

‘やぶきた’三番茶不摘採園におけるチャ炭疽病の被害解析^{†1}

小澤朗人^{1a}・西島卓也^{2a}

¹⁾農林環境専門職大学, ²⁾静岡県伊豆の国市

Loss Analysis of Tea Anthracnose, *Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato, in ‘Yabukita’ Tea Fields with unplucked Third Flush Tea

Akihito Ozawa¹⁾ and Takuya Nishijima²⁾

¹⁾Shizuoka Professional Univ. of Agri., ²⁾Izunokuni city, Shizuoka prefecture

Abstract

The effect of the occurrence of tea anthracnose, *Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato, on the next year's harvest yield was analyzed in ‘Yabukita’ tea fields where the third flush tea was not plucked. The occurrence of anthracnose in the third tea season was found to affect the next year's yield greater than that in the second or autumn tea season. The harvest yield decreased depending on the severity of anthracnose in the third flush tea. The relationship between the number of diseased leaves of the third flush tea in the previous year (x) and the harvest yield (y) was obtained as $y = 0.716 - 0.0233 e^{0.000803x}$ and $0.743 - (5.2 \times 10^{-5}) x$ for the first and second flush teas, respectively. Based on these relational expressions, the number of the diseased leaves in the third flush tea, which resulted in a 5% yield decrease, was calculated to be 1134 and 714 leaves/m² for the first and second flush teas, respectively. Nicholson–Bailey model was applied to the relationship between the number of diseased leaves (x) on the second flush tea and that of diseased leaves (y) in the third flush tea. As a result, a relational expression of $y = 1500 (1 - e^{-0.0066x})$ was obtained. The number of diseased leaves in the second flush tea, which corresponds to 1134 diseased leaves of the third, was 214 leaves/m², and this number was estimated to be the level requiring pest control in the third flush tea. In addition, based on the parameters of the previous equation, the area of the infected new leaves with the scattering of conidia from one diseased leaf was estimated to be 66 cm².

キーワード：被害解析, 被害許容水準, チャ, チャ炭疽病, 要防除水準

I 緒 言

チャの糸状菌病であるチャ炭疽病(病原菌：*Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato)は、葉に茶褐色の不整形病斑を生じ落葉させる病害で、静岡県の茶園では発生が多く、防除回数も多い最重要病害である。主要品種である‘やぶきた’¹⁸⁾は本病に罹病性²⁰⁾とされ、‘やぶきた’植栽園では発生が多く⁵⁾、気象条件から本病が発生しやすい中山間地では、本病の対策として年間3～4回もの殺菌剤が散布されている実態がある¹⁰⁾。

ところで、本病の潜伏期間は2週間程度と長いため、多くの感染葉は発病する前に摘採されてしまう²³⁾。そのため、本病による収穫物への直接的な被害は、摘採が行われる茶期では問題にはならないことが多い³⁾。しかし、罹病葉の葉脇から出た新芽の芽長や芽重は健全葉からのそれよりも10～30%劣り⁷⁾、多発茶園では翌年の収量が大きく減少することが経験的にも知られている。

近年、静岡県では秋冬番茶摘採あるいは秋整枝の時点まで三番茶を摘採しない状態で管理する三番茶不摘採園が一般的となり、これらの茶園では梅雨期に感染発病が多くなりがちな三番茶を摘採しないで放置するため、従

^{†1} 本研究の一部は、日本茶業技術協会研究発表(2001年11月、島田市)及びICOS2001(2001年10月、静岡市)において発表した。

^a 研究実施時：農林技術研究所茶業研究センター

前の三番茶を摘採する栽培よりも発生は増加している^{5,10,19}。チャ炭疽病の翌年の収量への影響に関しては、三番茶摘採園では、秋芽(四番茶芽)での発病が翌年の一番茶の摘採収量に影響することが鹿児島県で明らかにされている¹⁹ものの、三番茶不摘採園における収量への影響等は、これまで詳細な検討はされていない。また、本病は、病斑上に形成された分生子が雨滴により飛散して感染すること²³から、二番茶での発病程度が次の茶期に当たる三番茶での発病程度に大きく影響すると考えられる。しかし、二番茶から三番茶への感染量の推定に関する知見はほとんどない。

そこで、本研究では、静岡県の主要品種である‘やぶきた’の三番茶不摘採園において、チャ炭疽病の発病が翌年の摘採収量に及ぼす影響について詳細な被害解析を行った。さらに、二番茶での発病程度と三番茶での発病程度との関係を明らかにし、本病の被害許容水準と要防除水準について検討した。

II 材料及び方法

1 試験ほ場と栽培管理

後述する被害解析に関する実験はすべて、菊川市倉沢の茶業研究センター内のレール設置成木園(品種‘やぶきた’、樹齢約30年生)において実施した。摘採と整枝は、すべて自走レール走行式摘採機(落合刃物工業株式会社製・型番不明)を使用した。

また、現地試験は、富士市石坂の茶業研究センター富士分場内の成木園生産ほ場(品種‘やぶきた’、樹齢不明)および島田市川根町笹間の茶農家の成木園(品種‘やぶきた’、樹齢不明)で実施した。なお、いずれの試験ほ場でも、肥培管理、整枝や裾刈りなどの通常の管理作業は慣行に従って実施した。各試験区における殺虫剤の散布は適宜実施し、チャ輪斑病やチャ褐色円星病など本病以外の病害対策の殺菌剤散布についても、試験結果に影響しないと考えられる最小限度の範囲で実施した。また、後述3および4の年度を替えて実施した同一目的の試験は、それぞれ年ごとに別圃場で実施した。

2 摘採収量に影響する前年のチャ炭疽病の発生茶期

試験は、一番茶または二番茶の摘採収量に影響する前年の炭疽病の発生茶期を明らかにするために、2000年に処理を、2001年に一番茶と二番茶の摘採収量等を調査した。

三番茶不摘採園において、チャ炭疽病の主な発生茶期である二番茶、三番茶、および秋芽の各生育期に、チャ炭疽病発生の助長または抑制を処理要因とした2×2×2の3元配置の試験区計8区3反復を設定した(表1)。ここで、発病助長処理では、各茶期の新芽生育期(約3~4葉期)に、チャ炭疽病菌の茶業研究センター保存菌株を用い、1ml当たり10⁷個レベルの濃度に調整した分生子懸濁液(約100ml/m²(界面活性剤・ポリオキシエチレン(20)ソルビタンモノラウレート)を5,000倍希釈となるように加用)をハンドスプレーで雨中に散布して発病を助長させた(接種日:二番茶6月12日、三番茶7月25日、秋芽9月11日)。一方、発病抑制処理では、TPN水和剤やフェンブコナゾール水和剤など高い防除効果が見込まれる殺菌剤を水道水で常用濃度に希釈し、各茶期の新芽生育期(約3~4葉期:二番茶6月14日、三番茶7月24日、秋芽9月7日)に、約200L/10aを動力噴霧機により散布して発病を抑制した。

