

# 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 中 学・堀田宗幹

和歌山県農林水産総合技術センター 果樹試験場 かき・もも研究所

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

Manabu Wanaka and Muneki Hotta

*Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station,  
Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

### 緒 言

和歌山県におけるモモの栽培面積は全国4位の780haあり(2010年農林水産統計)、紀北地方を中心に収益性の高い地域の主要品目として導入されてきた。しかし、モモの経済樹齢は約20年と短く、1980年以降にカンキツ等から転換したモモ園の多くでは生産性が低下してきている。モモの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、本県のモモの未成園化率は約2%と全国平均の約12%に比べ低く(2007年農林水産統計)、老木園の改植が進んでおらず、改植の推進が産地での喫緊の課題になっている。改植が進まない理由には、果樹類の中でもモモは連作障害が起こりやすいことが大きな要因として挙げられる。これまでにモモの連作障害の原因として、根に由来する生育阻害物質(以下、アレロパシー物質)を中心に検討されてきたが(平野, 1957, 1980; 水谷, 1980)、未だに不明な点も多く(平野, 1980)、モモ連作土壌の効果的な改良法は明らかになっていない。

モモ産地では、従来からモモの改植時に有効とされてきた客土や3~4年生の大苗の移植等による対策が推進されている。しかし、生産農家の高齢化が進む中でこれらの対策の実施はコストや多大な労力を要することから困難になりつつある。そのため、省力化技術の一つとして、和歌山県ではこれまでに不織布ポットを利用した移植容易な大苗育成技術を開発している(木村ら, 2004)。一方、近年、活性炭処理による畑作物や花卉類のアレロパシーの低減効果が報告されている(浅尾ら, 1996, 2001, 2003a, 2003b; 元木ら, 2006a, 2009; 西原ら, 2006b)。すでに長野県のアスパラガス産地では、改植時の連作障害軽減対策として活性炭が利用されている(西原ら, 2009)。また、これまでに著者らは、ポット栽培でのモモ栽培土壌の土壌くん蒸剤処理が定植したモモ苗の生育を促進することを明らかにしたが(近畿中国四国農業試験推進会議, 2003)、実際のほ場での効果の検討は行っていなかった。

そこで、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の一環として、モモ連作障害軽減に適した資材の検討を行い、活性炭および土壌消毒処理による連作障害軽減効果を検討したので報告する。

### 材料および方法

#### 試験1. 現地モモ園土壌のアレロパシー活性の実態把握

2008年12月に紀の川市の現地‘白鳳’21園(1代畑9園, 2~4代畑12園)のモモ成木樹の株元か

ら水平方向に約1m地点(以下,株元)および樹間の中央部からそれぞれ深さ約10cm,30cmから採取した土壌を供試した。土壌のアレロパシー活性は,元木ら(2006)による根域土壌アッセイ法の2層法に準じた。すなわち,採取土壌を風乾後,2mm目のふるいにかける6穴のマルチディスクに1穴あたり3gを秤量し,各処理区に0.75%低温ゲル化寒天(ナカライテスク社製品)を5ml添加し,凝固後にさらに5ml添加し,その上に検定植物であるレタス種子(グレートレークス366 タキイ社)を5粒ずつ置床した。25℃の暗黒化で3日間培養後,根長を測定し,対照区(寒天のみ)に対する根長の伸長阻害率(以下,根長阻害率: $(1 - (\text{処理区根長}/\text{対照区根長})) \times 100$ )を算出した。

### 試験2. モモ連作土壌への各種資材の混和および土壌消毒処理が検定植物の生育阻害に及ぼす影響

2007年12月,2009年2月に研究所内の2代畑のモモ成木樹の根域および現地のモモ2代畑2園の伐採樹の近くで採取した土壌を供試した。2007年に採取した供試土壌には,活性炭3種(味の素ファインテクノ社製木質系A,B,ヤシ殻系C),活性白土(味の素ファインテクノ社製),パーライト(宇部興産社製 粒径2.5~5.0mm)およびバーク堆肥(ハリマ産業エコテック社製)を乾物重量比で各0.5,1,5,10%を添加して処理区とした。また,クロロピクリン・D-Dくん蒸剤を供試土壌約10literに約9mlの処理量で処理を行ったものを土壌消毒区とした。

また,2009年の供試土壌には,木質系6種(A,D,E:味の素ファインテクノ社製,F,G,H:ミナベ化工社製),ヤシ殻系2種(C:味の素ファインテクノ社製,I:ミナベ化工社製),石油系1種(J:三菱化学社製)の9種類の活性炭および備長炭(協同組合ラテスト製),雑木炭(県内木炭製造施設で製造),県林業試験場において林業廃棄物より試作したa~cの5種類の粉末状の木炭を乾物重量比で各0.5,1,5,10%を添加した。レタス種子を用いた植物検定方法については試験1と同様に行った。

### 試験3. モモ連作土壌,新土への活性炭および土壌消毒処理がポット栽培モモ実生苗の生育に及ぼす影響

2008年の試験には,ポット用土として2007年12月10日に研究所内2代畑のモモ成木樹を伐採し掘り上げ後,土壌を根域から採取し,根およびレキを極力取り除いたものを供試した。処理区として,土壌の乾物重量比で活性炭A(味の素ファインテクノ社製)を0.1%,1%,5%混和した区,活性炭混和区の比較にパーライト(宇部興産社製 粒径2.5~5.0mm)の2%,6%混和区,1ポットあたりの供試土壌約10literにクロロピクリン・D-Dくん蒸剤を約9mlの処理量で処理したものを土壌消毒区および無処理区を設けた。

