

# 連作土壤に栽培したエンドウの根の褐変について\*

植 原 一 雄・粟 畑 耕 二

(1972年8月31日受理)

## On the Brown Rot of Pea Root Grown in Continuous-Pea-Cropping Soil

Kazuo UEHARA and Koji AWAHATA  
(Laboratory of Plant Pathology)

### 1. 緒 言

連作障害をうけたエンドウではその根が褐変ないし黒変し<sup>4)</sup>、健全な部分がほとんど見られず、この被害部からは高い頻度で *F. solani* f. sp. *pisi* が分離される<sup>1, 2, 3, 5, 7)</sup>。そしてこの根の褐変は生育後期において特に顕著にみられるが<sup>4)</sup> 生育初期のエンドウにおいても軽度の褐変が随所にみられる<sup>4)</sup>。この生育初期の地際部あるいは根の褐変が連作障害の初期病変であると考えられる研究者もあり<sup>4)</sup>、著者らの観察でも連作圃場に栽培したエンドウは非連作圃場のそれよりも初期病変が多いように思われた。そこで連作土壤のそれと比較することによって初期病変と連作障害との関連を明らかにしたいと思い、まず初期病変が連作土壤で特に顕著にみられるかどうかを確かめると同時に、この褐変の生ずる過程を試験管栽培で継続的に観察し、ついで連作土壤で育苗したエンドウを非連作土壤に移植した場合およびその逆の場合に根の褐変および地上部の生育がどのようなになるかを調べた。

### 2. 連作土壤および非連作土壤に栽培したエンドウの根の褐変の比較

エンドウ連作土壤およびエンドウ未栽培土壤に植えたエンドウの根の生育および褐変の推移を継続的に観察し比較検討を加えた。

#### 1) 材料と方法

供試した連作土壤は鹿児島県川辺郡坊ノ津町のエン

ドウ連作障害発現圃場の埴壤土で、また非連作土壤は本学学内圃場のエンドウ未栽培の埴壤土である。供試エンドウの品種はシマミドリで、鹿児島県農業試験場園芸部で前年に採種されたものである。

3×20cmの試験管に土壤を約100gずつ入れ、エンドウ種子を一粒ずつ播種した。試験区は連作土壤区、非連作土壤区および連作土壤を120°C 1時間オートクレーブした区の3区で、各区20本の試験管を用いた。またエンドウ種子はウスプルン1000倍液で30分間消毒したのち1昼夜水道水で洗ったものを用いた。これらの試験管を、試験管と同じ深さの木箱の中に隙間のないように並べて立て、根部になるべく光が当たらないようにし、室内で直射日光をさけて栽培した。灌水は土壤が乾かない程度に随時行なった。根の状態は試験管の管壁から2~3日ごとに肉眼または解剖顕微鏡で観察した。そして最後の観察が終わってから、土とともにエンドウをしずかに試験管からとり出し、根に附着した土を流水でよく洗いおとし、全体の生育状態および根の褐変の様子を調査した。なお栽培期間は9月27日から10月30日までである。

#### 2) 結 果

連作土壤区では生育初期においてすでに根の褐変がみられ、生育が進むにしたがって褐変も増大した。最初根の周囲に少量の白色菌糸が現われ、間もなくその部分に小さい褐点が生ずる場合もあるし、また菌糸が認められないままに褐点が生ずる場合もある。これらの褐点は次第に拡大し、やがて1本の支根全体の褐変に進展した。褐変のひどくなった根は、細くなり、細根の生成も少なく、その生長が極端に低下した。また褐変のみられない根も全体に生氣に乏しく、アメ色で、伸長や分枝が非常にわるく、健全な根に比べると明らかに活性が低下しているように思われた。なお褐

