

業務資料No.464

コショウ根腐病防除のために

昭和53年3月

JICA

703

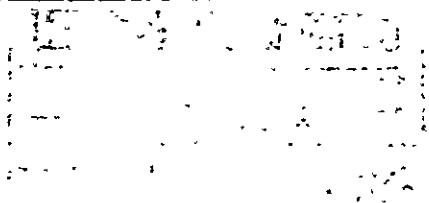
841

ES

BRARY

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4.-5	703
登録No. 03011	241
	ES



まえがき

この「コショウ根腐病防除のために」の小冊子は当団アマゾン熱帯農業総合試験場に嘱託農業専門家として特にコショウ病害究明のために派遣し研究を願っている一戸博士の執筆によるものである。

1933年シンガポールから導入されたアマゾンのコショウはトメアス植民地の日本人の手によって馴化育成され、東南アジアに次ぐ生産を今日のブラジルにもたらした。トメアスを主としたアマゾン地域の日本人移住者にとって、このコショウは農業経営の大黒柱である。それだけに壊滅的な打撃をもたらした根腐病の原因解明とその防除法の確立は当面する緊急課題であり、至上命令でもあった。

一戸博士は我が国線虫学界の権威であり、1976年4月よりトメアスのアマゾン熱帯農業総合試験場で熱心な試験研究に挺身して居られる。「筆者のことば」に見られるように現地のトメアス新聞に連載されたものを一つにとりまとめ印刷に付したこの資料は、研究内容的にみても高く評価されるのみならず一般のコショウ栽培農家にも非常に役立つ指導書でもある。

大方の活用を期待したい。

昭和53年3月

LIBRARY

事務部長



1025590197

筆者のことは

私が国際協力事業団嘱託の農業専門家として、ブラジル国パラ州ベレーン市にある事業団(JAMIC)ベレーン支部へ赴任したのは、1976年4月2日であった。私の任地は、ベレーン市からさらに南へ250キロ、南緯2度30分、トマスー移住地の中心部から30キロ奥にはいったアマゾン熱帯農業総合試験場(INATAM)である。私はそこでコンショウの根腐病について、専門の線虫学の立場から試験研究を進めることになった。

原生林の緑の中にくっきりと白壁が浮き立つその試験場は、私の赴任当初はまだ建設整備の真最中であつた。研究棟の半分がやっと完成したばかり、実験室の付帯工事も実験機器の整備もまだこれからという状態で、まず試験に必要な業務録の注文に産地へ泊りがけで出掛けねばならなかつた。原生林あとの広い試験ほ場には熱帯の陽光があふれ、浅黄色の新葉をつけたビメンタ苗がまばゆいばかりに輝いていた。ともかく、場長以下全員が一丸となつてアマゾン奥地の試験場作りに寝食を忘れていた姿は、新参の私に今でも鮮烈な印象として残っている。

そんな環境の中で私は、試験場あげでの協力体制の下に、7カ所のほ場試験と1つの室内試験を開始した。焼けつくようなコンショウ畑で、汗と泥にまみれながらの作業と調査の毎日が続く。赴

任して最初の1年はまたたく間に過ぎたようであった。その結果、7カ所のうち4カ所のほ場試験は1年限りで中止することにした。いわば試行錯誤の1年ではあったが、私は生れてはじめて、きびしい熱帯の自然とコショウの生育をみつめ、みずから体験し、そして頭で考えてきた。

そのころ、トメアスー文協会長の太沼春雄氏および当試験場長吉田貞吉氏のおすすめによって、乏しいながらもこれまでの体験を土台に、専門家の立場で、コショウ根腐病防除についての私の考えを、移住地の人たちにわかりやすくまとめてみようということになった。その記事は「ビメンタ根腐病防除のために」と題し、1977年3月31日発行のトメアスー新聞第68号の第1回にはじまり、同年7月20日脱稿の最終回は12月29日発行第73号に、通算6回にわたり連載された。仕事の合間に、そして終りころは実施中のほ場試験の成績を加えながらの、自分自身の考えを整理するつもりで書き綴ったつたない記事ではあったが、コメニアの人たちの間にも多少の反響を呼んだようであった。この記事の連載中、平賀練吉先生には、お目にかかるたびに励ましのお言葉を頂いた。

この記事はもちろん学术论文ではない。しかし同時に、場長の了解の下に試験場の試験成績を盛り込んだという点で、単なる個人的な投稿記事でもない。——いずれにせよ私は、熱帯農業をみつめてきた一専門家によるこの小文を、コショウ以外の熱帯作物

にも通ずる点が少なからずあろうと考え、トメアスー移住地以外の多くの日本人の方々にも広く読んで頂きたいために、国際協力事業団およびJAMICの格別のご配慮によってこの小文の印刷配布を希望し、ここにトメアスー新聞連載6回分と必要な修正加筆により一つにまとめることにしたものである。もしこの小文が、将来、ブラジルの農業に少しでも役立つことになれば、私にとってこれに過ぎる喜びはない。

1978年1月13日

国際協力事業団嘱託農業専門家

アマゾン熱帯農業総合試験場

一 戸 稔

所属 農林省農業技術研究所病理昆虫部付

(前)同部昆虫科線虫研究室長

農林技官 農学博士

目 次

まえがき

筆者のことば

第1章	自然のバランス	1
第2章	インドネシアのコショウ栽培	10
第3章	根腐病はどうして起こるか	19
第4章	ネコブセンチュウとその天敵	28
第5章	コショウ園の土壌管理	39
	おわりに	54

第1章 自然のバランス

——序に代えて——

自然に住むすべての種類の生物は、お互い「食物連鎖」と呼ばれる“食うもの”と“食われるもの”との複雑な関係で結ばれている。これを下の図で説明すると、Aという生物はBという生物を食べて生き、BはCを、CはDを、そしてDはAを食べて生きる。



つまり自然は、このような大小さまざまな食物のくさりで結ばれた生物群が織りなす複雑精妙な有機体といえる。これを自然の均衡（バランス）、自然界の平衡、などと呼んでいる。またこの場合、食物のくさを構成する“食う”立場の生物（捕食者）を、“食われる”側の生物（食餌）の自然の敵「天敵」と呼ぶ。上の図で、BにとってAは、またAにとってDはそれぞれの天敵である。

この自然の均衡は、一時的な人為操作や気象異変などで簡単に崩れるというものではなく、たとえ崩れかけても、すぐまた元に戻る自律作用または復元力を備えている。たとえば何かの原因で、

ある種類の生物だけが急にその数を増やし始めると、それに伴ってその天敵も同時に増え出し、たちまち前者の増殖をおさえる力としてはたらく。つまり自然の均衡が保たれるのは食物連鎖によってであり、それがはたらく限り、自然の中で特定の種類の生物だけが急に増えたり減ったり、ということとは起こらない。

食物連鎖のいまひとつ大事な意味は、“天敵をもたない生物はない”、“どんな生物にもかならずその天敵がある”、ということである。細菌（バクテリア）やカビを食べて生きる別な種類の細菌やカビがあり、また細菌やカビだけを食べて生きる線虫（ネマトード）がいる一方で、線虫を殺してどんどん増えつづける細菌やカビもたくさんいる。このことはわれわれに、作物の病気や害虫の駆除にその天敵利用の可能性を示すものである。むしろ天敵による病害虫密度の抑制の方が、たとえば農薬という化学物質で病害虫の皆殺しをはかる（所詮、皆殺しはできないのだが）よりも、よほど自然に適った方法と考える。事実、人間が水田や畑で化学薬剤を使いだすはるか以前から、すでにそこでは自然現象として、天敵による菌や虫の急増をおさえる力がもっと手広く効果的にはたらいていたのである。

このことを実証するよい例が実はわれわれのごく身近かにある。それは、自然の中でも最も自然的と考えられるマツ（森林、ここでは原生林と訳しておく、再生林ではない）である。マツを構成する喬木、灌木、草本には、誰も肥料を施さず、誰も農薬を

散布せず、特別な管理を何もしていないのに、マットは昔から病虫害の被害を全く知らない。それはなぜだろう？ マットの、病虫害発生を制御する機構（からくり）は、その植物空間と土壤にある。マットに何十年、何百年かかって自然に体系づけられた植物と土との間の見事な循環がそれである。マットの生物という生物は、相互に完べきな均衡を保ちつづけており、その中のある特定の菌や虫だけが急にその数を増し重要な病菌や害虫になり代る余地など全くないからである。つまり菌や虫の数をある線でおさえる力としてはたらく自然の均衡がそこにある。

ところが皮肉なことに、マットを伐り開き土を起こし、そこに作物を育てると、いずれはその作物に特有の病虫害が発生するようになる。その理由は、まへのマットの場合とは逆に、いままで保たれた自然の均衡が崩れたために、その作物で増えられる特定の菌や虫だけが天敵による歯止めがないので急増し、その結果、作物に病気や害虫の発生をみるようになるからである。つまり作物栽培はそれ自体、大なり小なり自然の生態系を乱し、自然の均衡の破壊につながるという宿命をもっている。

このことが一層はっきりするのは、同じ種類の作物を同じ畑に続けて植えた場合である。作物の連作がいけないことは農家なら誰でも知っているが、その理由もまえに述べたと同じく、その連作する作物に寄生して増えられる特定の菌や虫だけが、それが増えるのに都合のよい条件を与えられることになるからである。昔