表1 各茶期におけるチャ炭疽病発病調節処理

試験区No.	炭疽病の発生茶期 ¹⁾		
	二番茶芽	三番茶芽	秋芽
1	○	×	○
2	○	×	×
3	○	○	○
4	○	○	×
5	×	○	○
6	×	○	×
7	×	×	○
8	×	×	×

1) ○: 病原菌の接種により発病助長, ×: 病原菌無接種及び殺菌剤の散布により発病を抑制

次に、2000年7月31日に二番茶摘採後残存葉におけるチャ炭疽病の病葉数を、秋整枝前の9月28日に三番茶と秋芽における発病葉数を別々に数え、秋芽数も数えた。各項目の調査では、25×50cm枠を摘採面上に各区6カ所おき、枠内の調査を行った。なお、落葉については、チャ輪斑病等が原因と判断された葉を除いて発病葉に含め、秋整枝前の調査では、樹冠上部に見られる新鮮な落葉は秋芽の発病葉に含め、それ以外は三番茶での発病葉とした。

なお、二番茶摘採および秋整枝は、それぞれ6月30日(刈刃の高さは、一番茶摘採面+1cm)および10月31日(刈刃の高さは、二番茶摘採面+5cm)に行った。

翌2001年の調査では、一番茶摘採前の4月中旬に一番茶芽の母枝となる前年三番茶枝について各区150本における落葉率(越冬葉の離脱痕数(離脱痕数+着葉数))を調べた。摘採収量は、一番茶は5月1日に、二番茶は6月21日に処理区ごとに摘採収量を調査した。刈刃の高さは、現地慣行に準じて一番茶では前年秋整枝面+2cm、二番茶では一番茶摘採面+1cmに設定した。試験面積は1区5.4㎡、3反復とした。

3 前年の発病程度と摘採収量との関係

前述2の試験により、三番茶での発病が翌年の一番茶と二番茶の摘採収量の減少につながる事が判明した。そこで、三番茶での発病程度と翌年の摘採収量との関係について明らかにするため、発病程度を段階的に調整した複数の試験区を設定し、翌年の摘採収量への影響を解析した。

(1) 1999~2000年における試験

1999年の三番茶生育期に、チャ炭疽病の茶業研究センター保存菌株の分生子懸濁液の分生子濃度や接種量を段階的に変えて、降雨中に菌接種するとともに、フェンブコナゾール水和剤などの殺菌剤を散布する区と菌無接種区を設け、チャ炭疽病の発病程度を無から多発まで様々な段階の計24区(1区7.2㎡、発病調節処理12段階×2反復)を設定した。これら一連の処理は、8月2日(三番茶1~2葉期)~8月20日(出開~硬化初期)にかけて実施した。発病程度の調査は、秋整枝前の10月中下旬に、25×50cm枠を各区8カ所において枠内の落葉を含む三番茶枝の病葉数を前述2での調査と同様に数えるとともに、各区400本の三番茶枝での着生葉数、葉の離脱痕数、および着生葉の病葉数を調査して病葉率と落葉率を算出した。ここで、枠調査で病葉数0の無発生であっても、三番茶枝の葉位別調査では自然落葉による葉離脱痕が認められたことから、各区の病葉率の算出に当たっては、無発生区における病葉率 $(100 \times (\text{着生病葉数} + \text{葉離脱痕数}) / (\text{着生病葉数} + \text{葉離脱痕数} + \text{健全葉数}))$ を使って補正值 $(100 \times (\text{補正前病葉率} - \text{無発生区補正前病葉率}) / (100 - \text{無発生区補正前病葉率}))$ を算出した。落葉率についても同様に補正落葉率を算出した。

翌2000年5月7日に各区20×20cm枠3カ所の枠摘みを行って、一番茶芽の摘芽重、摘芽数、摘芽長、開葉数、および出開度(開葉が停止した芽の割合)を調べるとともに、各区の前年三番茶枝150本から落葉率を前述同様に調べた。5月9日には摘採(前年秋整枝面+2cm)を行い、区ごとの摘採収量を調べた。二番茶では、7月3日に摘採(一

番茶摘採面+2cm)を行って収量を調査した。なお、二番茶では枠摘み調査は行わなかった。

(2) 2000~2001年における試験

2000年の三番茶生育期において、前年同様に分生子懸濁液の濃度や接種量、殺菌剤の散布を組み合わせる段階的に様々な発病程度となる計24区(1区7.2㎡)を設定した。これら一連の処理は、7月24日~25日(三番茶1~2葉期)に実施した。発病程度の調査では、秋整枝前の10月上旬に、前年同様、各区25×50cm枠8カ所の病葉数、および各区三番茶枝150本の調査により、病葉率と落葉率を算出した。なお、枠調査で無発病区を設定できなかったため、病葉率と落葉率の補正は行わなかった。

翌2001年4月下旬に、前年三番茶枝における落葉率を調べるとともに、5月1日に各区20×20cm枠3カ所の枠摘みを行って、前年同様に一番茶の収量構成要素を調べた。また、同日に摘採(前年秋整枝面+5cm)を行い、区ごとの摘採収量を調べた。二番茶では、6月21日に摘採(一番茶面+2cm)を行って収量を調査した。なお、二番茶では枠摘み調査は行わなかった。

4 二番茶摘採残葉における発病程度と三番茶での発病程度との関係

三番茶での発病の伝染源は、主に二番茶摘採後の残存病葉と考えられるため、二番茶残存病葉数と三番茶での発病葉数との関係を検討した。

(1) 1999年の試験

1999年の二番茶生育期の6月18日に、前述3での方法同様、チャ炭疽病の分生子懸濁液の濃度や接種量を様々に変えて降雨中に菌接種した区を複数設けた。あわせて、種々の殺菌剤散布により発病を抑制した区や無接種自然発病の区など加え、発病段階の異なる計18区を設定した(1区7.2㎡、発病調節処理9段階×2反復)。次に、6月30日に二番茶を摘採(一番茶摘採面+1cm)し、7月23日には摘採面に残存した病葉数を25×50cm枠10カ所/区を摘採面において数えた。さらに、9月12日に、三番茶の病葉数を同様の枠調査により数えた。なお、いずれも、落葉は病葉数に含めた。

