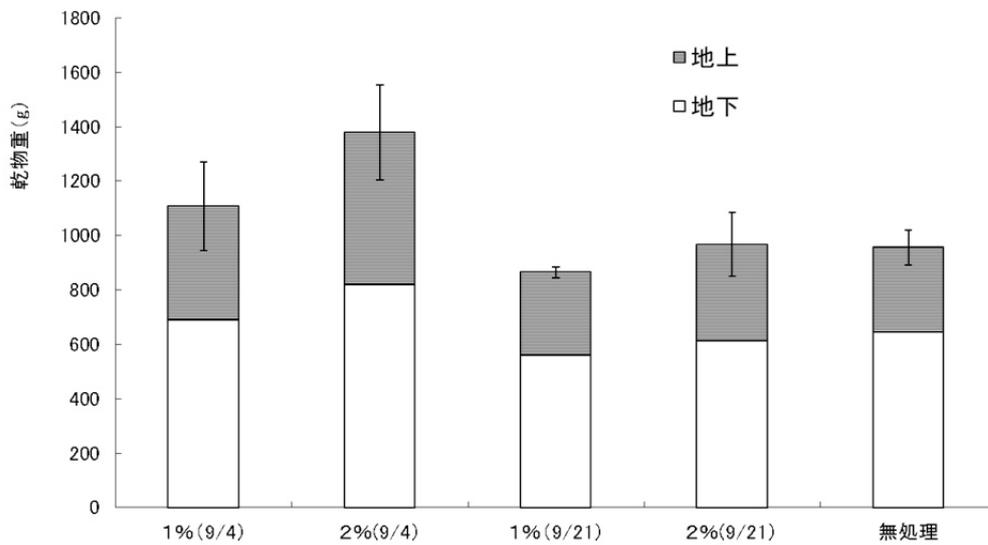
9月4日処理の総新梢長は、エタノール溶液 2%区で最も長く、次いで 1%区、無処理区の順で (データ省略)、乾物重は、エタノール溶液 2%区で地下部、地上部ともに重い傾向であった (第10図)。一方、9月21日処理のエタノール溶液 1%区、2%区の総新梢長 (データ省略) および器官別乾物重は無処理区と大差なかった (第10図)。



第8図 エタノール溶液処理後の酸化還元電位の推移 (矢印は処理日)



第9図 エタノール溶液処理時期と地温(地表10cm深)の積算温度



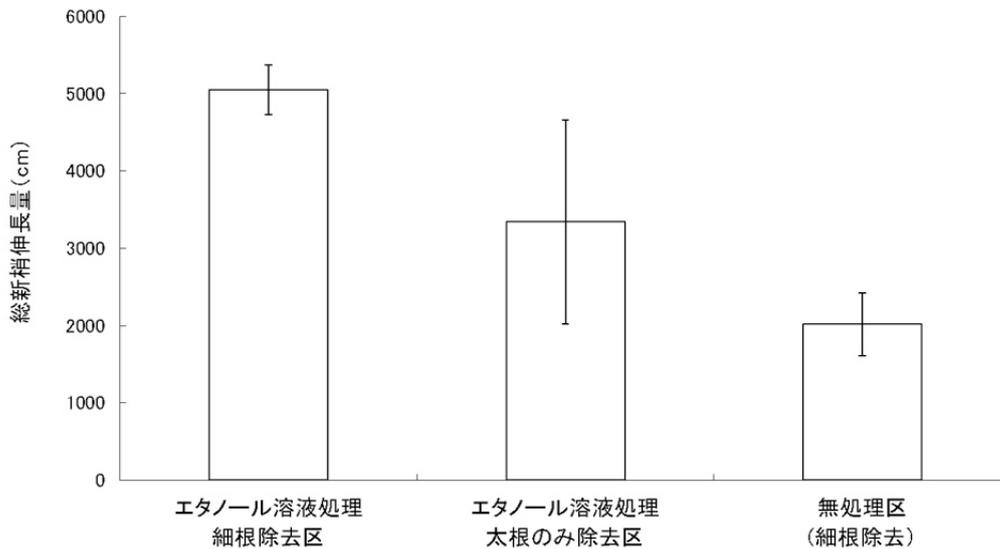
第10図 エタノール溶液の処理濃度とモモ幼木の器官別乾物重(2013)

縦棒は標準誤差 (n=4)

**試験4. エタノール処理前の残根の除去程度がモモ幼木の生育に及ぼす影響**

1年生苗木定植後11か月目の幹周長は、細根除去区で最も大きく、次いで、太根のみ除去区で、無処理区で最も小さく細根除去区の約75%であった(データ省略)。総新梢長についても幹周長と同様の傾向で、細根除去区で5,051cmと最も長く、次いで太根のみ除去区で3,340cm、無処理区で2,019cm