から「いや地」とか「土地が飽きる」などと呼ばれるものも、本質的には同じ現象である。また日本で「特産地は移動する」といわれるのも、同じ現象の違った表現に過ぎない。

連作が可能なただ一つの作物は水田のイネである。同じイネでも陸稲（オカボ）では連作の障害がはつきりと現われる。このように畑地の作物はすべて、大なり小なり連作をきらうことから、「輪作」という技術が生れた。輪作は、われわれの先人たちが連作の失敗の中から体験的に考え出した貴重な農業技術と思われるが、そこに自然の法則に逆らわない先人たちの思考法を見る思いである。病菌や害虫には、それぞれ好む作物と好まない作物があり、したがって、同じ畑に同じ種類の作物をつづけて植えるよりも、作物の種類をできるだけ変える方が、病菌や害虫の爆発的増殖をおさえるうえではるかに効果的なはずである。輪作はしたがって無秩序に作物の種類を変えることではない。病菌や害虫の「種類」をまず正確に見きわめ、それに応じて作物の「種類」がえらばれなければならない。

作物（主として永年作物）を大面積に集中的に栽培することをプランテーションと呼んでいる。その例として、ブラジルから持出されたゴムのマレー半島でのイギリス人による企業的栽培がよく引合いに出される。しかし例を遠くに求めるまでもなく、ブラジルのカフェもビメンタももちろんプランテーションである。問題は、これまでの説明からも明らかなように、プランテーション

というものはそれ自体すでに困難な課題を抱えているといわねばならないことである。それは、永年作物のゆえに一年生作物と違って輪作が実行できず、大面積に“連作”せざるをえないこと、それによって自然の均衡をかなり永続的に崩すことになりかねないこと、したがって重大な病気や害虫の発生がさげられないことである。

プランテーションと自然の均衡は、互いに相容れないものであろうか。われわれにとって、この両者を両立させない限りビメンタ栽培の成功は算定ない。是が非でもわれわれは、自然の均衡を保全しつつビメンタのプランテーションを成功させる道を探さなくてはならない。それは困難ではあっても不可能ではないはずである。というのは、自然の均衡は決して固定不変なものではなく、実際、人目にはつかずとも徐々に変化（遷移）しつつあり、したがって長い目でみて、栽培管理とくに土壌管理のやり方によっては、ビメンタとその環境の自然を好ましい方向に調整しながら均衡をはかる、ということとはできないことではない。要は、そこにビメンタを含めた新しい自然生態系を組み立てることである。

第2次大戦で南太平洋に進出した米軍は、世界ではじめてマラリヤ蚊やノミの駆除にDDTという合成化学薬剤を使用した。戦後、日本ではDDTが民間にも放出され、われわれの多くはハエや蚊に対するDDTの素晴らしい威力に魅せられた。その後、世界の有機化学工業の驚異的な発達に伴って、DDTのあとにBHC、

ディルドリン、アルドリル、クロールデン、パラチオン、ヘプタクロール、マラソン……有機合成農薬の出現は果てしなくつづいた。水田に、やさい畑に、果樹園に、どの新農薬もすばらしい殺虫力を発揮した。その結果、日本の農家は十人が十人、農薬の力を過信してしまった。最早、農薬散布は作物栽培そのもののようにさえ思われた。

そのころアメリカで1冊の本が発行された。のち20カ国語にほん訳されたその本は、全世界にすさまじい反響を呼び、人々にそれまでの思考を変えさせるほどの大きな影響を与えることになった。本の名はサイレント・スプリング(日本語訳「沈黙の春」)、著者は海洋生物学者のレーチェル・カーソン女史、1962年のことである。著者カーソンがこの本で主張したかったことをひとりでいえば、DDTで代表される有機合成農薬の使用を、もしわれわれがそのまま無分別に続けるならば、害虫を殺すはずの農薬がその天敵までも巻き添えにすることによって自然の均衡を破壊し、食物連鎖の原理によって毒物のふりかかった害虫を食べた鳥までも死滅させ、のどかな春が来たというのに鳥の歌声ひとつ聞えない沈黙の死の世界になりかねないことを、科学者としての良心と収集した歴大な科学論文に示された事実にもどづいて、きびしく世に告発することであった。また水田や畑にまかれた農薬は、いつまでも土壌に残留し、作物の根から吸われ子実に移行し、やがてはわれわれ人間の健康を蝕む。一方、地下水や雨で毒物は川や

海へ流され、そこに住む魚や貝の体内で一層濃度を高め、再びまわりまわって人間自身に降りかかる。

異常な乾燥、低温、多雨などの気象異変によって山林の木や作物が枯れるのは珍しいことではない。しかしこの場合は、自然自体がもつ復元力によってやがては元の姿に戻ることができ、事実、多くの場合そのとおりになる。しかしこのような気象災害と、化学薬剤の濫用がもたらす自然破壊との本質的な相違は、(そしてその故にこそ問題なのだが)農薬が含む毒物は、害虫にもその天敵にも無差別に作用し、食物連鎖の原理によって生物はつぎからつぎへと生命を断たれ、再び元の自然に戻れないことである。とくに毒物は、「生物濃縮」といって生物から生物へと移行するたびに体内で濃度を高め、自然消滅どころかますます広くますます強く生物に累を及ぼすに至る。もうひとつの厄介な問題は、毒物に対して害虫自身が抵抗力のある種族(個体群)を作り出して対抗することである。つまり同じ害虫に対し、ままと同じ農薬、同じ薬量(致死量)ではだんだん効かなくなり、そこで人間は、ますます強い薬剤をさらに多量使って対抗しようとし、害虫と薬剤の悪循環が生まれる。そして最後に、どんな毒性の強い農薬によっても害虫は全滅させられないということを知るだけである。

つぎに作物栽培における土壌の役割について考えてみよう。土はいうまでもなく作物を育てる母体であり、農薬の基盤である。農薬は「土作り」から始まる、といわれるのは当然であろう。よ

い土によってはじめてよい根が育ち、よい根を育てずしてよい作物ができるわけがない。しかしこの当りまえのことが、案外忘れられてはいないだろうか。目先のビメンタの実の成りにばかり気をとられて、その根はどうか、土はどうか、という配慮に欠けてはいないだろうか。

自然の均衡は、地上空間だけに当てはまる現象ではなく、むしろ土壌中にこそ最も凝縮された形の自然の均衡がみられる。それは、1グラムの土の中に、数千万から数億という気の遠くなるような数の細菌（バクテリア）、糸状菌（カビ）、原生動物などのいわゆる土壌微生物が生存することを考えれば容易に理解できよう。土壌のりっぱな構成員であるこれら生物的要素が、実は土壌が果たす役割の中で最も大切な、自然の自律作用、復元力の主体となっているのである。土を「生きた土」「死んだ土」と表現するのは、前者では、土壌の微生物相が豊かで復元力が大きく、それによって病菌や線虫（ネマトード）などの密度が低くおさえられるのに対し、後者では、微生物が乏しいので復元力が失われ、病菌や線虫の増殖をおさえる歯止めのなくなっている土である。乾季になると石のように固いビメンタ圃の土は、果して生きた土といえるだろうか。

最後に、問題の本質をもう一度みつめてみよう。健康なビメンタを育て、困難なそのプランテーションを成功させるためにわれわれにまず必要なことは、われわれ自身の思考の転換のように思

われる。プランテーションがもつ困難な問題の解決は、われわれが自然と対決しようとするのではなく、自然が本来もっている力を好ましい方向に辛抱強く導くことによってのみ可能である。カーソンの名著「沈黙の春」からつぎの言葉を紹介してこの章を終る。

『本当に効果的な害虫防除を行なっているのは、

「自然」であって「人間」ではない』(上遠恵子訳)

第2章 インドネシアのコショウ栽培

—— 生木支柱とアランアランの敷草 ——

ビメンタの原産地は熱帯アジアといわれている。いまから約1500年まえ、古代中国の特産であった絹が隊商によってはじめて西方諸国に運ばれたとき（その道はいまでも「絹の道」つまりシルクロードと呼ばれている）、絹やヒスイや象牙にまじってコショウがあった。アジア特産のコショウは、西欧ではダイヤモンドに匹敵する貴重品だったのである。

1976年3月、私が国際協力事業団の委嘱を受けてコショウ根腐病の研究のため当地へ赴任するに当たり、同事業団の特別な計らいで、原産地のひとつインドネシアのコショウを調査することとなった。ブラジルに向けて日本を発った私は、羽田からまずジャカルタへ飛んだのである。

私が訪ねたのは、スマトラ島南東部の「ランボン州」とスマトラ東北の小さな島「パンカ島」で、インドネシアのコショウ栽培はこの2カ所が中心である。

まずランボン州について述べよう。コショウの栽培面積は35,000 ha、農家戸数27,000、栽培地は年間雨量約3,000ミリ、土壌は粘土80%、その栽培法は、パンカ島やブラジルとは異なり、ダダップと呼ばれるエリスリナ属（主として *Erythrina*

indica=デイコ)またはカボック(Ceiba pentandra=木綿)の喬木をまず育て、(乾季の4月に挿木し1.5~2.5年後の雨季9月に)その生きた木にコショウのつるをからませる。コショウの試験場があるタンジュンカラシという町から約60キロ離れたスカダナー帯の栽培地を見て回ったが、路の両側に高さ10m近くの細い木の林がつづき、よくみるとその1本1本にコショウが巻きついているという状況で、エスタッカ(堅木支柱)のコショウを見慣れたわれわれにはまるで別な景観として映るだろう。林にはいると、下草が密生し、そちこちにマンジョカが植えられたり、一見雑然とした雑木林の感じである。ダダップは2~2.5m間隔で植えられ、ha当たり1,500~2,500本、コショウの収穫は苗の植付後4~5年目から始まり、収量の平均は1kgである。この栽培法で特徴的なことは、ブラジルでいまわれわれが問題にしている「根腐病」が全く発生しないことであるが、このことについてはあとで論議することとする。

