

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24780158

研究課題名(和文)アカマツのマツ材線虫病抵抗性とその他形質の遺伝的相関関係

研究課題名(英文)Genetic relationships between the resistance against pinewood nematoda and other useful traits in Japanese red pine

研究代表者

山野邊 太郎(YAMANOBE, Taro)

国立研究開発法人 森林総合研究所・育種センター・室長

研究者番号：60370855

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：アカマツのマツノザイセンチュウ抵抗性(以下抵抗性)育種に伴い、その他有用形質にどのような影響が及ぶか推測するために、抵抗性の明らかな個体を親とする人工交配家系を使用して、さし木発根性、初期成長、幹曲がり、ヤング係数について測定した。狭義の遺伝率は、それぞれ0.12、0.16、0.43、0.35と推定された。いずれの形質についても、抵抗性との間に有意な相関関係は認められなかった。この結果から、現状のアカマツ育種素材のマツ材線虫病抵抗性について集団選抜を行って、集団の抵抗性が強くなる方向に遺伝的組成を絞り込んでも、直ちにその他形質の平均値に影響がおよぶことはないことが推察された。

研究成果の概要(英文)：Genetic relationships between the resistance against pinewood nematoda (PWN) and other useful traits in Japanese red pine were investigated. Other traits included the rooting rate in cutting, young stage growth, straightness (1-5m) and elasticity (around 1.0-1.5m height). Narrow sense heritability was 0.12, 0.16, 0.43 and 0.35, respectively. Significant correlations between PWN resistance and each of the four traits were not detected in general combining ability. The results suggest that mass selection of resistance against PWN would not degrade the four traits.

研究分野：林木育種

キーワード：マツ材線虫病 さし木発根性 通直性 初期成長 ヤング係数 遺伝的相関関係 集団選抜育種

1. 研究開始当初の背景

アカマツは本州から九州に天然分布する木本植物で、和風建築において梁材や桁材として屋根瓦の重量を支える重要な役割を果たしてきた。また、マツタケ菌の共生相手であるため、マツタケ生産の基盤としても利用されてきており、一次産業上の有用資源である。その他、今回震災において注目が集まっている陸前高田の松原や松島などに代表されるように、アカマツのある景観は日本人の心を癒すと同時に防風防砂など人間の暮らしの保安資材として活用されてきている。しかし、日本国内の温暖な地域においては、アカマツはマツノザイセンチュウ(以下「センチュウ」)を病原体としマツノマダラカミキリ(以下、「マダラ」)を伝播生物とするマツ材線虫病(以下、「材線虫病」)を発病しやすく、その被害地域は徐々に北日本へ広がりつつある。アカマツの有用性を活用していくためには何らかの防除策を講ずる必要があり、センチュウ抵抗性(以下、「抵抗性」)個体の選抜とその利用も防除の強化策と考えられている。

抵抗性個体の選抜については九州、四国および本州瀬戸内海沿岸では1970年代後半から実際に試みられ、従来の全アカマツ集団よりは抵抗性が遺伝的に向上していると思われる抵抗性個体群が分離されてきている。一方、アカマツの抵抗性遺伝子の単離については、試みられているものの、主動遺伝子と認識される遺伝子は単離されていないことから、アカマツにおける抵抗性は量的形質である可能性がある。このことは、抵抗性遺伝子は抵抗性マツ同士の交配と材線虫病生存個体の選抜を繰り返すことで集積されることを示唆していると同時に、アカマツの抵抗性を遺伝的に改良する上で、量的遺伝学の解析手法が有効であることを示唆している。

アカマツ林には、木材生産林、マツタケ林、防砂防風林など人工林としての機能発揮が期待されるため、植栽しやすさや優良な材特性といった付加価値が付随することが望ましい。付加価値の付随を予測するには、抵抗性個体群選抜にともなうこれら付加価値の変動がシミュレーションされる必要がある。このシミュレーションは、抵抗性とその他諸形質の遺伝的相関関係を調べた上に初めて成立するが、人工交配家系を用いてセンチュウ抵抗性の遺伝解析を行った例が少数あるのみで、他の付加価値の遺伝性については、ほとんど解析されてきていないと思われる。

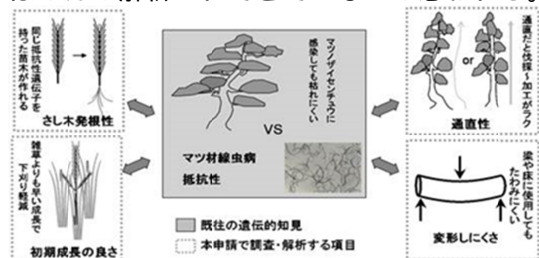


図1 研究概要

2. 研究の目的

抵抗性でアカマツを選抜した際に、付加価値となる他の形質が向上するのか、減退するのか、もしくは無関係なのか、について量的遺伝学的手法を用いて調べる(ここにおける向上および減退とは人間にとっての価値)。この申請期間内においては、付加価値となる形質としてさし木発根性、初期成長の良否、幹の通直性、ヤング係数を調べる(図1)。

