

# ウメの連作障害に関する研究 (第1報) ウメ連作土壌および根含有成分の生育阻害作用の評価

大江孝明<sup>1</sup>・城村徳明<sup>1</sup>・岡室美絵子<sup>1,3</sup>・西原英治<sup>2</sup>

<sup>1</sup>和歌山県果樹試験場うめ研究所

<sup>2</sup>鳥取大学農学部

## Studies on Replant Failure of Japanese Apricot Tree

### I. Evaluation of the Growth Inhibition Activity on Continuous Cropping Soil and Root Component in Japanese Apricot

Takaaki Oe<sup>1</sup>, Noriaki Jomura<sup>1</sup>, Mieko Okamuro<sup>1,3</sup> and Eiji Nishihara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Tottori University

## 緒言

和歌山県においてウメは産出額がミカンに次ぐ基幹品目であり、2016年の生産量は60,300 tで、全国生産量の65%を占める。ウメの経済樹齢は25年程度とされており、産地を維持するためには老木園の若返りを推進する必要があるが、その際、改植した苗木が生育抑制される連作障害が問題となる。連作障害の要因として土壌病害や土壌養分の過不足等が挙げられる(山口, 1991)。また、他の要因として連作障害の発生しやすいモモでは、前作の根や土壌中に残っている青酸配糖体やその分解物並びに縮合性タンニン様物質の関与が明らかにされている(Gur・Cohen, 1988; 平野, 1977; 水谷, 1979; Mizutaniら, 1988; Ohigashiら, 1982)。モモと同じ核果類のウメにおいて連作障害に関する報告はあまりみられないが、渡辺・高野(1986)はウメ連作園が初作園に比べて収量が少なく、養分吸収が抑制されることを確認している。水谷(1980)はウメ樹体にも青酸配糖体が含まれることを‘豊後’、‘白加賀’等で明らかにしていることから、ウメでもモモ同様、これらの物質による連作障害が起こりうると考えられる。既報では、ウメ‘南高’の樹体にもそれらの物質が含まれていることを確認するとともに、根域に他のウメ樹の根やその水抽出液が存在すると、夏季の葉中窒素含有率が低くなり、樹体生育が抑制されることを明らかにした(大江ら, 2003)。また、青酸配糖体の1種のアミグダリンやその分解物の安息香酸を根域に与えると、樹体成長が抑制されることを明らかにした(大江ら, 2003)。これらのことから、ウメにおいても根含有成分による連作障害が起こると推察されたが、実際の連作土壌の生育阻害性は明らかでなく、青酸配糖体や安息香酸以外の物質の関与については未検討である。

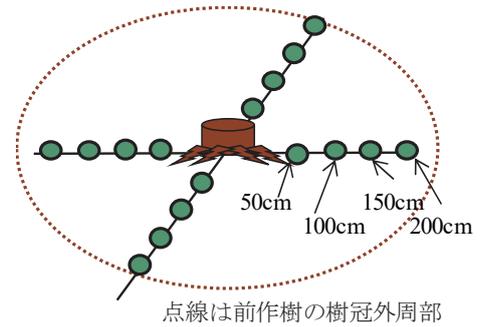
そこで本研究では、ウメ連作土壌の生育阻害性を検討するとともに、加熱や化学処理を行った根の水抽出液を検定植物やウメの実生に与えることによって、生育阻害要因をより詳しく検討した。

<sup>3</sup>現在：和歌山県果樹試験場

## 材料および方法

### 1. 前作樹から定植位置までの距離と幼木の生育（試験1）

2007年11月に和歌山県うめ研究所内の32年生ウメ‘南高’成木について、主幹の約40cmを残して伐採し、株は根を残してそのまま放置した。2008年12月17日にその伐採樹の主幹を中心として東西南北の4方向に‘南高’1年生苗木を50cm間隔で各方向につき4本定植し、主幹から同一距離の4本を50cm区、100cm区、150cm区および200cm区とした（第1図）。なお、200cm区は伐採前の樹冠外周部下付近に位置した。2009年5～6月に新梢伸長停止率（10cm以上の新梢を対象）を調査するとともに、同年9月24日に解体調査し、幹径、新梢長（1次伸長、2次伸長）および器官別乾物重を調査した。