その前に、パンカ島のコショウを見てみよう。パンカ島は秋田県ぐらいの面積で、人口約34万、コショウ栽培農家戸数25,000、バンガルピナンという町を中心とした約6,000haが世界でも屈指の白コショウ産地である。栽培法はブラジルと同様にメンダルーと呼ぶ堅木支柱(エスタッカ)を立て、それにコショウのつるをからませる。

パンカ島の名は線虫研究者の間にはよく知られている。それは

1930年代から50年代にかけて、ミカンネモグリセンチュウ（学名はRadopholus similis）という線虫の1種が、この島のコショウに壊滅的な被害を及ぼしたからであるが、そのことを発表したフバート（1957）の論文によると、1930年代には2,200万本をかぞえたこの島のコショウが、ミカンネモグリセンチュウが起こす「黄化病」のために、1953年にはわずか200万本に減ってしまった。この線虫は、米国フロリダ州のグレープフルーツにも「進展性衰弱病」を起こす線虫として有名で、熱帯ないし亜熱帯では最も警戒しなくてはならない線虫の1つである。この線虫による被害は、コショウでもグレープフルーツでも同じであるが、最初園内の1カ所（1～2本）に衰弱木が現われると、それが年々しだいにその周囲に円形に拡大していく、というその“進展性”が特徴である。病気のコショウは、生長が止まり、葉が黄色になり、葉枯れや落葉が始まり、つぎつぎに枯死する。根は線虫のために細根がくさり消滅してしまう。

フバートの報告から20年近く経って、今回はじめてその後の状況がはっきりしたわけであるが、ミカンネモグリセンチュウで壊滅してしまった昔のコショウ地帯には、今はコショウは1本もなく、丁字・ゴム・森林に変貌してしまった。しかし島全体では新しい地域にコショウが急速に広がり、栽培面積からいえばすでに戦前の約2倍に達している。そして大事なことは、そのほぼ全域に、昔の黄化病とは異なる新しい病気が発生し、いまインドネ

シアでは5年まえ(1973)からオランダの専門家ド・ワード博士を中心にその原因を究明中である。その新しい病気とは、コショウの葉が濃黄色に変わり、収量があがらず、5~6年で早期枯死するというものであるが、ド・ワード博士の説明では、その原因がまだはっきりしていない現在、これを“病気”とは断定できず、したがって“生育障害”と呼んでいる、ということであった。いずれにせよコショウが示す症状や被害発生園の景観からみて、これはブラジルでわれわれが「根腐病」と呼ぶものと同じであることだけは間違いない。

パンカ島のコショウの根には、20年前まで黄化病の大被害をもたらしたミカンネモグリセンチュウが今はほとんど見当らなくなったが、それに代って、ネコブセンチュウの異常に高い寄生が目立っている。パンカ試験場長の話では、島のコショウの80%以上にネコブセンチュウが寄生しているという。私が調べた限りでも、ほとんどのコショウの根に高密度の寄生がみられ、この数字をばば裏づけていた。このことはわれわれにとっては重要な新知見と考えられる。

ここで話をまえに戻そう。すでに述べたように、ビメンタの根腐病はランボシ洲の生木支柱栽培にはほとんど発生がみられず、パンカ島やブラジルのような堅木支柱栽培でのみ問題となる。一方、コショウの根にネコブセンチュウの高密度寄生がみられるという点も、パンカ島とブラジルに共通の現象である。これらの事

実は、根腐病発生の条件についてのヒントを示しているのではなからうか。

熱帯アジアに古くから自生していたツル性のコショウは、もともと日の余り射さないジャングルの中で、生きた木にツルをからませながら、木と共に生きてきた。つまりこれがコショウにとっての“自然な”生き方であった。ところが、この自然のコショウが栽培作物に変わったとき、コショウはまず強烈な日射しの大地に引出され、いままでツルを巻きつけていた生きた木が堅い樺のように変わり、その根が育つ土はといえば、ジャングルのやわらかくて黒い土とは程遠い、化学肥料と除草剤で微生物はもちろんミミズさえ住めないような、固い、死んだ土であった。一体、このような“不自然”環境でもコショウは健康に育つものであろうか。考えてみれば、われわれのこのような栽培法は、前章で述べたように、ビメンタがいままで育ってきた自然環境の中に本来備わっていたはずの病害虫抑制機構を利用しようとせず、むしろ逆に、はじめからそれを当てにしない栽培法ともいえるわけであるが、それは果して賢明であらうか。

昭和50年に新聞小説として発表され、全国的话题をまき起こした有吉佐和子氏の小説「複合汚染」の中に、コショウの栽培法に関連したつぎのような一文がある。

「……胡椒栽培のてんじょう木などいい例です。インドや東南アジアでは、その木に胡椒のつるをからませたまま、二百年と

・ いうもの病虫害を知らないんです。ところがブラジルの胡椒栽培では、樺杭を土に突きさして胡椒のつるをまきつかせているので、15年もすると病虫害やら胴枯れ、根ぐされ、細菌の発生と、胡椒畠が全滅してしまうんだそうですよ。ブラジルでは15年くらいで胡椒の植えかえをしなくちゃならないのに、インドは200年そのままですよ』（有吉佐和子、複合汚染(下) 12ページ、新潮社、1975)

・ 有吉氏の所説は所説として、トマスーの実態は、「ビメンタが15年ももってくれたらむしろ有難い」というのが本音ではないだろうか。いまのトマスーでは10年を超える成園を採すことさえ難しい。確かに有吉氏のいわれるとおり、ビメンタのツルを生きた木にからませた方が、堅木を支柱にするよりも病気の発生がはるかに少ないことは私の調査からも証明できる。しかしだからといって、私はここで、ブラジルの今後のコショウ栽培にはエスタッカを全廃し生きた木を支柱に使うべきだ、と単純に主張するつもりはない。なぜなら、自然そのままでは農業にならないと同じように、エスタッカにも生きた木にもそれぞれ長所短所があるはずで、エスタッカをとるか生木をとるかは、技術的および経済的要素をあらゆる角度から検討することなしには決め難い問題と考えるからである。たとえば第1に、エスタッカから生木への転換の技術的問題としては、生木樹種の探索とその適性の検定、

生木を含む新しい肥培管理法の確立、生木の病虫害対策など、第2に経済要素として、生木を育てる必要年数、コショウの経済収量と経済寿命、肥培管理や収穫作業の経済性、などである。要するに、われわれにとって緊急な当面の根腐病対策としては、一定の経済収量を確保しつつ適切な土壌管理によってコショウの生育をできるだけ「自然」に近づけた栽培をすること以外にはないと思われる。

パンカ島では、前に述べたように、コショウは「生育障害」のため5～6年しかもたないの、5年ごとに園を移動させている、というのが試験場長の説明であった。これに関連して、なにげなくいわれたパンカ普及所長のつぎの話は私には大いに傾聴に値いすると思われた。『戦前のパンカ島には、いま問題の“生育障害”などどこを探してもなかった。当時の中国系栽培者の多くは、化学肥料を全く使わず（当時は使おうにも手に入らなかっただろうが）、もっぱらピーナツ油かす、魚粉、ブタの厩堆肥を与えていた。しかし戦後になって、このような有機質肥料はほとんど使われなくなった』。コショウに限らず多くの作物でいえることだが、戦後、われわれに対する化学工業界からの大量の“化学肥料”の供給が、その飛躍的な増収効果と計り知れない手軽さにおいて、作物の肥培管理面に技術革命をもたらしたことは事実である。しかし反面、この革命の代価である大きなマイナス面として、有機質肥料を遠ざけ化学肥料だけに頼るという抜け難い風潮

を生んだことも認めないわけにはいかない。私にはこのことが、近年のピメント根腐病（インドネシアでいう病気とも障害ともつかない新しい問題）の発生と決して無縁とは思えないのである。有機質肥料の投与はピメントの土壌を自然のそれに近づける第一歩であり、反対に化学肥料は、土壌中の微生物相を貧困にし長い目でみて生きた土を殺してしまうという点で、前者に逆行すると考えざるをえない。

1976年3月21日、ランボン州タンジュンカランの国立工芸作物研究所ランボン分場の一室で、インドネシアのコショウ研究プロジェクトのリーダーであるド・ワード博士は、流暢な英語で親切にもそれまで3年間の研究結果をくわしく私に説明してくれた。そしてその中で、私が最も関心を寄せたのはつぎのことである。「いまのところただ一つの有効な生育障害対策は、当地方でフランフランと呼ぶイネ科植物の刈草をコショウの株周りの地面に厚さ20センチほどに敷くことである」。同博士によると、フランフランの敷草（マルチ）が有効なのは、それによって地温・土壌水分・土壌通気性など主として土壌の物理性が改善され、それがコショウの植生によい影響を及ぼす結果であるという。

フランフランは、日本名のチガヤ、ブラジル語のサッペであるが、能登志雄著「湿潤熱帯」（朝倉書店、1970年）によると、フランフランとは、東インド諸島の各地に存在するチガヤの1種ラン草の繁る草地の呼名で、主として火山灰土壌に分布し、東

南アジアの多雨地域で、森林景観の破壊のあと再生までの過渡的現象としてアランアランの草地景観が構成され、またこの草地が保存されるには住民による「火入れ」が有力条件であるという。ブラジルでもサッペは、再生林の火入れのあと最初に現われるイネ科草本のようである。なおチガヤの敷草としての効果については第5章でくわしく論議したい。

第3章 根腐病はどうして起こるか ——発病におけるネコブセンチュウと フザリウム菌の役割——

ビメンタの根腐病は土壌中のカビ(糸状菌)の1種フザリウム・ソラニーが起す、と考えられている。果してそうだろうか? “根腐病はフザリウム菌が起す”といういい方は、誤りであるとはいえないが、同時に、正確であるともいえない、と私は思っている。本章ではこの問題を探りあげてみたい。