(2) 2000年の試験

2000年の二番茶生育期の6月23日に前年の試験同様に菌接種を行い、防除を組み合わせ、発病段階の異なる計18区を設定した(1区7.2㎡)。6月30日に二番茶を摘採(一番茶摘採面+1cm)し、7月19日に25×50cm枠10カ所/区内の残存病葉数を数えた。さらに、9月22日に、三番茶の病葉数を前年同様の枠調査により数えた。

5 三番茶でのチャ炭疽病の発生が翌年の摘採収量に及ぼす影響(現地試験)

現地ほ場において、チャ炭疽病の三番茶での発病が翌年の摘採収量にどの程度影響するかについて検証を行った。2000年に発病に対する処理を、翌2001年に20×20cm 枠摘みにより一番茶の収量構成要素を調べた。

富士市では殺菌剤無散布区と殺菌剤散布区の2区(各約5a, 反復無し)を設定した。散布区では、二番茶摘採後から三番茶生育期にかけて、6月14日、6月21日、および7月21日に、それぞれフェンブコナゾール水和剤、ジフェナコナゾール水和剤+TPN 水和剤、およびジフェナコナゾール水和剤+カスガマイシン銅水和剤を常用濃度に希釈して約200L/10aを動力噴霧機により散布した。

島田市川根町では、三番茶期殺菌剤無散布区と殺菌剤散布区の2区(各約5a, 反復無し)を設定した。両区とも新梢枯死症対策として、二番茶摘採前の6月8日、および三番茶生育期の7月17日に、それぞれイミベンコナゾール水和剤、アゾキシストロビン水和剤(新梢枯死症対策)を散布した後、散布区では7月29日と8月12日に、それぞれトリアジメホン水和剤、ジフェナコナゾール水和剤およびミクロブタニル水和剤を常用濃度に希釈して約200L/10aを動力噴霧機により散布した。

チャ炭疽病の発病調査は、富士市では7月21日、島田市川根町では8月2日に二番茶摘採後の残存病葉数を、9月13日に両地区の三番茶での病葉数を、摘採面においた25×50cm 枠各区計30カ所について調査した。

翌2001年には、20×20cm 枠を用いて、富士市では4月25日に各区6カ所、島田市川根町では5月11日に各区9カ所の一番茶を枠摘みし、摘芽重などの収量構成要素を調査した。なお、二番茶については、両地区とも一番茶後に中切り更新(地上30~50cm でせん枝)が実施されたため調査しなかった。

6 統計解析

摘採収量に影響する発生茶期の要因解析では三元配置分散分析法を、発生程度と摘採収量等収量構成要素との関係、および二番茶病葉数と三番茶病葉数との関係には単相間または回帰分析を、現地試験での処理区間の比較には t 検定法を適用した。なお、単相間、および t 検定には Microsoft Excel 2010 のアドイン・データ分析ツール、分散分析と非線形回帰モデルのパラメータ計算には STATISTICA R5.1 を使用した。

Ⅲ 結 果

1 摘採収量に影響する前年のチャ炭疽病の発生茶期

1999年と2000年の二番茶から秋芽生育期に当たる6~9月までの降水量の推移を図1に示す。両年ともに、感染好適時期に当たる二番茶生育期の6月中下旬、三番茶生育期の7月中下旬、秋芽生育期の9月中下旬頃にまとまった降雨があった。

2000年の各茶期に発病処理を実施した計8区における発生茶期における発病葉数を表2に示す。二番茶摘採残葉では、二番茶期に接種処理を実施したNo.1~4区での発病が52.9~69.8枚と1.8~3.1枚のNo.5~8区より明らかに多く、三番茶では三番茶期に接種処理を実施したNo.3~6区での発病が609.3~780.4枚とNo.1,2,7,8区よりも明らかに多かった。秋芽では、三番茶での発病が多かったNo.3~6の発病が他区より多いものの、秋芽での接種処理を実施したNo.1,3,5,7区では、実施しなかった2,4,6,8区のそれぞれよりも多い傾向は認められた。秋芽数は、三番茶での発病の多いNo.3~6で多い傾向であった。これら一連の処理効果を解析した結果(表3)、二番茶摘採残葉での病葉数は二番茶期での処理の効果が有意($p < 0.001$)であった。三番茶での病葉数は、三番茶での処理の影響が有意($p < 0.001$)であり、秋芽の病葉数は三番

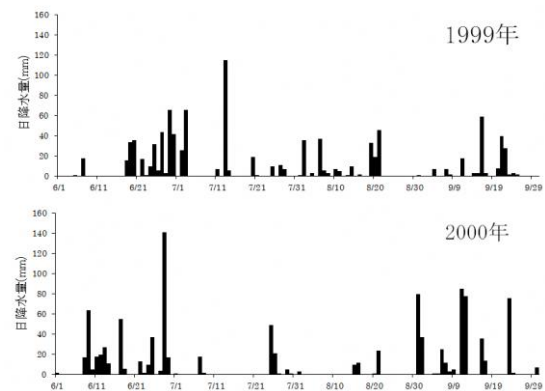


図1 1999年および2000年の6~9月における日降水量の推移(牧之原アメダス: 日降水量1mm以上の値)

茶と秋芽での処理の両方が有意であった($p < 0.01$)。秋芽数は、三番茶での処理が有意であった($p < 0.001$)。各茶期間の交互作用は、秋芽での病葉数に対する三番茶と秋芽の処理の交互作用が有意($p < 0.05$)である他には、有意な交互作用は認められなかった。以上より、今回の試験では、各茶期における処理は当該茶期のチャ炭疽病の発病葉数に反映し、秋芽での病葉数は三番茶期における処理の影響も見られた。

次に、各茶期での発病が翌年の収量等に及ぼす影響について解析した(表4)。一番茶摘採前落葉率は、前年三番

表2 発病調節処理を行った各茶期の発病葉数と秋芽数(平均値±標準誤差 / m²)

