

## モモのいや地に関する研究第1報

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	水谷, 房雄 杉浦, 明 苫名, 孝
巻/号	46巻1号
掲載ページ	p. 9-17
発行年月	1977年6月

## 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

水谷 房雄・杉浦 明・苫名 孝

(京都大学農学部)

Studies on the Soil Sickness Problem for Peach Trees

### I. Cyanogenesis Involved in the Relationships between Root Sensitivity to Waterlogging and Soil Sickness

Fusao MIZUTANI, Akira SUGIURA and Takashi TOMANA  
College of Agriculture, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto

#### Summary

Cyanogenesis involved in the relationships between root sensitivity to waterlogging and soil sickness in peach trees was investigated.

1. The cyanogenic glucoside in peach roots was predominantly prunasin and its level was highest in April and May, while lowest in August and September.

2. Waterlogging caused the rapid decrease in the level of prunasin and cytokinin activity in the roots and chlorophyll content in the leaves.

3. The anaerobic condition caused cyanogenesis in the roots, but the aerobic condition reversed it. The respiratory inhibitor,  $\text{NaN}_3$  also caused cyanogenesis in the roots. There seemed to be some relationships between respiratory inhibition and cyanogenesis in peach roots.

4. More growth inhibiting substances were found to be excreted from the roots under the anaerobic condition than under the aerobic condition by the *Avena* coleoptile section elongation test. Benzoic acid and other UV absorbing substances were detected in the inhibiting fraction by TLC and GLC.

5. Benzoic acid also caused respiratory inhibition as well as cyanogenesis in peach roots. Therefore this suggests that for a poorly drained soil such respiratory inhibiting substances from the roots may be accumulated and become one of the causes of the peach replant problem.

#### 緒 言

これまで、果樹のいや地問題の中でもモモはとりわけ多くの研究者によって研究されてきた(3, 6, 9, 10, 22, 24, 25, 26, 33)。それは各地のモモ栽培地帯でいや地現象がみられ、栽培農家を悩ませている問題であり、早急に原因究明と対策が求められていたからに外ならない。

従来の研究によると、モモの根には青酸配糖体が含まれ、それ自身は無毒であるが、その分解産物およびそれらの派生物 (HCN, mandelonitrile, benzaldehyde, oenzoic acid) がモモの生育を阻害するためにいや地が生じるものとされている(6, 9, 10, 17, 24, 33)。これら以外の物質では、再植樹の生育障害をもたらす物質としてオーキシン様物質が示唆されているが、その物質の正体

はまだ不明である(9)。

また、モモのいや地に対するネマトーダ (*Pratylenchus penetrans*) の関与についても、間接的には根に対する機械的な損傷によって、あるいはネマトーダ自身のもつ酵素によって、モモの根の青酸配糖体が分解されるためであることが示唆されている(22)。

更に、モモは果樹の中でも特に耐水性が低く(7, 14, 15, 16)、根の酸素要求性の高い果樹として知られている(11, 19, 20, 21)。そして、土壤排水の不良な園でいや地が発生しやすいことから、モモのいや地と耐水性の間に関連性を見出そうとする試みもなされている(9)。

最近更に、*Prunus* 属の果樹の耐水性は根に含まれる青酸配糖体の含量と嫌気条件下での分解(cyanogenesis)に依存していることが報告されている(28, 29, 30, 31)。

1976年4月30日 受理

それで、ここでは根における cyanogenesis がモモの耐水性およびや地の発現に際してどのような役割を果しているかを明らかにし、両者の関連性を探ろうと試みた。

なお、これまでの文献の中にはモモの根の青酸配糖体を amygdalin として表示しているものがあるが(30, 33), 最近, prunasin として存在することが示唆されているので(29), この点もあわせて検討した。

材料および方法

実験には長野県産の野生モモの1~2年生の実生を供試した。根の青酸配糖体は Nahrstedt(23)の方法を修正した第1図に示す方法で抽出し、GLC, TLC で定性を、GLC で定量をおこなった。GLC は試料を常法により、pyridine/HMDS/TMCS (2:2:1) で TMS 化し、1, 3, 5-triphenylbenzene を内部標準として分析した。TLC は Silica Gel F<sub>254</sub> (5cm×20cm) を用い、展開溶媒 *n*-ブタノール:酢酸:水 (4:1:5) で標品の amygdalin, prunasin と同時に 10cm 展開し、UV 吸収および 50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を噴霧後加熱することによって、スポットを確認した。なお、amygdalin は市販のものを、prunasin は Trim の方法(32)によってモモ (品種:大久保) の成葉から抽出、結晶化したものを用いた。

サイトカイニン活性は、モモの根の生体重 30g を Hewett らの方法(8)で抽出、精製し、ダイズカルスによって検定した。クロロフィルは直径 8mm のリーフパンチで打ち抜いた5枚の葉片を用い、Kirk の方法(13)によって測定した。

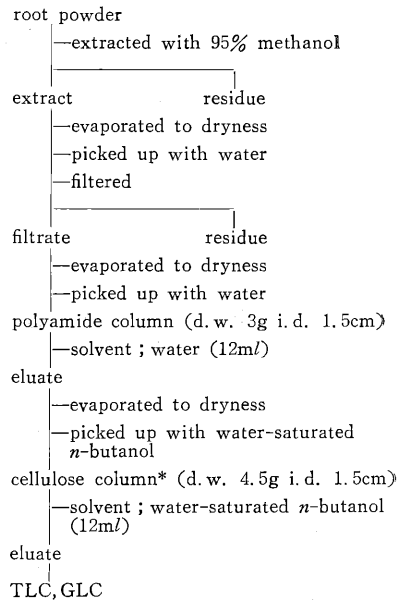


Fig.1 Extraction of prunasin from peach roots.