2009年の試験には,ポット用土として,2009年2月4日に研究所内2代畑のモモ成木樹を伐採し掘り上げ後,土壌を根域から採取し,根およびレキを極力取り除いたもの(以下,モモ連作土壌),モモの未栽培土壌の山土(以下,新土)の2種類を供試した。処理区として,モモ連作土壌および新土に,土壌の乾物重量比で活性炭Aの2%混和区(以下,活性炭混和区),クロロピクリンくん蒸剤処理区,クロロピクリン・D-Dくん蒸剤処理区,これらの土壌くん蒸剤の処理後に活性炭を土壌混和した区(以下,クロロピクリンくん蒸剤処理区+活性炭混和区,クロロピクリン・D-Dくん蒸剤処理+活性炭混和区)および無処理区を設けた。両年ともに各処理区の用土量は,容量25literポットに約10literに設定した。また,1処理区あたり3ポットを用い,砂質土に播種後約5cmに生長した‘おはつもも’(台木用品種)実生苗を1ポットあたり2008年には4月24日に3本の計9本,2009年には4月28日に4本の計12本を移植し,ポットを研究所内無加温ハウス内に設置した。灌水は両年ともに地上約1.3mに設置したマイクロスプリンクラーにて4~6月は日に1回,7~9月は日に2回,十分量を散水した。施肥はロング肥料を1ポットあたりN成分で4月に約3g,6月に約6g施用した。

解体調査を2008年は9月24日に,2009年は9月28日に行い,風乾後(65℃7日間以上)地上部,地下部の乾物重を求めた。各処理区の地上部乾物重で,最高,最低の各1個体を除き処理区の乾物重の平均値を算出した。また,2009年には各処理区の土壌の検定植物の根長阻害率を移植前(4月17日),

解体時（9月28日）に試験1と同様の方法で調査し、ベルマン法（25℃ 72h）により解体時の各処理区の生土30g中の線虫数（各処理区3反復）を調査した。

#### 試験4. モモ改植ほ場における植え穴土壌への活性炭および土壤消毒処理がモモ苗木の生育に及ぼす影響

2007年に研究所内の2代畑の13年生モモ樹（中間台‘白鳳’に数品種を接ぎ木したもの）および紀の川市嶋の20年生‘白鳳’の現地の2代畑を伐採し抜根、整地後に試験ほ場として供試した。処理区として各ほ場の植え穴部位周辺（約1m×1m×深さ約30cm）に活性炭A（味の素ファインテクノ社製）を1kgおよび2kg（各F.W.）を定植直前に土壌によく混和し処理区とし、処理区の供試樹数は研究所内5樹、現地ほ場は4樹とし、別に無処理区を設けた。2007年12月5日に現地試験ほ場に1年生の早生系統‘白鳳’苗を、2008年1月18日に研究所内ほ場に1年生‘白鳳’苗を定植した。

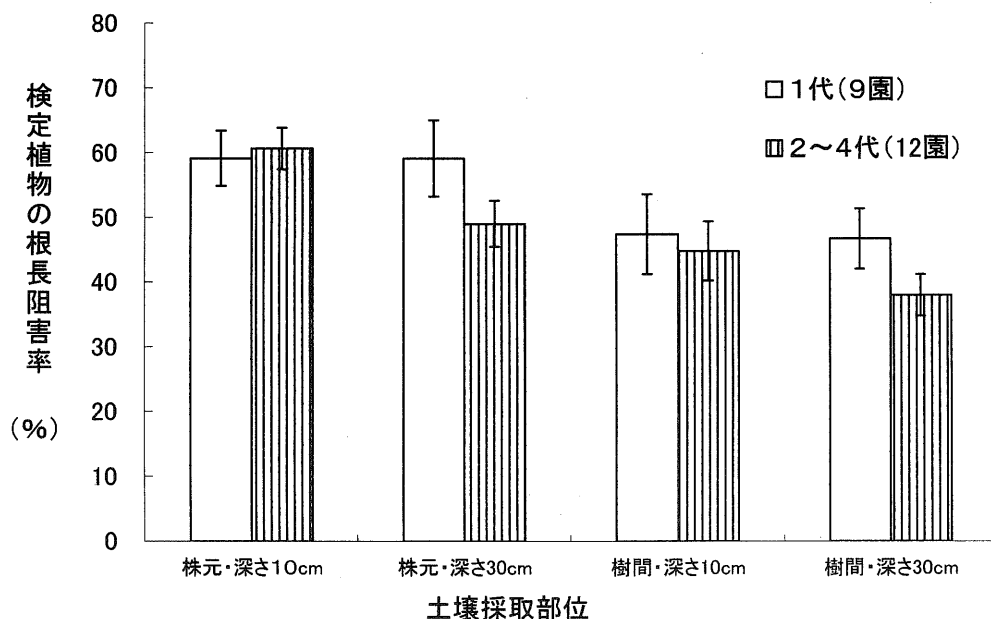
2009年には紀の川市桃山町の現地の2代畑の樹勢が低下した13年生‘日川白鳳’園約5aを伐採し抜根、整地後に試験ほ場として供試した。処理区として、供試ほ場東側より約7m間隔の列状に、土壤消毒区、活性炭混和区、土壤消毒と活性炭の併用処理区（以下、土壤消毒+活性炭混和区）および無処理区の4処理区を設定した。土壤消毒剤としてクロルピクリン・D-Dくん蒸剤を使用し、2009年1月7日に約7m幅の列間にかん注処理し、直ちに厚さ0.05mmのポリプロピレン製フィルムを被覆した。被覆の除去は同年2月2日に行い、2月9日に1年生‘日川白鳳’苗（台木‘おはつもも’）を定植した。活性炭処理は2007年と同様に定植部位土壌に混和した。各処理区の供試験樹数は5樹（無処理区のみ4樹）とした。なお、2007年、2009年の試験ともに供試ほ場の前作の残根は太根（直径3cm以上）を中心に極力取り除いた。