第1図 試験区の模式図

### 2. 連作障害程度の異なる樹における根域土壌の生育阻害性（試験2）

2009年9月にうめ研究所内のライシメータに連作で植栽された5年生‘南高’3樹の根域土壌を採取した。3樹については、2004年12月に前作の4年生‘南高’を伐採、抜根し、前作と同位置に1年生で定植した樹である。それぞれ連作障害程度が異なり、樹勢の目安となる発育枝（50cm以上の基部が木化した枝）の発生本数を2009年12月に調査したところ、0本、28本および56本であった。以下、連作障害程度が強い（発育枝の発生本数が少ない）順に障害大、障害中および障害小とする。土壌は樹の主幹を中心とし、4方向にそれぞれ40cm間隔で3カ所（樹から40、80および120cm）より深さ0～20cmの層を採取した。主幹から同一距離の4本を40cm区、80cm区および120cm区とした。採取した土壌は風乾し1mmの篩にかけ、元木ら（2006a）の方法により生育阻害活性を測定した。すなわち、6穴マルチディッシュ（ヌンク社製）に供試土壌3gを入れ、オートクレーブをかけた0.75%（W/V）低温ゲル化寒天5mLで固定した後、その上に5mLの寒天を固化させた。さらにその上に検定植物としてレタス‘グレートレックス366’（タキイ）を1穴当たり5粒播種し、3日間20℃のインキュベーター内で生育させた後、100粒当たりの発芽数、根長および胚軸長を調査し、土壌無添加（寒天のみ）での生育に対する伸長阻害率を算出した。

### 3. ウメ根の水抽出液に対する加熱処理およびPVPP添加処理が生育阻害性および成分含量に及ぼす影響（試験3）

2009年11月にうめ研究所内の複数のウメ樹より、おおよそ直径が1.5cm以下の根を採取して1～3cm程度の長さに切断し、20倍重量の水道水に3日間浸漬した。このウメ根の水抽出液（以下、根抽出液と省略）をNo2ろ紙でろ過後に7種類の条件で加熱処理し、再度No2ろ紙でろ過して供試した。すなわち、35℃で60分、45℃で60分、60℃で60分、75℃で60分、90℃で60分、105℃で20分および120℃で20分加熱処理を行った区（以下、35℃60分区、45℃60分区、60℃60分区、75℃60分区、90℃60分区、105℃20分区および120℃20分区と省略）並びに加熱しない無処理区を設けた。生育阻害活性の測定は、試験2の元木ら（2006a）の方法を一部改変し、6穴マルチディッシュに試料1mLと低温ゲル化寒天9mLを添加し、攪拌、固定化させた後、検定植物としてレタス（5粒/穴）を播種して、3日間20℃のインキュベーター内で生育させた。播種3日後にレタスの根長お

よび胚軸長を調査し、根抽出液無添加（寒天のみ）での生育に対する伸長阻害率を算出した。また、加熱処理後および無処理の根抽出液を No2 ろ紙および 0.45 $\mu$ m のメンブレンフィルターでろ過後、フェノール性物質、青酸配糖体およびその分解物（プルナシン、ベンズアルデヒドおよび安息香酸）の含量を測定した。加えて、根抽出液にフェノール性物質吸着剤のポリビニルポリピロリドン（PVPP, シグマ）を 2.5%（W/V）添加、ろ過後の液についても同様に上記の成分含量を測定した。フェノール性物質の定量は既報（大江ら, 2006）の果実のポリフェノール分析と同様、鈴木ら（2002）の方法を参考に Folin-Ciocalteu 法で測定し、クロロゲン酸相当量として表した。すなわち、25 倍希釈した Folin-Ciocalteu 試薬 5mL に 0.2mL の試料溶液を加えて攪拌し、3 分後、1mL の 10%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を加えて攪拌して 60 分間室温で放置した後、760nm の吸光度を分光光度計（V-550, JASCO）で測定した。青酸配糖体およびその分解物の定量は ODS カラムを接続した HPLC（LC10, 島津製作所）を用いて、プルナシンおよびベンズアルデヒドは寺田・山本（1992）の測定条件で、安息香酸はメタノール、アセトニトリル、5mM クエン酸（ナトリウム）緩衝溶液（pH4.0）を体積比 1:2:7 で混合した液を移動層とし、カラム温度 40 $^{\circ}$ C、流量 1mL/min、検出波長 230nm の条件で測定した。