試験区No.	チャ炭疽病の発生茶期			秋芽数
	二番茶摘採残葉	三番茶	秋芽	
1	69.8 ± 9.5	45.3 ± 0.8	109.8 ± 19.8	252.4 ± 10.5
2	66.2 ± 8.4	35.6 ± 11.8	68.4 ± 6.6	242.2 ± 5.8
3	64.9 ± 5.1	657.8 ± 14.5	489.8 ± 22.3	281.3 ± 11.5
4	52.9 ± 4.4	634.2 ± 6.9	332.0 ± 55.1	299.1 ± 10.3
5	3.1 ± 1.2	780.4 ± 36.9	512.9 ± 27.8	285.8 ± 4.2
6	1.8 ± 0.4	609.3 ± 46.6	395.1 ± 23.3	297.3 ± 12.1
7	2.2 ± 2.2	32.4 ± 14.9	85.3 ± 0.8	264.4 ± 11.2
8	2.7 ± 0.8	7.6 ± 5.1	63.1 ± 12.5	244.4 ± 6.9

表3 各調査項目(従属変数)における発病調節処理の効果(分散分析結果)

要因	チャ炭疽病の茶期別発病葉数			秋芽数 ¹⁾
	二番茶摘採残葉 ¹⁾	三番茶 ¹⁾	秋芽 ¹⁾	
二番茶期での処理	F(1,22) = 276.7***	F(1,20) = 0.3 ^{ns}	F(1,16) = 0.6 ^{ns}	F(1,20) = 0.4 ^{ns}
三番茶期での処理	—	F(1,20) = 694.1***	F(1,16) = 361.8***	F(1,20) = 33.3***
秋芽での処理	—	—	F(1,16) = 21.1**	—
要因間交互作用				
二茶×三茶	—	F(1,20) = 2.0 ^{ns}	F(1,16) = 2.5 ^{ns}	F(1,20) = 0.2 ^{ns}
三茶×秋芽	—	—	F(1,16) = 8.3*	—
二茶×秋芽	—	—	F(1,16) = 0.6 ^{ns}	—
二茶×三茶×秋芽	—	—	F(1,16) = 0.1 ^{ns}	—

1) F値括弧内は自由度, 数値右肩の記号は, ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ を示す。—は該当無し。

表4 前年茶期に発病調節処理を実施した各試験区における一番茶前三番茶枝での落葉率, 一番茶摘採収量, および二番茶摘採収量(平均値±標準誤差)

試験区No.	一番茶摘採前 落葉率%	一番茶摘採収量 (kg/m ²)	二番茶摘採収量 (kg/m ²)
1	2.28 ± 1.14	0.35 ± 0.04	1.13 ± 0.04
2	2.75 ± 1.05	0.36 ± 0.01	1.10 ± 0.07
3	63.58 ± 1.97	0.23 ± 0.01	0.40 ± 0.02
4	51.49 ± 1.95	0.28 ± 0.02	0.54 ± 0.04
5	61.76 ± 2.46	0.28 ± 0.03	0.56 ± 0.08
6	54.98 ± 2.43	0.26 ± 0.04	0.65 ± 0.09
7	2.88 ± 0.53	0.35 ± 0.03	1.16 ± 0.04
8	4.75 ± 0.67	0.34 ± 0.01	1.18 ± 0.02

茶で発病助長させた No.3~6 区で 51.49~63.58%と非常に高く, 抑制した 1, 2, 7, 8 区では 2.28~4.75%と低かった。また, 一番茶摘採収量は, 3~6 区で 0.23~0.28kg / m²であったのに対して, 1, 2, 7, 8 区では 0.34~0.36kg / m²とやや多かった。二番茶摘採収量についても, 3~6 区

で 0.40~0.65kg / m²であったのに対して, 1, 2, 7, 8 区では 1.10~1.18kg / m²と多かった。一番茶摘採前落葉率, 一番茶および二番茶摘採収量に及ぼす前年の処理効果を解析した結果(表 5), 落葉率は三番茶期での処理が有意($p < 0.001$)であり, 他には二番茶と秋芽の処理の交互作用で

有意性($p < 0.05$)が認められた。また、一番茶収量、二番茶収量ともに、三番茶期での処理が有意($p < 0.001$)であった。ただし、二番茶収量では二番茶期での発病も有意性($p < 0.05$)が認められた。以上より、前年三番茶期における発病が、一番茶摘採前落葉率、一番茶および二番茶の摘採収量に大きく影響する主要因であることが明らかとなった。

2 前年三番茶での発病程度と摘採収量との関係

(1) 前年三番茶での発病程度と収量構成要素との相関関係

1999~2000年の試験では、三番茶病葉数で0~3217枚/m²の、無から甚発生に至る広範囲の発病程度を設定できた。三番茶の補正病葉率、補正落葉率ともに三番茶病

葉数との間には高い正の相関関係が認められ(補正病葉率: $R^2 = 0.992$, $p < 0.001$, 補正落葉率: $R^2 = 0.974$, $p < 0.001$ (図2)、面積当たり病葉数が多いほど病葉率、落葉数ともに多くなることが判明した。

一番茶摘採前の4月中旬における摘採面の状態では、前年三番茶期に発病を助長させた多発区では越冬葉の落葉が著しく着生葉のない棒状になった枝が目立ち、一方、防除により完全に抑制した区では越冬葉がほぼ完全に残っていた(図3)。

一番茶の収量構成要素と前年三番茶での病葉数、病葉率(2000年は補正值)、落葉率(2000年は補正值)、および一番茶摘採前落葉率(2000年は補正值)との間の相関係数を表6に示す。2000年の試験では、前年三番茶の炭疽病調査項目と一番茶収量との関係において、 $r = -0.73 \sim -0.84$

表5 各調査項目(従属変数)における前年各茶期での発病調節処理の効果(分散分析結果)