\* 本報告の一部は昭和46年度九州病害虫研究会および昭和47年度日本植物病理学会九州部会で発表した。

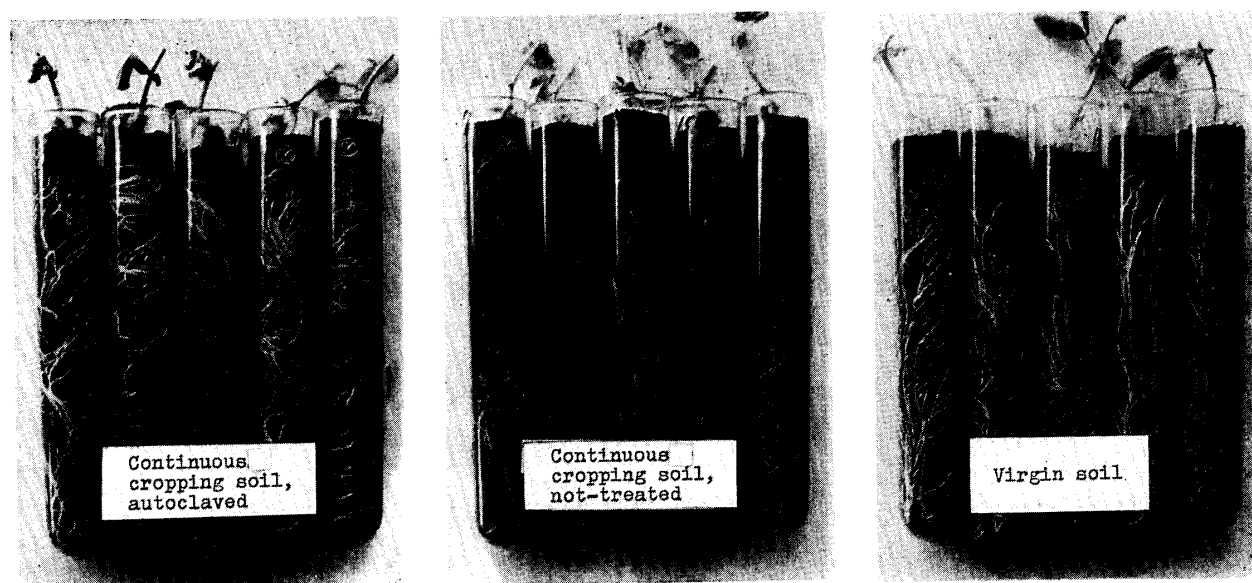


Fig. 1. A comparison of the growth of pea roots grown in not-treated and autoclaved continuous-pea-cropping soils, and virgin soil.

Table 1. A comparison of degree of the brown rot of pea-roots grown in not-treated and autoclaved continuous-pea-cropping soils, and virgin soil.

Soils		Degree of brown rot**			
		—	±	+	++
Continuous-cropping soil	Not-treated	0*	0	0	19
	Autoclaved (120°C, 1 hr)	11	7	1	1
Virgin soil		5	14	0	0

\* Figures are number of plants

\*\* — ; Healthy

± ; Slightly browning at the part attached cotyledon

+

++ ; Severely browning rot at the whole part of root

変は試験管の上半分の方が下半分よりも顕著であった。これに対し非連作土壌区および連作土壌オートクレーブ区では少量の褐変はみられたが、それが1本の支根全体に広がるようなことはなく、根全体の感じも非常に健全で、生育も旺盛であった (Fig. 1)。ただオートクレーブ区では色がアメ色で、健全なものに比べると生気が乏しいように思われた。

実験終了後に、根に附着した土を洗い流して褐変の程度を調べた結果は第1表の通りである。連作土壌区では全個体とも根の褐変がひどく、褐変のない部分もアメ色で生気に乏しく、根の生育が非常にわるかった。これに対し連作土壌をオートクレーブ処理した区では1個体だけ褐変の多いものがあったほかは全く褐変がみられないか、あるいは地際部にごくわずかに褐変

がみられた程度で、根の生育は健全なものに比べて劣らないが、ただ若干アメ色がかかり生気に乏しいように思われた。また非連作土壌区では褐変のひどいものはみられず、ほぼ健全な状態であった。

### 3. *Fusarium solani* 接種土壌に栽培したエンドウの根の褐変

既に報告<sup>3)</sup>したようにエンドウ連作圃場の土壌および連作障害をうけたエンドウの根の褐変部からは高い頻度で *F. solani* が分離される。そこで本実験ではこの分離した *F. solani* を健全土壌に接種して、それにエンドウを栽培し、根に生ずる褐変を観察し、前述の連作土壌の場合に生じた褐変と比較検討した。