宇都宮大学名誉教授の渡辺竜雄博士は、1960年以来、トメアスーを中心に根腐病をくわしく調査され、その結果を「ブラジル共和国派遣胡椒病虫害専門家報告書」として、1973年に国際協力事業団より発表しておられる。この報告書は、病害発生の現地で直接根腐病を研究された専門家による権威ある論文、と私は考えるが、これによると、根腐病の「病原」と「感染機構」についてはつぎのように述べられている。やや長文ではあるがここに原文のまま引用したい。

病原について……『1961年トメアスー産組の鶴崎宗雄氏の私信によると、同植民地におけるビメンタの根腐病は、フザリウム菌によっておこることが明かにされた。私も同年トメアスー

産組の御好意により送られた病害標本から、フザリウム菌を分離している。同年11月にブラジル国北伯農牧試験場のF・C・アルブケルケによれば、この菌はフザリウム・ソラニイ・ビベリイであると発表されている。』(同報告書19~20ページ)

感染機構について……『こうしたカビがどうしてビメンタを侵して枯らすだろうか。このカビが現在迄研究された点から見ると、傷口(われわれ人間の目で見える傷というような大きな傷でなく、いわゆる小さな顕微鏡的傷)から入り込むらしい。そうしたカビはわれわれが除草する時とか、肥料を施す時、薬剤散布をする時すっかり傷をつけたとか、ネマトーダという虫が咬み入った傷などから入り込むらしい。入り込んだ孢子や菌糸はビメンタの養分や水分の上下する道管の内部に入り込む。菌がここで繁殖して道管を閉塞するか、菌の生理作用によってガス体を出し、これが道管をふさいでしまうかの何れかであらう。養分や水分の上昇を妨げ、遂に地上部が枯れてしまうものと思う。』(同報告書20~21ページ)

前記のフェルナンド・アルブケルケ博士およびその共同研究者が、根腐病の病原菌の種類を確定させたことは、本病に関する先駆的研究として評価されてよい。ただ、われわれにとってここで留意すべき点は、根腐病にかかったビメンタの根からフザリウム菌の1種が分離された」という事実と、「根腐病の原因はフザ

リウム菌である”ということとは、かならずしも同じではないということ、つまり原因と結果を区別して考えねばならない、ということである。根腐病のビメンタの根にフザリウム・ソラニー・ビペリーが寄生しているという「結果」ははっきりしたが、根腐病の発病がどんな過程と条件で起ったか、つまりその「原因」が何かは、前記渡辺博士の論文にもあるとおりに、まだよく解明されていないのである。

作物を栽培すれば、その根のまわりにたくさんの種類の微生物が集ってくるのはむしろ自然で、たとえその中にフザリウム菌が混じっていたとしても異常とはいえない。問題なのは、そのフザリウム菌がどのようにしてビメンタの根腐病と結びつくのか、ということである。とくにフザリウム・ソラニーという種類は、その近縁種であるフザリウム・オキシスポラムにくらべて感染力や病原性が低く、菌は自力では健康な植物の根に侵入できないといわれている。

ビメンタの根腐病では、残念ながらまだこの点についての研究が進んでいないが、ビメンタ以外の少なからぬ作物では、フザリウム菌、リゾクトニア菌、フェトストラ菌、ピシウム菌など、いわゆる土壌病菌の、それらの作物での感染機構がかなり解明されつつあり、その研究結果は、われわれがビメンタでのフザリウム菌の感染機構を考えるうえで有力な手掛りになると思われる。一般に線虫（ネマトーダ）は、それ自体単独で、作物に対しさ

さまざまな被害を及ぼすが、同時に、カビやバクテリアが原因とされる土壌病害の発病にも大きく関与することが知られ、その研究分野は「関連病害」、「病害コンプレックス」などと呼ばれ、すでに少なからぬ研究蓄積がある。線虫がカビやバクテリアによる発病に関与するなかで、相互の関与の仕方がきわめて密接でまた事例としても圧倒的に多いのが、フザリウム菌とネコブセンチュウの組合せの場合である。

古い例では1892年に、米国アラバマ州のワタの立枯病がネコブセンチュウの寄生を受けた株に発病が激化したと報告されている。現在ではこのほかに、トマト・エンドウ・カウピー・アルファルファ・白クローバ・カーネーション・バナナ（バナマ病）・ネムノキなどそれぞれの萎凋（いちょう）病、キュウリつる割病などで、それらの病原菌とされるフザリウム・オキスピラムによる発病がネコブセンチュウの寄生の有無によって左右されることが明らかになっている。

これまでの研究事例でみる限り、フザリウム菌とネコブセンチュウとのかかわり合いはそれぞれフザリウム以外の菌やネコブセンチュウ以外の線虫では置き換えられない、いわゆる「特異性」がはつきりしているのが特徴である。このことは、つぎに述べるように、ネコブセンチュウの寄生様式とフザリウム菌の感染機構の両者の、完全な調和によってはじめて成り立つものと考えられる。いい換えれば、フザリウム菌とネコブセンチュウとの相互関

与の仕方は、菌が根にはいり込むのに線虫がつけた傷を利用する、といった単純かつ機械的な関係の範囲にとどまらず、侵入後の菌の増殖にとってもネコブセンチュウの存在が不可欠であることがよくわかる。

まずネコブセンチュウの寄生様式をみてみよう。ネコブセンチュウの根への寄生は、卵からかえったばかりの体長0.5ミリほどの細長い幼虫が、根の組織のうち最も柔いその先端部に、幼虫自身が持っている微小な針（口針）で表皮に穴をあけ、そこから根に侵入する。侵入した幼虫は、組織的に未発達な中心柱組織に接近し、定着する。そのとき幼虫は口針よりある種の消化酵素を出し、それによって幼虫のまわりの根の組織には、生長ホルモン様物質の集積と、細胞の異常肥大、異常増生が起こり、その結果、巨大細胞と呼ばれる大型の多核体細胞が数個形成される。またこれらの変化に伴って根が外見的にコブ状にふくれる。ただしピメンタの場合の根のこぶは、トマトや他の植物の根にできるコブにくらべると、外見的にははっきりしないことが少なくないようである。ともかく根はネコブセンチュウのために維管束系組織の正常な発達を大きく阻まれる。なおネコブセンチュウによって形成される巨大細胞は、幼虫から成虫へ成長する線虫自身にとって不可欠な栄養摂取の場となる。

つぎにこれに対するフザリウム菌の感染機構をみてみよう。これまでくわしい研究がなされたのは主としてフザリウム・オキシ

スポラムの場合で、この菌も多くの場合単独では根の中に侵入できず、たとえ根の先端部に限って菌が侵入できる場合でもネコブセンチュウ侵入の傷がそのまま利用されることが多い。このフザリウム・オキシスポラムよりも感染力が弱いフザリウム・ソラニエーの場合の根への感染は、おそらく、ネコブセンチュウ寄生根に特有な、たとえば、幼虫の肥大成長（細長い幼虫から最後には球形に近い形のメス成虫まで成長する）や巨大細胞の形成に伴って起こる根こぶ表面の無数の微小な亀裂や、卵塊から幼虫がかえったあとにできる根の表面の多数の空洞などで、これらの根は、ネコブセンチュウの寄生密度が高ければ高いほど、菌の感染侵入に対し全く無防備な構造になり変っている、といえるのである。

つぎに根に侵入したフザリウム菌にとって根の中で菌が引き続き増殖できるかどうか、その後の菌の感染拡大つまり作物の発病につながる重要なカギとなる。菌が根に侵入（感染）しさえすれば、かならず感染拡大（発病）がつづくとは限らない。フザリウム菌の場合、この感染拡大を可能にする菌の増殖の場として、巨大細胞、その周辺維管束部がその役割を果たすわけで、菌はこれら以外の組織では増殖できない。

また、すでに述べたように、ネコブセンチュウの寄生により虫体のまわりにホルモン様物質の異常集積が起こるが、実はこの根こぶ内の集積物質は根こぶの外へも滲出し、これがフザリウム菌を根こぶ表面に誘引するという役目も果たしている。このことは、

線虫がつくる巨大細胞によって菌も増殖しその感染拡大につながるという事実と共に、いかに線虫と菌がうまく共同して作物の根を痛めつけているかを示している。

このように、フザリウム菌は、その感染機構をネコブセンチュウの寄生様式に見事にマッチさせることによって、その増殖を全うしているようである。ワタやトマトを材料に、フザリウム・オキジスポラムとサツマイモネコブセンチュウの組合せの場合で明らかにされたこのような現象が、フザリウム・ソラニーとサツマイモネコブセンチュウとがかかわり合うビメンタの根腐病の場合にもそのまま当てはまる、という実験的証明は今のところないが、そう考えてまず間違いのないと思われる。トマトやワタやキュウリの病害に共通な現象が、ビメンタの場合だけ例外とは思えないからである。

1974年秋、私は農林省熱帯農業研究センターから派遣され、ブラジルの線虫調査のためはじめて来伯した。この調査の目的のひとつは、根腐病が大きな問題になっているトメアスーのビメンタを、線虫の面からできるだけわしく調べることであった。私はこの調査をつぎのような考え方で進めることにした。根腐病の発生はトメアスーのほぼ全域に及ぶのであるから、発生の原因となるものもその全域に分布しているに違いない。根腐病の病原とされているフザリウム・ソラニーは、ネコブセンチュウの発生と密接にかかわり合う事例が多いが、トメアスーのビメンタのネコ

ブセンチュウの発生分布はどうであろうか。ともかくネコブセンチュウの発生分布と発生密度をトメアスー全域にわたる調査によって把握したい、というのが私の調査目標であった。