要因	一番茶摘採前 落葉率 ¹⁾	一番茶摘採収量 ¹⁾	二番茶摘採収量 ¹⁾
二番茶期での処理	F(1,16) = 1.63 ^{ns}	F(1,16) = 0.01 ^{ns}	F(1,16) = 5.68 [*]
三番茶期での処理	F(1,16) = 975.59 ^{***}	F(1,16) = 21.00 ^{***}	F(1,16) = 229.48 ^{***}
秋芽での処理	F(1,16) = 1.75 ^{ns}	F(1,16) = 0.04 ^{ns}	F(1,16) = 1.73 ^{ns}
要因間交互作用			
二茶×三茶	F(1,16) = 0.62 ^{ns}	F(1,16) = 0.20 ^{ns}	F(1,16) = 0.98 ^{ns}
三茶×秋芽	F(1,16) = 1.08 ^{ns}	F(1,16) = 1.14 ^{ns}	F(1,16) = 0.00 ^{ns}
二茶×秋芽	F(1,16) = 7.96 [*]	F(1,16) = 0.05 ^{ns}	F(1,16) = 2.49 ^{ns}
二茶×三茶×秋芽	F(1,16) = 0.11 ^{ns}	F(1,16) = 0.25 ^{ns}	F(1,16) = 0.48 ^{ns}

1) F値括弧内は自由度, 数値右肩の記号は, ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, ***: $p < 0.001$ を示す。-は該当無し。

表6 前年三番茶期においてチャ炭疽病の発生程度を異にした茶樹における各調査項目間の相関係数¹⁾

調査年 調査項目	一番茶 収量 (kg/m ²)	一番茶収量構成要素(20×20cm枠)					二番茶 収量 (kg/m ²)
		摘芽重 (g)	摘芽数	摘芽長	開葉数	出開度	
2000年							
前年三番茶							
病葉数/m ²	-0.84 ^{***}	-0.47 [*]	-0.26 ^{ns}	-0.85 ^{***}	-0.64 ^{**}	0.67 ^{**}	-0.72 ^{***}
補正病葉率%	-0.76 ^{***}	-0.41 [*]	-0.18 ^{ns}	-0.80 ^{***}	-0.57 ^{**}	0.71 ^{***}	-0.74 ^{***}
補正落葉率%	-0.78 ^{***}	-0.40 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.80 ^{***}	-0.57 ^{**}	0.69 ^{***}	-0.71 ^{***}
当年一番茶前							
補正落葉率%	-0.73 ^{***}	-0.44 [*]	-0.20 ^{ns}	-0.81 ^{***}	-0.55 ^{**}	0.74 ^{***}	-0.76 ^{***}
2001年							
前年三番茶							
病葉数/m ²	-0.08 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	-0.51 [*]	0.04 ^{ns}	0.67 ^{**}	-0.84 ^{***}
病葉率%	-0.12 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	-0.36 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.68 ^{**}	-0.84 ^{***}
落葉率%	-0.15 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.68 ^{**}	-0.82 ^{***}
当年一番茶前							
落葉率%	-0.15 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.70 ^{**}	-0.84 ^{***}

1) 独立変数の補正落葉率と補正病葉率, 病葉率と落葉率, および従属変数の出開度は角変換値を用いた。相関係数の右肩の記号は有意確率を示す, ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ 。

の有意な負の相関関係が認められた($p < 0.001$). そのほか、摘芽重、摘芽長、開葉数の各項目で負の相関関係が多く認められた. 特に、摘芽長との相関は高かった($r = -0.80 \sim -0.85$, $p < 0.001$). また、出開度は、有意な正の相関が認められた($r = 0.67 \sim 0.74$, $p < 0.01$). 二番茶では、摘採収量のみであるが、一番茶同様に、いずれの関係でも負の有意な相関関係が認められた($r = -0.71 \sim -0.76$, $p < 0.001$). これらの結果から、前年三番茶での発病程度に依存して、一番茶および二番茶の収量はともに減少し、一番茶の新芽長は短く、開葉数は少なく、出開き時期が

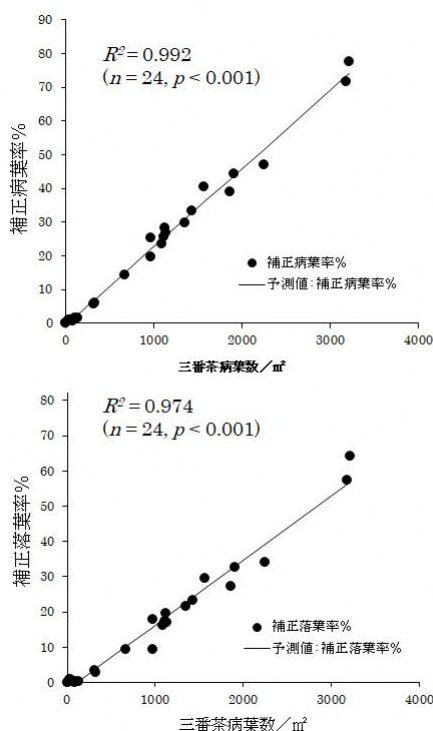


図 2 三番茶不摘採園において三番茶芽生育期に病原菌接種と殺菌剤散布を組み合わせるチャ炭疽病の発生程度を異にした区における秋整枝前の三番茶病葉数と三番茶葉における補正病葉率(上図)および補正落葉率(下図)との関係(1999年10月)

早まることが示された(表 6).

2001年の試験では、前年三番茶での病葉数は164~882枚/㎡と前年に比べると発病程度の範囲はやや狭くなり、また完全に発病を抑制する区は設定できなかった. 調査項目と一番茶収量との関係では、 $r = -0.08 \sim -0.15$ と負の相関が示唆されたもの有意性は認められなかった($p > 0.05$). そのほか、摘芽重、摘芽長の各項目で負の相関関係が示唆されたが、有意性が認められた項目は病葉数と摘芽長の関係のみであった($r = -0.51$, $p < 0.05$). 開葉数はいずれの項目でも有意な相関は認められなかった($p >$

0.05). ただし、出開度は、いずれの項目でも有意な正の相関関係が認められた($r = 0.67 \sim 0.70$, $p < 0.01$). 二番茶の収量は、いずれの項目でも有意な負の相関関係が認められた($r = -0.82 \sim -0.84$, $p < 0.001$).