調査は、定植時に幹周を測定し、周年11月に苗木の生長量（幹周、新梢発生本数および総新梢伸長量（副梢含まず）、主幹長（株元から最長の主枝の先端までの長さ））を計測した。また、試験1と同様の方法で処理区土壌の検定植物の根長阻害率を定植前の2009年2月9日、定植9か月後の11月20日に調査し、試験3と同様の方法で定植6か月後の9月7日に採取土壌中の線虫数を調べた。

## 結 果

#### 試験1. 現地モモ園土壌のアレロパシー活性の実態把握

検定植物の根長阻害率は、1代畑のモモ樹の株元の深さ10cm、30cm部位および2～4代畑の株元の深さ10cm採取土壌で樹間の深さ10cm、30cm部位の採取土壌に比べ高く、モモ園土壌のアレロパシー活性は、1代畑、2～4代畑ともにモモの株元に近い土壌で高い傾向が認められた（第1図）。



第1図 現地モモ‘白鳳’園の土壌採取別のアレロパシー活性

縦棒は標準誤差

#### 試験2. モモ連作土壌への各種資材の混和および土壌消毒処理が検定植物の生育阻害に及ぼす影響

2007年の採取土壌では、供試土壌のみの検定植物の根長阻害率の71.1%に比べ、木質系の活性炭AおよびBの根長阻害率は1%添加で33%以下、5%添加で約18%と低く、両活性炭混和による根長阻害低減効果が高かった。しかし、ヤシ殻系の活性炭Cは木質系に比べ根長阻害低減効果が低く、活性白土、パーライトおよびバーク堆肥については、1~10%の間で添加量を増やしても根長の阻害率はほとんど低減しなかった。また、土壌消毒処理による根長阻害低減効果は小さかった(第1表)。

2009年の採取土壌では、検定植物の根長阻害率は、ヤシ殻系、石油系の活性炭では一部を除き45%以上あったのに対して、木質系では0.5%以上の添加で30%以下に低下した。供試した木質系活性炭の中では、活性炭DおよびFの根長阻害低減効果が高かった。また、供試した木炭は0.5~10%の範囲で添加量が多いほど検定植物の根長阻害率が低下する傾向を示し、県林業試験場で試作した林試aおよびbの根長阻害低減効果が高かった。

第1表 モモ連作土壌<sup>2</sup>への各種資材の混和および土壌消毒処理が検定植物(レタス)の根長阻害率に及ぼす影響

供試資材 <sup>1)</sup>	根長阻害率(%)				
	(資材混合割合)	0%	1%	5%	10%
活性炭A			26.6±8.2	17.6±5.2	24.9±5.5
活性炭B			33.0±5.7	17.7±6.6	23.7±8.5
活性炭C		71.1±0.6 <sup>x</sup>	66.2±1.2	52.8±0.3	47.0±8.6
活性白土			70.0±5.5	68.4±2.7	68.5±1.6
パーライト			71.8±3.1	70.9±2.2	71.8±2.3
バーク堆肥			68.4±1.1	64.2±1.3	67.3±3.1
土壌消毒処理		61.5±5.0			

<sup>2</sup>モモ連作園3園より採取した土壌を供試

<sup>1)</sup>活性炭A, Bは木質系, Cはヤシ殻系 資材の添加量は乾物割合 土壌消毒剤はクロルピクリン・D-Dくん蒸剤

<sup>x</sup>標準偏差(n=3)を表す

## 和中・堀田：活性炭および土壤消毒処理によるモモの連作障害軽減効果

第2表 モモ連作土壌<sup>z</sup>への活性炭、木炭の添加量<sup>y</sup>と検定植物(レタス)の根長阻害率に及ぼす影響

供試資材 <sup>x</sup>	(資材混合割合)	根長阻害率(%)				
		0%	0.5%	1%	5%	10%
活性炭	活性炭A		21.4±11.2	21.6±18.8	19.4±19.5	22.3± 9.2
	活性炭D		14.3±12.2	15.6±20.6	-0.3±11.2	12.5± 8.6
	活性炭E	木質系	24.9±22.0	15.3±29.9	28.8±30.8	20.8±21.3
	活性炭F		12.7± 1.8	12.2± 5.7	11.4± 8.7	8.5± 8.0
	活性炭G		27.4± 7.7	21.9± 5.3	14.2± 2.0	16.8± 3.0
	活性炭H		28.7± 2.3	26.9±19.9	14.2± 4.8	25.9±30.5
	活性炭C	ヤシ殻系	60.3±12.4	60.6± 5.6	46.8±11.9	45.1± 8.8
	活性炭I		49.6±13.3	49.5± 8.6	26.8±19.0	36.6±33.2
	活性炭J	石油系	63.9± 6.3	59.6± 5.7	56.1±13.4	49.7±11.2
備長炭		47.8±13.7	44.9±10.6	26.1± 8.6	17.5±11.3	
雑木炭		60.1± 5.9	53.8±10.8	39.3± 3.1	15.6±10.7	
木炭(粉末)	林試a		43.8±11.2	34.1±11.6	6.0± 6.5	0.5± 1.5
	林試b		50.4± 2.1	48.9± 9.6	3.7±10.2	2.4± 4.1
	林試c		52.4±10.9	48.1± 6.5	21.7± 8.1	27.6±18.1

<sup>z</sup>モモ連作園3園より採取した土壌を供試<sup>y</sup>資材の添加量は乾物割合<sup>x</sup>木炭:林試a~cは林業廃棄物より試作した木炭<sup>w</sup>標準偏差(n=3)を表す

## 試験3. モモ連作土壌, 新土への活性炭および土壤消毒処理がポット栽培モモ実生苗の生育に及ぼす影響

2008年の試験では, 処理区の中では土壤消毒区<sup>z</sup>のモモ実生苗の生育が優れ, 解体時の地上部, 地下部の乾物重ともに無処理区に比べ有意に重かった. また, 活性炭処理区では1%および5%混和区が無処理区に比べ地下部の乾物重が重かったが, 活性炭0.1%混和区, パーライト2%および6%混和区は無処理区との間に地上部, 地下部の乾物重に有意な差は認められなかった(第3表).