#### 4. ウメ根の水抽出液への各種処理がウメ実生の生育に及ぼす影響（試験 4）

2010 年 5 月にうめ研究所内の複数のウメ樹より採取した根を用いて、試験 3 と同様に根抽出液を作成した。根抽出液は No2 ろ紙でろ過後、以下のとおり加熱またはフェノール性物質吸着剤の添加を行い、再度 No2 ろ紙でろ過して供試液とした。なお、フェノール性物質吸着剤は PPVP および Diaion HP-20（三菱ケミカル）の 2 種類を用いた。根抽出液に対し、60 $^{\circ}$ C 区は 60 $^{\circ}$ C で 20 時間加熱、105 $^{\circ}$ C 区は 105 $^{\circ}$ C で 20 時間加熱、120 $^{\circ}$ C 区は 120 $^{\circ}$ C で 5 時間加熱、120 $^{\circ}$ C+PVPP 区は 120 $^{\circ}$ C で 5 時間加熱した液に PVPP を 2.5%（W/V）添加、PVPP 区は PVPP を 2.5%（W/V）添加、HP-20 区は HP-20 を約 2.5%（W/V）添加し、無処理区は常温で 20 時間放置した。また、対照区は供試液の代わりに水道水を使用した。1L 当たり大塚ハウス肥料（大塚化学）の 1 号を 7.5g、2 号を 5g および 5 号を 0.125g 溶かした EC11.5 の液肥（N: 1310ppm, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 600ppm, K<sub>2</sub>O: 1812ppm, MgO: 375ppm, CaO: 115ppm, MnO: 10ppm, Fe: 21ppm, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 10ppm）を作成し、この液肥 500mL に各供試液または水道水 5L を混ぜ、さらに水道水で 50L に希釈した液を作成した。1L 容量のポリポットにパーライトを充填して定植した‘南高’2 年生実生を 15 ポットずつ一つのコンテナに入れ一つの区とし、前述の希釈後の各液を底面給水で与えた。なお、液は定期的に新しいものに交換した。うめ研究所内の温室で 2010 年 5 月 29 日より処理を始め、8 月 6 日に樹体を掘り上げてパーライトを落とし、地上部（葉を除いた主幹および新梢）と地下部に分けた。主幹伸長指数（解体時の主幹長/処理開始時の主幹長 $\times$ 100）を測定するとともに、80 $^{\circ}$ C で 3 日以上乾燥させて乾物重（地上部、地下部）を測定した。

## 結 果

### 1. 前作樹から定植位置までの距離と幼木の生育（試験 1）

新梢伸長停止率は 100cm 区が 5 月 15 日（以下、5/15 と省略）時点で既に 80% 以上であり、5/27 まで他区に比べて高く推移した（第 1 表）。幹径は定植時から解体時まで差がみられなかった（第 2 表）。新梢伸長について、150cm 区は 1 次伸長で 50 および 200cm 区よりも長く、総伸長で他区に比べて長い傾向であった（第 3 表）。解体時の器官別乾物重について、150cm 区は根幹および地下部計で 50 および 200cm 区よりも重く、細根で他区に比べて重かった（第 4 表）。地上部計では差

がなく、全体計では150cm区が他区に比べて重い傾向であった。

**第1表** 前作樹から定植位置までの距離と新梢伸長停止率の推移 (%) <sup>z</sup>

距離	5/15	5/21	5/27	6/2	6/8	6/14
50cm	55	61	73	98	98	98
100cm	87	87	88	90	98	98
150cm	63	63	74	93	98	98
200cm	65	68	71	98	100	100

<sup>z</sup>調査対象は10cm以上の新梢

**第3表** 前作樹から定植位置までの距離と新梢伸長 (cm)

距離	1次伸長	2次伸長	総伸長
50cm	337 b	292	629 ± 185 <sup>y</sup>
100cm	481 ab	189	669 ± 98
150cm	638 a	431	1069 ± 102
200cm	397 b	194	591 ± 124
有意性 <sup>z</sup>	*	ns	ns

<sup>z</sup>Tukeyの多重検定により、\*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す

<sup>y</sup>平均値±標準誤差 (n=4)