\* Cellulose powder was purified with absolute methanol for 72 hrs by the Soxhlet extractors and dried at 100°C before packing.

根が cyanogenesis を起こして発生する HCN は第2図に示すような装置で捕集した。捕集した HCN はフェノールフタリン法(27)で比色定量をおこなった。

根の浸出物の生長抑制効果については、アベナ幼葉輪伸長テストで検定した。

根の呼吸量は、寒天培地で無菌的に胚培養したモモの

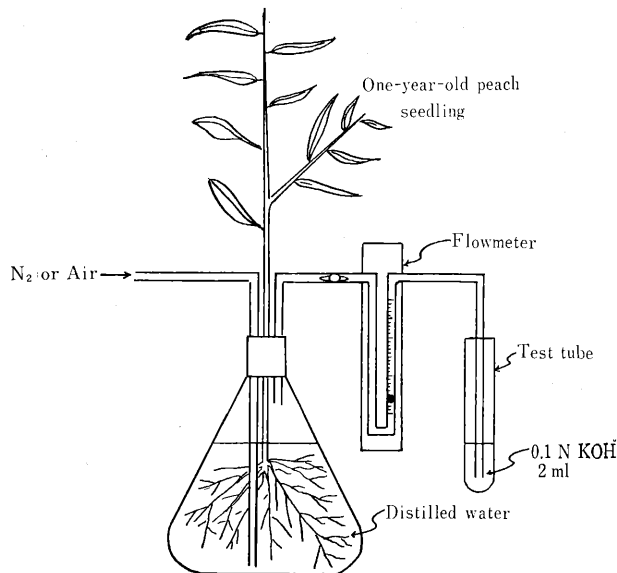


Fig.2 Method for trapping HCN released from peach roots.

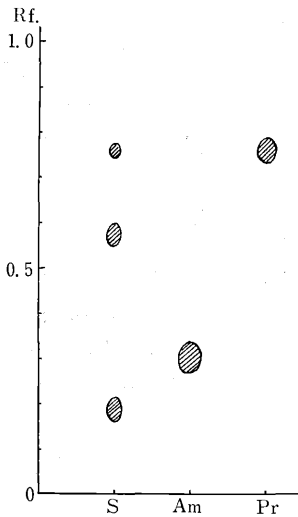


Fig.3 TLC of cyanogenic glucosides and peach root extracts. Spots were observed under UV light or by heating after 50%  $H_2SO_4$  spray. solvent; *n*-butanol/acetic acid/ $H_2O$  (4:1:5), S; peach root extracts, Am; amygdalin, Pr; prunasin

根生体重 50mg を用い、ワールブルグ検圧計で  $O_2$  吸収量を測定した。

なお、方法の詳細については必要に応じて、結果のところで実験ごとに説明する。

### 結 果

#### 1. 根に含まれる青酸配糖体の形態と含量の季節的消長

モモの根の抽出物を標品の amygdalin, prunasin と同時に TLC で展開したところ、UV ランプ下でも、50%  $H_2SO_4$  噴霧後加熱しても、prunasin と同じ Rf 値をもつスポットは認められたが、amygdalin のそれは認められなかった(第3図)。また、根抽出物を TMS 化した後 GLC にかけてところ、同様に prunasin と同じ保持時間を有するピークは得られたが、amygdalin のそれは得られなかった(第4図)。なお、他の2,3の展開溶媒で TLC をおこなっても、同様な結果であった。

したがって、モモの根には青酸配糖体として amygdalin は含まれず、prunasin の形で存在していると考えられる。

ついで、1973年2月から1974年1月にわたって、毎月1回採集し、熱乾燥して保存しておいた根について prunasin 含量の季節的消長をみたところ、4~5月に高く8~9月に低い傾向を示した(第5図)。