第3表 モモ連作土壌<sup>z</sup>への活性炭<sup>y</sup>, パーライトの混和および土壤消毒処理がモモ実生苗<sup>x</sup>解体時の乾物重に及ぼす影響(2008)

処 理 区	乾物重(g)		
	地上部	地下部	合計
活性炭 0.1%混和	30.8 (101.7) <sup>y</sup>	22.5 (108.7)	53.3 (104.5)
活性炭 1%混和	42.9 (141.6)	47.0* (227.1)	89.9* (176.3)
活性炭 5%混和	39.8 (131.4)	38.7* (187.0)	78.5 (153.9)
パーライト2%混和	30.7 (101.3)	22.9 (110.6)	53.5 (104.9)
パーライト6%混和	28.4 (93.7)	26.2 (126.6)	54.6 (107.1)
土壤消毒(クロルピクリン・D-Dくん蒸剤)	53.3** <sup>w</sup> (175.9)	65.0** (314.0)	118.3** (232.0)
無 処 理	30.3 (100)	20.7 (100)	51.0 (100)

<sup>z</sup>モモ連作土壌は2007年12月に研究所内モモ2代畑の栽植モモ樹を伐採して根域土壌を供試<sup>y</sup>活性炭A(味の素ファインテクノ社製)<sup>x</sup>モモ実生苗('おはつもも')の移植は4月24日, 解体調査は9月24日<sup>w</sup>\*\*, \*はt検定によって無処理区に対して, それぞれ有意水準1%, 5%で有意差あり<sup>y</sup>無処理区の乾物重を100として対比

2009年の試験のモモ連作土壌では, 活性炭混和区以外の処理区では無処理区に比べモモ実生苗の解体時の地上部, 地下部合計の乾物重が有意に重く, 地上部の生育が優れる傾向であった. また, 無処理区および活性炭混和区のみ根が変色し, 根の色調は褐色を呈した. 一方, 新土では, 活性炭混和区, クロルピクリンくん蒸剤処理+活性炭混和区で無処理区に比べ, モモ実生苗の解体時の地上部, 地下部合計の乾物重が有意に重かった. また, 地上部ではクロルピクリンくん蒸剤処理区以外のすべての処理区で無処理区に比べ有意に重かった. なお, 新土に比べモモ連作土壌のほうが土壤消毒の単用および活性炭との併用処理区の地上部, 地下部乾物重における無処理区対比がやや大きい傾向であった(第4表).

モモ連作土壌の検定植物の根長阻害率は, 移植前には活性炭混和处理した全区で無処理区に比べ低く, クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理区についてもやや低い傾向であった. また, 解体時の各処理区の検定植物根長の阻害率は移植前に比べ低下する傾向があった. 一方, 新土では, 移植前の検定植物の根長

阻害率は、各区でモモ連作土壤に比べ低く、解体時には移植前に比べやや上昇する傾向が認められた。

また、解体時の線虫密度は、モモ連作土壤に比べ新土で低い傾向であったが、両土壤ともに処理区間の線虫密度には有意な差は認められなかった（第5表）。

第4表 モモの連作土壤<sup>2</sup>、新土<sup>3</sup>の土壤消毒および活性炭<sup>x</sup>混和がポット栽培モモ実生苗<sup>y</sup>解体時の乾物重に及ぼす影響(2009)

処 理 区 <sup>z</sup> (処理土壤)	乾物重(g)		
	地上部	地下部	合計
(モモ連作土壤)			
活性炭混和	23.3 (118.3) <sup>u</sup>	20.9 (111.2)	44.2 (114.8)
クロルピクリンくん蒸剤処理	34.1** <sup>v</sup> (173.1)	23.4 (124.5)	57.5* (149.4)
クロルピクリンくん蒸剤処理+活性炭混和	31.9** (161.9)	22.9 (121.8)	54.8* (142.3)
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理	44.4** (225.4)	30.1* (160.1)	74.5** (193.5)
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理+活性炭混和	42.6** (216.2)	29.0 (154.3)	71.6** (186.0)
無 処 理	19.7 (100)	18.8 (100)	38.5 (100)
(新土)			
活性炭混和	24.2* (150.3)	22.2* (121.3)	46.4** (134.9)
クロルピクリンくん蒸剤処理	20.9 (129.8)	16.4 (89.6)	37.3 (108.4)
クロルピクリンくん蒸剤処理+活性炭混和	25.3** (157.1)	21.9 (119.7)	47.2** (137.2)
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理	26.4** (216.2)	20.9 (114.2)	47.3 (137.5)
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理+活性炭混和	26.5** (164.6)	18.8 (102.7)	45.3 (131.7)
無 処 理	16.1 (100)	18.3 (100)	34.4 (100)

<sup>2</sup>モモ連作土壤は2009年2月に研究所内モモ2代畑の栽植モモ樹を伐採して根域土壤を採取<sup>y</sup>新土は山土

<sup>x</sup>活性炭A(味の素ファインテクノ社製)

<sup>y</sup>モモ実生苗(‘おはつもも’)の移植は4月28日、解体調査は9月28日

<sup>v</sup>\*\*, \*はt検定によって無処理区に対して、それぞれ有意水準1%, 5%で有意差あり

<sup>u</sup>無処理区を100として対比

第5表 モモの連作土壤、新土の土壤消毒および活性炭混和が処理区土壤の検定植物の根長阻害率、線虫密度に及ぼす影響(2009)

