

速報

リュウキュウマツにおける時期別線虫接種試験について^{*1}玉城雅範^{*2}・倉本哲嗣^{*3}・松永孝治^{*3}・栗田 学^{*3}・渡辺敦史^{*4}

玉城雅範・倉本哲嗣・松永孝治・栗田 学・渡辺敦史：リュウキュウマツにおける時期別線虫接種試験について 九州森林研究 71：59－62, 2018 リュウキュウマツにおいて抵抗性評価に適切な接種検定期を検討するために、5月と7月に線虫接種を行った。その結果、7月接種の健全率は5月接種の健全率に比べ、8週目から18週目の間は統計的に有意に低くなっていたが、20週目では統計的に有意な差はなかった。その要因として、接種日からの25℃以上で35℃に満たない気温の積算時間等が関連している可能性がある。接種月毎の順位相関は、20週目の結果では高い順位相関が認められたため、5月接種も20週目以降の結果で抵抗性の評価ができる可能性が示された。

キーワード：リュウキュウマツ, 線虫接種時期, 沖縄

I. はじめに

沖縄県ではリュウキュウマツ (*Pinus luchuensis* Mayr) にマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner) Nickle) (以下線虫とする) を病原とするマツ材線虫病が1973年に確認されて以降(国吉, 1974; 我如古, 1974), その被害は依然続いている。そのため、県では防除対策として、リュウキュウマツ抵抗性育種研究に取り組んでいる。抵抗性育種は、1989年から九州林木育種場(現: 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場)の協力を得て開始され、現在では高い抵抗性を有すると期待される抵抗性候補木11本を選抜している(酒井, 2012)。今後はこれら抵抗性候補木等から抵抗性品種開発を行っていく予定である。一方で、リュウキュウマツの抵抗性品種開発には選抜実施要領の策定が必要となるが、現在の要領は、クロマツやアカマツの抵抗性育種を本土で実施することを想定して策定されている。そのため、本土に比べて非常に温暖な沖縄県の環境下でリュウキュウマツの抵抗性育種を実施するために、抵抗性評価に適切な接種検定期等について検討を進める必要がある。リュウキュウマツにおける接種検定期については、酒井(2014)が5～9月までの1ヵ月毎に生存率を用い検討を行っているが、7月と8月のみ各家系の順位相関係数が統計的に有意となっている。しかし、アカマツやクロマツの研究において、各家系の生存率は、検定期によって異なるが相対的な抵抗性には大きな変動がないことが示されていることから(戸田, 2004)、接種時期によって各家系の相対的な抵抗性が異なることについては、更なる検討が必要である。接種検定期結果と気象条件の関係については、気温との関連(Melakeberhan *et al.*, 1992; 吉岡, 2006)や降水量との関連(戸田, 1997; 倉本ほか, 2005; 吉岡, 2006)で解析が行われているが、見解が異なっている。労働効率を考えると5月接種がよいが、リュウキュウ

ウマツは2月から11月にかけてのほぼ一年を通じて成長することから(諸見里, 1970)、7月時の方が、5月時に比べ苗が大きいため検定期に影響を与える可能性がある。そこで、本研究では線虫接種時期を検討する目的で、異なる時期に線虫接種を行った場合の健全率がどのように推移するのか、気象条件や苗高との関連、各家系の順位相関はどのようになるのか検証したので報告する。

II. 材料と方法

供試家系は、2016年1～4月に沖縄県森林資源研究センターガラス室で播種・育苗し、2016年5～6月にセンター内の圃場へ移植、育苗した実生苗46家系753本のうち、各接種月で12本以上接種した家系、7家系206本とした(表-1)。

接種検定は、1.5年生苗の地際に線虫懸濁液50 μ l (5,000頭)を常用されている剥皮接種法によって2017年5月18日(以下5月接種とする)、7月11日(以下7月接種とする)に実施した。線虫系統は島原個体群を使用した。接種後は、接種日から概ね2週毎に調査を行い、5月接種は28週目まで、7月接種は20週目まで実施した。病徴がみられず健全な個体を健全、部分枯れ症状がある個体を半枯れ、全針葉が赤褐色に変色した個体を枯死と判断した。5月接種の苗高は5月15日、7月接種の苗高は7月6日に1cm括約で測定し、接種月間での平均苗高をt検定により比較した。

各接種月による健全率の経過は、各接種月の8週目から20週目までの2週間毎の健全率をそれぞれt検定で比較した。また、気象条件が各接種月の健全率へ及ぼす影響を検討するために沖縄県森林資源研究センターから最寄りの名護特別地域気象観測所で測定された2017年5月18日～11月27日までの1時間毎の気温及び日降水量のデータを用い(気象庁, 2017a)、接種日から各

^{*1} Tamashiro, M., Kuramoto, N., Matsunaga, K., Kurita, M. and Watanabe, A.: Comparison of the nematode inoculation time on *Pinus luchuensis*.