(2) 前年三番茶での病葉数と一、二番茶の摘採収量との関係

両年のデータを用いて、三番茶病葉数(x)と一番茶摘採収量(y)との関係をプロットすると、2000年は1500枚/㎡当たりまではほぼ平行に推移するものの、1500枚付近を越えると急激に収量が低下する傾向がみられた(図 4). ここで、病葉数を x 、収量を y として、後述する非線形モデル式を当てはめ、各パラメータを最小二乗法により求めたところ、 $y = 0.716 - 0.0233e^{0.000803x}$ ($R^2 = 0.859$, $p < 0.001$)の回帰式を得た. 得られた回帰式に基づく、5%減収点は1134枚/㎡、10%減収点は1718枚/㎡となる. また、前年三番茶の補正病葉率を独立変数とした場合では、 $y = 0.707 - 0.00943e^{3.2824 \times 10^{-5} x}$ ($R^2 = 0.824$, $p < 0.001$)の回帰式が得られた(データ省略). 2001年では、収量は病葉数とほぼ並行で推移し、発病程度の影響ははっきりとは認められなかった. ただし、収量が0.3kg/㎡程度と前年(約0.7kg: 図 4)に比べると少なく、摘採適期よりかなり早い時期の摘採になっていた.

次に、病葉数と二番茶摘採収量との関係を図 5 に示す. 2000年では、病葉数に依存して直線的な収量が減少する傾向であったこと(図 5)から、ここでは直線回帰式を当てはめた. その結果、 $y = 0.743 - (5.2 \times 10^{-5})x$ ($R^2 = 0.514$, $p < 0.001$)の直線回帰式を得た. 得られた回帰式に基づく、5%減収点は714枚/㎡、10%減収点は1429枚/㎡となる. 2001年の試験では、ばらつきが大きいので回帰分析は行わなかったが、収量は発病程度に大きく依存し、多発区では少発区の半分程度と大きく減収した(図 5). なお、摘採時期は、摘採適期を外れて新芽が成長しすぎていたため、少発区の収量は前年の収量を大きく超える1kg/㎡以上となった

3 二番茶摘採残葉における発病程度と三番茶での発病程度との関係

1999年では、二番茶病葉数は0~460/㎡、三番茶病葉数は22~1307枚/㎡の範囲となり、伝染源となる二番茶病葉数に依存して、三番茶葉の感染可能上限値に向かって飽和する曲線形状を示した(図 6). 2000年の試験においても、二番茶病葉数の範囲は前年に比べて狭くなったものの、前年とほぼ同様のデータ分布を示した(図 6).

チャ炭疽病は、伝染源の病斑から雨滴により分子がランダムに飛散して周囲の感染可能なステージの新葉に

付着して発病する²³⁾。そこで、寄生バチなどの寄生者が寄主を探索する際に、寄生者数と寄生者によりランダムに寄生される被寄生者数との相互関係を模した Nicholson-Bailey のモデル式⁹⁾を適用し、1999年と2000年のデータを混みにして最小二乗法によりモデル式の各パラメータを求めた。このモデル式 $y = H(1 - e^{-ax})$ は、 y は被寄生者数、 H は寄生可能な被寄生者数、 a は寄生者1頭の探索範囲、 x は寄生者数、を示す。本研究では、図6に示されたプロ

ットが描く曲線の飽和形状から、 H は感染可能な三番茶葉の上限値として 1500 枚 / m^2 を設定し、 x を二番茶病葉数 / m^2 、 y を三番茶病葉数 / m^2 とすると、 $y = 1500(1 - e^{-0.00066x})$ ($R^2 = 0.930$, $p < 0.001$) の非線形回帰式が得られた。さらに、この式から、前述 2(2) で求めた一番茶の 5% 減収点となる前年三番茶病葉数 1134 枚 / m^2 に該当する二番茶病葉数は 214 枚 / m^2 と計算された。同様に、二番茶での 5% 減収点 (714 枚 / m^2) では 98 枚 / m^2 と計算された。



図3 前年三番茶期にチャ炭疽病の発病を助長させた多発区(左列)と防除により抑制した区(右列)における一番茶萌芽前～開葉初期における摘採面の様子。多発区では越冬葉が少なく、落葉により棒状になった母枝が目立つ。また、母枝の葉離脱痕から小さな新芽が芽吹いている(上段：2000年4月14日、下段：2001年4月16日)。