調査は1975年1月6・7の両日に実施された。広大な地域に散在する無数のビメントを、短日時に、私ひとりで調査できるはずはなく、平賀練吉先生をはじめ産組、JAMIC、IPEAN(当時)の10名を超える方々の熱心な協力によって、「無作為抽出」の手法により所期の調査目的は達せられた。調査結果は要約だけにとどめるが、つぎの表のとおりである。

地区名	調査本数	ネコブセンチュウ寄生本数	ネコブセンチュウ寄生率(%)
十字路以南	150	143	95
ブレウ全域	150	131	87
第2トメアスー イピラシガ	136	136	100
第2トメアスー クシュー	301	256	86
合計	737	669	91

この結果をひとりでいえば、トメアスーのビメントの根には、どの地区の、どの園の、どの木をとってみても、10本に9本の割合(91%)で、ネコブセンチュウが寄生している、ということになる。私は、この数字をそのままにして、いくらフザリウム菌

を追求してみてもコショウの根腐病は解決されないだろう、と考
えている。

第4章 ネコブセンチュウとその天敵

—その被害と線虫捕食菌の役割を考える—

前章で述べたことは、ビメンタの根のフザリウム菌による感染から根腐病発病までの過程で、その必要条件としてネコブセンチュウの寄生が考えられる、ということであった。一方、トメアス一地区のビメンタは91%という高いネコブセンチュウ寄生率であることを示した。

寄生率が高いと、それだけネコブセンチュウ発生の「分布」が広いことになるが、いまひとつ、ネコブセンチュウ発生の「密度」もまたそれに劣らず高いことが同じ調査でわかっている。つぎの表がそれである。

ネコブセンチュウ寄生度	寄生度の判定基準*	ビメンタの該当株数	全調査株に対する%**
0	かなり探しても根こぶが見付からない	68	9
1	かなり探してやっと根こぶが見付かる	38	5
2	ふつう程度に根こぶが見付かる	81	11
3	根こぶが目立つ。かなりひどい	184	25
4	根こぶが最もひどい	366	50

* 所定の調査対象株について、その根の一部を掘り、えられた細根(数~十数グラム)をこの基準で査定する。

** 調査株合計 737

この表で、寄生度「3」と「4」を合わせると75%になることから、トマスー地区のビメンタは、4本中3本の割合で、ネコブセンチュウの寄生密度がとくに高いといえる。なおこの場合の調査法は、根のごく一部だけを掘り上げて調べた結果であって、もっとくわしく根を調べれば寄生度がさらに高まることもありえることを付記したい。

ネコブセンチュウがこれだけ高密度に、しかも広く発生している事実からみて、この線虫が単独で相当な被害をビメンタに及ぼしている、と考える間違いないであろう。私が4年前の1974年末、パラナ州マリンガの国立コーヒー院（IBC）を訪ねたとき、「カフェ（コーヒー）栽培でいちばんこわいのは、病気ではサビ病、害虫ではネコブセンチュウ」という話であった。実際に、ネコブセンチュウのためにあちこちのカフェ園が無惨に掘り返されているのを目撃した。いまサンパウロやブラジリアの近郊でトマトやニンジン栽培する日本人がいちばん困っているのもこのネコブセンチュウである。

ネコブセンチュウがビメンタの生育に実際にどのような影響を及ぼすかを知るために行なったわれわれのポット試験では、ネコブセンチュウの密度が異常に高かったためにコショウ実生苗は全く生長できず2〜3カ月以内に枯死してしまった。一方、枯死するまえに殺線虫剤を土壌に加え線虫密度を下げたポットでは、やがて実生苗が息を吹き返したように生長をはじめた。

ネコブセンチュウはもともと熱帯性の下等動物で、高温な環境ほどよくふえる。ネコブセンチュウが世界ではじめて発見されたのは、1887年、ブラジルでカフェの根にゲルディによってである。ネコブセンチュウの世界最初の発見者ゲルディは、実はペレーンの動物園が Museu Goeldi (ゲルディ博物館) と呼ばれているように、ブラジルとくにアマゾン地域の動物をはじめてくわしく調べた著名な動物学者である。

日本ではいま施設園芸と呼ばれるビニールハウス内のやさい作りがさかんである。トマト、キュウリ、ナス、ピーマンなどが季節を問わず高温なビニールハウス内でつぎつぎに栽培されるが、ここでの最大の悩みもネコブセンチュウを主とした土壌病害虫対策である。ともかく昔は連作ができず、一度作ったら何年間かの休作期間をかならずおかねばならなかったこれらのやさいが(連作できなかつたこと自体が、形を変えた大きな線虫被害といえるわけであるが)、同じハウスの中で、しかも高温条件で連作されるとき、それがブラジルのやさい作りと同じようにネコブセンチュウの被害をまともに受けないはずはない。日本のビニールハウス栽培ではその対策として、一度やさいを作ったあとはかならず床土を完全に入れ替えたり、薬剤による徹底した土壌消毒をしたり、または湛水(水田化)による線虫防除を行なっている。そうしなければやさいを続けて作れないからであるが、同時にそれは、ブラジルからみれば箱庭のような規模のビニールハウスだからで

きるともいえる。しかしその日本でも、多量の化学肥料と農薬で半ば機械的に作られたこれらのやさいが、外見だけはきれいでも、味が有機質肥料を使った露地栽培による昔の味とは比べようもなく、世間の評価はいたってきびしいようである。

ネコブセンチュウが作物に及ぼす被害は、幼苗・成木を問わず、その根に侵入し生長を阻むことである。つまり線虫の幼虫が大量にその細根（吸収根）に侵入すると、巨大細胞と根こぶ（ゴール）が形成され、それに伴う通道組織の機能障害をまず起こさせる。したがって作物の側からいえば、線虫の寄生によって肝腎な根が発育不全となり、養水分の吸収とそれを地上部に送る役目を十分果せなくなる。日本では、梅雨あけ後の日照りが急に強くなる7月はじめころ畑に出ると、トマト、ウリ類、ビート（サトウダイコン）などで、ネコブセンチュウの寄生のひどい株ほど葉がしおれて垂れ下り元気がないので、すぐその被害に気付く。この時期にネコブセンチュウの簡単な圃場診断ができるほどである。

このような日本での経験からみたトメアスーのピメンタは、ネコブセンチュウがこれ以上は無理というほど高密度にとりつき、したがって新しい根という根は、伸びはじめの最初から線虫（幼虫）の集中攻撃を受けるので伸びられず、細根は細根で吸収根としての機能を果せないで、地上の葉や茎は養水分の不足で氣息えんえんの状態のまま、半年に及ぶ長い乾季を何とか持ちこたえようとしている。乾季に入って葉が黄色になり生気を失ないかけ

たとしても、それはまだ被害が軽い方で、少しきびしい乾燥が続くと、乾燥だけのためにビメンタが枯れてしまった、とあきらめている人が多い。しかしその根の状態をよく知っている人なら、むしろ枯れない方が不思議と思うに違いない。

1977年11月、われわれの圃場試験の1つが、たまたまこのことを裏付けるような結果を示したので紹介しよう。1977年の乾季(6月~12月)は、前年と同様にきびしい乾燥がつづき、われわれの試験圃場でも草生区のコンショウに、草生植物との養水分の競合と、折からの日照りつづきによる乾燥、の両方の影響で枯死する株が目立った。その乾害の状況を程度別に1本1本調べたところ、殺線虫剤を処理した区と処理しない区との間に、その他の条件が全く同一にもかかわらず、つぎのような差異が認められ、殺線虫剤処理によって線虫密度を下げしっかりした根をもつビメンタは乾燥にも強いことを実証した。

殺線虫剤	乾害の程度(%)			調査株総数
	無~微小	小	大(枯死形)	
処 理	61	36	3(0)	94
無 処 理	47	16	37(6)	93

(注) 1977年12月7日、場内「旧交叉型試験圃場」、コンショウ初年末についての調査、処理と無処理間の差は統計的に有意

ビメンタの葉が黄色になりかけると、多くの人は、肥料不足と考えて窒素を中心に化学肥料を施している。なるほど当座は、肥料の効果が現われ葉の色も回復するだろう。しかしビメンタがそのような反応をみせるうちは、線虫の寄生が比較的軽く、根も不十分ながらまだ機能しているからである。しかし寄生密度が高いビメンタの根は、肥料を吸収する力さえなく、したがって大部分の肥料は無駄に失われてしまう。肥料の無駄もさることながら、もっと問題なのは、施した化学肥料による土壌物理性の悪化で、とくに化学肥料によって畑の土はますます固くなり、ビメンタの根を窒息状態に追込むことである。根というものは、もちろんその生長に必要なエネルギーをとるために呼吸をし、呼吸には酸素が必要である。根の生長に必要な土というのは、固い土ではなく、適度な空気（通気性）と水分を含んだ柔い土のことである。

これまでネコブセンチュウを中心に述べてきたが、ひと口に線虫といってもネコブセンチュウだけが線虫ではなく、またすべての線虫がネコブセンチュウのように有害とも限らない。ここで土壌線虫と総称される線虫の一群について簡単に説明したい。

どこの土にも土壌線虫と呼ばれるたくさんの種類の線虫が住みついている。畑で一握りの土をとれば、その中にはかならず数え切れないほどの線虫がいるのである。それらの線虫は、肉眼ではみえないが、形は細長く、長さが平均でやっと1ミリ、その種類の数は優に1万を超えるといわれている。実はビメンタのネコブ