^{*2} 沖縄県森林資源研究センター Okinawa Pref. Forest Resource Research Ctr., Nago, Okinawa 905-0012, Japan

^{*3} 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Koshi, Forest Res. Man. Org., Kumamoto 861-1102, Japan

^{*4} 九州大学大学院農学研究院 Fac. of Agric., Kyushu Univ., Fukuoka, 812-8581, Japan

表-1. 家系別接種月毎の接種本数及び接種後8~28週目の健全率

家系	接種本数(本)	5月接種											接種本数(本)	7月接種						
		健全率 (%)												健全率 (%)						
		8週目	10週目	12週目	14週目	16週目	18週目	20週目	22週目	24週目	26週目	28週目		8週目	10週目	12週目	14週目	16週目	18週目	20週目
AI-1	23	21.7	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	13	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
AI-152	14	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	14	42.9	35.7	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6
AI-18	17	58.8	52.9	35.3	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	14	50.0	35.7	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4
No.2413	13	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	13	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8
宜野湾 No2	12	91.7	91.7	66.7	66.7	66.7	66.7	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	12	33.3	33.3	33.3	25.0	25.0	25.0	25.0
精2701	16	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	56.3	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	17	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
精310	15	66.7	60.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	13	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8
平均	15.7	56.8	54.4	45.4	40.9	40.9	40.0	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	13.7	33.2	30.2	27.1	26.0	26.0	26.0	26.0

表-2. 接種月毎の健全率の違い

接種後週数	健全率 (%)		t-検定
	5月接種	7月接種	
8週目	56.8	33.2	**
10週目	54.4	30.2	**
12週目	45.4	27.1	**
14週目	40.9	26.0	*
16週目	40.9	26.0	*
18週目	40.0	26.0	*
20週目	32.7	26.0	n.s.

** : 1%で統計的に有意差あり
 * : 5%で統計的に有意差あり
 n.s. : 統計的有意差なし

表-3. 接種月毎の苗高

項目	5月接種	7月接種	t-検定
平均苗高 (cm)	22.7	40.4	**

** : 1%で統計的に有意差あり

表-4. 接種月毎の気温別積算時間

接種後週数	単位: 時間					
	20℃以上		25℃以上		30℃以上	
	5月接種	7月接種	5月接種	7月接種	5月接種	7月接種
8週目	1,313	1,344	884	1,344	138	664
10週目	1,649	1,680	1,220	1,677	291	750
12週目	1,985	2,016	1,556	1,983	481	817
14週目	2,321	2,352	1,892	2,318	663	889
16週目	2,657	2,688	2,228	2,525	803	891
18週目	2,993	3,018	2,546	2,586	877	891
20週目	3,329	3,254	2,866	2,588	947	891

表-5. 接種月毎の積算降水量

接種後週数	単位: mm	
	5月接種	7月接種
8週目	760.5	113.5
10週目	794.5	230.5
12週目	831.5	263.0
14週目	852.5	289.5
16週目	883.0	541.5
18週目	1,005.0	545.0
20週目	1,026.0	608.0

調査週までの20℃以上、25℃以上、30℃以上の気温が観測された積算時間、及び積算降水量を算出した。なお、測定期間内において35℃を超える気温は観測されなかった。また沖縄の2017年の梅雨入りは2017年5月13日頃、梅雨明けは6月22日頃であった(気象庁, 2017b)。各接種月の8週目から20週目の健全率が同様の傾向であったかを検討するため、スピアマンの順位相関係数を求めた。

なお、今回の解析ソフトはR ver. 3.4.0 (R Development Core Team, 2017) を用いた。

Ⅲ. 結果と考察

1. 接種月による健全率の経過及び苗高との関連

5月接種及び7月接種における接種後8~28週目の健全率を表-1に示す。その結果、接種後8週目の段階で既に7月接種の方が健全率が低く、18週目まで同様の傾向であったが、20週目においては統計的に有意な差はなかった(表-2)。次に、接種月