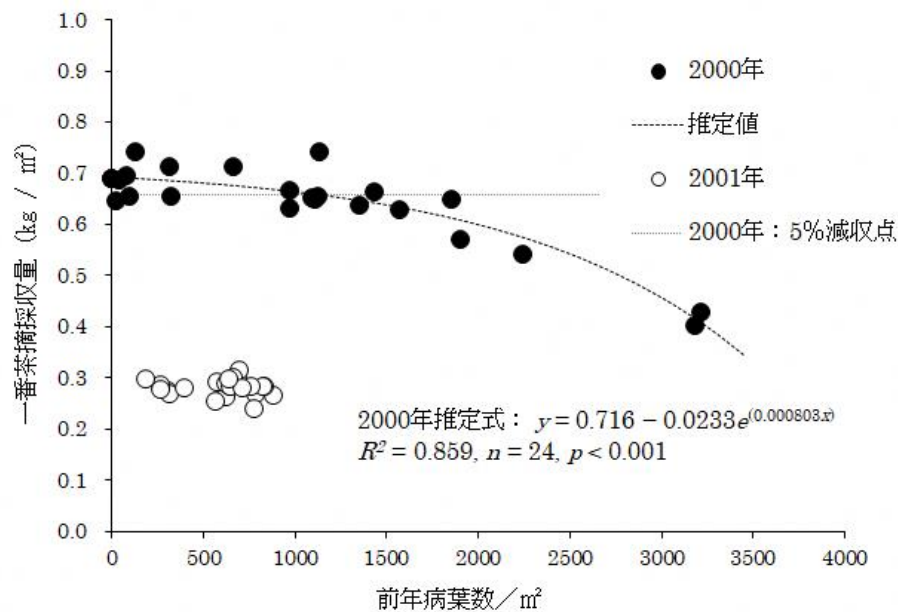


図4 三番茶不摘採園におけるチャ炭疽病の前年三番茶の病葉数と一番茶摘採収量との関係

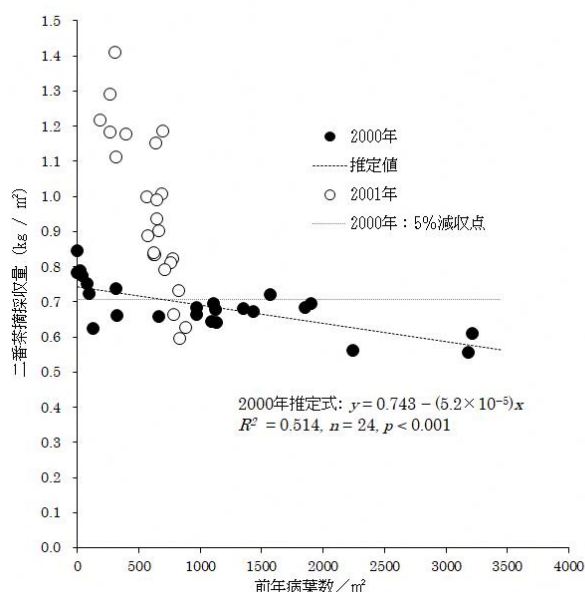


図5 三番茶不摘採園におけるチャ炭疽病の前年三番茶の病葉数と二番茶摘採収量との関係

4 三番茶でのチャ炭疽病の発生が翌年の摘採収量に及ぼす影響（現地試験）

富士市の試験(表7 上段)では、前年茶期における二番茶摘採残葉、三番茶ともに発病病葉数には処理区間で有意差が認められ(t 検定, $p < 0.001$), 三番茶の病葉数は、防除区が18.4枚/m², 無防除区が186.1枚/m²であった。一方、翌年の一番茶採摘み収量構成要素では、百芽重は無防除区より有意に優った($p < 0.01$)ものの、それ以外の項目では有意差は認められなかった($p > 0.05$)。ただし、無防除区は防除区に比べると、芽が小さく芽数の多い、芽数型の傾向はみられた。島田市川根町の試験(表7 下段)では、三番茶の病葉数は、防除区で59.2枚/m²であるのに対して、無防除区では426.1枚/m²であり、区間で有意差が認められた($p < 0.001$)。しかし、翌年の一番茶採摘み収量構成要素では、百芽重($p < 0.01$), 出開度($p < 0.05$)を除く各項目で有意差は認められなかった($p > 0.05$)。ただし、富士市同様、無防除区が一番茶は防除区に比べると、芽が小さく芽数の多い、芽数型の傾向がみられた。

IV 考 察

チャ炭疽病の発病程度と摘採収量との関係については、鹿児島県の三番茶摘採園で調べられ、秋芽での発病が多いと翌年の一番茶が減収する被害が発生する³¹³。しかし、三番茶不摘採園については不明な点が多く、本研究では

摘採収量と前年の発病程度との関係を詳しく解析した。その結果、どのような因果関係により減収被害が発生するのか、特に現象面で減収に至るメカニズムが具体的に明らかになった。本研究の成果に基づいて発病と病葉数、一番茶の収量構成要素等との関係を表8にまとめた。

まず、三番茶不摘採園では、翌年の収量に影響するチャ炭疽病の発生茶期は主に三番茶期であり(表2~5)、梅雨期がちょうど三番茶の生育期に当たるため病原菌の感染に非常に好適となる。秋整枝では、通常、秋芽のほとんどが除去されるため、秋整枝面の下部に位置する三番茶葉が主な越冬葉となり、三番茶の枝葉が樹冠上部を構成する。ここで、三番茶病葉数と落葉率は非常に相関が高い(図2)ので、三番茶葉で発病が多いと、発病後期から越冬中にかけて病葉の落葉(離脱)が激しくなって越冬葉数が減少するが、摘採収量は古葉(一番茶では主に前年三番茶葉)の葉面積に依存すること¹⁹⁾はよく知られている。発病が多いと三番茶枝に葉離脱痕が増加し、一番茶萌芽期の4月に入ると、多くの葉離脱痕から新芽が芽吹いていることが観察された(図3左下)。春に落葉した節から出る側芽は摘採できるようなよい芽にならない¹⁹⁾とされ、実際にこれら新芽の長さは短く(表6)、開葉数は少なく(表6)、かつ出開き時期は早くなり、1芽の重量は減少する(表6)。休眠を続ける脇芽の潜伏芽はその上部がせん枝された場合に活動を開始して伸び出すとされ⁸⁾、落葉により離脱痕が形成された場合もそれが刺激となってその脇の潜伏芽の休眠が打破されて伸長が開始される可能性がある。その結果、葉離脱痕が多いと新芽総数は多くなると推察されるが、芽長が短い(表6)ので、樹冠内部(母枝の下部)から芽吹いた新芽は摘採面上まで十分に伸長できないものも多くなる(図3左下)。これらは、摘採面下にあるため摘芽数にはカウントされず、刃にもかからないため収量には含まれない。すなわち、多発区では、摘採面上の新芽数(摘芽数)こそ減少しないものの(表6)、矮小化し(表6)、結果として摘採収量は減少する(表4, 5, 6)。

次に、前年三番茶期の発病程度と一番茶および二番茶の減収による被害量との関係では、発病程度の幅や摘採時期など各種条件設定が十分に成立したと考えられた2000年の収量データ(図4, 5)からは、三番茶病葉数が1500枚/m²程度までは摘採収量が大きく減少する傾向は認められず、1500枚/m²を越えると明らかに減収する傾向が認められた。算出した回帰式に基づくと、一番茶では、5%減収点が1134枚/m²、10%減収点が1718枚/m²となり、5%を被害許容限界とすれば、被害許容水準は

約1100枚と算出された。また、二番茶では約700枚/m²となった。なお、一番茶の減収被害が二番茶まで継続する理由は、二番茶の収量には越冬葉の多少が影響する⁴⁾ので、落葉による葉の減少によって一番茶と同様に二番茶でも減収被害が継続すると考えられる。計算により示した三番茶病葉数1134枚/m²は、中山間地の三番茶不摘採園においては同程度の多発事例はしばしば観察されて

おり、現地でも本病による減収被害が実際に起きている可能性は高い。ただし、本研究の2001年の収量データでは、一番茶収量に前年三番茶の発病の影響はほとんど認められず(表6, 図4)、富士市と島田市での現地試験においても、発病の有無は一番茶収量(摘芽重)への影響は軽微であった(表7)。この理由として、いずれの試験でも、前年三番茶病葉数が前述の1134を下回る値に止まった