**第4表** 前作樹から定植位置までの距離と解体時の器官別乾物重 (g)

距離	新梢	主幹	根幹	太根 <sup>z</sup>	細根 <sup>z</sup>	地上部計	地下部計	全体計
50cm	45.1	61.3	73.3 b	36.8	10.3 b	106	120 b	227 ± 37 <sup>y</sup>
100cm	51.7	65.4	88.9 ab	37.1	13.2 b	117	139 ab	256 ± 31
150cm	95.4	67.8	107.7 a	55.7	23.1 a	163	187 a	350 ± 25
200cm	42.2	61.4	69.4 b	40.7	13.3 b	104	123 b	227 ± 34
有意性 <sup>x</sup>	ns	ns	*	ns	*	ns	*	ns

<sup>z</sup>太根は0.2cm以上、細根は直径0.2cm以下

<sup>y</sup>平均値±標準誤差 (n=4)

<sup>x</sup>Tukeyの多重検定により\*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す

**2. 連作障害程度の異なる樹における根域土壌の生育阻害性 (試験2)**

100粒当たりのレタスの発芽数は、障害大の80cm区が38と障害大の40cm区(97)、障害中の40cm区(95)、障害小の40cm(99)および120cm区(100)に比べ低かった(第5表)。レタスの根伸長阻害はすべての区で見られ、障害大の80cmおよび120cm区、障害中120cm区では阻害率が50%以上と特に高かった。胚軸伸長阻害率は障害小の80cmおよび120cm区、障害大の80cm区でやや高く、20%以上の阻害率であった。

**第2表** 前作樹から定植位置までの距離と幹径肥大 (mm)

距離	2008年		2009年	
	12/17	5/15	9/24	
50cm	14.9	14.5	16.5	
100cm	14.9	14.6	17.3	
150cm	14.9	14.6	17.7	
200cm	15.0	14.9	16.4	
有意性 <sup>z</sup>	ns	ns	ns	

<sup>z</sup>Tukeyの多重検定によりnsは有意差がないことを示す (n=4)

**第5表** 連作障害程度の異なる樹における根域土壌がレタスの生育に及ぼす影響

	株からの距離	100粒当たりの発芽数	伸長阻害率 (%) <sup>z</sup>	
			根長	胚軸長
障害大	40cm	97 a	36	-19
	80cm	38 b	66	21
	120cm	79 ab	50	-4
障害中	40cm	95 a	34	-19
	80cm	80 ab	37	-22
	120cm	75 ab	58	10
障害小	40cm	99 a	38	18
	80cm	90 ab	37	38
	120cm	100 a	38	32
有意性 <sup>y</sup>		*	ns	ns

<sup>z</sup>土壌無添加(寒天のみ)に対する阻害率

<sup>y</sup>Tukeyの多重検定により、\*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す (n=4)

3. ウメ根の水抽出液に対する加熱処理および PVPP 添加処理が生育阻害性および成分含量に及ぼす影響 (試験 3)

120°C20 分区は根および胚軸の伸長阻害率が他区に比べて低く、加熱温度 105°Cまでの各区分は根長の伸長阻害率が 60%以上を示し大差がなかった(第 6 表)。加熱処理後の根抽出液中のフェノール性物質含量は、35°C60 分は無処理区に比べてやや少ない値となったものの、他区では無処理と同等以上であった(第 7 表)。プルナシン含量は 35°C60 分区、105°C20 分区、120°C20 分区で 0.8~0.9mg/L と無処理区の 3.9mg/L に比べて少ない値であり、その分解物であるベンズアルデヒドは加熱温度 75°C以上の区で多い値であった。さらにその分解物である安息香酸は加熱温度 45°C以上の区で 8.5~9.7mg/L と無処理区の 15.6mg/L に比べて少ない値であった。PVPP 添加処理後の根抽出液中のフェノール性物質含量は 10%程度にまで減少し、プルナシンおよびベンズアルデヒドは検出されなかったが、安息香酸は処理前とほぼ同量含まれていた。

第 6 表 ウメ根水抽出液の加熱処理がレタスの生育に及ぼす影響

	伸長阻害率 (%) <sup>z</sup>	
	根長	胚軸長
35°C60分	73	23
45°C60分	73	8
60°C60分	75	12
75°C60分	67	-20
90°C60分	70	-3
105°C20分	62	3
120°C20分	30	-49

<sup>z</sup>抽出液無添加(寒天のみ)に対する阻害率

第 7 表 ウメ根水抽出液の加熱または PVPP 添加処理後の成分含量 (mg/L)