毎の苗高を表-3に示す。5月接種対象木は7月接種対象木に比べて、統計的に有意に小さかった。そのため、接種対象木のサイズは健全率に影響しないか、あるいは影響したとしても接種月の効果の方が大きく健全率に影響すると考えられた。

2. 気象条件と健全率

接種月毎の8週目から20週目までの20℃以上、25℃以上、30℃以上の気温が観測された積算時間を表-4に示す。その結果、20℃以上の積算時間については8週目から20週目にかけては接種月間で大きな差が見られなかったが、25℃以上及び30℃以上の積算時間については14週目までは7月接種の方が5月接種を上回っていたが、16週目からその差は縮まり、18週目では両接種月で25℃以上及び30℃以上の積算時間が同程度となり、20週目では5月接種の方が7月接種を上回っていた。Melakeberhan *et al.* (1992) はヨーロッパアカマツを対象に異なる気温において、樹体内の線虫増殖と枯死率の関連について検討した結果、20℃及び25℃において枯死率と枯死した個体から検出された線虫数に相関があることより、線虫の増殖を促す気温が

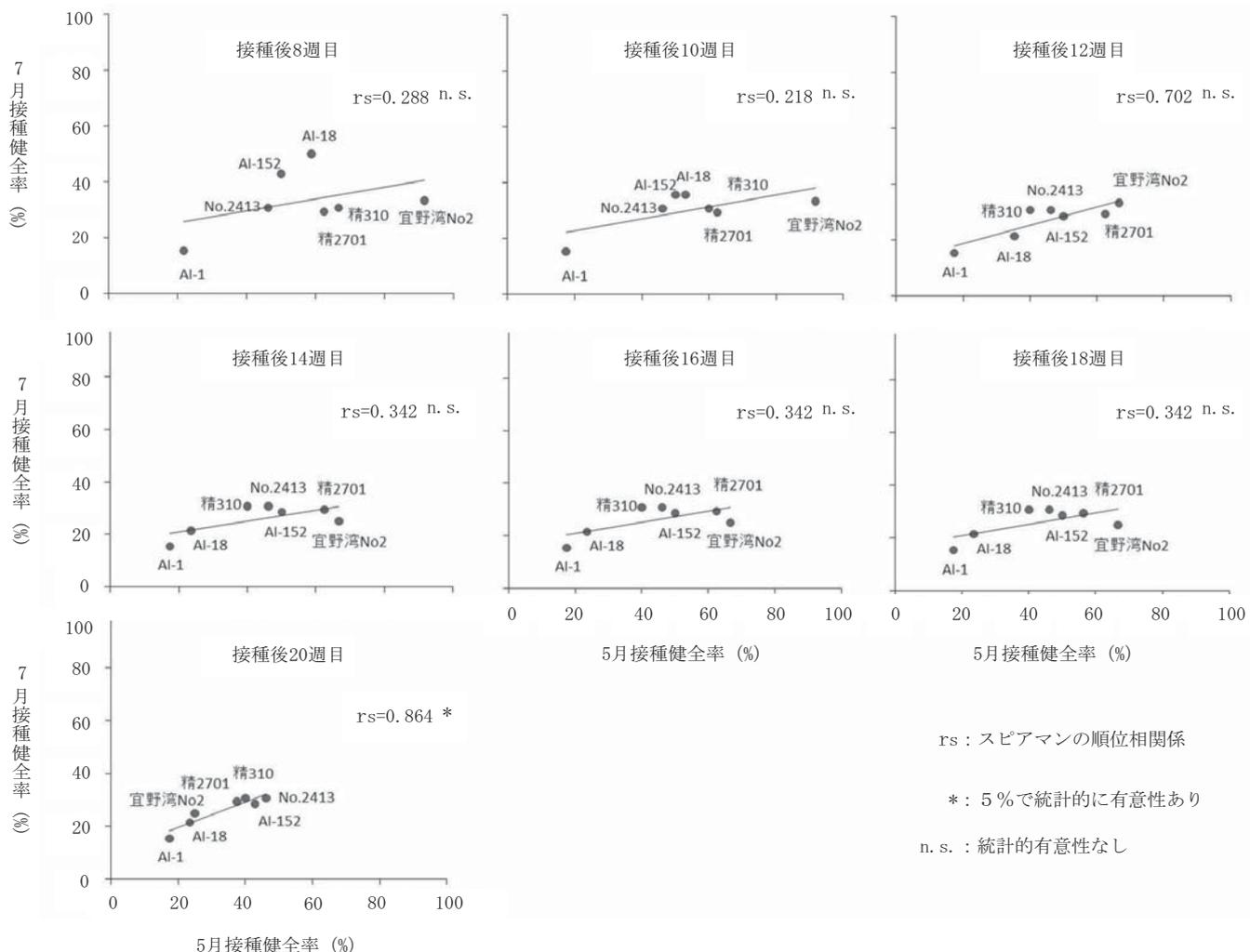


図-1. 調査週毎の接種月別相関

枯死率に影響していることを示唆している。Melakeberhan *et al.* (1992) が用いた線虫の系統と今回の試験で用いた線虫の系統は異なり、増殖を促す気温、また樹種の違いによるマツの温度反応性の違いはあると考えられるが、戸田 (1997) が指摘したのと同様に 25~30℃の温度帯が影響し線虫増殖を促し、接種月で健全率に影響を与えた可能性がある。一方、接種後8週目から20週目までの積算降水量は5月接種の方が多かった (表-5)。積算温度の情報と併せて考えた場合、7月接種は5月接種に比べ接種後高温で降雨による水分供給が少ない状況であった。リュウキュウマツの成長ピークは2~4, 7, 10月である (山盛, 1979)。そのため、7月は5月に比べ蒸発散量が高まる可能性がある。つまり、7月接種は成長のピークで蒸発散量も高まっている中で、線虫接種による線虫の樹体内への侵入及び高温や少雨による高い水分ストレスによりキャビテーション等が起り、健全率が低くなった可能性がある。5月接種は7月接種に比べ低位な成長期であるため蒸発散量も相対的に低く、多雨による水分ストレスの軽減によりキャビテーション等が起りにくかったために18週目までの健全率が7月接種に比べ高くなった可能性があるが、18週目以降においては7月接種と比べ25℃以上が続く高温の環境下となるため、健全率が低下したと考えられる。

3. 異なる接種時期における各家系の健全率の順位相関

異なる接種時期における各家系の健全率の順位相関を図-1に示す。8週目から18週目は正の相関傾向は認められたものの、スピアマンの順位相関は統計的に有意な相関ではなかった。しかし20週目になると5%水準で統計的に有意な相関となった。この結果から、5月接種の20週目以降と7月接種の20週目以降は相関があり、どちらの接種月でも、同様な家系が選抜されると考えられた。