3. 研究の方法

抵抗性とさし木発根性の関係について、4親(抵抗性2、感受性2)による不連続ダイアレル交配4セットからなる人工交配採穂台木23組み合わせ242個体(森林総合研究所林木育種センター関西育種場所、図2)について、各個体5~6本x2反復のさし木を2013年1月29日~31日に行い、2014年2月28日に掘り取り、発根の有無を調査した。さし木施設には森林総合研究所林木育種センター東北育種場奥羽増殖保存園構内のガラス室を使用した(図2)。さし木の様式は、さし床をパーミキュライトが充てんされた網バットとする密閉さしとした。電熱温床でバットの底面が25度以上になるように加温した。灌水は月~金に1日1回葉水をかける程度とした。調査結果をもとに交配親の発根率について一般組み合わせ能力を解析し、交配親の抵抗性評価とさし木発根率との関係を調べた。解析に当たっては、発根率を角変換し、交配解析用プログラムDIALSSM(栗延, 1991)により親の一般組み合わせ能力を算出した。得られた一般組み合わせ能力は、抵抗性x抵抗性、抵抗性x感受性、感受性x抵抗性、感受性x感受性の4グループにわけ、グループ平均値間差を一元配置分散分析で検定した。

抵抗性と初期成長、通直性、ヤング係数の関係については、東青98号検定林(宮城県白石市、仙台森林管理署所有、3~4親による不連続ダイアレル交配7セット、24組み合わせ255個体、完全無作為化法6反復で植栽し、うち、4反復が解析対象、図2)で21年生時に行った調査データを使用した。初期成長については胸高部位を含む1節の節間長を調査した。通直性は4メートルポールを胸高から上に向かって幹に沿わせ、その矢高を当該部位の直径の倍数で評価し調査した。ヤング係数は胸高部位を含む1節の節間においてTreeSonic(Fakopp Enterprise社製)による応力波伝播速度を測定する間接法により測定した。調査は2013年10月28日~11月1日に行った。いずれの形質についても得られたデータから親の一般組み合わせ能力(育種価)を解析し、交配親の抵抗性評価との関係を調べた。解析にあたってはASReml(VSN international社製)を使用し、家系情報を変量効果、ブロックを固定効果とするBLUP法により親の育種価を算出した。



図2 研究に使用した施設とその内訳

なお、いずれの遺伝解析においても、評価した個体について SSR3~4 遺伝子座での親子鑑定を行い、人工交配が計画通りに行われていると推定されたものに限定して解析対象とした。また、さし木発根性との比較に用いた抵抗性とは、林木育種センターで公表している抵抗性品種であるか否かのカテゴリを指し、初期成長、通直性、ヤング係数との比較に用いた抵抗性とは、林木育種センターで公表している東北育種基本区のアカマツ精英樹特性表にある指数評価値を指す。

#### 4. 研究成果

さし木発根率は、全平均で 29%であった。狭義の遺伝率が 0.12 となった。広義の遺伝率が 0.65 であったことから、さし木発根率は遺伝性の高い形質であるが、一般組み合わせ能力が相対的に低く、林木育種で多く実践されている集団選抜育種では改良されにくい形質であることが示唆された。グループ間で有意差は検出されなかった。つまり、抵抗性とさし木発根性との間には遺伝的相関関係は認められなかった(1元配置分析、 $F(3, 19)=1.22^{N.S.}$ 、図3)。