と最も短かった。なお、太根のみ除去区については幹周長，総新梢長ともに個体間差が大きかった（第11図）。



第 11 図 エタノール溶液処理前の前作の残根除去程度がモモ幼木の総新梢伸長量に及ぼす影響  
縦棒は標準誤差 (n=3)

## 考 察

本研究では，モモの連作障害の実用的かつ省力的な対策技術の開発を目的に，近年，小原ら（2008）により新規土壌消毒法として開発された低濃度エタノールを用いた還元土壌消毒法と活性炭の併用処理によるモモの連作障害低減効果について検討した。

前作の残根を除去した跡地に 2011 年 8 月中旬に 1%エタノール溶液および水の湛水処理を行い，植え付け時に木質系活性炭処理を行った結果，モモ苗木の生育阻害は，1%エタノール溶液処理で軽減され，水処理では効果は認められなかった。門馬（2011）によると，低濃度エタノールの作用メカニズムとして，土壌の還元化の他に土壌還元過程で生じる酢酸等の有機酸，二価鉄や二価マンガンといった金属イオンの関与を挙げている。2012 年には，より詳細にエタノールの処理条件について検討したところ，1.5%のエタノール溶液の 8 月中旬および 9 月上旬処理では連作障害低減効果が認められたものの，9 月下旬処理では効果が認められなかった。また，現地のモモ 2 代畑跡地でエタノール溶液の濃度および処理時期を違えて試験を行った結果，9 月上旬の処理では 1%よりも 2%区で連作障害低減効果が高かった。

これまで果樹の連作障害の要因として，リンゴやイチジクでは何らかの土壌微生物の影響が示唆されており（岩谷・山田 1987，細見・内山，1998），緒言でも述べたようにモモの連作障害の要因についても，アレロパシー物質のほかにモモの生育を阻害する何らかの微生物の影響が示唆されている（和中ら，2011）。今後，これらの微生物を同定し，連作障害発生メカニズムの解明が待たれるものの，土壌くん蒸剤（和中ら，2011）や熱水および高温処理（和中ら，2012；和中・藤本 2015）と同様に，

低濃度エタノールと活性炭との併用処理がモモの連作障害低減に有効であることを明らかにした。低濃度エタノール処理は、夏季にモモ苗の植え付け予定位置周辺の土壤に希釈したエタノール溶液を灌水後、ポリ被覆を行う技術である。エタノール溶液の9月上旬処理では濃度を2%では効果が認められたものの、濃度1.5%では、8月中旬処理に比べ9月上旬処理でやや効果が劣った。9月に入り秋雨前線の影響などで曇雨天が続くと十分な地温が確保できなかった場合には、十分な効果が得られないと想定されることから、極力8月中に行うのが良いと考えられた。

ポリ被覆は、地温を高め、空気の遮断により土壤を嫌気状態にすることなどを目的に行うが、浅野・渡辺(2012)、桑原ら(2011)による施設野菜の試験事例では、低濃度エタノール処理後に2~3週間程度被覆している。低濃度エタノール処理後の酸化還元電位の推移を見ると、還元状態にあるのは2週間程度であり、概ねこの期間を被覆すれば良いと考えられたが、本県でのモモの苗木の植え付け適期が一般に11月以降であり、土壤消毒部位への雑草の侵入を防ぐ目的で1~2か月とやや長めに敷設した。

試験4の結果で示したように、前作の太根から細根まで取り除いたエタノール処理区の生育障害は軽減されたが、細根を残し太根のみ取り除いたエタノール処理区の苗木の生育には個体間差が大きかった。この原因は不明であるが、平野(1957)は、ポット試験において土壤へのモモの根の加用がモモ幼木の生育を障害したと報告しており、西原ら(2006)は現地モモ園で前作の根の除去なし区の土壤は根の除去あり区の土壤よりもアレロパシー活性が高いことを報告している。モモ連作土壤中のアレロパシー物質の影響を低減するために木質系活性炭を混和処理したが、残根から生じたアレロパシー物質が活性炭による吸着量以上に発生して生育に影響を及ぼした可能性なども考えられ、エタノール処理を行う前には、植え付け予定地周辺の残根は極力除去する必要があると考えられた。