## 1) 材料と方法

供試土壌は本学学内圃場のエンドウ未栽培の埴壤土で、供試菌は連作障害をうけたエンドウの根の褐変部から分離した *Fusarium solani* f. sp. *pisii* (Jones) Snyder et Hans. である。本菌をバレイショ煎汁蔗糖寒天の斜面で 28°C 20 日間培養し、その菌叢部分をかきとって殺菌蒸留水を加え、ホモゲナイザーで約  $10^6$  propagules/ml の濃度の懸濁液を作った。この懸濁液 200 ml を約 2 kg の土壌になるべく均一になるように加えてよくかきまぜ、3×20 cm の試験管に約 100 g ずつ分配し、3 日間放置したのちエンドウを播種した。なお対照区としては懸濁液の代りに殺菌蒸留水を用いた他は全く同様に処理した区を設けた。栽培期間は 11 月 19 日から 1 月 14 日までで、その他の実験法は前述の実験と同様である。

## 2) 結 果

*F. solani* 接種区では早い時期に地際部の褐変がおこり、根の各部にも多くの褐変がみられ、やがて根全体の褐変に進展した。褐変の進展する状況は前述の連作土壌の場合と類似していた。ただ本実験の場合には試験管の下半分に位置する根には褐変が非常に少なく、比較的健全な状態を示し、また地際部附近の褐変が連作土壌の場合よりも激しかった。しかしこの両者の褐変には明らかな相異点は認められなかった。また対照区である *F. solani* 無接種区でもかなり高度の褐変がみられたものがあったが、一般的にはその症状は比較的軽度で、接種区に比べると根の生育も良好であった。

根の土を洗い流して観察した結果は第 2 表に示す通りである。個体間にかなりばらつきがみられたが、接

種区は無接種区に比べて明らかに褐変の程度が大であった。

## 4. 連作土壤で育てたエンドウを非連作土壌に移植した場合およびその逆の場合の根の褐変の変化

連作土壌で育苗したエンドウを非連作土壌に移植することによって根に生じていた褐変がどのように変化するか、あるいは新しく伸長する根に褐変が同じように生ずるかどうかをしらべるために本実験を行なった。

### 1) 材料と方法

連作土壌には阿久根市三笠の過去 7 年間エンドウを連作し連作障害が顕著に現われた圃場の埴壤土を、また非連作土壌には本学学内のエンドウ未栽培圃場の埴壤土を用いた。これらの連作土壌および非連作土壌を 7.5 cm の黒色ビニールポットに別々につめ、ウスブルン 1000 倍液で 30 分間消毒したのち 1 昼夜水洗したエンドウ種子（品種シマミドリ）を 1 粒ずつ播種した。2 週間後に生育の揃った苗 30 本をポットの土全部をつけたまま本学学内のエンドウ未栽培圃場および 30 cm の深さまで連作土壌を入れた圃場に 15~20 cm 間隔に移植した。すなわち連作土壌→非連作土壌、連作土壌→連作土壌、非連作土壌→非連作土壌および非連作土壌→連作土壌の 4 つの区を設けた。11 月 8 日に播種、11 月 22 日に移植し、翌春 4 月 12 日から 18 日の間に栽培を打ち切って根をいためないように掘り起し、土を洗い流したのち褐変および生育の状態を調査した。なおエンドウ栽培は慣行にしたがった。

### 2) 結 果

連作土壌で育てたエンドウを非連作土壌に移植した区では、連作土壌中で生育した根は褐変がひどく、表皮はほとんど死んでいる状態で、細根もほとんどみられないが、非連作土壌中で生育した根は褐変がほとんどみられず、連作土壌中のそれとは明らかな差が認められた。1 本の根でも連作土壌に接した部分は褐変がひどく、非連作土壌に接した部分では褐変はみられなかった。しかし非連作土壌に接したものも健全な根に比べると細くて細根が少なく、その生育は非常にわるかった。

つぎに非連作土壌→連作土壌区では前者と全く逆の結果を示した。すなわち非連作土壌に接した根では褐

Table 2. Degree of the brown rot of pea-root grown in *Fusarium solani* f. sp. *pisii*-inoculated soil.

Treated	Degree of brown rot**			
	—	±	+	++
Inoculated	0*	1	7	11
Non-inoculated	1	9	5	3

\* Figures are number of plants

\*\* — : Healthy

± : Slightly browning at the part attached cotyledon

+

++ : Severely brown rot at the whole part of root

Table 3. A comparison of degree of the brown rot of pea roots which are grown in continuous pea-cropping and virgin soils for 14 days and transplanted in virgin and continuous cropping fields.