	フェノール性物質	プルナシン	ベンズアルデヒド	安息香酸
無処理	140	3.9	0.8	15.6
35°C60分	99	0.8	0.4	15.5
45°C60分	139	3.7	0.7	9.7
60°C60分	134	2.1	1.0	9.1
75°C60分	180	3.6	2.2	9.5
90°C60分	190	3.5	4.9	9.4
105°C20分	175	0.9	3.6	8.5
120°C20分	171	0.8	2.2	8.7
PVPP添加	14	0	0	15.2

4. ウメ根の水抽出液への各種処理がウメ実生の生育に及ぼす影響 (試験 4)

主幹伸長指数は、無処理区に比べて HP-20 区および対照区が大きく、120°C区、120°C+PVPP 区、PVPP 区が大きい傾向であった(第 8 表)。解体時の乾物重について、地上部では無処理区に比べて HP-20 区および対照区が重く、地下部では 60°C区が重かった。全体では無処理区に比べ HP-20 区および対照区が重く、120°C+PVPP 区が重い傾向であった。

第 8 表 各種処理したウメ根水抽出液の根域への施用とウメ実生の生育

	主幹伸長指数 <sup>z</sup>	乾物重 (g)		
		地上部	地下部	全体
無処理	107 ± 2 <sup>y</sup> -	0.83 -	0.21 -	1.04 ± 0.08 -
60°C	110 ± 3 ns <sup>x</sup>	0.90 ns	0.32 *	1.22 ± 0.10 ns
105°C	109 ± 2 ns	0.87 ns	0.22 ns	1.09 ± 0.08 ns
120°C	119 ± 6 ns	0.87 ns	0.20 ns	1.07 ± 0.10 ns
120°C+PVPP	117 ± 5 ns	1.02 ns	0.26 ns	1.28 ± 0.11 ns
PVPP	116 ± 4 ns	0.79 ns	0.20 ns	1.00 ± 0.05 ns
HP-20	134 ± 10 *	1.07 *	0.27 ns	1.34 ± 0.11 *
対照(水)	136 ± 7 **	1.13 *	0.29 ns	1.42 ± 0.13 *

<sup>z</sup>処理開始時の主幹長を 100 とした指数

<sup>y</sup>平均値±標準誤差 (n=15)

<sup>x</sup>検定により無処理に対し、\*\*は 1%水準、\*は 5%水準で有意差があること、nsは有意差がないことを示す

## 考 察

同一の作物を連続して植えると生育阻害や収量低下がおこる連作障害は多くの植物で見られる。元木ら（2006b）はアスパラガスにおいて、根圏土壌がアスパラガスおよびレタスに対して強い生育阻害活性を示し、その活性は、根圏土壌の塩類の集積や pH の変動、無機養分の異常によるものではないとし、貯蔵根から滲出するアレロパシー物質が連作障害の一因であると推察している。果樹においても、戸谷ら（2012）はナシにおいて同様に、土壌の硬度や化学性、土壌病害虫の影響が小さいことを報告している。また、ビワでは水耕栽培によって収集した根分泌物や連作土壌に生育抑制作用が認められている（葛木・家壽多，2013）。ウメと同じ核果類に属するモモの連作障害には前作の根や土壌中に残っている青酸配糖体の分解物および縮合性タンニン様物質が関与していることが明らかにされており（Gur・Cohen，1988；平野，1977；水谷，1980；Mizutani ら，1988；Ohigashi，1982），ウメにおいても既報（大江ら，2003）で根含有成分による生育阻害が起こることを示した。だが、実際の連作土壌の生育阻害性は未確認であることから、ウメ連作土壌の生育阻害性を明らかにするとともに、根の水抽出液に対し化学的処理を行い、生育阻害要因を推定しようと試みた。