センチュウもこの数ある土壤線虫の中のたった1種に過ぎないのである。

土壤線虫の大部分は、高等植物には寄生せず（つまり作物に対して被害を及ぼさず）、土の中のくさった根や、その根に群がるバクテリア（細菌）、カビ（糸状菌）、仲間の線虫などを食べながら生きている。したがって肥沃な土ほど、微生物が多いのでそれに群がる土壤線虫の数も多い。むしろ土壤線虫が全くいないような自然の土というものは考えられない。つまり土壤線虫は、ミミズ・バクテリア・カビなどと同様に、土壤中の動植物遺体を分解しながら酸素や有機物の多い肥沃な土を作りあげる土壤微生物群の一員としての重要な役割を果たしている。

ところで、すでに第1章で述べたように、土壤中のあらゆる生物は、食物連鎖の原理によって、お互い食べたり食べられたりという関係の他の生物（天敵）と同居し、それによって自然（土壤中）の生物的バランスもまた保たれる。いい換えれば、土壤線虫もまた数多くの天敵をもち、それらの天敵と同居しながら生きている。そしてこの天敵は、土壤線虫の密度を土壤微生物全体の中である線虫に占める生物的機構としてはたらいっているのである。このようにはたらきは、微生物の種類や数がゆたかな土ほど安定し、また大きい。

一体、線虫の天敵にはどんなものがあるだろうか。これまでウイルス、細菌、カビ、原生動物、捕食性線虫などが知られている。

たとえばある種のウイルスは、ネコブセンチュウがこれに感染すると、幼虫の動きが鈍くなり、成虫は産卵数が減る。原生動物（アミーバやマラリヤ病原虫が含まれる単細胞の最下等動物）では、直径5ミクロン（0.005ミリ）以下の円盤状の微孢子虫類が線虫のからだにとりつき、しだいに数をふやし線虫をたおす。日本ではこの天敵が、実際の畑でネコブセンチュウの密度をおさえている例が観察されている。捕食性線虫とは、線虫を食べる線虫のことで、代表的な捕食性線虫として「モノンカス属」があり、この線虫は大きな口と鋭い歯をもち、線虫をつかまえては丸呑みする。

〈土の中には線虫を殺すカビがたくさんいる〉といっても信じ難いと思う人が多いであろう。しかし事實は、最もふつうで最も効果的な線虫の天敵が、この線虫捕食菌と呼ばれる土の中に住むカビの1群である。百種類以上の線虫捕食菌が知られ、これらが線虫を捕える方法もカビの種類によって異なる。たとえば、からだ（菌糸）の一部から粘質物を出し、それで線虫をとらえたり、枝分れした細胞の先端に粘着性のイボを作ってそれで線虫をとらえたり、菌糸の網を張って線虫がそれにひっかかるのを待つ種類もある。さらに進化した種類では、菌糸のあちこちに環状の捕捉器官を作って線虫が近寄るのを待ち、線虫が環の中にはいり込んだ瞬間に環がしまつて線虫をとらえる。いずれの種類、いずれの方法でも、線虫はカビに捕まったら最期、カビは線虫との接触部

分から菌糸を線虫体内に伸ばし内容物を餌食にしてしまう。

線虫捕食菌はどんな畑に住みついているのだろうか。10年以上まえに日本で全国28カ所から畑土壌を取寄せて調べたところ、うち26カ所から網形成菌、環形成菌、イボ形成菌、の順に多くの種類が検出された。また1カ所から数種類の捕食菌が同時に検出されることも少なくなかった。つぎに5年ほどまえの調査では、全国9県のモモ園の土壌から、6月には75カ所中61カ所、10月には95カ所中89カ所から線虫捕食菌が検出され、また全国12県のミカン園土壌の同様な調査でも、5月には108カ所中95カ所、10月には109カ所中107カ所から検出された。検出されたカビの種類は、アースロボトリス、モナクロスボリウム、ダクチレラなど11種に及んだ。これらの結果から判断すると、線虫捕食菌というものはどこの畑にもまず例外なく住みついているといえそうである。むしろそれは当たりまえな自然現象と考えてよいであろう。

畑に有機物を入れたり糞肥をすき込めば、それらを分解して栄養にする細菌やカビが当然ふえてくる。したがって同じ仲間である線虫捕食菌もふえ、その活動がますます活発になり、ネコブセンチュウの密度を低くおさえる力としてはたらく。昔から堆肥の施用が線虫防除に有効といわれてきたが、その場合、有機物の投与が土壌の理化学性の改善と作物の植生に効果を及ぼすというだ

けでなく、線虫捕食菌を含む天敵微生物の増殖と活動をうながす効果も大きいと思われる。むしろこの三者、つまり土壌理化学性の改善、作物植生への効果、(天敵)微生物の繁殖は、それぞれ切り離せない密接な関係にある、と考えるべきであろう。これとは逆に、化学肥料の多用の結果、有機質に乏しい、乾季には石のように固くなる土(ピメンタ園にはそのような土が少なくないのだが)ではどうであろう。有機物に群がる微生物やミミズのいない死んだ土では、もはや線虫捕食菌の繁殖も活動もありえない。

線虫捕食菌もカビの仲間であるから、その増殖や活動には温度(地温)の影響を大きく受ける。実験によると、捕食菌の種類によりかならずしも一律ではないが、その発育適温はほぼ20~30℃、とくに25~30℃の範囲が最適である。一方、ピメンタ園の地温を考えると、除草した裸地状態の園で深さ5センチの地温が、乾季には毎日かならず25℃と42~43℃の間の上下変動(日較差)がみられ、その最高温度が45℃に達する日も少なくない。つまり深さ5センチの地温は、裸地状態ではその日の気温を約10度も上まわる高温を示すのがふつうである。とすれば、このように毎日繰り返される地温の上昇は、線虫捕食菌に対しても致命的な効果をもたらすと考えられる。そもそもピメンタ園の土壌管理法としての清耕裸地というものが、日本のような温帯ならばともかく、きびしい乾燥と地温の異常高温が半年にも及ぶこの熱帯で、果して成り立つものであろうか。少なくともそれは、線虫

防除という面だけからみても、せつかく期待できる自然の手による有効な手段をみずから放棄することになるのである。

殺菌力の強い農薬を畑に使ったらどんな結果を生むだろう。もし仮りに、その薬剤が強い殺菌力にものをいわせて今まで線虫増殖の歯止めとしてはたっていた土の中のカビや細菌までも皆殺しにしたとしたら、線虫にとっては天敵皆無の環境となって、線虫だけが爆発的に増えられる条件がそろふことになる。われわれは、これが仮定の問題ではなく事実であることを多くの例でみてきた。たとえば殺菌力が強く、また著名な毒ガスでもあるクロールピクリンは、それを土壤に使ったためにネコブセンチュウの増殖がそれを使わなかった場合よりもかえってはげしくなった、というような例である。

ネコブセンチュウの勢力をおさえるのに有効にはたらく自然の仕組みを、われわれはもっと大事にし、上手に利用することを考えねばならない。それはまず、微生物のゆたかな生きた土を準備することにはじまり、結局はそれにつきるように思われる。

第5章 コショウ園の土壌管理

— 敷草(マルチ)と 対抗植物の草生 —

これまで4章にわたって述べてきたことを要約すると、まず第1章では、自然の中に本来備わる生物的均衡による病害虫抑制機構をわれわれはもっと利用すべきであり、またそれを利用しない限りビメンタのプランテーションは成功しないだろう、ということであった。第2章では、ビメンタの根腐病はブラジルだけの問題ではなく、インドネシアのコショウ栽培の実状からみても、生木支柱栽培では問題は少ないが、堅木支柱栽培には共通な病害であること、またネコブセンチュウの高密度寄生という点も同様に共通なことを述べた。さらに第3章では、トマト・キュウリ・ワタなどのフザリウム菌で起こるとされる病害にネコブセンチュウが関与している事例が多く、ビメンタの場合も、フザリウム菌による感染およびその後の感染拡大の過程でネコブセンチュウの関与が十分考えられることを述べた。第4章では、ビメンタの根にはネコブセンチュウの寄生がきわめて広範囲かつ高密度であること、したがって高温条件でのやさい栽培の例などからみて、ビメンタの根腐病対策のまえにまず線虫対策が考えられねばならないことを述べた。

1976年4月以来、トマスーの熱帯農総試で、ピメンタ根腐病について、専門である線虫学の立場から試験研究をつづけてきた私は、これまでの試験をとおして、日本の農業つまり温帯農業とアマゾンの湿潤熱帯農業との相違を身近かにみてきた。その相違はひと口にいて、まず第1に、熱帯での有機物分解の圧倒的な速さであり、第2に、きびしい高温乾燥が半年も続くことである。この特徴は、当然のことながら熱帯作物全般の栽培技術に大きな影響を及ぼさずにはいない。とくに、作物栽培の基盤である「土壌」とその「地力」の保全、つまり土壌管理法そのものの中に、長所を生かし短所を補なう形で採り入れられている。それは端的にいて、熱帯でのプランテーションは土壌病虫害対策を組み込んだ土壌管理によらなければ成り立たない、ということである。ネコブセンチュウの防除に有効な対抗植物であるフェラリア（マメ科緑肥作物）の草生によって何十年も続いているゴム園の栽培にも、大量の落葉（有機物）の堆積による土壌管理を木自体が行なっているといつてよいカカオの栽培にも、それがいえる。反対に、ブラジルのコーヒーが移動農業（焼畑農業）の見本のようにいわれ、事実、年を逐って南に移動してしまったのは、ゴムやカカオにみられるような土壌管理がこの作物にはなかったからではないだろうか。

ピメンタも熱帯作物のひとつである以上、その例外ではありえないはずである。にもかかわらず、率直にいて、ピメンタがあ

たかも熱帯作物でないかのように、温帯の栽培技術をそのまま適用させているのがビメンタ栽培であった。日本の栽培技術をほとんどそのままの形でアマゾンに持ち込んでいるといってもよい。以下にビメンタ圃の土壌管理を述べるに先立って、まずこの問題提起をしておきたい。