#### 2. 灌水処理が根の prunasin 含量、サイトカイン活性、葉のクロロシスに及ぼす効果

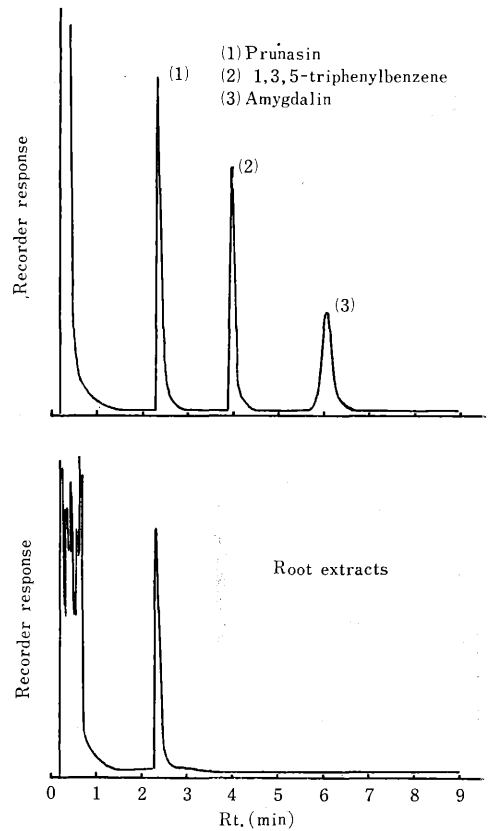


Fig.4 GLC of the trimethylsilylated cyanogenic glucosides and peach root extracts. 1,3,5-Triphenylbenzene was used as an internal standard. GLC conditions; column, SE-52 3% Chromosorb WAW DMCS, 60-80 mesh, 3mm $\times$ 1m stainless, carrier gas,  $N_2$  36ml/min, column temperature, 200 $^{\circ}C$ -280 $^{\circ}C$ , 20 $^{\circ}C$ /min., injection temperature, 300 $^{\circ}C$ , detector, FID.

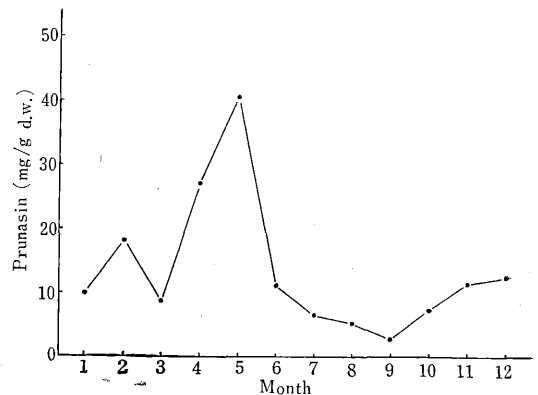


Fig.5 Seasonal changes in prunasin content of two-year-old peach seedling roots.

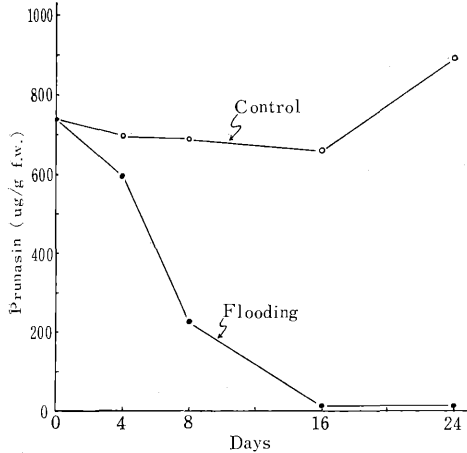


Fig. 6 Effect of flooding on prunasin content of one-year-old peach seedling roots.

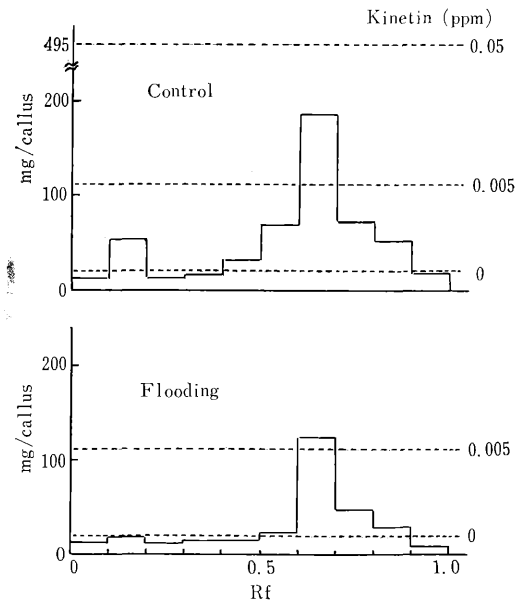


Fig. 7 Effect of flooding on cytokinin activity in peach roots. Bioassayed by soybean callus test for 2 weeks at 25°C after developed in *n*-butanol/25% NH<sub>4</sub>OH (4 : 1) on Toyo NO. 50 filter paper.

モモの耐水性に青酸配糖体の分解 (cyanogenesis) が関与していることが示唆されているので、野生モモの1年生実生を用い、1974年7月6日から湛水処理を始め、経時的に根の prunasin 含量を測定したところ、4, 8, 16日後にはそれぞれ処理開始時の79.0, 30.0, 1.5%となっており、湛水処理によって根の prunasin 含量が急速に減少する傾向が認められた(第6図)。

いっぽう、湛水処理は根の生理機能に変化をもたらす

Table 1. Effect of flooding on the chlorophyll content of peach leaves.

Treatment <sup>(1)</sup>	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total
Control	137.7	182.5	µg/dm <sup>2</sup> 320.2
Flooding	117.4	96.9	214.3

(1) 10-day treatment

と考えられるので、野生モモの2年生実生を用い、1974年5月29日から湛水処理をおこない10日後に根のサイトカイニン活性と地上部のクロロフィル含量を測定した。その結果、湛水処理区のサイトカイニン活性は無処理の40.4%、葉のクロロフィル含量は66.9%であった(第7図、第1表)。

### 3. 嫌気条件が根の cyanogenesis に及ぼす効果

上述の実験において、湛水処理が根の prunasin の分解を促したと考えられたので、好気および嫌気条件が根の cyanogenesis に及ぼす影響を調べた。その結果、根は好気条件では cyanogenesis を生じないが、嫌気条件ではそれを生じ、その程度は時間の経過につれて強くなった(第8図)。処理終了時に両者の根の prunasin 含量