本試験で、前作樹を抜根せずに定植する場合、主幹周辺（主幹から 150cm まで）は株元に近いほど地下部の生育や新梢伸長が抑制されるなど、生育阻害作用が強い傾向が確認された。ナシ‘あきづき’において前作樹の主幹からの距離が近いほど生育が抑制されること（戸谷ら，2012），モモ‘白鳳’において前作の樹間の土壌よりも株元の土壌でレタスに対する生育阻害作用が強いことが報告されており（和中・堀田，2011），本試験の結果と一致する。ビワにおいても平野（1977）は前作樹に近いほど苗の生育が劣ることを示し、その要因は根が長期間存在していた幹の近くでは連作障害を起こす要因が多く蓄積していたためでないかと推察している。これらのことから、株元で生育が抑制される要因の一つは根が多いことであると考えられる。一方で、上記の樹種と異なり、前作の樹冠外周部付近（主幹から 200cm）でも強い生育阻害作用がみられた。和中ら（2016）はモモ連作土で、太根のみ除去した場合よりも細根まで除去したほうが定植した苗木の生育が良いことを報告しており、細根が生育阻害作用に大きく関与すると考えられる。ウメ成木の細根は健全樹では主幹から 2m 付近まで比較的多く分布しているが、弱樹勢樹では 1m 以内に集中していることが確認されている（未発表データ）。すなわち、樹勢低下に伴い、主幹から 2m 付近の細根は枯死、腐敗すると考えられる。今回供試した樹も含め、ウメの改植は樹勢低下してから行われることが多い。よって伐採時点で既に細根が枯死、腐敗し生育阻害要因が蓄積していた樹冠外周部の土壌で強い生育阻害作用が認められたものと推察される。これらのことや、連作障害により生育不良となったリンゴやモモ苗木をそれらの未栽培土へ移植すると、生育が改善するとの報告（平野・岩田，1968；岩谷・山田，1987）から判断すると、株を掘り起こせない場合、樹間の根の広がっていない所に定植するのが最良と考えられ、そのような所がない場合は前作樹の主幹と樹冠外周部との中間付近に定植するのが良いと判断された。

次に、抜根して定植した場合に苗木の樹勢と根域土壌の生育阻害活性との関係について調査した。なお、橋本ら（2013）は水田転換園のウメ連作土壌において、表層から浅い地点ほど生育阻害性が強い傾向があることを明らかにしていることから、調査には表層土壌を用いた。その結果、樹勢が弱い樹、すなわち連作障害程度が大きい樹の土壌は検定植物の根長伸長を阻害する作用が強い傾向がみられた。よって、検定植物を用いた生育阻害活性と連作障害程度は関連するものと考えられた。

生育阻害要因について、イチジクで細見・内山(1998)は、いや地土壌を60℃で2時間湯煎することで生育阻害作用が大きく軽減することなどから、いや地の主因は病原微生物の可能性が高いとしている。そこで本試験でウメ根の水抽出液に35~120℃の熱処理を加えてレタス(検定植物)の根の伸長阻害作用を調べたところ、120℃で20分加熱することにより阻害作用はやや軽減したが、105℃以下の温度で20~60分加熱しても阻害作用を軽減しなかった。また、ウメ実生の生育に対しても120℃で5時間加熱することにより主幹伸長阻害を軽減する傾向がみられたが、105℃以下の温度で20時間加熱しても阻害作用を軽減しなかった。平野(1977)は多くの植物で生育阻害物質は熱に対してかなり安定的であるとしており、ウメの場合も105℃以下の熱に安定的な生育阻害物質が関与しているものと考えられた。一方、石井・門屋(1993)は、ヒノキ樹皮等の水抽出物で阻害作用がみられ、フェノール性物質吸着剤のポリビニルピロリドン(PVP)を加えた場合、阻害作用がほぼなくなったことから、水抽出液中の阻害物質がフェノール性物質であるとしている。そこで、本試験ではフェノール性物質を吸着する剤として、PVPを架橋結合させた水に不溶性のPVPPと梅酢からのポリフェノール精製に用いられるHP-20(Mitaniら, 2017)の2種類を用いてウメ根の水抽出液に処理した。その結果、ウメ根の水抽出液へHP-20を処理すると、ウメ根の水抽出液を与えなかった場合と同等にまでウメ実生の生育が改善し、PVPPを処理すると主幹伸長阻害を軽減する傾向がみられたことから、ウメ根に含まれる主要な生育阻害物質もフェノール性物質であることが示唆された。フェノール性物質がアレロパシーに関与している報告については、パセリ(*Petroselinum crispum* Nym.)でのアジピン酸(Asaoら, 2004)、ミツバ(*Cryptotaenia japonica* Hassk.)およびスイートピー(*Lathyrus odoratus* L.)での安息香酸(Asaoら, 2004, 2007)、キュウリ(*Cucumis sativus* L.)での2,4-dichlorobenzoic acid(浅尾ら1999)、エンドウ(*Pisum sativum*)でのピスチンおよびp-クマル酸(Kato-Noguchi, 2003; 土屋, 1990)、ナス属植物Mattei(*Solanum arundo*)でのアルドニン(Fukuharaら, 2004)、イネ(*Oryza sativa* L.)での2-フェニルプロピオン酸(田中, 2002)など多くみられ、相乗作用も報告されている(野口・白波瀬, 2014)。石井・門屋(1993)もヒノキ樹皮の水抽出物中のイネやカラタチの生長を抑制する物質として、安息香酸、没食子酸等のフェノール物質や縮合性タンニンを見だし、特に、縮合性タンニンによるカラタチの生育阻害効果が著しかったと報告している。安息香酸については核果類においてもモモの根の呼吸を阻害し、さらに根が呼吸阻害下におかれるとプルナシン分解に伴うシアンや安息香酸の発生が引き起こされることが報告されている(水谷, 1980)。筆者らも既報(大江ら, 2003)で青酸配糖体のプルナシンがウメ根に多く含まれることを明らかにした。青酸配糖体のアミグダリンまたはその分解物である安息香酸を50ppm含む養液に浸漬して栽培すると、含まないものに比べて新梢伸長停止が早く、新梢伸長や樹体成長、地上部の窒素含有量で劣ることを明らかにした。アミグダリンは分解が早いことから、安息香酸が生育阻害物質であると推察している。前述のとおり、120℃での5時間の加熱やPVPP添加によりウメ実生の主幹伸長阻害を軽減する傾向がみられたが、解体時の乾物重では軽減効果がみられなかった。PVPP添加によりウメ根の水抽出液中のフェノール性物質は大きく減少したが、安息香酸は加熱ではほとんど減少しなかった。また、120℃の加熱ではフェノール性物質はほとんど減少しなかった。また、安息香酸の減少も小さかった。よって、残存した安息香酸による生育阻害により乾物重では軽減効果がみられなかったものと判断された。ただし、120℃で加熱処理したうえでPVPPを処理した場合には乾物重でも生育が改善する傾向がみられており、HP-20の物質吸着能の確認も含め、今後詳細な検討が必要である。

