

## エンドファイトによる病虫害への効果

ジャッククリーン・シード社 研究開発部長

農学博士 ダグラス ブレディ

### 1 はじめに

エンドファイトは植物体内に寄生する菌で, Endo (Inside…内部) と phyte (plant…植物) の合成語です。

この菌は10年ほど前に家畜病理に関する牧草の研究者によってニュージーランドで最初に認識され, アクレモニウム菌が感染した植物の葉脈に存在することが明らかにされました。感染しても外的症状はなく, 植物と共に存し, 菌は植物を保護する化合物を生成します。この化合物は家畜に有害ですが, 同時にメイガ, ナンキンムシ, ゾウムシの害虫防除にも有効です。

エンドファイトに関しては, 様々な誤った認識があります。この菌が植物の耐干性, 耐病性, 永続性, 密度, 草勢, 生産性などを増長するかのように考えられていますが, ほとんどのものはいまだ立証されていません。ここでは, エンドファイトの正しい理解と情報を提供いたします。

エンドファイトの菌は効力のあるものと効力のないものがあります。

今日は効力のあるものを中心にではなくて, 効力のないものについて, どうして効力がないのか, ということについて詳しくお話をさせていただきます。

エンドファイト菌というものには, たくさんのいろいろな菌の種類があります。その中でも, 実

際に芝生の中に存在する菌と存在しない菌があります。ですから, エンドファイト菌が入っているというように紹介されている品種でも, 必ずしもそれが正当なものではありません。そういう意味でも, エンドファイトの強い品種だと紹介された場合, それのみで害虫の防除になると考えられては間違います。

エンドファイトというものは1つの「道具」, または「保険」であると考えてください。

エンドファイト菌の高い品種だからといって, 虫の害には絶対効果があるという考えはここで捨ててください。あくまでも, エンドファイトというものは1つの「道具」, ですから, 皆さんゴルフ場の管理を行なっている中で, いろいろな機械を使用していますが, その機械の1つであると考えてください。

エンドファイト菌を実際に顕微鏡で見ると植物細胞の中に糸状となって存在しています。そして, 日本で間違って報告されているのは, エンドファイト菌がはたして植物体のどこにあるかというこ



とです。

エンドファイト菌というものは、茎及び葉の一部に生存する菌です。葉の上部にはエンドファイト菌は存在しません。ですから、地上から第2葉の上あたりまでしか生存しません。それから、特に根にはいっさいエンドファイト菌というものは生存しません。これが日本において、根にもエンドファイト菌があるというように紹介されていますが、これは間違います。

## 2 エンドファイト菌の家畜に対する影響

エンドファイト菌は前述のとおり、ニュージーランドで初めて発見されたものです。その発見された根拠となったものはエンドファイト菌が家畜に対して、特に、放牧する肉牛に対して、どういう悪影響を及ぼすかということで発見されたものです。

同じ年齢の牛をエンドファイト菌の高いトールフェスクの品種の牧草地で飼育した牛とエンドファイト菌の弱いトールフェスク品種の牧草地で飼育した牛の比較試験があります。両方ともに放牧期間は同じですが、一方の牛は色つやもよく、体重もしっかりしておりました。他方のエンドファイト菌の高いトールフェスクの品種の牧草地で飼育した牛は、特に足の部分がけがをしていました。これはけがではなくて、病気による後遺症がでていたわけです。つまり、エンドファイト菌というものが家畜に対して極端な体重減を引き起こし、最後には死にまで追いやります。こういった症状からエンドファイト菌というものが発見されたわけです。

また、ニュージーランドにおいて、羊の放牧試験を行いました。頭数、放牧期間も同じ状態で管理した試験圃で、一方がエンドファイトの高いペレニアルライグラスの草地、他方がエンドファイトの低いペレニアルライグラスの草地としました。食い込みが全然違いました。というのは、動物自体がエンドファイト菌というものが分かるわけです。ですから、エンドファイトの高い草は嗜好性が落ち、食い込みが悪いので、はっきりと試験結果に表れました。