IV. おわりに

抵抗性評価に適切な接種検定時期は、ある程度の健全率の低下や枯れやすさを考慮した場合、7月接種が妥当と考えられるが、5月接種においてもある程度病徴が進行した20週目以降の結果では抵抗性評価が可能と考えられる結果を得た。今後、接種頭数を増やすことや使用する線虫を変えるなどして枯れる圧力を調整することで、5月接種においても7月接種と同様の抵抗性評価を可能にする方法の検討を進める必要があると考えている。

引用文献

- 我如古光男 (1974) 森林防疫 264 : 4-6
- 気象庁 (2017 a) 気象庁ホームページ気象観測データ, URL: [http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=91 &block_no= 47940 &year= 2017 &month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=91&block_no=47940&year=2017&month=&day=&view=) (2017 年 12 月 21 日利用)
- 気象庁 (2017 b) 気象庁ホームページ, URL: http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/baiu/kako_baiu_01.html (2017 年 12 月 21 日利用)
- 国吉清保 (1974) 森林防疫 264 : 2-4
- 倉本哲嗣ほか (2005) 九州森林研究 58 : 153-154
- Melakeberhan H *et al.* (1992) *Nematologica* 38 : 80-87
- 諸見里秀宰 (1970) 沖縄農業 9 (2) : 28-32
- R Development Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, URL: <http://www.R-project.org/>
- 酒井康子 (2012) 沖林試研報 53 : 5-9
- 酒井康子 (2014) 沖林試研報 55 : 15-19
- 戸田忠雄 (1997) マツノザイセンチュウ抵抗性マツの育成, (松くい虫 (マツ材線虫病) - 沿革と最近の研究 -. 全国森林病虫獣害防除協会編集・発行, 東京, pp 274), 168-274
- 戸田忠雄 (2004) 林育研報 20 : 83-217
- 山盛 直 (1979) 琉大農学術報 26 : 573-716
- 吉岡 寿 (2006) 広島県林技セ研報 38 : 45-51
(2017 年 11 月 15 日受付 ; 2018 年 2 月 8 日受理)