

## 論文の内容の要旨

論文題目 イネシנגレセンチュウの個体群動態と防除に関する研究

氏名 星野 滋

イネシングレセンチュウ(以下、線虫と称す)の個体群動態および線虫とイネの相互関係について研究し、これらの成果によって、線虫の総合的害虫管理法の提言を行った。

イネ種子 1 種子から線虫を得るための簡単な分離方法を開発した。それぞれのイネ種子を縦に分割し、次いで単一のピペットチップに移した。分割した種子を入れたチップを、水を入れたガラス管瓶に直立させて、線虫を抽出した。この方法はベルマン法よりも効率的であり、4 時間以内に 1 つのイネ種子から生存している線虫を約 100% の効率で分離可能である Hoshino & Togashi 法と称する。

線虫の低密度個体群の密度推定を行うために、イネ種子 20, 50, 100, 150 粒から本種を分離するための大量分離法を作成した。本方法では、各種子を縦に二分してステンレス製金網の上に置き、25°C の水に浸した。4 時間後の分離効率(分離された個体の割合)は、用いた種子数に関係なく、ほとんど 100% であった。線虫の個体群密度が低い場合、Hoshino and Togashi 法では多くの種子を個別に調査する必要があったが、この大量分離法は多くの種子を一度に調査できるため、短時間での密度推定が可能になった。

穂間、株間、水田の空間スケールにおけるイネ種子あたりの線虫の空間分布パターンを明らかにし、水田における 1 種子あたりの平均密度を推定するための 3 段階サンプリング法を提示することを目的とした。8 つの水田のそれぞれ 6 つのイネ株から採取した 5 つの穂の各々から採取した 20 種の種子から、生存線虫と死亡線虫を個別に抽出した。Nest-ANOVA は、8 つの水田、水田内のイネ株間、およびイネ株内の穂間で、種子あたりの線虫密度が有意に異なっていることを示した。線虫が存在する種子の割合と株あたりと水田あたりの平均密度との間に線形の関係が認められたのに対して、線虫が存在する種子の割合は増加し、上限に達した。線虫の平均密度と線虫の平均こみあい度との関係から、線虫は穂、株、水田スケールのそれぞれに集中分布を示した。これらの関係を用いて、指定された精度レベルでの種子あたりの線虫密度を推定するための 3 段階サンプリング計画を提示した。

農家が新しい種子を購入してから 2~3 年で線虫の大発生が起りやすい。このメカニズムを明らかにするとともに、長期間にわたる線虫の年次変動の特徴、および、それを引き起こす機構を推定した結果、線虫の種子あたり個体数は、2004 年と 2008 年、2012 年にピークを持つ減衰振動を示し、2012 年以降は 1 年毎に増減を繰り返した。線虫密度と空間分布の関係をみると、種子内線虫数が多くなると、線虫のいる種子の割合が高まり、分布集中度は低下した。しかし、種子内の線虫数が減少すると分布集中度は大きくなった。一方、種子内線虫数と死亡率の逆密度依存的関係は 2004 年、2008 年、2012 年、2013 年以外の 9 ヶ年で見られた。線虫の存在する種子の種子内の線虫数はほぼ一定であった。

線虫が水稻種子の胚乳の発達に与える影響を明らかにするため、上位 3 葉を切除し、光合成産物の穂への転流を変えることによって、種子の肥大を変化させる条件を作り出し、その条件下での種子内の線虫数と種子重量の関係を検討した。生存線虫を穎花に接種した場合と水を接種した場合の両方で、止葉、第 2 葉および第 3 葉を切除したイネの種子は小さくなった。穎花に侵入した生存線虫によってイネの種子重量が増加したが、死亡線虫接種と水接種では影響しなかった。止葉、第 2 葉および第 3 葉

の有無によって、回帰直線の傾きが変わらないことから、上位 3 葉の光合成で作られたい種子への転流物質の変化に関係なく、生存線虫は種子の充実に影響していると考えられた。

異なる越冬の温度条件での線虫生存率を調査し、温度条件による越冬時の死亡への影響、低温下での種子保存の線虫生存率への影響について検討した。乾燥条件下 10℃以下で保存すると秋から翌春までの約半年は種子内の線虫の生存率は低下しないと考えられた。5℃で保存すると、4687 日間の保存でも生存率の低下は認められなかった。通常、種子の長期保存は 5℃以下で行われており、種子が長期保存される場合でも線虫の生存率は低下することがないことを示している。-30℃で 1783 日間保存した場合、保存前と比較して有意な生存率の低下を認めたが、線虫の生存率は 48.7%であり、相当数の生存線虫が生き残っていた。このことから、種子内の線虫は、無水状態であれば氷温での長期生存も可能であると考えられた。

種子あたりの線虫数、線虫を有する種子の大きさおよび線虫死亡率の間の関係を明らかにするために、3つの異なるレベルのほたるいもち症状を示している 12 水田のイネから 18 穂を採取した。水田のほたるいもちの感染レベルが高くなると水稻の平均種子充実度は低下することを示した。ほたるいもちの圃場感染レベルが増加すると種子あたりの線虫の平均個体数が増加した。それぞれの種子で、種子内の線虫数の増加により、平均種子充実度が増加し、より発達したサイズに達していた。また、種子内での線虫の密度逆依存的死亡が明らかとなった。種子内に線虫が多数いることが宿主生存に悪影響しないと考えられた。種子間の線虫の集中分布を通じて、イネ個体群における線虫の絶滅は起こりにくいと考えられた。