エンドファイト菌というものは、このように動

物に対しては非常に有害な菌です。この有害な菌を食べることによって虫も死ぬわけです。

それでは、どうやって食べるかというと、地上部にいる虫がエンドファイト菌にかかっている茎及び葉を食べることによって、それを消化する過程において有害菌の効果が出て最終的にはその虫が死ぬということになります。

## 3 エンドファイト菌が芝生の耐虫性を高める？

10年前に、初めてエンドファイト菌が牧草地において有害であるというように発見されてから、いろいろ研究されてきました。その中で、エンドファイト菌が芝生に対しては、逆にプラスになるものであるということが分かりました。その研究を進めたところ、どういう形でプラスになるかというと、害虫の防除に役立っている、という研究結果がでました。

ニュージーランドでの芝生の試験で、1982年から4年間にわたり、毎年同じプロットでエンドファイト菌の高い品種と低い品種を比較した植生としてのターフ・クオリティ（芝生品質）の試験を行いました。初年目については、評点は9と8.7で、同じような状態でスコアされました。4年後は、エンドファイト菌の高い芝生に永続性があり、なおかつ、評価の高い6.7というスコアでしたが、エンドファイト菌の低い品種はエンドファイト菌の効果がなく、永続性がなく、4年後は4.8という悪い評価となりました。

## 4 芝生には有害ではない

エンドファイト菌というものは、植生も特性を失うほど有毒なものではありません。エンドファイト菌によって芝生の特性が劣るということはいっさいありません。

しかし、その中でもイネ科のものに対しての害といいうものは品種の生産を行う立場においては、エンドファイト菌によるダメージといいうものがみられています。

エンドファイト菌にはチョーク型と非チョーク型があります。チョーク型のエンドファイト菌は種子を採るときに、下の茎の囲りの部分が絞めら

れることによって、栄養分が上に行かず、穂が白くなります。こういった種子生産の場において、エンドファイト菌の害は認められます、ゴルフ場においては、芝生に対するエンドファイト菌の害はいっさいありません。

エンドファイト菌というのは、世界のごく一部にあるものではなくて、今までに報告された報告結果を基にすると、世界各国どこの場所にもエンドファイト菌という菌は存在しています。

## 5 害虫の多発年に効果

現在の研究の中で、エンドファイト菌というものは6種類が見つかっています。

その中で、イネ科牧草、植生に効果の認められているエンドファイト菌はAcremoniumという2つの種類の菌が発見報告されています。

ペレニアルライグラス及びファインフェスクのエンドファイト菌含有が高いと認められた品種とエンドファイト菌含有が低い品種との品種比較試験で、害虫によるダメージの差がはっきり出ています。しかし、ここで注意していただきたいのは虫が多発した年に差がはっきり出るということです。

天候、虫の発生の普通な年においては、このようなエンドファイト菌による効果というものは認められません。5~6年の周期で虫が多発することがありますが、こういった時にエンドファイト菌の効果が得られるのであって、毎年毎年には、その効果ははっきり出ません。

ですから、種子を買うときにエンドファイト菌の高い品種を買えば虫の防除になるという考えはここで捨ててください。エンドファイト菌は先ほど言いましたが「保険」と考えてください。何か天候不順が起きて、それが理由になり、害虫が多発した時のみに「保険」として、たまたまエンドファイト菌の高い品種を使ったために害虫の防除に役立つという考え方へ変えてください。

## 6 エンドファイト菌の高い品種は芝生品質が良い

東海岸のラッカジー大学において、エンドファイト菌の高い品種と低い品種を試験したところ、

我々のペレニアルライグラス「オールスター」、「アドベント」はエンドファイト菌の高い品種として認められています。

次に、エンドファイト菌が植物体の中で何年間生きるかという試験を行なったところ、エンドファイト菌の高い草種については、1976年から1983年にだんだん芝生の品質（ターフ・クオリティ）が高くなっています。エンドファイト菌の低い草種についてはだんだん芝生の品質が落ちています。というのは、エンドファイト菌の含有が高いほどエンドファイト菌が永続し、そして、害虫に対しての防除にもなり、本来の芝生としてのクオリティを保てるという結果となっています。