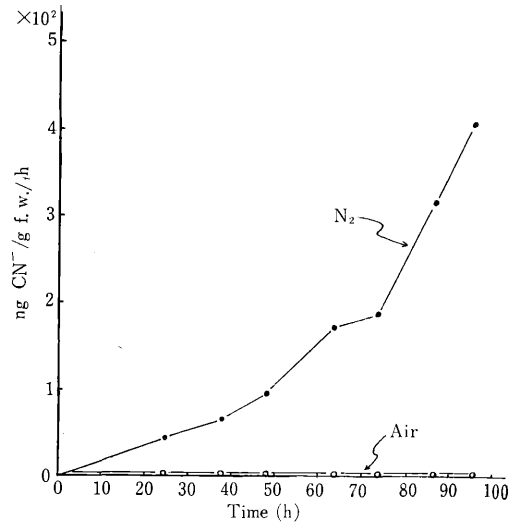


Fig. 8 Effect of the anaerobic condition on cyanogenesis in peach roots.

Table 2. Effect of aerobic and anaerobic conditions on the prunasin content of peach roots.

Treatment	Prunasin <sup>(1)</sup>
N <sub>2</sub>	73 µg/g f.w.
Air	289

(1) Measured at the end of the experiment in Fig. 8

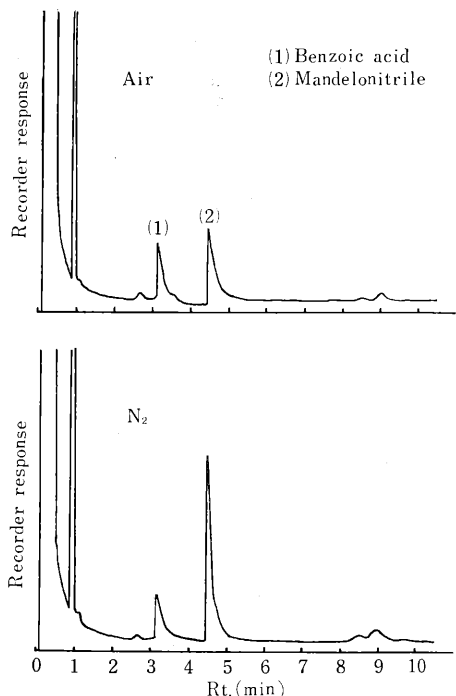


Fig. 9 Mandelonitrile content of peach roots as affected by aerobic and anaerobic conditions. Purified root extracts were trimethylsilylated with pyridine/HMDS/TMCS (1:2:1). GLC conditions: column, same as those in Fig. 4, carrier gas, N<sub>2</sub> 73ml/min., column temperature, 50°C—250°C 10°C/min., injection temperature, 250°C, detector, FID.

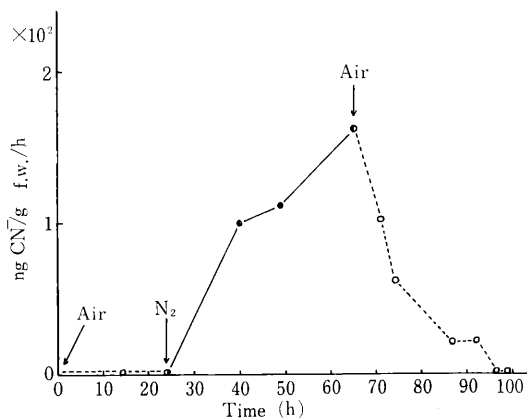


Fig. 10 Effect of mutual conversions between aerobic and anaerobic conditions on cyanogenesis in peach roots.

を測定したところ、嫌気条件のものは好気条件のもの約4分の1であった(第2表)。また、prunasinの加水分解の中間代謝産物であると考えられる mandelonitrile

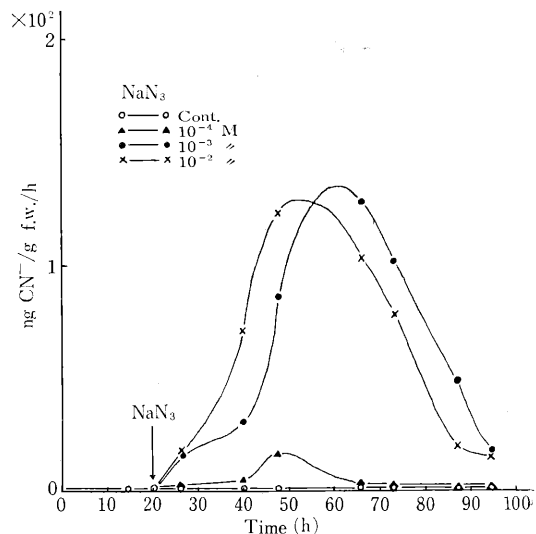


Fig. 11 Effect of the respiratory inhibitor, NaN<sub>3</sub> on cyanogenesis in peach roots.

