

野菜の連作障害と耕種的防除法

茨城県農業試験場 場長 **松田 明**

はじめに

最近の農林水産省野菜試験場のアンケート調査によると、46種の野菜の連作障害の原因は、土壌病害60.8%、病害らしきもの12.6%、空気伝染性病害11.1%、土壌線虫6.8%、生理障害5.3%と、土壌病害虫に起因する障害の多いことがうかがわれる。また、連作障害の原因も、少ない作物で1.8(該当する要因数)、多い作物で2.8と多元的であり、複雑な現象であることが指摘されている。

一方、一口に土壌病害といっても、表1のトマトの例にみられるように、生理・生態的性質、薬剤に対する反応を全く異にするウイルス、細菌または糸状菌による場合があり、各作物ともに少なくとも2種以上の重要な土壌病害がある。伝染経路も、病気の種類により、土壌伝染のほかわずかではあるが、種子または空気(風雨)伝染が確認されている土壌病害もある。現場では、有利な経営を望む余り連作または短期輪作となり、畑の病原菌密度は高く、数種の病原菌が共存し、季節、生育相、栽培型で程度は異なるが、それぞれ発病に関与する。従って、連作障害、ひいては土壌病

害対策は畑のクセを十分に調査し、各種の防除手段を有機的、組織的に栽培体系に組み込んだ総合的な対策が必要である。ここでは土壌病害の耕種的防除に焦点をあわせて記述し、読者の参考に供したい。

I 土壌病害防除は健苗育成から

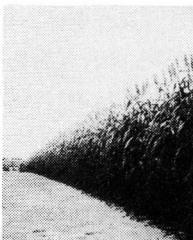
最近、土壌病害の代表として例にあげられるトマト萎ちょう病、キュウリつる割病、ユウガオつる割病など多くの土壌病害が種子伝染し、連作からんで大きな被害のきっかけとなることが明らかになり、多くの産地で経験された。また、苗床資材の不完全消毒から保菌苗を畑に持ち込み、土壌病害が多発した例は数えるにいとまがない。昔から「苗半作」という言葉があるように、種子、苗床資材の念入りの消毒から始めて、健全な苗の

表1 トマトの主な土壌病害の種類とその伝染経路

病名	病原	伝染経路
青軟腐病	細菌	土壌、水媒伝染
萎ちょう病(J ₁ , J ₂)	糸状菌	土壌、種子、風雨伝染
半身萎ちょう病	同	土壌伝染
褐色根腐病	同	同上
根腐疫病	同	同上
白絹病	同	同上
モザイク病	ウイルス	土壌、種子、汁液伝染

育成に努めることが土壌病害防除の第一歩である。

目次



収穫適期を迎えたビッグシュガーソルゴー

□野菜の連作障害と耕種的防除法	松田 明	1
□欧米農業を視察して—アメリカとヨーロッパの土づくりの差異について	武田 明	6
□寒冷地落葉広葉樹林帯における草地開発・利用方式の確立	戸田 忠祐	10
□追播をとり入れた草地維持管理のポイント	佐藤 健次	14
■飼料用麦類の特色と品種選定	山渕 泰	18
□東北南部における飼料用ムギ類活用のポイント	小池 一正	21
■エンバク品種特性		表②
■ライムギ品種特性		表③
■イタリアンライグラス優良品種		表④

II 品種の選択と接木は慎重に

従来から、トマトは5年以上休作する必要があるとされていたが、品種改良により、それぞれの土壌病害、例えばトマト萎ちょう病やモザイク病に強い品種が育成された。この結果、大型ハウスによる周年栽培や連作も可能になり、各地で大きな生産団地が形成された。しかし、多くの産地では、連作3～5年目ころから予期しない新しい系統、例えばJ₂またはJ₃によるトマト萎ちょう病、あるいは新病害、例えばトマト褐色根腐病、黒色根腐病、半身萎ちょう病、根腐疫病が発生し、大きな被害を与えるようになった。これは多くの産地の歴史が物語っている。

この原因の一つは、現在、品種改良が最も進んでいるトマトでも表1にあげたすべての土壌病害に抵抗性の品種はない。ある病害には抵抗性の遺伝子を欠落していて、罹病性である場合が多い。更に、土壌中の病原菌も連作により、作物からの淘汰を受けて突然変異を起こし、新しい系統を生じ、作物または品種と関係の深い病原菌が土壌中で優勢となる。従って、同一品種による連作は、ある特殊な土壌病害を多くすることになるので、品種の特性を熟知して選択し、他の病害対策と上手に組み合わせる必要がある。