処 理 区	検定植物 <sup>z</sup> の根長阻害率(%)		線虫密度 <sup>y</sup> (頭/生土30g)
	移植前	解体時	
(モモ連作土壤)			
活性炭混和	16.4±7.6 <sup>x</sup>	15.9±1.7	12.5a <sup>w</sup>
クロルピクリンくん蒸剤処理	62.3±3.7	36.5±4.7	9.0a
クロルピクリンくん蒸剤処理+活性炭混和	14.3±0.9	-1.9±3.5	0a
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理	46.9±2.2	34.7±3.5	23.5a
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理+活性炭混和	5.8±3.1	5.3±1.3	4.0a
無 処 理	70.2±0.5	52.9±3.9	29.5a
(新土)			
活性炭混和	4.6±3.4	10.2±5.2	0a
クロルピクリンくん蒸剤処理	15.4±2.2	23.9±0.9	1.7a
クロルピクリンくん蒸剤処理+活性炭混和	0.5±1.9	1.8±2.7	0a
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理	12.7±4.2	16.8±3.7	3.7a
クロルピクリン・D-Dくん蒸剤処理+活性炭混和	-1.1±4.2	9.3±4.7	0a
無 処 理	12.8±0.9	16.2±2.5	3.7a

<sup>z</sup>検定植物はレタス、調査日:移植前は4月17日、解体時は9月28日

<sup>y</sup>線虫密度の調査はベルマン法(25℃ 72時間)による 調査日:9月28日 各処理区3反復

<sup>x</sup>は標準偏差(n=3)を表す

<sup>w</sup>異なるアルファベットはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

#### 試験4. モモ改植ほ場における植え穴土壤への活性炭および土壤消毒処理がモモ苗木の生育に及ぼす影響

2007年に実施した改植時の植え穴土壤の活性炭処理後の定植モモ苗の1年目(2008年11月)および2年目(2009年11月)の樹体生育は、研究所内および現地試験ほ場ともに各処理区の調査樹の生育差がやや大きく、処理区間の幹周、総新梢伸長量および平均新梢長に有意な差は認められなかった(第6表)。

## 和申・堀田：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

第6表 モモ改植時の植え穴への活性炭<sup>γ</sup>混和処理が定植後1, 2年目のモモ苗木<sup>δ</sup>の生育に及ぼす影響

試験ほ場	処理区	幹周(cm)			総新梢伸長量 <sup>ε</sup> (cm)		平均新梢長(cm)	
		2008年 2月	2008年11月	2009年11月	2008年11月	2009年11月	2008年11月	2009年11月
研究所内	1kg混和	5.8a <sup>γ</sup>	10.7a	18.1a	741.8a	2980.8a	89.8a	53.6a
	2kg混和	5.6a	10.1a	17.8a	698.6a	3521.4a	88.4a	52.4a
	無処理	5.7a	8.9a	16.6a	551.0a	2620.4a	77.0a	57.3a
現地ほ場 (紀の川市嶋)	1kg混和	5.8a	13.6a	21.3a	1087.8a	8786.5a	88.4a	40.6a
	2kg混和	5.8a	16.0a	22.8a	1300.7a	9796.3a	107.7a	39.0a
	無処理	5.8a	13.5a	22.4a	1143.0a	8056.5a	101.6a	43.9a

<sup>δ</sup>研究所内、現地ほ場ともに2代畑モモ園のモモ樹を伐採、抜根後整地して試験を実施

<sup>γ</sup>活性炭：活性炭A(味の素ファインテクノ社製)を各ほ場で苗木の定植前に所定量(F.W.)を土壌に混和した

<sup>δ</sup>研究所内は2008年1月18日に「白鳳」1年生苗を定植、現地ほ場は2007年12月5日に早生系統「白鳳」1年生苗を定植

<sup>ε</sup>新梢長には副梢は含まず

<sup>γ</sup>異なるアルファベット間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

2009年に実施したモモ改植時の土壌消毒および植え穴土壌の活性炭混和処理による定植9か月後の苗木の生育は、活性炭処理区、土壌消毒区および無処理区の間には有意な差は認められなかったが、土壌消毒+活性炭混和区は、他の処理区に比べ幹周が有意に大きく、主幹長、総新梢伸長量および平均新梢伸長量は有意に長く、旺盛な生育を示した(第7表、第2図)。各処理区の土壌の検定植物の根長阻害率は、苗木の定植前に土壌消毒区と無処理区では約45%であったのに対して、活性炭混和区および土壌消毒+活性炭混和区では定植前には14%以下と低かった。定植9か月後の根長阻害率は、土壌消毒区でほとんど変わらず、無処理区で低下したが、活性炭混和区および土壌消毒+活性炭混和区で約23~30%と定植前に比べやや上昇した。また、定植6か月後の土壌中の線虫密度はいずれの処理区でも3頭以下であった(第8表)。

第7表 モモ改植ほ場<sup>δ</sup>の土壌消毒<sup>γ</sup>および活性炭<sup>ε</sup>混和処理がモモ1年生苗<sup>δ</sup>定植9か月後の生育に及ぼす影響(2009)

処 理 区	幹周(cm)			主幹長(cm)	総新梢 <sup>v</sup> 伸長量(cm)	平均新梢 伸長量(cm)
	2009年3月	2009年11月	増加率(%)			
活性炭混和	4.4a <sup>u</sup>	7.7a	172.0a	134.8a	677.0a	57.6a
土壌消毒	4.4a	9.4a	214.6a	163.4a	674.0a	89.1a
土壌消毒+活性炭混和	4.7a	13.8b	295.5b	201.6b	1127.8b	131.6b
無 処 理	4.7a	7.8a	167.4a	141.8a	652.0a	61.7a