を Jones らの方法(12)で抽出し、TMS 化したあと GLC で分析したところ、嫌気条件のものは好気条件のもの約2倍になっていた(第9図)。

ついで、このような嫌気条件下で cyanogenesis が好気条件によって回復するのかどうかを調査した。すなわち、嫌気条件と好気条件の相互転換を試みたところ、好気条件によって cyanogenesis が抑制される傾向が認められた(第10図)。

上述のように湛水とか嫌気条件という呼吸阻害的な条件が cyanogenesis を促進することがみられたので、直接呼吸阻害剤 (NaN<sub>3</sub>) を与えて cyanogenesis に及ぼす影響を調べた。その結果、10<sup>-4</sup> M の NaN<sub>3</sub> で効果が認められ、10<sup>-3</sup>、10<sup>-2</sup> M では顕著に cyanogenesis が生じた(第11図)。

#### 4. 嫌気条件下でのモモの根浸出物質の生長抑制効果

Grineva(4)は、嫌気条件は植物の根の内容物の浸出を促進することを認めているが、モモの場合前記のように嫌気条件では cyanogenesis を生ずるので、根の内容物の浸出がより一層促進されると推察される。その場合、根浸出物の中にいや地に関連するような物質が含まれているのかどうかを調べた。そのために、第8図の実験の根浸出物がある程度濃縮し、0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で pH 3 に調製後、エーテルで振り、エーテル相と水相に分け、それぞれについて希釈濃度を変えてアパナテストにより生長抑制効果を比較した。また、エーテル分画の一部は TLC で展開して比較した。その結果、水分画では抑制効果は

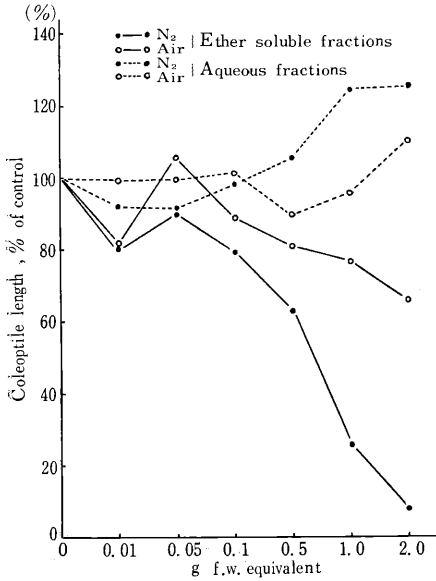


Fig.12 Growth inhibiting substances excreted from peach roots as affected by aerobic and anaerobic conditions. Concentrated external solutions were adjusted at pH3.0 with 0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and partitioned with ethyl ether. Bioassayed by the *Avena* coleoptile section elongation test. 0.1  $\gamma$  IAA was added to each test solutions.

認められなかったが、エーテル分画では認められ、その効果は嫌気条件のもので大きかった(第 12, 13 図)。なお、TLC 展開後 UV 吸収をみたところ、好気条件のものに比べ嫌気条件のものではかスポットが多く、嫌気条件で根内容物の浸出が促進されていることがうかがえた。更に、エーテル分画について、TMS 化後 GLC にかけたところ、benzoic acid のピークが特異的に認められたが、これは根で cyanogenesis が生じる際、HCN とともに生成する benzaldehyde が空気酸化をうけて生じたものと考えられる(第 14 図)。

5. benzoic acid が根の呼吸および cyanogenesis に及ぼす効果

前記の実験より、湛水、N<sub>2</sub> ガス、呼吸阻害剤などの呼吸阻害の要因によってモモの根は cyanogenesis を生ずることが明らかになったので、これまでにいや地に関与するとされてきた物質がモモの根に作用する際に、やはり cyanogenesis を生ずるのではないかと考え、benzoic acid を用いてそれがモモの根の呼吸および cyanogenesis に及ぼす効果を調べた。その結果、benzoic acid の濃度が高くなるほど呼吸阻害および cyanogenesis が強く生ずることが認められた(第 15 図、第 3 表)。

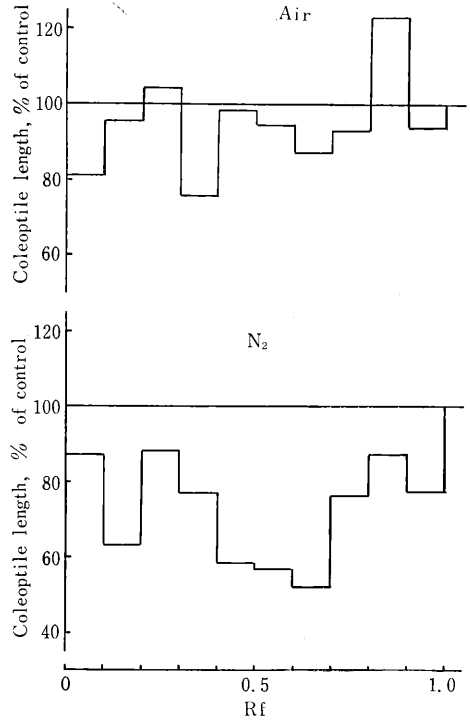


Fig.13 TLC of the ether soluble neutral and acidic fractions of excreted substances from peach roots. Bioassayed by the *Avena* coleoptile section elongation test after development in benzene/acetic acid/H<sub>2</sub>O(6 : 7 : 3) on Silica Gel F<sub>254</sub> (5cm×20cm). 0.1  $\gamma$  IAA was added to each test solutions.