次に、スイカなどウリ類も接木栽培により連作は可能になり、多くの産地が形成された。しかし、同一台木による長期連作は台木の土壌病害による障害、例えばユウガオつる割病菌によるスイカ急性萎ちょう症の発生がみられる。この急性萎ちょう症は、不用意な接木操作で数倍に拡大されることも指摘されている。

また、トマト褐色根腐病対策にKNVFを台木にし、穂木の持っているタバコモザイクウイルスに対する抵抗性が消失し、モザイク病がはげしく発

表2 トマトの主な台木とその耐病虫性

台木	病害虫 ネコブセンチュウ	タバコモザイクウイルス	青枯病	萎ちょう病		半身萎ちょう病	褐色根腐病
				J ₁	J ₃		
興津BF 101	×	×	○	○	×	×	×
KNVF	○	×	×	○	○	○	○
KNVF-Tm	○	○	×	○	○	○	○
耐病新交1号	○	×	×	○	○	○	○
P F N T	○	○	○	○	×	×	×

注) ○：強度の抵抗性 △：中間 ×：罹病性

表3 トマトの台木品種と穂木品種との接木可否関係

台木	穂木	④ 東光K号 (+/+)	⑤ 雷電 (Tm型)	⑥ 瑞光102 (Tm-2型)
BF101	(+/+)	○	○	×
KNVF	(Tm/+)	○	○	△
耐病新交1号	(Tm/+)	○	○	△
KNVF-Tm	(Tm/+)	×	×	○
KCFTN	(Tm-2 ⁺ /+)	△	△	○
PFNT	(Tm-2 ⁺ /+)	×	×	○

注 ① ○：良 △：止めた方がよい ×：不適
 ② ④に属する品種：ハウストップ、ふじみ、はごろもなど
 ⑤ " "：サターン、豊福、豊竜、ときめき、ゆうやけなど
 ⑥ " "：瑞秀、瑞健、ファーストパワー、ハウスファースト天光など

生すること。更に、ダイコン萎黄病に美濃早生3号、スイカつる割病に共台用品種友宝はそれぞれ抵抗性品種とされているが、連作が重なり、病原菌密度の高い畑では、罹病性とみなされることなども報告されている。

従って、品種の特性、接木栽培では表2、3を参照するなど、台木の特性、接木操作にも十分に注意し、納得のゆくまで指導者と相談し、選択することが重要である。

III 輪作の重要性

1 連作は、なぜ土壌病害を多くするか

この原因は複雑で今後多くの研究が必要であるが、筆者は少なくとも次の3場面を要因の柱として想定している。

①タマネギ乾腐病(北見農試, 昭55)で指摘されたように、連作は病原力の強い菌株の分布割合を多くする。また、リゾクトニア菌でも、畑に優占する系統はそこに栽培されている作物と深い関係があり、コムギ、インゲン、ダイズなど畑作物の連作根面には特有な優占糸状菌が現われることなど、作物の栽培はそれぞれ作物に特有な土壌病菌をふるい分け、増殖させる作用のあることを示唆する報告が多い。

②図1は、キュウリつる割病菌を多量に接種した筆者らの試験の一部である。連作条件下における病原菌密度と発病との関係を、仮に(発病株率, また枯死株率)/(病原菌数)=(発病効率)として表わすと、図1から、キュウリつる割病菌の発病効率は連作するにつれて高くなる傾向がある。これは、土壌病菌の特性と作

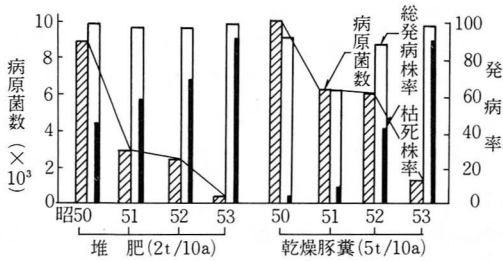


図1 連作条件下におけるキュウリつる割病菌の密度と発病との関係 (松田, 昭. 55)

物根の分泌作用による土壌微生物のふり分け作用などが相互に関連し、病原菌が活動しやすい土壌環境になるためではないかと推察される。

③TTC還元力、発根力、再生力、または病害に対する抵抗力などで表示される根の活性をみると、オカボ、タマネギ、エンドウなどで指摘されているように、連作根は輪作根により活力が低下している。すなわち、連作は作物を病気にかかりやすい体質にする作用がある。