以上のことから、実際のウメ連作土壌で強い生育阻害作用が確認され、特に前作の株元や樹冠外

周部で作用が強いことが明らかとなった。また、生育阻害の要因として、熱に安定的なフェノール性物質の関与が示唆された。近年、生育阻害物質除去による連作障害軽減に活性炭の土壌混和が有効であることが報告されていることから（西原・元木，2009），今後，このような資材を用いた連作障害改善方法について検討していく。

## 摘 要

本研究では、ウメ連作土壌の生育阻害性を検討するとともに、根の水抽出液に対し化学的処理を行い、生育阻害要因について検討した。

- 1) 実際のウメ連作土壌が強い生育阻害作用を有し、特に前作の株元や樹冠外周部で作用が強いことが明らかとなった。
- 2) 連作障害程度が大きい樹で根域土壌の生育阻害作用が強かった。
- 3) 生育阻害作用の原因として、熱に安定的なフェノール性物質の関与が示唆された。

## 引用文献

- Asao, T., H. Kitazawa, T. Ban, M. H. R. Pramanik, Y. Matsui and T. Hosoki. 2004. Search of autotoxic substances in some leaf vegetables. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 73: 247-249.
- Asao, T., H. Kitazawa, K. Ushio, Y. Sueda, T. Ban and M. H. R. Pramanik. 2007. Autotoxic in some ornamentals with the means to overcome it. *HortScience* 42: 1346-1350.
- 浅尾俊樹・Md. H. R. Pramanik・富田浩平・大場友美子・太田勝巳・細木高志・松井佳久. 1999. 水耕キュウリの培養液から分離したフェノール物質が果実収量に及ぼす影響. *園学雑.* 68: 847-853.
- Fukuhara, K., K. Shimizu and I. Kubo. 2004. Arudonine, an allelopathic steroidal glycoalkaloid from the root bark of *Solanum arundo* Mrttei. *Phytochemistry* 65: 1283-1286.
- Gur, A. and Y. Cohen. 1988. Causes of soil sickness in replanted peaches: 1. The role of cyanogenesis in peach soil sickness. *Acta Hort.* 233: 25-31.
- 橋本千賀子・大江孝明・水口裕介・西原英治. 2013. 連作障害対策のためのウメ園地改植方法の検討ー各種木質系炭化物（バイオ炭）の評価ー. *木質炭化誌.* 9: 75-81.
- 平野 暁. 1977. 作物の連作障害. P.31-32, P.87-89, P.101-108. 農文協. 東京.
- 平野 暁・岩田正久. 1968. 桃の忌地に関する研究（第8報）忌地をおこす化合物の推定. *園学研発表要旨.* 50-51.
- 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: 44-50.
- 石井孝昭・門屋一臣. 1993. カラタチおよびイネの生長に及ぼすスギならびにヒノキ材中の生育阻害物質について. *園学雑.* 62: 285-294.
- 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.
- Kato-Noguchi, H. 2003. Isolation and identification of an allelopathic substance in *Pisum sativum*. *Phytochemistry* 62: 1441-1444.
- Mitani, T., H. Mimura, A. Horinishi, Y. Tanaka, M. Mori, N. Inaba, H. Yamanishi, T. Akagi, T. Oe, H. Koyama, Y. Hayashi and Y. Ozaki. 2017. Chemical features of phenolic extracts prepared on an