Treated	Degree of brown rot**		
	—	+	++
Virgin → Virgin	21*	9	0
Continuous cropping → Virgin	0	21	9
Virgin → Continuous cropping	0	0	30
Continuous cropping → Continuous cropping	0	30	0

\* Figures are number of plants

\*\* —: Healthy

+: Brown rot at healthy root

++: Severely brown rot at whole root

Table 4. A comparison of the growth of upper ground part of pea which are grown in continuous-pea-cropping or virgin soils for 14 days and transplanted in virgin field.

Treated	Length of main stem	No. of ramification
Virgin → Virgin	124.37cm	3.60
Continuous cropping → Virgin	58.43	1.57

Figures are means of thirty plants.

変がほとんどなく、健全な状態を示したが、連作土壤に接した部分は褐変がひどく、細根はほとんどみられず、根量も非常に少なかった。さらに対照区である連作土壤→連作土壤区および非連作土壤→非連作土壤区では前者が激しい褐変を示し、根の生育が極端にわるかったのに対し、後者は褐変がほとんどなく、生育が旺盛で、全く健全な状態を示した。これら各区の根の褐変程度は第3表に示す通りである。

つぎに地上部の生育についてみると、非連作土壤→非連作土壤区が最も良好であったが、連作土壤→連作土壤区、非連作土壤→連作土壤区および連作土壤→非連作土壤区の各区はともに非常にわるかった。非連作土壤→非連作土壤区と連作土壤→非連作土壤区の草丈の比較は第4表に示す通りである。前者では草丈が大きく分枝数も多かったが、後者では草丈が小さく、分枝のみられないものが多かった。

## 5. 考 察

大型試験管に土壤をつめて、エンドウを栽培し、根の状態を観察した結果、連作土壤では地際部および根部の褐変がひどく、根の生育も非常にわるかったが、非連作土壤および連作土壤をオートクレーブした区で

は褐変がほとんどみられず、根の生育も非常に良好であった (Fig.1)。したがって連作土壤に栽培したエンドウの根にみられる初期褐変は連作土壤で特に顕著であり、連作土壤中に褐変を生ぜしめる要因が存在すること、そしてこの要因はオートクレーブ処理することによって減少あるいは消失することがわかった。エンドウの連作障害がオートクレーブ処理あるいはクロールピクリン消毒によって軽減されることは既に知られており<sup>4,6)</sup>、本実験の結果もまた褐変要因が微生物であることを示唆しているように思われる。そして褐変部分から病原菌の分離を試みたところ、高い頻度で *Fusarium* が得られた。そこで連作障害エンドウの根から分離した *Fusarium solani* f. sp. *pisi* を接種した土壤でエンドウを栽培し、そこに生ずる褐変と連作土壤で生ずる褐変を比較したところ類似点が多く、この両者が異質のものであると考えねばならないような相異点はみられなかった。これらのことから連作土壤に栽培したエンドウの根にみられる褐変は *F. solani* によるものように思われる。

つぎに連作土壤で育てたエンドウを非連作土壤に移植した場合およびその逆の場合について、根の褐変あるいは地上部の生育がどのように変わるかを調べた。その結果連作土壤に接した根は褐変がひどいのに対

し、非連作土壤に接した部分はほとんど褐変がみられなかった。連作土壤→非連作土壤の組み合わせでは非連作土壤部分の根には褐変はみられなかったがその生育が非常にわるかった。これは根の上部が連作土壤に接することによって被害を受けたためではなかろうか。すなわち最初の2週間連作土壤で栽培すれば、その後非連作土壤に移植してもその影響は収穫期まで残り、地上部の生育は健全なものに比べてはるかにわるかった。また非連作土壤に育てたエンドウを連作土壤に移植した場合にも、連作土壤の影響が強くあらわれ、根部、地上部ともにその生育が非常にわるかった。

以上の結果から、連作土壤中にはエンドウの根に褐変をおこす要因が強く存在し、この要因は生育初期の根にすでに褐変を生ぜしめ、その褐変はエンドウの生育とともに次第に進展するものであることがわかった。したがってこの初期褐変はエンドウの連作障害の最初の病変であると考えてまちがいないであろう。褐変組織およびその周辺の土壤から *F. solani* が高い頻度で分離されること<sup>3)</sup> および *F. solani* を接種した土壤で同様な褐変がみられることなどからこの褐変の原因は *F. solani* であると思われる。根が被害をうけることによって地上部の生育がわるくなるのは当然のことであり、これが連作障害の一つの大きな原因であると思われるが、連作障害の主因がこの根の褐変であるとするならば、連作土壤中には *Fusarium* が高密度に存在するはずである。しかし著者らの実験によれば、連作圃場のエンドウ根圏ではたしかに *Fusarium* の密度は高いが、非根圏土壤からはさほど多くの *Fusarium* は分離されない<sup>3)</sup>。この点については分離法をさらに検討する必要があるが、連作土壤中にはエンドウの *Fusarium* に対する抵抗力を低下せしめる何らかの要因が存在することも考えられるので、さらに別の方法で検討を加えねばならない。