ビメンタ圃の土壌管理も、当然、前述の視点からとらえられねばならない。具体的にいえば、ネコブセンチュウ対策やフザリウム菌対策を組み込んだビメンタ圃の土壌管理とは何か、が考えられねばならない。それはつまるところ、ネコブセンチュウやフザリウム菌が侵入感染してもそれをはね返す健康なビメンタに育てることにほかならない。そしてそのための土壌管理法とは何か、をここで考えてみたい。

ネコブセンチュウもフザリウム菌も、もともと土壌微生物群の一員と考えてよい。したがって自然条件では、その中の線虫や菌だけが急に増え出したりするようなことは起こらず、(つまり“有害”と呼ぶほどの密度に至らず)つねに自然のバランスがそこにある。一方、作物に病害虫の被害が現われるのは、多くの場合、いままでいなかった病原がそこに新たに住みついたからではなく、いままでのバランスが何かの原因で崩れ、ある病原だけが急に増え出した場合に限られる。したがってビメンタの場合を考えれば、ネコブセンチュウやフザリウム菌が根のまわりで急に増え出さないよう、根のまわりの土(根圏土壌)の微生物

群全体がしっかりとその歯止め役を果たしてくれる必要がある。健康な根とは無菌状態の根ということではない。

・ 土壌管理法には大別して3つある。一つは、ビメンタの周りをきれいに除草し、圃全体を裸地とする方法（深耕法または裸地除草法）、第2は、除草をせず、代りに草を植えて地面をおおう方法（草生法）、第3は、刈り取った稲わらや草を地面に敷く方法（マルチまたは敷草）である。それぞれ長所短所があるが、それを表で比較してみよう。

腐植(裸地雑草)	草 生	敷 草 (マルチ)
<p>固形衛生 (腐植虫菌主体の除去)</p> <p>水分の競合なし</p>	<p>浸蝕防止 有機物供給 (刈込、落葉、根の更新) 土壌構造の改善 (腐植の効果)</p> <p>地温調節 水分保持と還元 雑草抑制(部分) 線虫勢力抑制(対抗植物)</p>	<p>浸蝕防止 (土砂のはね上りによる腐植の手防を含む) 水分供給 (有機物供給→微生物による無機化) 土壌構造の改善(表層)</p> <p>地温調節 乾燥防止(土壌水分の調節) 雑草抑制 線虫勢力抑制(?)</p>
<p>土壌浸蝕 (土砂のはね上りによる 崩壊の拡大) 有機物減少 根茎腐敗(保肥力の減少) 地温上昇 土壌の乾燥(硬化)</p>	<p>水分の競合</p>	<p>材料の確保が難しい 火災の危険</p>
<p>腐植に不向き? 有機物施用でも不十分</p>	<p>刈込み助行 崩壊とすき込み 草生部分の制限 (マルチとの併用)</p>	<p>雑草地の固定 草生部分からの刈草利用 敷草部分の制限(草生との併用)</p>
<p>有利な点</p>	<p>不利な点</p>	<p>同上の対策</p>

清耕法は、表土が雨によって沈亡したり、有機物の減少や塩基の溶脱による保肥力の減退など、この方法は基本的に地力の低下を一方的に招来し、後述の草生や敷草のような地力の維持増強には全くつながらないという大きな欠点がある。さらに、地温の上昇と土壤の乾燥による土壤物理性（水分や通気性）の悪化、とくに土壤の硬化がはげしく乾季には根を枯死させる危険が大きいなどの点も考えると、清耕法は本質的に熱帯の土壤管理法としては適さないと考えざるをえない。トメアスーでは従来、ビメンタ園の土壤管理を主としてこの方法により、わずかにマモナ粕、ムクナ粕、骨粉などの有機質肥料を与えることによって地力の維持を計ってきた。しかしそれでも清耕法の致命的欠陥である地力の低下はさけられなかったのである。

草生法は、表土の浸蝕の防止、草自体からの有機物の補給、草の根群伸張による土壤深部までの構造改善など、長い目でみて地力の維持増強をもたらす点で清耕法にくらべはるかにすぐれている。また日中の地温上昇と夜間の放熱を抑える地温調節効果や、草自体が養分を保持しいつでもそれを土に還元できるという利点もある。さらに草生に使う草の種類を、ネコブセンチュウの寄生を受けないというだけでなく積極的に線虫密度を下げるようなはたらきをする植物（これを「対抗植物」と呼ぶ）を用いることによって、草生による線虫勢力の抑制という大きな効果も期待できる（前述したゴム園のプエラリア草生がそれである）。

このような観点から、われわれもこれまでトメアスーのビメンタ園に利用できそうな対抗植物を200種近い中から探してきた。乾季にも枯れず、緑肥作物としても利用できそうな実用性の高い対抗植物となると、その種類はかなり限定されるようであるが、いまのところその候補はつぎの植物の中に求められよう。ラッカセイ (*Arachis hypogaea*)、ラッカセイ野生種 (*Arachis prostrata*)、フェジョンガンズー(木まめ) (*Cajanus cajan*)、セントロセマ (*Centrosema pubescens*)、各種クロタラリア (タスキマメ) (*Crotalaria mucronata*, *C. retusa*, *C. spectabilis* など)、デリス (*Derris elliptica*)、多年生ダイズ (*Glycine wightii*)、シラトロ (*Phaseolus atropurpureus*)、プエラリア (*Pueraria phaseoloides*)、ムクナブレッタ (*Stizolobium deeringianum*)

トメアスーではひところ、プエラリアやムクナブレッタがビメンタの下草として用いられたが、ビメンタにからみつきやすいという理由ですっかり敬遠されてしまった。しかしこれなどは、ゴム園では今でも広く利用されているように(それはプエラリアの対抗植物的効用を知ったうえでの利用ではなく、経験的に見出したものと思われるが)、この草の大きな生草量と乾燥にも強い雑草的な根強さを考えると、利用への再考の余地はあろう。またムクナブレッタは、いまでもサンパウロ州の一部でダイズやワタの

ネコブセンチュウ退治に利用されている。

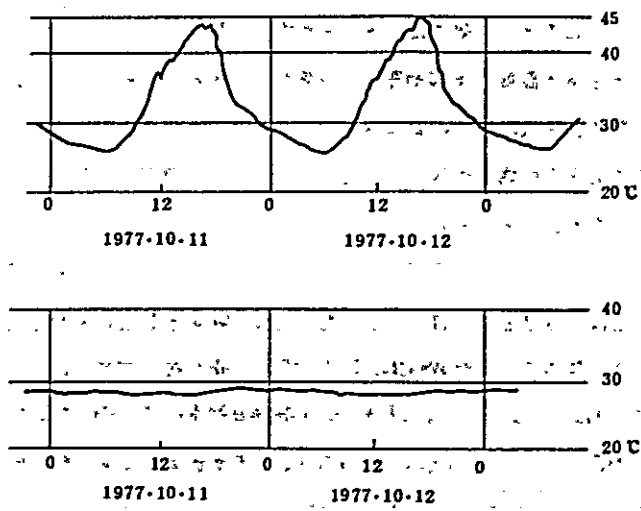
草生法の最大の問題点は、草とビメンタとの間の養水分の奪い合い（競合）である。草がよく育っても、そのためビメンタが栄養不良となつては収量があがらず問題である。また元気がないビメンタは第一に線虫や病菌に対する抵抗力も衰えている。ただ草生法では、草として伸びた分はいつでも土に還元できるので、長い目でみれば、競合がビメンタを枯らすほどひどくない限り、大きな損失にはならない。ビメンタへの影響（競合）が大き過ぎる場合には、刈込みを丹念に行なったり、草生部分を制限して敷草（マルチ）と併用する、などの方法を考えねばならない。草とビメンタとの間の競合は、実際は水分の競合よりも窒素分の競合の方が大きいともいわれている。また草の種類ではイネ科の方がマメ科よりも大きく競合するようである。

つぎに敷草による土壌管理法では、まず第一に、まへの草生法にみられるような養水分の競合の問題が全くなく、また地力の維持増強、地温調節、土壌硬化の防止、雑草抑制などの点でも、草生と同等またはそれ以上の効果が期待できるので、将来のビメンタ栽培には敷草による土壌管理は欠かせないものと思われる。敷草によって作物の生育がすぐれるのはなぜか？ まだその説明は十分ついていないようであるが、私はつぎのように考えている。

まず第1に、敷草の分解による土壌への有機質の補給と、それに伴う土壌の保肥力の増大、各種微量要素の供給など、いわゆる

土壤化学的効果、第2に、土壤物理性の改善効果、とくに土壤温度の調節と土壤を乾燥から守ることによる保水力と通気性の増加、第3に、有機物補給に伴う土壤微生物の増殖と、その生物的均衡による病害虫勢力抑制効果など、いわば土壤生物学的効果である。そしてこの3つの効果は、それぞれ密接に関連し合い、たとえば水・空気・温度の土壤物理性の改善が、有機質の分解や、土壤の保肥力、土壤微生物の繁殖など他の2要因をますます促進させ、このことが作物の生育にとってますます好適な環境を作り出すことになる、と考えられる。

敷草の地温調節効果がいかに大きいかは、われわれの調査結果にもはっきりと示されている。たとえば、敷草をしない場合（清耕）、深さ5センチの地温は25°Cと45°Cの間を毎日変動し、この日変化は深さ10センチ、20センチの場合も変動幅がややせばまるだけで傾向としては変らない。これに対し、チガヤを厚さ20センチに敷草した場合、深さ5センチの地温の日変化はほとんどゼロといってよく、しいていえば27~29°Cの範囲（平均28°C）の安定した温度条件となっている。敷草をした場合としない場合のこのような地温の相違は、作物の根群発達および根圏微生物の繁殖と活動に直接的な影響を及ぼさないはずはなく、とくに敷草をしない場合の45°C近い高温が微生物に及ぼす阻害効果は無視できないほど大きい。