線虫多発水田と無発生水田との間の種子の比重を比較して、イネおよび線虫の両方の分散および生存に対する線虫感染の影響を個体群パラメータで評価した。無発生水田由来の種子の軽い種子の割合は、多発水田の方が無発生水田よりも大きかった。軽い種子はより少ない平均種子充実度を示し、発根した種子の割合はより少なくなり、発根までの時間は多発生水田の種子が無発生水田の種子よりも長く必要であった。線虫の死亡率は軽い種子の方が重い種子よりも大きかった。これらの結果はイネ種子の分散と繁殖の間にトレードオフがあることを示唆した。多発生水田の軽い種子は、無発生水田の種子よりも平均種子充実度が高く、多くの線虫を有する軽い種子は、発達した胚乳を有しており、線虫による宿主の操作を示唆している。

イネ種子と線虫を用いて、宿主植物および線虫の両方の分散および生存に及ぼす線虫感染の影響を実験的に調べた。線虫を接種したイネは、無接種のイネよりも水に浮かぶ軽い種子の割合が高かった。線虫の死亡率は、重い種子よりも軽い種子で大きかった。軽い種子の場合、種子充実度の平均程度は、線虫数が増加するにつれて増加したが、中間および重い種子の線虫数では、増加するにつれて一定であった。線虫接種イネ由来あるいは線虫無接種イネ由来に関わらず、軽い種子は発芽した割合が少なく、重い種子よりも発根するのに時間がかかった。これらの結果は、イネ種子の競争能力と分散能力のトレードオフを示している。線虫の分散パターンは階層的分散であると考えられる。

線虫に感染した種子から育苗箱中で、線虫が分散すると考えられるが、その分散・定着の頻度がどれくらいか明らかにされていない。そこで、線虫感染種子の混入率を変えることによって、線虫初期密度を変化させた育苗箱を作り、線虫の分散・定着の頻度を明らかにした。育苗箱において線虫に感染した

苗数は線虫汚染種子混入率よりも高まった。育苗箱では株間移動率は高いと考えられた。

線虫 1 頭あたりの到着率, 線虫個体群の増加率, および種子充実度ならびに線虫に感染したイネの収量に対する水中の線虫の数の影響を, 3 つの実験で評価した。実験 1 では, 4 つの初期線虫個体群密度 ( $P_i$ ) の影響を, ワグネルポットの水中に線虫を接種することによってポットに植えたイネで評価した。実験 2 は, 試験管中の 3 つの初期線虫密度 ( $P_i$ ) レベルで水中および水上に置かれたイネ苗に接種した。実験 3 は, 試験管中の 3 つの初期線虫密度 ( $P_i$ ) レベルで水中に置かれた玄米に接種した。実験 1 は, 水中の線虫個体群密度が増加するにつれて, 感染率および種子あたりの平均線虫数の両方が増加したが, 線虫個体群の増加率は減少したことを示した。実験 2 と 3 では, イネ苗を有する試験管の中に線虫を入れたとき, 比較的大きな割合の線虫が試験管内の水中から消失することが示された。1 頭あたりの到達確率が比較的高く, 線虫 1 頭から 100 頭の範囲内では, 到達確率が密度依存的に減少することを示した。

線虫に寄生されたイネ種子の標準的な種子消毒の有効性を測定した。フェニトロチオンまたはフェンチオンの薬液に種子を浸漬し, 続いて種子を風乾させた。また, 殺虫剤を添加しなかった水に浸漬し, 同じ処理の有効性を線虫の生存率で測定した。その結果, 殺虫剤単独と水浸漬の間に種子内の線虫死亡率はほとんど差がなかった。ほとんどの死亡は, 種子を風乾している間に発生した。

イネ種子への鉄コーティング処理の工程による線虫に対する影響を検討した。鉄コーティングした鉄の有無による線虫の死亡率への影響はなかった。イネ種子への鉄コーティング処理によって, 40°C 3 日間の乾燥で死亡率が 35~42% 高まった。イネ種子を水温 20°C で 24 時間水浸漬時に, 線虫が休眠から覚醒し, その後の 3 日間の急激な乾燥によって, 線虫の死亡率が高くなったと考えられた。

広島県で栽培されている水稲品種を中心に, 線虫の増殖率や線虫に対する性質を明らかにした。ここでは, 線虫の増殖率の高低を抵抗性の強弱とみなした。広島県で栽培されている主要な水稲品種での線虫増殖率に違いはないため, どの品種も線虫に対する抵抗性は持っていないと考えられた。

線虫被害抑制のためには, 3 段抽出法を活用し, 収穫 10 日前に穂をサンプリングし, 圃場内の線虫密度推定を行い, 種子当たり生存線虫数 0.08 頭以下に抑制する密度管理を行うことが必要である。