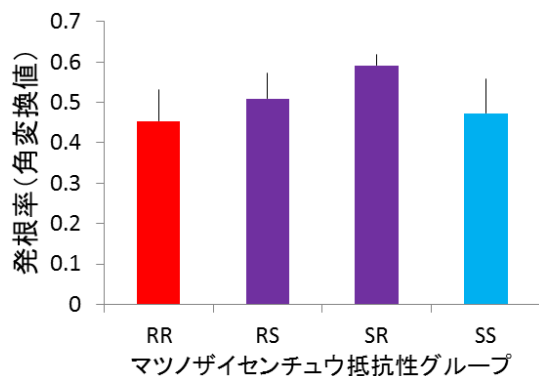


図3 抵抗性と初期成長、ヤング係数、通直性の遺伝的相関関係

RR: 抵抗性 × 抵抗性、RS: 抵抗性 × 感受性、SR: 感受性 × 抵抗性、SS: 感受性 × 感受性。エラーバーは標準誤差

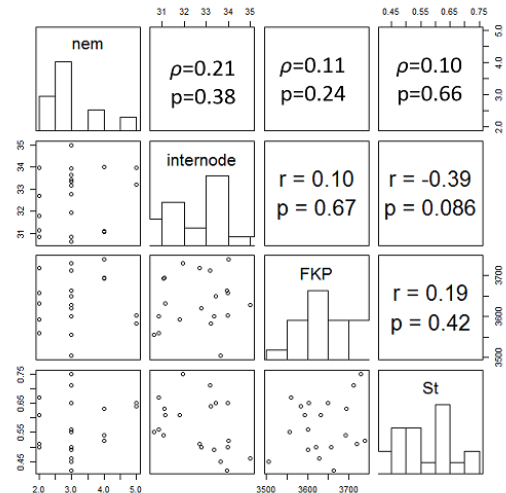


図4 抵抗性と初期成長、ヤング係数、通直性の遺伝的相関関係

nem: 抵抗性、internode: 節間長(初期成長)、FKP: 応力波伝播速度(ヤング係数)、St: 通直性、左下の散布図は横軸が上方の形質評価値、縦軸が右方の形質評価値。右上は左方と下方の形質評価値間の相関関係。抵抗性とその他形質との相関関係については、抵抗性が順序尺度であるためスピアマンの順位相関係数( $\rho$ )を算出。その他形質間の相関関係はピアソンの積率相関係数( $r$ )。

初期成長、通直性、ヤング係数について、狭義の遺伝率はそれぞれ、0.16、0.43、0.35 となった。アカマツでの同形質における報告事例が見当たらないため同樹種内での比較はできないが、他樹種と比べると、初期成長および通直性については、同程度、ヤング係数については、スギと比べてやや低い値となった。抵抗性との遺伝的相関関係(Spearman の順位相関係数)は、それぞれ 0.21、0.11、0.10 となり、いずれも有意な相関とはならなかった(図4)。

以上の結果から、現状のアカマツ育種集団において、マツ材線虫病抵抗性選抜を行って、抵抗性が強くなる方向に遺伝的組成を絞り込んでいっても、直ちにその他形質の平均値に悪影響がおよぶことはないと推察された。ただし、この推察は集積効果のある抵抗性遺伝子が次世代化により固定化されていった際に、当てはまる傾向であるか否かは定かでない。この研究以降も、集団選抜の進捗にともない森林経営上重要な形質の期待値がどのように変化していくか、逐次チェックしていく必要がある。

#### <引用文献>

栗延晋、不連続片面ダイアレル交配の最小2乗法による分散分析プログラム、林木育種センター研究報告、9号、1991、123 - 151。

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

山野遼太郎・三浦真弘・平尾知士・那須仁弥・織部雄一郎、アカマツにおけるマツノザイセンチュウ抵抗性と成長・形態の遺伝的相関関係、第127回日本森林学会大会(P1-060)、2016.03、日本大学(神奈川県藤沢市)

山野遼太郎、バーコードを用いた立体配置サンプルおよび移動するサンプルの時系列データ蓄積、第3回森林遺伝育種学会大会(ポスター12)、2014.11、東京大学(東京都文京区)

山野遼太郎・久保田正裕・山口和穂・岩泉正和・磯田圭哉・平尾知士、アカマツ挿し木発根の遺伝性、第125回日本森林学会大会(P1-060)、2014.3、大宮ソニックスシティ(埼玉県さいたま市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

山野遼太郎(YAMANOBE, Taro)  
国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター・室長

研究者番号: 60370855

(2)研究協力者

磯田 圭哉(ISODA, Keiya)  
国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター・室長

岩泉 正和(IWAIZUMI, Masakazu)  
国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター関西育種場・主任研究員

大宮 泰徳(OHMIYA, Yasunori)  
国立研究開発法人 森林総合研究所生物工学研究領域・主任研究員

織部 雄一郎(ORIBE, Yuichiro)  
国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター東北育種場・課長

久保田 正裕(KUBOTA, Masahiro)  
国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター関西育種場・課長

那須 仁弥(NASU, Jin-ya)  
国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター東北育種場・主任研究員

平尾 知士(HIRAO, Tomonori)  
国立研究開発法人 森林総合研究所森林バイオ研究センター・主任研究員

三浦 真弘(MIURA, Masahiro)  
国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター関西育種場・室長

山口 和穂(YAMAGUCHI, Kazuho)