チガヤ敷草区と清耕区の地温の比較

深さ5センチ、乾季(10月)、
 場内「畑地試験ほ場」
 上：清耕区 下：敷草区

敷草がどのような機構で線虫勢力をおさえるかについては、残念ながらまだ解明されていない。現在われわれが実施中の試験は、根腐病発生跡地のネコブセンチュウ高密度ほ場にビメンタ苗を新植し、毎月ビメンタの伸長量と線虫密度を調べてきたが、この試験でみる限り、敷草の株元施用と苗植付時の殺線虫剤処理の両者が、それぞれ無施用（無処理）にくらべ際立って高い効果を示している。敷草の線虫勢力抑制効果は、線虫への直接的致死作用というよりも、有機質の補給→土壌物理性の改善→根群の発達→作物の対線虫抵抗力、であるか、あるいは、有機質補給→根圏微生物の増殖→天敵による線虫密度上昇の歯止め、のいずれかであろう。またそのいずれの場合もありえるように思われる。

敷草にも、その実行を困難にさせる要素が2つある。材料の確保が大変なこと、および乾季の火災の危険である。このうち後者についていえば、一たん火災に遭えば永年蓄積した財産がたちまち灰に帰するという点では軽視できないが、ただビメンタ園の土壌管理の中での最優先条件とは思われない。ビメンタに限らずカカオでもゴムでも、火災は土壌管理以前の問題と考えたい。それよりも前者の材料の確保の問題の方が大きい。いずれにせよ、これらの困難な要素を少しでも緩和し、またもう一つの土壌管理法である草生法の利点を採り入れた方法として、株元部分に限っての敷草と、他の部分での対抗植物の草生、という組合せが考えられてよい。この組合せの効果について、われわれも対抗植物のさ

さまざまな草種で試験を実施してきた。いまのところ、線虫密度を下げる効果が大いというだけでなく、ピメンタとの養水分の競合が比較的少なく、生草量がかなり多く、しかも乾燥にすこぶ強いという点で、シラトロをわれわれは最も有望視している。

敷草の材料としては、有機物の分解のできるだけおそい（つまり敷草として永持ちするような）イネ科の草本が一般に用いられる。イネ科以外のマメ科やキク科では、分解が早すぎて本格的な敷草の材料とはならない。イネ科の中では、採草地として生産可能なその土地に合った材料であること、入手が難しくないこと、生草量が多いこと、敷いた草が簡単に根付かないこと、などの条件を満たすような草であることが望ましい。もっとも、条件のすべてを満たすような材料は見出しにくく、今のところ比較的使いやすい材料をえらぶしかない。これまでの試験でみる限り、チガヤもカビングァテマラもその一つである。チガヤを1976年5月末に厚さ20センチに敷草した試験区は、1年後でもまだ7センチの厚さの敷草が残った。カビングァテマラでは、同じ厚さでも約9カ月後から地面が現われ、のち雑草が生えはじめた。1977年5月末に両草種とも再び厚さ20センチまでの敷草を補充し、同年9月の初収穫（定植2年目）を調査したところ、基肥を与えただけで1年半近く無肥料にもかかわらず、チガヤ敷草区のピメンタの株当たり乾燥子実重は1,498g（約1.5kg）、カビングァテマラ敷草区のそれは1,973g（約2kg）、対照の深耕裸地区は725gで、試験を

はじめた当初は想像もつかなかったほどの際立った敷草の効果が示されている。なおベレーン市の研究所に永年滞在されたビメンタ栽培の農学専門家寺田慎一博士は、敷草の材料としてカビンマトグロッソを推奨され、またベレーン市近郊のカスタニャールで小林礼三郎氏は、カビンサントの敷草により10年に近い見事なビメンタ園を経営しておられる。

「敷草の効果は認めるが、何千何万本のビメンタにそれだけの材料を集めるのは大変だ」と考えている人も少なくない。確かに事実はそのとおりである。しかし私はその意見に賛成しかねる。なぜなら、何千何万本のビメンタ——という条件が先にある、それを管理するのにどのくらい労力が要るかを考えるのは、考え方が逆だと思ふからである。そうではなく、ビメンタ園の土壌管理はいかにあるべきかがまず考えられ、それに見合った栽培がなされるのでなければ、そもそもプランテーションというものは成り立たないであろう。この熱帯の強烈な直射日光と長い高温乾燥期を、ビメンタが敷草なしで耐えられるとは思われない。ビメンタの根を高温と乾燥から守るために必要な敷草は、同時に、自然の手による病害虫抑制機構を積極的に利用することにもなるのである。したがって、ビメンタ園に敷草を毎年1回は欠かさぬよう、園に隣接させて、それと同面積またはそれ以上の面積の採草地を設定することが、将来のビメンタ栽培には不可欠であろうと考える。

雑草対策もまた熱帯農業の土壌管理の中ではとくに重要な課題の一つである。熱帯のきびしい気象条件を何十年何百年も生き抜いてきた雑草たちは、どれもがこの土地に合ったがってひ弱なビメンタにくらべればはるかに強靱な生命力をもっている。だからこそ、熱帯の作物栽培は雑草との戦い、といわれるのである。当然、ビメンタ園の土壌管理の中に雑草対策が組込まれる必要がある。その点で、敷草や草生による土壌管理は、滑耕法にくらべてはるかにすぐれているといえよう。雑草を繁茂させたまま敷草でそれをおおうと、雑草の根が腐植化し、それだけ土壌の通気性や透水性を増し、作物にとっても一層つごうのよい土になる。

トマス地区のビメンタ園の主な雑草について、それがネコブセンチュウの寄主植物かどうか（つまりその植物でネコブセンチュウが増えられるかどうか）を調査した結果では、28種のうち21種が寄主植物であった。つまりビメンタ園の雑草の大部分は、ネコブセンチュウ寄主植物としてその増殖の母体となりえるわけで、したがってビメンタ園の除草を丹念に行なわない限りネコブセンチュウはいつまでも死に絶えることがない。これまでわれわれが確認したネコブセンチュウの寄主雑草としては、つぎのようなものがある。セジナリホホズキ、サツマイモ（栽培種の雑草化したもの）、ルコウソウ、タカサブロウ、ベニニガナ、エビスグサ、ヒユ、スベリヒユ、ウリクサ、オヒシバ、メヒシバ、ゴメカセクサ、クグカヤツリ、テンツキ、イネ科およびカヤツリ

グサ科の数種。このうち、キク科の白い小さな花をつけるタカサブロウは、当地区に広く自生し、しかも“根こぶ”が他の種類の雑草よりもはっきりしているため、ビメンタ園のネコブセンチュウ密度の診断に指標植物として使える。

最後に化学肥料について一言触れておきたい。「敷草も、フェウリアの草生もやったが、それでも病気には勝てなかった」という移住地の声を聞いた。敷草をしたためにかえってフザリウム菌が繁殖し、ビメンタが病気で全滅した、と考えているようである。病気に勝てなかったというその敷草の施用条件（施用量、時期など）が今となってははっきりしないが、はっきりいえることは、敷草をしたためにかえって病気が早まったり、ビメンタの寿命を縮めたり、ということはない、ということである。この例の場合、ビメンタが枯れた原因は敷草ではなく化学肥料の方にあったように思われる。つまり敷草をしたうえに、敷草をしない場合と同量の窒素肥料（尿素）を与えれば、当然、敷草からの殺分も加わって窒素過剰になってしまう。敷草にプラスして化学肥料を与えれば肥料の分だけ効果が上乗せされる、と考えるのは誤りである。とくに窒素肥料のやり過ぎが、植物の組織を軟弱にし、病菌への抵抗力をいちじるしく低下させることはよく知られていることである。

おわりに

これまでビメンタ根腐病について、熱帯農総試による未発表の試験成績も含め、私の考えを述べてきた。まとまりのない文章に最後までお付き合い頂いたみなさんにお礼を申しあげると同時に、重ねたページの割りには乏しい内容に終わったことをお詫びしなければならない。自分の考えを他人にもわかるように書くことは私にとって簡単ではない。この記事が果して標題どおり「コショウ根腐病防除」への指針たりえるかどうか、私には判断しかねる。ただ私の意図は最初から、みなさんに私の考えを押し付けることではなくて、みなさん自身がこれまでの栽培をふり返り、必要があれば考え直してもらうような、その材料を提供することであった。そのための呼び水としてこの記事が少しでも役立つことがあれば、というのが私の念願である。

「学問に王道なし」ということわざがある。物を知るのに平坦安易な道はありえないという意味で、何事によらず事を成功させるのは楽でないことを戒めた言葉だが、最後に私がいいたいことも、このことわざのとおり、ビメンタ栽培にも王道はない、ということである。数草の効果は大きいですが、それには材料の確保が大変という困難がつきまとう。しかしそれが、大変ではあっても不可能でない限り、本当に健康なビメンタ作りを望む人には、それ

以外の王道はないことを申しあげてこの記事を終りたい。

最後に、未発表の試験成績の本記事への登載を含め、私の執筆に対し、終始、多大のご理解とご協力を頂いたアマゾニア熱帯農業総合試験場の吉田場長、柴田室長、大堂・浜田両職員の各位に対し厚くお礼を申しあげる。また赴任当初から変らぬお世話を頂いている長崎理事，末永・木戸両移住第一業務部長，小松・仁科両ベレーン支部長，寺神戸・奥村両農牧課長の各位に対し深く感謝申しあげる。