<sup>δ</sup>紀の川市桃山町の2代畑モモ園のモモ樹を伐採、抜根後整地して試験を実施

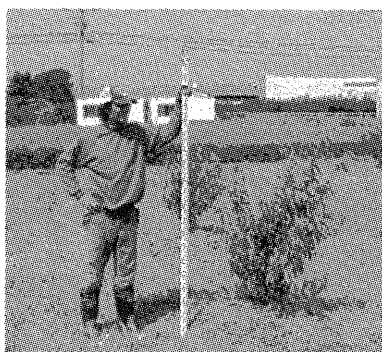
<sup>γ</sup>土壌消毒剤はクロルピクリン・D-Dくん蒸剤を使用

<sup>ε</sup>活性炭A(味の素ファインテクノ社製)を苗木の定植前に1樹あたり2kg(F.W.)を土壌混和

<sup>δ</sup>2009年2月9日に「日川白鳳」1年生苗定植 同年11月2日調査

<sup>v</sup>新梢長には副梢は含まず

<sup>u</sup>異なるアルファベットはTukey-kramerの多重検定により5%水準で有意差あり



活性炭混和区



土壌消毒区



土壌消毒+活性炭混和区



無処理区

第2図 モモ改植ほ場に定植した1年生‘日川白鳳’の定植後7か月目の樹体生育

第8表 モモ改植ほ場における各処理区の土壌の検定植物<sup>2</sup>の根長阻害率および線虫密度<sup>3</sup>(2009)

処 理 区	検定植物の根長阻害率(%)		線虫密度(頭/生土30g)
	定植前	定植9か月後	定植6か月後
活性炭混和	13.3±2.8 <sup>w</sup>	29.2±6.0	0
土壌消毒	44.9±1.5	47.6±1.3	2.0
土壌消毒+活性炭混和	7.3±6.2	22.9±4.3	2.5
無処理	45.0±3.3	34.5±2.4	0

<sup>2</sup>検定植物:レタス 調査日:定植前は2月9日、定植9か月後は11月20日

<sup>3</sup>線虫密度の調査はベルマン法(25°C 72時間)による 2反復の平均値 調査日:9月7日

<sup>w</sup>は標準偏差(n=3)を表す

## 考 察

藤井(2000)によるとアレロパシー(他感作用)とは「ある植物から放出する化学物質が、他の植物や微生物に何らかの影響を及ぼす現象」を意味し、畑作物や果樹など永年生作物における連作障害(忌地現象)の原因の一つと考えられている。和歌山県のモモ産地では連作障害の発生が大きな問題となっ



ているが、モモの連作障害の要因の一つにアレロパシー物質の関与が指摘されている（平野，1957，1980；水谷，1980）。

本研究で調査した和歌山県紀の川市の現地「白鳳」21園の土壌のアレロパシー活性は、樹間よりもモモ樹の根域に近い土壌で高い傾向であった。また、モモ連作土壌のアレロパシー活性は、活性炭添加による低減効果が高く、種類ではヤシ殻系や石油系に比べ木質系の活性炭の効果が高かった。また、ある種の木炭にもモモ連作土壌のアレロパシー活性低減効果が認められたが、苗木の定植時の土壌改良資材等として一般に用いられるパーライトおよびバーク堆肥は添加量を増やしてもアレロパシー活性低減効果をほとんど示さなかった。

ユリ科の多年性作物であるアスパラガスではモモと同様に改植時の連作障害が問題となっているが、元木ら（2006a）は、アスパラガスには強いアレロパシー活性があることを明らかにし、ある種の活性炭はアスパラガスのアレロパシー物質を吸着し、検定植物の生育阻害を回避でき、改植時の活性炭処理により次作のアスパラガスの生育改善効果が認められたと報告している。すでに長野県のアスパラガス産地では、改植時の連作障害軽減対策として活性炭が利用されている（西原ら，2009）。アレロパシー物質を活性炭により制御する研究はキュウリ、イチゴ、花卉類の水耕栽培（浅尾ら，1996，2001，2003a，2003b）で報告されているが、ほ場試験で連作障害軽減に効果が認められている事例としては、アスパラガス以外にソラマメ、エダマメ（西原ら，2006b；元木，2009）、ウメ（大江ら，2010）についての報告がある。モモについては西原ら（2006a）により新潟県の現地モモ園での改植時の試験事例が報告されているが、活性炭処理によるモモの連作障害の軽減効果は判然としていなかった。

そこで、本研究では、植物検定でモモ連作土壌のアレロパシー活性低減効果の認められた木質系活性炭（活性炭 A）を供試して、ポットおよび改植時のほ場におけるモモの連作障害軽減効果を検討した。併せて、著者らが過去に実施したポット試験（近畿中国四国農業試験推進会議，2003）で効果の認められた土壌くん蒸剤についても再試験を行い、ほ場での効果を検討した。

2008年に実施したポット試験ではモモ連作土壌の活性炭1%、5%混和区でモモ実生苗の生育が無処理区に比べ有意に促進されたが、2009年に実施したポット試験、2007年および2009年に実施したほ場試験ではモモ連作土壌の活性炭混和区と無処理区のモモ苗の生育に有意な差は認められなかった。一方、土壌消毒処理については2008年、2009年のポット試験ともにモモ実生苗の生育が無処理区に比べ有意に促進された。しかし、2009年のほ場試験では、土壌消毒単用処理では定植したモモ1年生苗の生育に無処理区と有意な差は認められず、土壌消毒処理と活性炭の併用処理が他の処理区に比べ定植苗の生育を有意に促進した。