片親が同じのトールフェスクの品種で同じ血統の中でもエンドファイト菌の高いものと低いものがあります。エンドファイト菌の高い品種は葉も細く、色も非常に濃い、なおかつ高密度であるということで芝生としてのクオリティの良いものになっています。

しかし、先ほども言いましたが、エンドファイト菌を持った品種を使うということは「保険」ということで考えていただきたい。通常の年については、エンドファイト菌の高い品種で害虫防除に目で見えるほどの効果は得られません。特に害虫が多発した年にその「保険」がたまたまあったために効くというものです。エンドファイト菌が高いということで、それに使うことによって、どんな虫にも効くということで買うのは無駄なことです。

それから、エンドファイトの高い低いというの



講演中のブレディ博士

はどういう基準で表すかということについて紹介します。

現在、市販されているエンドファイトの高い品種については感染率何%という形で紹介されていますが、その率(%)の出し方というのは、単純にその品種の種子10粒を採り、その中にあるエンドファイト菌の検出された粒数の率(%)で表しています。前述の東海岸のラッカジー大学において、エンドファイト菌の感染されている率について品種ごとに試験しましたが、トールフェスクの「スノーティ」は50%近く、エンドファイト菌の高い品種であることが認められています。

## 7 エンドファイト菌は感染しない

エンドファイト菌というものを現在使っている芝生に接種できないかという質問があるかと思いますが、これは不可能です。

エンドファイト菌というものの効果を見いだす品種を作るのは、この育種の段階のみで行われるものであって、現在、できた品種に対してエンドファイト菌を接種するということは今の技術では不可能です。

エンドファイト菌というものは、現在栽培されている、あるいは使われているゴルフ場の芝生の1つの植物体から隣の植物体に移るということはありません。あくまでも、そのエンドファイト菌というものは生育している1つの植物体のみにあって、それが感染するということはありません。

しかし、エンドファイト菌というものは種子の中には接種できます。育種の段階で、エンドファイト菌の高いものでの育種も大切ですが、今後、種子でエンドファイト菌を接種し、品種を作ることは可能です。

## 8 エンドファイト菌は高温多湿に弱い

エンドファイト菌について、その効果を最大限に保つためには、種子の保管について、普通の管理ではその永続性を見いだすことはできません。種子の管理方法、保管方法というものに対しても気を付けていただきたいことです。

すなわち、エンドファイト菌というものは、その保管状態によって、本来のエンドファイト菌の

効果が得られない場合があります。通常の場合ですと、我々の研究の結果、エンドファイト菌は約18か月保てるという結果がでています。ただ、その18か月保つためには、それなりの環境を作らなければなりません。

保管状態が高温多湿の場合ですと、スタートの段階でエンドファイト菌が90%認められた品種でも1年間保管すると6か月くらいで既にエンドファイト菌の含有率がかなり減ってきます。エンドファイト菌は温度が低く、湿度が低い状態のみにてエンドファイト菌の永続性が認められます。ですから、種子を買った後で、それをどうやって保管するかということが大切になりますので、保管状態には十分気をつけてください。

## 9 エンドファイト菌は3草種に含有

もう1つ誤解されている面があります。

エンドファイト菌というものはすべての草種にあるわけではありません。現時点の試験においては、ペレニアルライグラス、ファインフェスク、トールフェスクの3種類にエンドファイト菌が発見されています。

しかし、ケンタッキープルーグラス、クリーピングベントグラス、野芝、高麗芝については、エンドファイト菌は発見されていません。

一部、アメリカあるいは日本の中で、ケンタッキープルーグラスについてもエンドファイト菌があるということで品種紹介されていますが、それは間違っています。現時点で、世界のどこへ行ってもケンタッキープルーグラス、クリーピングベントグラスにはエンドファイト菌は発見されていません。