本技術は、山土を購入して植え付け予定地に客土を行う従来の方法に比べ、作業時間を約6割に短縮でき、資材費を約3割に節減でき、苗木1本あたりで約2,000円となる。一方、本技術の処理時期は高温期に限定され、収穫作業と作業時期が重なることや排水性の良すぎる土壤への処理が困難であることなどが問題点として挙げられる。しかし、事前に計画を立て、収穫後に速やかに伐採、抜根および整地などの作業を行うことができれば、本県主力品種の早生種から中生種の多くのモモ園で有効な連作障害対策技術になり得ると考える。

## 摘 要

本研究では慣行の客土や大苗移植に替わる省力的なモモの連作障害対策技術開発に向け、低濃度エタノールを用いた還元土壤消毒と活性炭を併用処理した連作障害低減効果について検討した。

1. モモ2代畑の残根を除去した跡地に、8月中旬のエタノール溶液1%処理と苗木植え付け時の活性炭混和処理の併用により連作障害低減効果が認められた。
2. モモ3代畑の跡地で8月17日、9月3日、9月24日の時期別に、1.5%濃度のエタノール溶液を処理し、植え付け時に活性炭を土壤混和後に定植したモモ幼苗の生育は、処理時期が早い程、総新梢長が長く、地上部、地下部の乾物重は重い傾向があった。
3. モモ2代畑跡地でエタノール溶液の濃度および処理時期を変え、植え付け時に活性炭を土壤混和した結果、無処理区に比べ9月4日処理のエタノール溶液2%区、次いで1%区で、総新梢長が長く、地下部、地上部ともに乾物重が重い傾向であった。一方、9月21日のエタノール溶液1%、2%ともに総新梢長、器官別乾物重ともに無処理区と大差なかった。

4. モモ3代畑跡地で、エタノール溶液処理前の残根の除去程度と活性炭を土壌混和後に定植した苗の生育について検討したところ、幹周長および総新梢長は、無処理区に比べ細根除去区、次いで、太根のみ除去区で大きかったが、太根のみ除去区では生育の個体間差が大きかった。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、低濃度エタノールに関する試験方法についてご指導いただいた国立研究開発法人農業環境技術研究所 小原裕三主任研究員、現地試験に快くご協力いただいた小坂氏、試験用のエタノール資材を提供いただいた日本アルコール産業株式会社の関係各位に厚くお礼を申し上げます。

## 引用文献

- 浅野雄二・渡辺秀樹. 2012. 低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒によるハウレンソウ萎凋病の発病抑制効果. 関西病害虫研報 (54) : 115-117.
- 平野 暁. 1957. 桃の忌地に関する研究 (第3報) 桃根中の毒物質について. 園芸学研究集録. 8 : 27-31.
- 細見彰洋・内山知二. 1998. イチジクいや地ほ場における生育阻害要因. 園学雑. 67 (1) : 44-50.
- 岩谷 齊・山田 隆. 1987. リンゴの改植障害 第2報 復帰性. 東北農業研究. 40 : 247-248.
- 小原裕三. 2008. 低濃度エタノールによる新規土壌消毒法の開発. 植物防疫. 65 : 427-432.
- 桑原克也・高橋まさみ・大堀智也・三木静恵. 2011. 施設キュウリにおける低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒による下層土のネコブセンチュウの防除効果. 関東東山病害虫研報 (58) : 85-89.
- 門間法明. 2011. 低濃度エタノールによる新規土壌消毒法の開発. 植物防疫. 65 : 486-490.
- 元木 悟・西原英治・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原 温. 2006a. 新規に開発した手法を利用したアスパラガス根圏土壌のアレロパシー活性測定. 園学研. 5 (4) : 443-446.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原 温. 2006b. アスパラガス連作障害におけるアレロパシー回避のための活性炭利用. 園学研. 5 (4) : 437-442.
- 西原英治・中野耕栄・本間龍一・平田 武・中野太佳司. 2006. モモの自家中毒に向けた簡易土壌アッセイ法の開発. 園学雑. 75 (別1) : 272.
- 西原英治・元木 悟. 2009. 活性炭の農業利用—土地浄化の新技术—. 農文協. : 129-131.
- 和中 学・堀田宗幹. 2011. 活性炭および土壌消毒処理によるモモの連作障害軽減効果. 和歌山県農林水技セ研報. 12 : 33~44.
- 和中 学・中村 仁・杵淵真也. 2012. モモ栽培土壌の高温処理および改植時の土壌の熱水処理がモモ幼木の生育に及ぼす影響. 園学研. 11 (別1) : 73.
- 和中 学・藤本欣司. 2015. モモ連作土壌の高温処理がモモ実生苗の生育に及ぼす影響. 園芸学会近畿支部和歌山大会研究発表要旨. 17.