本研究結果からは、モモの連作障害の要因として土壌中のアレロパシー物質以外の要因の存在が示唆された。すなわち、モモの連作土壌中のアレロパシー物質とその作用性については不明であるものの、土壌消毒後に検定植物の根長阻害率軽減効果は低かったことから、土壌消毒処理によるアレロパシー活性低減効果は低いように思われた。また、2009年のポット試験では、新土についても土壌消毒および活性炭混和処理によるモモ幼苗の生育促進効果が認められたが、無処理区に対する生育促進効果はモモ連作土壌で大きい傾向であった。さらに、モモ連作土壌の活性炭処理および無処理区では平野（1971）がモモの連作障害の外観上の特徴として述べている症状に酷似した根の褐変症状がみられた。これに対して、土壌消毒処理区にはこのような症状が認められなかった。これらのことから、モモの苗木の生育を阻害するアレロパシー物質以外の要因として、土壌中の病虫害の影響が想定された。モモ根元の病害として、紫紋羽病、白紋羽病、ならたけ病、ならたけもどき病、根頭がんしゅ病、苗木がんしゅ病の6種が日本植物病名目録に記載されている（日本植物病理学会，2000）。しかし、本研究で供試したほ場の改植時のモモ樹および解体時のモモ実生苗の根元にこれらの病害の症状や明瞭な菌糸は観察されなかった。また、今回、線虫の分類、同定までは行っていないものの供試した土壌中の線虫密度も低く、ネコブセンチュウ等による根元の異常も認められなかった。従って、これらいずれの病虫害にも該当しない可能性が高い。岩谷・山田（1986，1987）は、リンゴ改植時のクロルピクリンによる土壌消毒がリンゴ苗木

の生育促進する効果を認め、また、改植障害の発生している生育不良のリンゴ苗木をリンゴの未栽培土壌に移植すると、生育が促進されたことから、非根圏に由来する微生物を改植障害の原因として推察している。また、細見ら(1998)は、イチジクの連作障害の要因として土壌微生物の影響を示唆している。本研究のポット試験で示されるようにモモ連作土壌の土壌消毒処理が移植したモモ実生苗の生育促進に有効であること、平野(1968)は前作の土壌を用いて栽培した生育の著しく劣ったモモ苗木が新土に移植すると正常に回復するいわゆる復帰性の現象を報告していることから、仮定するモモ連作土壌中の有害微生物はリンゴで推定するような非根圏の病原性微生物である可能性が示唆された。

本研究のポット試験の結果からは、モモの連作障害の要因としてアレロパシー物質よりもむしろ仮定する病原性微生物の影響が大きいに思われた。しかし、2009年のほ場試験では、土壌消毒単用処理では定植したモモ苗の生育に無処理区との有意な差は認められなかった。施設内で実施したポット試験と実際のほ場試験では条件が大きく異なるため単純に比較はできないものの、ポット試験と実際のほ場試験の結果の相違には、土壌中のアレロパシー物質の影響が考えられた。すなわち、本研究で実施したポット試験ではふるいにかけて前作のモモの根を極力除去していたのに対して、2009年の供試ほ場では、前作のモモの太根は除去に極力努めたが、直径1cm以下の根の残存量はやや多かった。モモの連作障害は土壌の排水性、通気性の劣る園地で起こりやすいことが良く知られているが(水谷, 1977; 橋本, 1985)、常時かん水が必要なポット試験に対し、2009年の供試ほ場は、通気性のあまり良くない水田転換園のモモ2代畑であり近隣の同様なモモ園においても連作障害の被害が問題となっていた。平野(1957)、平井ら(1957)は、土壌へのモモの根、根皮粉末添加がモモ幼苗の生育を阻害すると報告している。また、水谷(1980)はモモの連作ほ場で前作の残根の影響と耐水性との関係を調査し、湛水処理に根を加えた処理区のモモの実生苗の地上部の障害程度が最も大きかったと報告している。さらに、水谷(1980)は嫌気条件下ではモモの根に青酸配糖体の分解が生じ、その派生物の根からの浸出が認められるだけでなく根の内容物の浸出が促進され、生育抑制効果を持つ縮合性タンニンの浸出が多く認められたと報告している。このようにモモの連作障害には、土壌微生物、アレロパシー物質および土壌の水分状態等の複数の要因が関与しているように思われる。2009年のほ場試験では、土壌消毒によるモモ連作土壌の病原性微生物の密度の低下と活性炭処理によるアレロパシー作用低減が、定植苗の生育を促進した可能性が考えられるが、これらの点については、今後、詳細な検討が必要である。

供試した土壌くん蒸剤は、現在モモに農薬登録がなく、今後、実用化のためには農薬登録拡大に向けた検討の必要がある。また、薬剤によらない土壌消毒法として近年開発された熱水処理や還元土壌消毒(新村, 2010)についても効果が期待できる可能性がある。活性炭については、供試した木質系活性炭は600円以上/kg(F.W.)とやや高価であるが、土壌消毒との併用処理では定植時の植え穴に2kgと少量で効果が認められている。活性炭の適正処理量については今後検討の必要があるものの、本研究で検討した木炭の中にも植物検定によるモモ連作土壌のアレロパシー低減効果の高いものが認められている。これらの木炭については活性炭に代替可能な安価な資材としての利用が期待される。

以上のように、本研究では、これまで困難とされてきたモモ連作土壌の改良(平野, 1980)について、改植時の苗木定植部位の周辺土壌を土壌消毒した後に活性炭を混和処理すれば連作障害軽減に有効であることを明らかにした。土壌消毒法の検討は必要であるが、現行の客土や大苗移植法に代替可能なモモの低コストで省力的な連作障害軽減技術につながるものと考えられた。