## 10 おわりに

エンドファイト菌というものは低農薬管理に結び付く、あくまでも1つの「道具」であり、「保険」であるということを忘れないでください。

エンドファイト菌の高い草種を使うことによって、虫害が多発したときに対する殺虫剤の量を減らす役割になります。

つまり、低農薬管理に結び付くわけですが、平年の天候状態では、その効果が大きくなればなりません。

むしろ、皆さんの日常の管理をしっかりとすることによって、もっと優れた管理ができるのです。

### 質疑応答

[問] 日本ではエンドファイトが有効であったと確認された例はないのですが、アメリカでは特定のいくつかの虫に効いたという報告があるようです。その後、近縁の虫にも有効であったという報告もあると思いますが、いかがでしょうか。

[答] 世界各国に多くの虫がありますが、例えば、日本にいる害虫とアメリカにいる害虫とは必ずしも同じものではありません。その意味で、アメリカなどでこの虫に効きます、という報告があっても日本で同じ結果になるとは限りません。ただし、ここでもう一度お話ししたいのは、エンドファイトの効力を持った品種を使うということはあくまでも「保険」である、だから、それを使って皆さんのが悩みの害虫を殺す、あるいは防除するという、それだけでの防除は考えないでください。一方、研究が進むにつれて、これらの害虫には効きます、という報告は毎年あります。

[問] エンドファイトの生存について、1年目で数値の高いほうが生存し、低いほうが衰えていくという説明は本当ですか。

[答] 高いものがどんどん上がっていくと説明したのは、芝としての特性が向上していくということではなく、毎年少しずつでもその害虫の被害があった場合に、その害虫に対する防除のエンドファイトの効力があるために、その芝の永続性が良くなっているということです。

つまり、エンドファイトレベルの低いものについては、どうしても害虫に対しての抵抗性が低くなるので、害虫に食べられ、再生が悪くなり、芝の特性を失っていくということです。

[問] エンドファイトの殺虫作用は解明されていますか。自然界の食物連鎖に悪い関係が生じる懸念はないでしょうか（死んだ虫を食べた上位動物に異状は発生しないか。最後に人間に影響がでないか）。

[答] 動物、人に対する影響ですが、人には影響

ありません。動物への影響は多数報告されていますが、長い放牧によって影響がでてくるわけなので、短期間の放牧などでは影響ありません。常食しなければ問題ないと思います。

[問] ケンタッキーブルーグラスには線虫が発生しますか。発生するとすれば、その原因と対策、その病状について教えてください。

[答] 線虫はケンタッキーブルーグラスを含むすべてのターフグラスに発生し、一般的には北方よりも線虫の活動が活発な南方での被害が大きいですが、時にはケンタッキーブルーグラスにも発生することがあります。

症状ははっきり出ませんが、根部に被害を受けると葉は徐々に黄緑や黄色、時には紫色になります。

線虫にも何種類かあり、試験室では単位面積当たりの数も確認されていますが、まだ、その研究成果は実用的ではありません。

線虫抑制には線虫用の殺虫剤(Nemacur という商品がアメリカでは使われている)が有効であり、この効果は10~14日で表れます。また、この殺虫剤は他の害虫にも効果があります。砂質土や高水分土壤は線虫の害を受けやすい傾向にあります。

[問] エンドファイトの種子伝播の仕組みについて説明してください。

[答] 植物体が種子をつけるという力を発揮したときに、種子をつけるという力で栄養分が上部に上がっていき、最終的に穂が形成されます。この時に、その力と同時にエンドファイト菌も穂の方に上がっていき種子の中に入っています。通常の段階では、種子をつける力を刈込むことによって抑制しているので、エンドファイト菌は下部にあるわけです。