以上要約すると、連作は病原力の強い病原菌を多くし、病原菌の活動し易い土壌環境にし、作物を病気にかかりやすい体質にするものとみなされる。

2 輪作と土壌病害発生

表4は、ゴボウを2年間連作してヤケ症を多発させた畑にトウモロコシ、ナガイモ、ラッカセイ、露地メロン及びニンジンを色々組み合わせ、2及び3年間休作して、ゴボウの生育、収量及びヤケ症発生に及ぼす影響を試験した成績の一部である。これによると、導入した作物の種類によりヤケ症軽減効果は異なり、ラッカセイ、トウモロコシ、露地メロンはニンジン、ナガイモより優れていた。また、1年休作区を平均すると、販売可能な収量(分岐せず、太さ1cm以上、長さ約40cm以上でヤケ症発生程度が軽以下の根)は全収2.3t

表4 輪作方式とヤケ症発生との関係

区No.	作付方式					ヤケ症占有率	ヤケ症程度別発病根率					全収量 (t/10a)	販売可能収量比率
	昭45	46	47	48	49		50	健~微	軽	中	重		
1.	ゴ	ゴ	ト	ゴ		19.6%	13%	45%	15%	23%	2.1	52%	
2.	"	"	ナ	ゴ		40.7	2	37	37	28	2.3	30	
3.	"	"	ラ	ゴ		14.9	20	50	20	10	2.6	65	
4.	"	"	メ	ゴ		26.9	6	56	32	8	2.1	48	
6.	"	"	ト	ニ	ゴ	20.1	0	62	37	1	3.0	63	
7.	"	"	ラ	メ	ゴ	9.6	21	72	5	2	3.2	78	
8.	"	"	ト	ニ	メ	9.4	37	46	14	2	2.9	84	
9.	"	"	ナ	ト	ラ	10.8	36	45	17	3	3.1	80	

注) 作付方式 ゴ:ゴボウ, ト:トウモロコシ, ナ:ナガイモ, ラ:ラッカセイ, メ:メロン, ニ:ニンジン

の49%に過ぎず、ヤケ症発生も中~重の占める割合が多く、軽減効果は不十分であった。しかし、2年休作すると、ゴボウの生育も良好となり、ヤケ症の発生も健~軽の占める割合が多くなり、販売可能な収量も全収3.0tに対し65%に増えた。更に3年休作すると、ゴボウの生育は勿論のこと、ヤケ症の発生も軽くなり、販売可能な収量も全収の83%になった。これらの試験を通じて、上手な作物選択によってヤケ症多発畑でも2~3年の休作によりほぼ実用的に良品のゴボウを生産できることを確認した。また、2年以上休作した畑でのクロルピクリンによる土壌消毒の効果は、連作畑より施用量を半減でき、効果も安定することが認められるなど、輪作の重要性が示唆された。

筆者らは、ゴボウのほかキュウリつる割病、トマト萎ちょう病、ビート苗立枯病、ラッカセイ白絹病などについて前作の影響を検討したところ、オカボ、トウモロコシの導入は、上記病害の発生を2分の1から3分の1に軽減することを認めた。特に、トマト、キュウリの場合、発病軽減効果の高かったトウモロコシ、オカボ、サツマイモ、ラッカセイの跡地では、ネコブセンチュウの寄生が軽かった。逆に、軽減効果の低かったダイズ、クローバ、トマトの跡地では、キュウリまたはトマトのネコブセンチュウの寄生度が高く、トマト萎ちょう病、キュウリつる割病の発生もそれぞれ連作と同じ程度のはげしさであった。更に、ネコブセンチュウの寄生度と両病害発生率との間にも高い相関関係のあることが認められた。

最近、輪作と土壌病害発生との関係に関する試験は、各地で盛んに行われた。そして、ハクサイ、キャベツの根こぶ病にレタス、ニンジン、ダイズ、コンニャク根腐病にオカボ、トウモロコシ、サト

(茨城農試, 昭. 45~51)

イモのミナミネグサレセンチュウにラッカセイ、ダイコンやレタスのキタネグサレセンチュウにマリーゴールドなどが極めて優れた輪作作物であること。また、成田(昭. 59)は22年間の連・輪作の試験から、インゲンマ