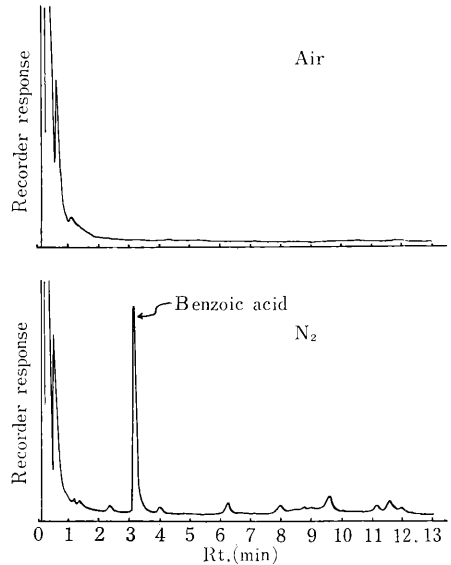


Fig.14 GLC of the trimethylsilylated ether soluble neutral and acidic fractions of excreted substances from peach roots. GLC conditions; same as those in Fig.9.

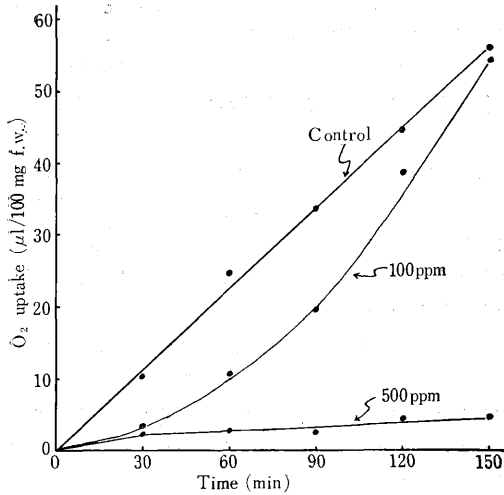


Fig. 15 Effect of benzoic acid on respiration of peach root tips.

Table 3. Effect of benzoic acid on cyanogenesis in peach roots. (1)

Concentration ppm	pH		CN <sup>-</sup> ng/g f. w./h <sup>(3)</sup>	Prunasin <sup>(2)</sup> ×10 <sup>2</sup> µg/g f. w.
	Initial	Final <sup>(2)</sup>		
0	5.90	5.40	0	844
100	3.41	4.05	6.5	641
500	3.15	3.25	6.9	160
1000	3.04	3.05	9.7	85

- (1) Aeration was continued until the end of the experiment.
- (2) Measured after 24-hr treatment.
- (3) Measured after 18-hr treatment.

考 察

モモはいや地が強く、かつ耐水性の低い果樹として知られている。しかも土壤通気の悪いところでいや地が生じやすいと言われているところから、モモのいや地と耐水性の間に関連性を見い出そうとする試みもこれまでになされている(9)。

従来、モモのいや地は主として青酸配糖体の加水分解物が関与していると考えられている(6, 9, 10, 17, 24, 33)。また最近、モモを含めた Prunus 属果樹の耐水性には cyanogenesis が関与していることが報告されている(28, 29, 30, 31)。したがって、本実験では主としてモモの根に含まれる青酸配糖体がいや地および耐水性の発現に際してどのような役割を果しているかを明らかにしようとした。

まず、モモの根に含まれる青酸配糖体の形態について調査をしたところ、TLC でも GLC でも amygdalin は検出されず、prunasin が検出された。Rowe ら(29)も、モモの根の青酸配糖体は prunasin であることを示唆し

ており、Ben-Yehoshua(1)も播種後 20~35 日目の実生には prunasin だけが存在することを報告している。Nahrstedt(23)も甘果オウトウについて、根は調査していないが、amygdalin は生殖器官のみにみられ、他の栄養器官には prunasin のみが存在すると指摘している。また、著者らもモモ樹体内の青酸配糖体の形態と分布を調査して、prunasin は樹全体に存在するが、amygdalin は果実発育の比較的後期の種子中で生成されることを見出している(18)。

次に、根の prunasin 含量の季節的消長について本実験では 4~5 月に高く、8~9 月に低い傾向を示した。Ward ら(33)も 2 年生のモモ実生で 6 月と 10 月に調査し、根では 6 月の方が高かったと報告している。また、Gur ら(5)は、ナシの台木に用いたマルメロの樹皮中の prunasin 含量は 5 月初めが最も高いことを観察している。もし、モモのいや地が従来から言われている青酸配糖体の加水分解物の毒作用によっていると考えるなら、改植の際に土中に残存する根の prunasin は少ない程よい訳であるから、掘りあげ時期としては 8~9 月頃が適当と考えられる。しかし、本実験に供試した個体は 2 年生の実生であるため、老木や成木でこの傾向があてはまるかどうか更に検討を要する。

モモの耐水性に関して、嫌気条件での根の cyanogenesis が関与していることが指摘されている(28, 29, 30, 31)。本実験でも嫌気条件(N<sub>2</sub>ガス)下で HCN が発生すること、根の中の prunasin 含量が減少し、prunasin の加水分解中間代謝産物である mandelonitrile が増加すること、更に根浸出物の中に benzaldehyde の酸化物である benzoic acid が認められることから、モモの根は嫌気条件では明らかに cyanogenesis を生じていると考えられる。また、N<sub>2</sub> ガスのみならず呼吸阻害剤である NaN<sub>3</sub> を処理することによっても cyanogenesis を生じるので、物理的であれ化学的であれ、呼吸阻害的条件下でモモの根は cyanogenesis を生じるとされる。