[問] 一度、エンドファイト菌に汚染されると、種子を通じて後代に受け継がれていくのですか。

[答] 世代を変えない限りは、エンドファイトレベルは失われません。育種段階で他の個体を持ってきて新しい品種を作った場合にはエンドファイトレベルが下がります。育種家種子、原原種子、原種子、販売種子の段階ではエンドファイトレベルが下がるとか、無くなるということは

ありません。

保管状態を低温低湿にしておけば、長いもので10年保管できるということが分かっています。

〔問〕 エンドファイトフリーにする方法は。

〔答〕 エンドファイトフリーにする場合には、エンドファイトレベルの高いものを先ほどと逆の保存条件、すなわち、高温多湿にします。時間をかければフリーになります。これを早くしたい時は蒸気で急激にエンドファイトレベルを下げることができます。最近の研究で、蒸気のほかに殺虫剤を入れるともっと効果を上げる方法があります。牧草については、この方法を使ってエンドファイトフリー種子を作っています。

〔問〕 害虫に侵された芝のスライドがありました  
が、その害虫は何ですか。

〔答〕 それは chinci bug (カメムシの一種)だ  
ったと思います。

(注)当日の質疑応答の中では、chinci bug をコガネムシと訳しているので、コガネムシとしま  
す)

エンドファイトの高い品種は害虫の防除に役立  
ちます。ただ、そこで間違った理解をされては困るのは、どんなにコガネムシが多発してもダメージは生じます。それを100%防除することはできませんが、多発したときにエンドファイトレベルの低い品種を使ったゴルフ場とエンドファイトレベルの高い品種を使ったゴルフ場とは差が出ます、しかし、差が出てもエンドファイトレベルの高い品種を使ったゴルフ場においても100%防除はできません。すなわち、殺虫剤というものを使う必要性があります。

〔問〕 そのスライドのコガネムシは幼虫ですか、成虫ですか。

〔答〕 これは成虫です。エンドファイトは地上部

分の茎と2葉目までの葉までしか感染していま  
せん。ですから、その部分を食べる害虫には効  
きますが、根にはエンドファイトが発見され  
ていませんので根を食べる幼虫には効きません。  
昨年発生した北海道でのコガネムシの幼虫の被  
害には役立ちませんでした。エンドファイトの  
効果が出なかったと考えてください。

繰返しますが、害虫が食べる部分がポイントで  
す。上の部分(3葉以上)を食べてもエンドファ  
イト菌はないので、2葉目以下の葉を食べる害  
虫に対しては効力を発揮します。

コガネムシの成虫はサッチの厚さによってもか  
なり防除ができます。サッチが厚くなりマット  
が厚くなるほど、そのコガネムシが多発し防除  
が難しくなります。

〔問〕 北海道では、害虫としてヨトウムシが挙げ  
られます。ヨトウムシは茎を食べる所以、異  
常発生した場合に100%とまではいかなくても効  
果があると考えてよいのでしょうか。

〔答〕 効くという報告があります。

〔問〕 アメリカのゴルフ場における農薬被害と農  
薬事故例をお聞きしたい。

〔答〕 アメリカのゴルフコースでも、この20年間  
にいくつかの事故例はありますが、日本のよう  
な大反響とはなっていません。

殺虫剤ダイアジノン事故例としては、10年前に  
イリノイ州でゴルフコースからカモやキジを追  
い払うために多量に使用されたため、以後、ゴ  
ルフコースでの使用が制限されました。

殺虫剤としてはダコニールがアレルギー体質の  
ゴルファーには危険であるとされました。それ  
後、この殺虫剤の安全性は改善されましたが、  
まだ、アメリカのゴルファーには悪印象が残っ  
ています。(以下、次号)

## お願い

雪たね同友会員の期限切れの方で継続ご希望の方は会費(1か年1,200円)を納入  
されますようお願いいたします。また、住所などあて名が不正確の場合はご面倒で  
もご連絡ください。

(雪印種苗㈱ 雪たね同友会係)