メは6年、秋播コムギは5年、ジャガイモ、テンサイ、ダイズは4年、エンバクは3年の輪作年限が必要であること。更にトマトと水稻（鈴木ら、昭. 54）、トウモロコシとダイズ（尾崎、昭. 44）のそれぞれの交互作用はトマトの褐色根腐病、またはダイズネコブセンチュウの被害軽減に役立つが、交互作用をくり返すごとにその効果は減退し、短期輪作の不利なことなど多くの現象が明らかにされた。

以上述べてきたように、土壤病害の面から輪作は非常に多くの利点を持っているが、農家段階では土壤病害よりもむしろ経営の立場から有利な作物を取捨選択される場面が多い。後述するように、土壤病害の耕種的防除を成功させる方向に誘導する土台は輪作であること。そして、連作は浪費、徒勞、低生産の農業に通ずることを肝に銘じ、選択した作物に対応した土壤病害の対策技術を組み合わせる必要がある。

IV 土壤病害からみた有機物の施用法

1 未熟な粗大有機物の効果は複雑

筆者らの試験によると、オーチャードグラス、クローバ、ムギ、稲わらなどの青刈作物を春から夏に施用すると、一時的に土壤中の細菌、ピシウム菌、疫病菌、フザリウム菌を多くしてテンサイ、キュウリなどの苗立枯病、キュウリつる割病の発生を助長し、タネバエを誘引し、種子の発芽障害を増大する。また、乾燥豚糞を10a当り3t以上施用すると、キュウリつる割病や立枯性疫病の発生は非常に軽減される。しかし、ダイコン萎黄病やゴボウヤケ症には全く効果がなく、むしろ発病を助長した。また、キチンを含むカニ殻やエビ殻の多量施用は各種野菜のフザリウム病に有効であるが、スイカの立枯性疫病には効果がなく、逆に多発させる場合もあり、J₃によるトマト萎ちょう病にも効果がないなど、未熟な粗大有機物の施用は同一作物でも病害の種類によって反応が異なるなど複雑である。

なお、全国試験研究機関で29作物、46病害について行われた試験結果を通覧すると作物の種類により有機物施用の効果に共通性があり、次の4群に分けられた。①キュウリ、トマトでは、未熟な

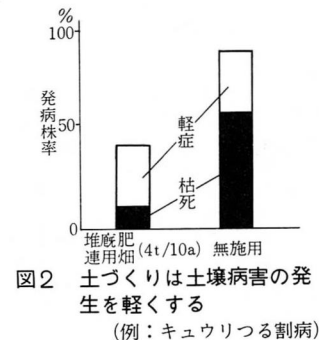
粗大有機物の施用によっても生育は良好となり、各種病害が軽減されやすく、10a当り3t以上と多く施用するほど防除効果が高くなる仲間であった。②ハクサイ、キャベツ、レタス、ハウレンソウでは、病害発生そのものは必ずしも軽減されないが、地上部の生育は良好となり、増収するという試験例が多かった。③ジャガイモ、コンニャクでは、植付け直前に有機物を多量に施用するほど病害発生は多くなり好ましくないが、塊茎の肥大は良好になる傾向であった。④ダイコン、ニンジン、ゴボウ、ナガイモでは、有機物の施用により各種病害が多発し、商品価値を低下する傾向が最も強く、特に未熟な粗大有機物施用を好まない仲間とみなされた。従って、これらの知見は作付体系を組む上で上手に利用していただきたい。

2. 完熟堆肥の重要性

堆肥生成過程で病原菌が入り込んだものを施用して病害が多発した事例を除くと、化学肥料連用区に比べて、堆肥連用により多くの作物で病害虫が多発したという試験例はほとんどなく、むしろわずかではあるが軽減されたという例が多い。図2のように堆肥を毎年4tずつ施用している農家の畑と化学肥料を主体としている畑を比較すると、前者の畑では土壤微生物相は豊富で、細菌型であり、同量のキュウリつる割病菌が入り込んでも発病は非常に軽微であった。このような多くの試験や実態調査から、畑の地力維持・向上に必要な有機物は未熟なものより完熟な堆肥として施用するほうが土壤病害の面からも得策と考える。