- industrial scale from a processing byproduct of the Japanese apricot, mume fruit (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.). 18: 147-152.
- 水谷房雄. 1979. モモのいや地に関する研究 (第2報) 根に含まれる生育抑制物質としての縮合性タンニンについて. 園学雑. 48: 279-287.
- 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). 5-47.
- Mizutani, F., R. Hirota and K. Kadoya. 1988. Growth inhibiting substances from peach roots and their possible involvement in peach replant problems. Acta Hort. 233: 37-43.
- 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: 443-446.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・篠原 温. 2006b. 沖積土壌におけるアスパラガスの連作障害に対するアレロパシーの関与. 園学研. 5: 431-436.
- 西原英治・元木 悟. 2009. 活性炭の農業利用—土地浄化の新技術—. P.129-131. 農文協. 東京.
- 野口有里紗・白波瀬裕介. 2014. フェノール類の混合がレタスの幼根伸長に及ぼす影響. 園学研. 13 (別2) : 554.
- 大江孝明・岩尾和哉・細平正人・菅井晴雄. 2003. ウメ‘南高’幼木の成長に及ぼす根含有成分の影響. 和歌山県農林水技研報. 4: 23-32.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’果実の開花時期, 採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5: 141-148.
- Ohigashi, H., S. Minami, H. Fukui, K. Koshimizu, F. Mizutani, A. Sugiura and T. Tomana. 1982. Flavanols, as plant growth inhibitors from roots of peach, *Prunus persica* Batsh. cv. 'Hakuto'. Agric. Biol. Chem. 46: 2555-2561.
- 大坪孝之・池田富喜夫. 1994. ウメ種子に含まれる青酸配糖体の消長. 園学雑. 62: 695-700.
- 鈴木 誠・渡辺敏郎・三浦麻子・原島恵美子・中川靖枝・辻 啓介. 2002. Folin-Denis 法による総ポリフェノール量測定のための抽出溶媒の検討. 食科工. 49: 507-511.
- 田中福代. 2002. 水田への麦わら施用に伴う芳香族カルボン酸の生成と水稻の生育抑制機構に関する研究. 九州沖縄農研セ報. 40: 33-78.
- 寺田久屋・山本勝彦. 1992. 高速液体クロマトグラフィーによる梅加工食品中のシアン配糖体, ベンズアルデヒド及び安息香酸の同時定量法の検討. 食衛誌. 33: 183-188.
- 戸谷智明・川瀬信三・北口美代子. 2012. ニホンナシにおけるいや地現象の発生と原因について. 千葉農林総研研報. 4: 57-62.
- 土屋一成. 1990. 野菜作におけるアレロパシーの諸問題. 農及園. 65: 9-16.
- 蔦木康徳・家壽多正樹. 2013. 水耕栽培のビワから収集した根分泌物が実生苗の生育に及ぼす影響. 園学研 12 (別1) . 41.
- 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・堀田宗幹・有田 慎・藤本欣司. 2016. 低濃度エタノールを用いた土壌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. 和歌山県農林水研報. 4: 65-75.
- 渡辺 毅・高野隆志. 1986. 老朽ウメ園における樹体の生育・収量と土壌化学性. 福井園試報. 5: 25-34.
- 山口勝一. 1991. 改植障害. P.157-158. 佐藤公一ら編著. 果樹園芸大辞典. 養賢堂. 東京.