それゆえ、圃場での湛水実験の際に認められた prunasin の急速な低下は主としてこの cyanogenesis によるものと言えよう。そして、この cyanogenesis が根の生理機能、例えばサイトカイニン活性などの低下をもたらし、さらに地上部のクロロシスをおこさせるものと思われる。

Rowe ら(28)は切除根を用いた実験で、10% O<sub>2</sub>-90% N<sub>2</sub> および 5% O<sub>2</sub>-95% N<sub>2</sub> のガス組成では HCN の発生が認められなかったことから、cyanogenesis が生じるのは O<sub>2</sub> 濃度が 5% 以下であろうとしている。また、森田ら(19, 20, 21)は、土壤中の O<sub>2</sub> 濃度が各種果樹の生長に及ぼす効果を調査し、その中でモモが最も O<sub>2</sub>



要求性が高く、約7%以上のO<sub>2</sub>濃度では正常に生長するが、5%以下では生育が顕著に緩慢になり、2%以下では枯死することを認めている。このように、モモの地上部の生育抑制と根でのcyanogenesisが共に5%以下のO<sub>2</sub>濃度で生じることは両者の関連性を示唆するものとして興味深い。

次に、土壤通気の悪いところでいや地が起りやすい原因であるが、第一に前記のように嫌気条件でのprunasinの加水分解物およびその派生物の土壤への蓄積が考えられる。第二に、Grineva(4)も指摘しているように嫌気条件下での根内容物の浸出の促進が考えられる。そして、根浸出物の中には単にprunasinの加水分解関連物質だけではなく、他にも生長抑制効果をもつ物質が含まれていることが本実験よりうかがえた。これらの物質が土壤に蓄積するためにいや地が生じやすくなるものと思われる。

前作の植物体の根に由来する物質が後作の植物体の生育に影響を及ぼす現象は、いわゆる“アレロパシー”に属しているが、モモの場合には根に青酸配糖体が含まれているので前作の根に由来する物質が後作の根に呼吸阻害的な作用をおよぼすなら、その根ではcyanogenesisが生じると考えられる。それゆえ、本実験ではこれまでにモモのいや地に関係しているとされてきた物質の1つであるbenzoic acid(6,9)を用いて、それがモモの根の呼吸阻害およびcyanogenesisにおよぼす効果をみたところ、高濃度では呼吸阻害とcyanogenesisが強く認められた。この点に関して、Israelら(10)はモモ園土壤の抽出物やprunasinの加水分解関連物質であるmandelonitrile, KCN, benzaldehyde, benzoic acidがモモの根端切片の呼吸を阻害することを観察しているし、また、Patrick(24)も同様にbenzaldehydeがモモの根の呼吸を阻害することを報告しているので、いや地現象が発現する場合にも根の呼吸阻害作用を通してcyanogenesisが関与している可能性が強い。

以上のことから、モモの耐水性およびいや地現象の発現に、いずれも根の呼吸阻害作用を通してcyanogenesisが関与していることが示唆されるが、そのメカニズムについてはまだ不明である。なお、これらの点を更に明らかにすることによって、モモの耐水性台木やいや地抵抗台木の選抜および育成のための何らかの目安が得られるものと思われる。

### 摘 要

モモのいや地と耐水性の関連性を探るために、根における青酸配糖体の分解(cyanogenesis)に着目して2, 3の実験をおこなった。

1. 根に含まれる青酸配糖体には amygdalin は認め

られず、もっぱら prunasin のみでその含量は4, 5月に高く、8, 9月に低くなる傾向を示した。

2. 湛水処理により、根の prunasin 含量は低下し、それとともに根のサイトカイニン活性、葉のクロロフィル含量も低下した。

3. 嫌気条件で根は cyanogenesis を生じたが、好気条件では認められなかった。呼吸阻害剤(NaN<sub>3</sub>)処理によっても同様に根で cyanogenesis が認められ、根の呼吸阻害と cyanogenesis との間には何らかの関係があるように思われた。

4. 嫌気条件では cyanogenesis によって、prunasin の加水分解物やその派生物の根からの浸出が認められるばかりでなく、根の内容物の浸出が全体的に促進され、それらのエーテル可溶性酸性分画はアペナ幼葉鞘切片の伸長を抑制した。

5. これまで、モモのいや地に関係しているとされてきた物質の1つである benzoic acid はモモの根の呼吸を阻害するとともに cyanogenesis もひきおこした。