## 6. 摘 要

### 1. エンドウの根、特に生育初期の根の褐変がエンド

ウ連作土壤で特に顕著にみられるかどうかを調べ、初期褐変と連作障害との関連を明らかにしようとした。

2. 土壤を入れた3×20cmの試験管でエンドウを育て、根の褐変を継続的に観察した。その結果、最初小さな褐点が生じ、次第に下方に拡大することおよび連作土壤では強度の褐変が生ずるが、非連作土壤ではわずかの褐変しか生じないことがわかった。また120°C、1時間オートクレーブした連作土壤では根の褐変はみられなかった。

3. 連作障害をうけたエンドウの根から分離した *Fusarium solani* f. sp. *pisi* を接種した土壤に育てたエンドウにも激しい褐変がみられた。この褐変は連作土壤のそれと類似しており、特に異なると思われる点は見い出すことができなかった。

4. 連作土壤および非連作土壤をつめた7.5cm ビニールポットでエンドウを育て、2週間後に非連作圃場および連作圃場に移植して、根の褐変および根部と地上部の生育を調べた。その結果連作土壤に接した根では強い褐変がみられたが、非連作土壤に接した根ではほとんど褐変がみられなかった。また連作土壤で育てたエンドウを非連作土壤に移植しても根部および地上部の生育に悪影響が残り、収穫期においてもその生育は健全なものに比べて非常にわるかった。

5. 以上の結果から、エンドウの根の褐変特に生育初期の根のそれは連作障害と密接な関連を有するものと考ええる。

## 引 用 文 献

- 1) 日野巖・中田覚五郎：農学会報. 287 : 430—436 (1926)
- 2) ———：植物及動物. 8 : 229—234
- 3) 家村浩海・植原一雄：鹿児島大学農学部学術報告 21 : 99—105 (1971)
- 4) 二井内清之・興津伸二：園芸試験場報告. D. 3 : 57—78 (1965)
- 5) 杉山直義：蔬菜総論. 309—310 (1966)
- 6) 植原一雄・家村浩海、石田栄一：九州病害虫研究会報. 17 : 143 (1971)
- 7) 吉井甫：日植病報. 6 : 83—84 (1936)

## Summary

In this experiments three sorts of soil were used, the first was the soil in which pea-plantation was carried out for seven years continuously, the second was the one obtained by autoclaving the first one, and the third was the virgin-soil in which no pea-plantation was tried. After filling up the test tubes (3×20 cm) with each of these three sorts of soil, pea seeds were sown in them. The roots were observed at the intervals of 2 or 3 days through the respective tube wall with naked eye or low-powered microscope. After thirty-three days the plants were taken out together with the soil, washed in running water to ascertain the appearance of the brown-rot in

the root. And it was ascertained that the roots of the pea at the early stage of growth in the continuous-cropping soil appeared small brown spots, which enlarged themselves gradually to form typical brown rots appeared in the continuous-cropping soil, while no or few brown spots were observable in the roots of the pea planted in the virgin or autoclaved soils. On these brown rots, segregation of microorganisms was tried, with the segregation of *Fusarium solani*, performed with high frequency.

Peas were planted in the virgin soil inoculated with *Fusarium solani* f. sp. *lisi*, and the brown rots in the roots were observed by the method mentioned above. The appearance of severely brown rots was observable, and the rots were ascertain to be similar to those seen in the roots of the peas planted in the continuous-cropping soil.

Pea seeds were sown in vinyl pots (7.5 cm in dia.) filled with the continuous-cropping or virgin soils, and after two weeks the plants were transplanted together with the soils in to the virgin or continuous-cropping fields. To observe the brown rots in the roots the peas were taken out of the fields after about five months. Severely brown rots were observable in the pea roots contacted with the continuous-cropping soil, but were not in the virgin soil.

From the results, it seems that the brown rot of pea root planted in the continuous-cropping soil are closely related with the soil-sickness.