3. 未熟な有機物施用上の注意

農家の経営及び生産構造から、前述のように問題は多くても、青刈作物や家畜糞などの未熟な粗大有機物をやむなく施用しなければならないこと



がある。このような有機物には土壤水に溶けやすい糖類やアミノ酸類が沢山含まれているので、これを土壤にすき込むと、土壤中の微生物並びに病原菌はこれら物質の刺激を受けて活動し、著しく増殖する。この過程でアルデヒド、有機酸、ガスなど作物の生育を阻害するような物質も生産される。このような有害な物質が発生し、病原菌の活性が高くなっている期間は約2~3週間である。

従って、作物の種まきや苗の定植は有機物をすき込んだ後、一定の放置期間をおいてから行う必要がある。この放置期間は、有機物の種類や施用量で異なるが、一応2~3週間を目途におき、5~10 tと多量に施用した場合には、30日以上放置する必要がある。

なお、筆者らは、乾燥豚糞を秋~冬に10 a 当り2~5 t 施用してキュウリを栽培すると、春に同量施用した場合より、土壤中の病原菌数は少なく、つる割病発生は軽く、生育は良好、増収することを認めた。このような現象は多くの土壤病害でも観察され、C/N 比の低い未熟な粗大有機物の秋施用は土壤病害からみた合理的施用法と考えられる。

ムギ稈や稲わらなどは、青刈作物に比べて、土壤病害を多発させる危険は少ない。しかし、ドウガネブイブイの発生が多い地帯では、ムギ稈などをすき込むと、本害虫の産卵が多くなり、新生幼虫による被害が8~9月に栽培されているラッカセイやオカボ、この時期に定植されるレタス、ハクサイに多発するので注意する。

4. 有機物の施用効果は輪作で高める

図1のように、キュウリつる割病防除効果の極めて高い乾燥豚糞も連作条件では次第に減退し、3~4年目にはほとんど防除効果を認めなくなる。このような現象は、タマネギ乾腐病、トマト萎ちょう病、ナス半身萎ちょう病など多くの病害で観察されている。これらは、有機物の効能には限界があり、病虫害の汚染以前からの計画的な輪作を基本にした有機物施用による地力培養が重要であることを示唆している。

なお、農作業の省力化、機械化などは作物残渣をすき込む機会を多くし、これによって畑への有機物施用の代替にしようとする試みもある。しかし、筆者らのスイカ、ゴボウ栽培における試験に

よると、作物残渣のすき込みは病原菌を栄養源つきで畑に接種することに等しく、栄養基質への先住者の優占の原理も働いて、土壤中の病原菌の密度を高めることになる。連作条件では、その作物残渣のすき込みは禁物である。すき込む場合には、必ず輪作との組み合わせで行う必要がある。

V 深耕も慎重に

優良な野菜畑を作る一手段として、深耕は重要な農作業である。この効果は、土壤病害や作物の種類、そして手順でも異なるので注意する。例えば、ロータリ耕、トレンチャ耕のように、上・下層の土壤を均一に混合する深耕は、下層まで病原菌の密度を均一に薄めるが、病原菌の活動を助長する条件(土壤静菌作用の低下、通気性良好など)も整うので、連作などで病原菌密度の高い畑では、深耕により病害多発の事例がゴボウ、ナガイモ、ラッキョウ、コンニャク、テンサイ、キュウリなどで観察されている。更に、クロルピクリンやDD油剤で土壤消毒を行なった後、ガス抜きをかねて30 cm以上の深耕を行うと、殺菌されなかった下方の病原菌が消毒部分に混入され、再び病原菌は増殖し、病害を多発させる。従って、深耕は、土壤消毒の前に行なっておく必要がある。

一方、地表面、または表層の浅い部分で活動し、垂直分布も比較的浅い病原菌の仲間、例えば白絹病、麦類縞萎縮病、小麦立枯病、大麦株腐病、ラッキョウ黒腐菌核病などは30 cm以上のプラウ耕、または天地返しにより被害が軽減される。しかし、この効果も連作により低下する。輪作と結びついて深耕の効果は高くなる。

おわりに

土壤病菌は土壤の物理・化学的並びに生物的諸条件に打ち勝って長年月生存できる耐久体を形成し、作物根の分泌作用など根との結びつきは強い。この関係を連作条件下で病虫害が多発してから耕種的手段で断ち切ることは至難な業である。徹底した畑の衛生、輪作を土台にしてそれぞれ作物の経済性にあった対策技術を総合的に組み合わせ、計画的に予防に徹するとともに地域ぐるみの集団防除など、病害防除の基本を励行することが耕種的防除成功への近道と考える。