以上のことから、モモの耐水性およびいや地現象の発現には、根の呼吸阻害作用を通しての cyanogenesis が関与していることが示唆された。

### 引用文献

1. BEN-YEHOSHUA, S., and E.E. CONN. 1964. Biosynthesis of prunasin, the cyanogenic glucoside of peach. *Plant Physiol.* 39: 331—333.
2. BURROWS, W.J. and D. J. CARR. 1969. The effects of flooding the root system of sunflower plants on the cytokinin content in the xylem sap. *Physiol. Plant.* 22: 1105—1112.
3. GILMORE, A.E. 1959. Growth of replanted peach trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73: 99—111.
4. GRINEVA, G.M. 1962. Excretion by plant roots during brief periods of anaerobiosis. *Fiziol. Rast. (English transl.)* 8: 549—552.
5. GUR, A., R.M. SAMISH, and E. LIFSHTITZ. 1968. The role of the cyanogenic glycoside of the quince in the incompatibility between pear cultivars and quince rootstocks. *Hort. Res.* 8: 113—134.
6. 初田勇一・村尾沢夫・寺島典二・横田寿雄. 1960. 植物の忌地性に関する生化学的研究(第2報)桃根皮部の生育阻害物質. *農化* 34: 486—488.
7. 林 真二・脇坂幸雄. 1956. 果樹の湿害について. 土壤の酸化還元電位の低下及び有害還元物質との関係. *園学雑* 35: 59—68.
8. HEWETT, E. W., and P. F. WAREING. 1973. Cytokinins in *Populus × robusta*: changes during chilling and bud burst. *Physiol. Plant.* 28: 393—399.
9. 平野 暁. 1966. モモの忌地に関する研究. 京大

- 学位論文。
10. ISRAEL, D. W., J. E. GIDDENS, and W. W. POWELL. 1973. The toxicity of peach tree roots. *Plant and Soil* 39: 103—112.
  11. 岩崎一男・小林 章. 1964. 土壤  $O_2$  濃度がモモ、ミカンおよびカキの生育と養分吸収に及ぼす影響. *農及園* 39: 55—56.
  12. JONES, M. B., and J. V. ENZIE. 1961. Identification of a cyanogenetic growth-inhibiting substance in extracts from peach flower bud. *Science* 134: 284.
  13. KIRK, J. T. O. 1968. Studies on the dependence of chlorophyll synthesis on protein synthesis in *Euglena gracilis*, together with a monogram for determination of chlorophyll concentration. *Planta* 78: 200—207.
  14. 小林 章・庵原・遜・村井兼二・林 真二. 1949. 果樹根群の耐水性に関する研究（第1報）果樹種類間の耐水性の比較. *園芸学研究集録* 4: 127—137.
  15. ———・林 真二・塚原 勉. 1951. 同.（第2報）葡萄の根の特殊呼吸に就いて. *園芸学研究集録* 5: 61—64.
  16. ———・島村和夫・池田 勇. 1954. 同.（第4報）土壤の酸化還元電位の低下と果樹種類間の抵抗性. *農及園* 29: 547—548.
  17. 水谷房雄・杉浦 明・苔名 孝. 1974. モモの忌地に関する研究 mandelonitrile および mandelic acid の生理作用. *園芸学会昭和49年春季大会発表要旨* pp. 70—71.
  18. ———. 1975. モモ樹体内の青酸配糖体の形態と分布について（未発表）
  19. 森田義彦・石原正義. 1948. 果樹の生育に及ぼす土壤の物理的組成の研究Ⅱ. 土壤空気と植生との関係（第1報）桃実生の生育におよぼす土壤空気中の酸素および炭酸ガスの濃度の影響. *園学雑* 17: 188—194.
  20. ———・西田光夫. 1952 a. 同.（第4報）桃、豆柿実生の生育に及ぼす土壤空気中の酸素濃度の影響. *園学雑* 20: 137—142.
  21. ———・———. 1952 b. 同.（第5報）桃、苹樹、梨、豆柿実生の生育に及ぼす土壤空気中の酸素濃度の影響. *園学雑* 20: 144—152.
  22. MOUNTAIN, W. B., and Z. A. PATRICK. 1959. The peach replant problem in Ontario. VII. The pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* (Cobb. 1917) Filip and Stek, 1941. *Can. J. Bot.* 37: 459—470.
  23. NAHRSTEDT, A. 1970. Zur cyanogenese in *Prunus avium*. *Phytochem.* 9: 2085—2089.
  24. PATRICK, Z. A. 1955. The peach replant problem in Ontario. II. Toxic substances from microbial decomposition products of peach root residues. *Can. J. Bot.* 34: 461—485.
  25. PROEBSTING, F. L., and A. E. GILMORE. 1941. The relation of peach root toxicity to the re-establishing of peach orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 38: 21—26.
  26. ———. 1950. A case history of a peach replant situation. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 56: 46—48.
  27. ROBBIE, W. A. 1945. An improved phenolphthalin technique for the micro-determination of cyanide. *Arch. Biochem.* 5: 49—58.
  28. ROWE, R. N., and P. B. CATLIN. 1971. Differential sensitivity to waterlogging and cyanogenesis by peach, apricot, and plum roots. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 305—308.
  29. ———, and D. V. BEARDESELL. 1973. Waterlogging of fruit trees. *Hort. Abst.* 43: 533—548.
  30. SALESSES, G., and C. JUSTE. 1971. Recherches sur l'asphyxie radicaire des arbres fruitiers à noyau. II. Comportement des porte-greffes de type pêcher et prunier: étude de leur teneur en amygdaline et des facteurs intervenant dans l'hydrolyse de celle-ci. *Ann. Amél. Plantes* 21: 265—280. (Hort. Abst. 42: 3161. より引用)
  31. SMITH, E. 1969. The peculiarity of the peach. *J. Agric. Vict.* 67: 98.
  32. TRIM, A. R. 1955. Glycosides as a general group. In *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse*. Zeiter Band Vol. II. ed. by K. Paech and Tracey.
  33. WARD, G. M., and A. B. DURKEE. 1956. The peach replant problem in Ontario. III. Amygdalin contents of peach tree tissues. *Can. J. Bot.* 34: 419—422.