## 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、モモ連作障害軽減に適した資材の検討を行い、活性炭および土壤消毒処理による連作障害軽減効果について検討した。

1. 現地‘白鳳’21園の土壤のアレロパシー活性は、樹間よりも株元に近い部分で高い傾向があった。
2. モモ連作土壤のアレロパシー活性低減には、木質系の活性炭の効果が高かった。また、ある種の木炭は重量比 0.5～10%の範囲で土壤への添加量が多いと検定植物の根長阻害率を低減した。しかし、活性白土、パーライトおよびバーク堆肥については1～10%の間で混和量を増やしても検定植物の根長の阻害率はほとんど低減しなかった。また、土壤消毒処理による根長阻害低減効果は低かった。
3. 2008年に実施したポット試験では、モモ連作土壤の活性炭1%、5%混和区が無処理区に比べ解体時のモモ実生苗の地下部の乾物重が有意に重かった。しかし、2009年に実施したポット試験では活性炭混和区と無処理区との間に有意な差は認められなかった。一方、モモ連作土壤の土壤くん蒸剤による土壤消毒処理は、無処理区に比べ2008年、2009年のポット試験ともに解体時の地上部の乾物重が有意に重かった。なお、新土についても活性炭、土壤消毒処理による実生苗の生育促進効果が認められた。しかし、新土に比べモモ連作土壤では、土壤消毒単用および活性炭との併用処理区で無処理区対比の地上部、地下部乾物重値がやや大きい傾向であった。
4. 2007年に研究所内および現地紀の川市のモモ2代畑の改植時に植え穴土壤に1kg、2kgの活性炭(F.W.)処理し、定植苗の生育調査を2年間実施したが、苗木の生育に無処理区との有意な差は認められなかった。また、2009年に現地モモ改植園で実施したほ場試験では、‘日川白鳳’1年生苗の定植9か月後に活性炭混和区、土壤消毒区および無処理区には苗木の生長量に有意な差は認められなかったが、土壤消毒+活性炭混和区では他の処理区に比べ有意に生育が促進された。以上のことから、モモ改植時の土壤消毒と活性炭の併用処理は連作障害軽減に有効な方法であると考えられた。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、試験にご協力いただいたモモ生産者の皆様、アレロパシー活性の評価手法についてご指導いただいた国立大学法人鳥取大学農学部の西原英治准教授、試験用の活性炭を提供いただいた味の素ファインテクノ(株)社の平田 武氏、試作木炭、実験用資材等を提供していただいた和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場の橋本千賀子氏、同果樹試験場うめ研究所の大江孝明氏、和歌山県工業技術センターの梶本武志氏、また調査、研究成果のとりまとめにご協力いただいた関係機関の各位に厚くお礼を申し上げます。

## 引用文献

- 浅尾俊樹・梅山元正・太田勝巳・細木高志. 1996. キュウリの自家中毒に関する研究(第3報)培養液の交換および活性炭添加がキュウリの生育および収量に及ぼす影響. 園学雑. 65別2:374-375.
- 浅尾俊樹・潮 和頼・富田浩平・谷口久美子・長谷川和久・末田幸夫・細木高志. 2001. 水耕培養液非更新および活性炭添加が種々の花卉の生育に及ぼす影響. 園学雑. 70別1:325.
- 浅尾俊樹・北沢裕明・鷺巣和彦・細木高志・藤本 弦. 2003a. 水耕培養液非更新および活性炭添加がマメ類の生育および収量に及ぼす影響. 園学雑. 72別1:255.
- 浅尾俊樹・北沢裕明・細木高志・藤本 弦. 2003b. 水耕培養液非更新および活性炭添加がイチゴの生育

- および収量に及ぼす影響. 園学雑. 72別2:398.
- 藤井義晴. 2000. アレロパシー 他感物質の作用と利用. 農文協.:20.
- 橋本 登. 1985. モモの連作障害技術体系. 東北農業研究. 36.:27-37.
- 平井重三・中川昌一・南条嘉泰. 1957. 桃根皮粉末加用と数種の土壌処理が桃実生の生育に及ぼす影響. 園学研究集録. 8:32-37
- 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.
- 平野 暁. 1968. 桃の忌地に関する研究(第6報). 忌地発現に関する2, 3の条件. 園学雑. 37(3):192-198.
- 平野 暁. 1971. 作物の連作障害. 農文協. 43.
- 平野 暁. 1980. 毒物質による連作障害と対策. 農及園.:131-136.
- 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 斉・山田 隆. 1986. リンゴの改植障害 第1報 前作の違いとリンゴ苗木の生育及びクローリングによる土壌消毒効果. 東北農業研究. 39:223-224.
- 岩谷 斉・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.
- 木村 学・守本裕美子・米本仁巳・和中学・山内 勲. 2004. モモの大苗育成法における移植時の作業性と樹体生育. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告. 第5号:59-65.
- 近畿中国農業試験研究推進会議. 2003. 近畿中国四国農林水産新技術実用型 N.06. 低樹高整枝を基幹とした果樹管理の平易・軽労化と早期成園化技術の開発. 兵庫農総技セ農技センター・和歌山農総技セ果樹試かき・もも研・岡山農総セ・山口農試.:23-25.
- 水谷房雄・杉浦 明・苫名 孝. 1977. モモのいや地に関する研究(第1報) 耐水性といや地の関連性と根におけるCyanogenesisについて. 園学雑. 46(1):9-17.
- 水谷房雄. 1980. モモのいや地及び耐水性に関する研究. 愛媛大学農学部紀要. 24(2):115-198.
- 元木 悟・西原英治・平館俊太郎・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・平館俊太郎・藤井義晴・篠原 温. 2006a. 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.
- 元木 悟・西原英治・上原敬義・北澤裕明・酒井浩晃・矢ヶ崎和宏・重盛 勲. 2009. 豆類の連作ほ場における活性炭を利用したエダマメのアレロパシー軽減技術の確立. 園学研. 8別2:246.
- 日本植物病理学会編. 2000. モモ(桃). 日本植物病名目録(初版).:408-412.
- 西原英治・中野耕栄・本間龍一・平田 武・中野太佳司. 2006a. 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・高橋 聡・平田 武・中野太佳司. 2006b. ソラマメのいや地現象(アレロパシー)回避技術に向けた活性炭利用. 園学雑. 75(別2):272.
- 西原英治・元木 悟. 2009. 活性炭の農業利用ー土地浄化の新技術ー. 農文協.:129-131.
- 大江孝明・岡村美絵子・西原英治・平田 武. 2010. 連作土への活性炭の混和がウメ幼木の生育に及ぼす影響. 園学研. 9別1:72.
- 新村昭憲. 2010. 還元消毒法の効果と原理. 農及園.:809-816.