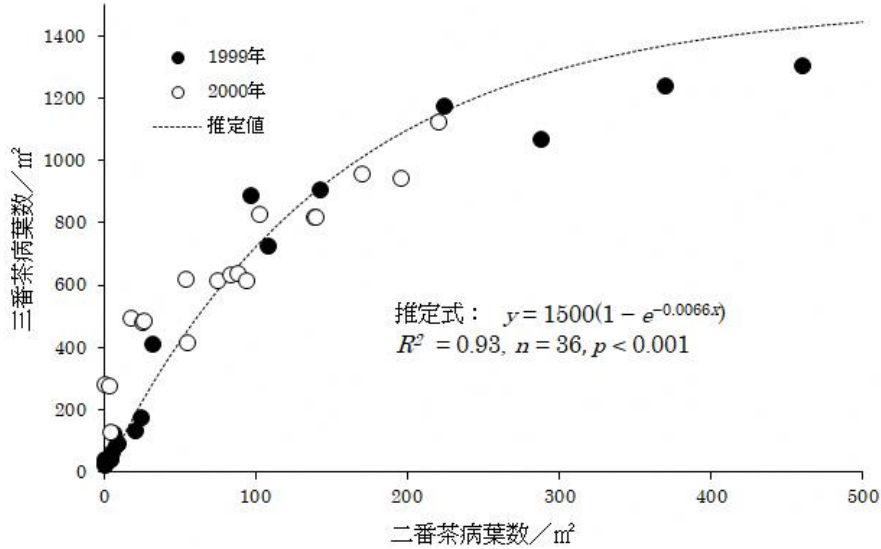


図6 三番茶不摘採園における二番茶摘採残葉におけるチャ炭疽病の病葉数と三番茶病葉数との関係。推定式は、2年間のデータを混みにして算出した

表7 前年三番茶期の発病が一番茶の収量に及ぼす影響(平均値±標準誤差)

	前年茶期の病葉数/m ²		20×20cmの枠摘みによる一番茶芽の収量構成要素 ³⁾					
	二番茶摘採残葉 ¹⁾	三番茶芽 ²⁾	摘芽重(g)	摘芽数	百芽重(g)	摘芽長(cm)	開葉数	出開度
富士市石坂								
三番茶期防除区	9.9 ± 1.9	18.4 ± 6.8	15.6 ± 2.5	50.5 ± 7.0	30.6 ± 1.3	3.0 ± 0.4	2.6 ± 0.2	0.14 ± 0.03
三番茶期無防除区	49.3 ± 4.1	186.1 ± 8.3	14.7 ± 0.9	57.7 ± 2.0	25.4 ± 0.8	2.9 ± 0.3	2.4 ± 0.2	0.09 ± 0.03
有意確率 ⁴⁾	***	***	ns	ns	**	ns	ns	ns
島田市川根町笹間								
三番茶期防除区	12.3 ± 2.3	59.2 ± 19.2	21.2 ± 1.5	48.2 ± 3.1	44.0 ± 1.7	5.1 ± 0.2	3.0 ± 0.1	0.31 ± 0.03
三番茶期無防除区	9.9 ± 1.1	426.1 ± 55.9	20.8 ± 0.6	55.3 ± 2.3	37.8 ± 1.0	4.0 ± 0.2	3.0 ± 0.1	0.51 ± 0.03
有意確率 ⁴⁾	ns	***	ns	ns	**	ns	ns	*

1) 富士市は2000年7月21日、島田市は同年8月2日に調査した。
 2) 富士市、島田市ともに2000年9月13日に調査した。
 3) 富士市は2001年4月25日、島田市は同年5月11日に調査した。
 4) 有意確率は、ns: p > 0.05, *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001を示す。

表8 前年三番茶期におけるチャ炭疽病の発病が及ぼす影響

茶期	前年三番茶			一番茶						
	落葉数	葉離脱痕数	越冬葉数	母枝(三番茶枝)の落葉率	摘採面上の面積当たり新芽数	新芽長	新芽重/芽	開葉数	出開きの早さ	摘採取量
三番茶期での発病が及ぼす影響 ¹⁾	+	+	-	+	±	-	-	-	+	-

1) 影響は、それぞれ+: 増加, -: 減少, ±: 不明瞭を示す。

ことが考えられた。また、二番茶収量では、2001年の試験で前年三番茶の病葉数 500 枚程度から急激に収量が減少した(図 5)。この試験では、摘採時期が大きく遅れた影響があると考えられるものの、二番茶は一番茶よりも発病の影響を受けやすい可能性はある。先行研究¹⁹⁾によると、三番茶摘採園での一番茶 5%減収点は、秋芽の病葉数で約 600 枚(筆者の計算による)であり、不摘採園の被害許容水準は摘採園のそれよりも高いことが示唆されるが、三番茶と秋芽での違いや、鹿児島県と静岡県との気象条件や栽培管理方法の違いもあるので、単純には比較できない。三番茶摘採園については、別途、検証する必要がある。なお、一般にチャ葉の密度は圃場管理や樹齢によっても変動するので、発病程度を評価する指標として、面積当たり病葉数以外に、病葉数と相関の高い病葉率や落葉率(図 2)も利用できる可能性はある(表 6)。しかし、これら項目の調査は、枠を使った病葉数の調査に比べると多大な労力と経験が必要となり普及性には乏しいので、現場での適用は難しいと思われる。

被害許容水準の次のステップとして、発病を許容水準以下に抑えるための要防除水準の設定である。潜伏期間の長いチャ炭疽病²³⁾の防除では、予防剤、治療剤ともに、発病前に薬剤を散布することが一般的である¹⁰⁾。三番茶期の防除の要否に関して、防除のタイミングは、新芽のステージ(開葉数)による感染感受性の把握¹¹⁾や使用する殺菌剤の作用特性の把握^{10,12,17)}が重要であるが、被害許容水準に基づいた防除要否では、防除以前での伝染源密度の把握による要否判断が必要となる。そこで、本研究では、三番茶病葉の主要伝染源と考えられる二番茶摘採後の残存病葉数に着目した。二番茶から三番茶への感染状況を 2 年間にわたって調査した結果、図 6 に示す伝染源密度(二番茶病葉数)から発病程度(三番茶病葉数)を予測する推定式が得られた。この予測式から、被害許容水準(一番茶 5%減収点=前年三番茶病葉数 1134 枚 / m²)への到達が予想される伝染源の密度(前年二番茶残存病葉数)は 214 枚 / m²と算出された。すなわち、二番茶残存病葉数が 214 枚 / m²以下ならば、三番茶期の防除は不要と判断される。ただし、これは、わずか 2 カ年の結果であり、三番茶生育期の気象条件によって発病程度が変動すると考えられるので、さらなる検証は必要であろう。将来的には、この予測式に、三番茶の感受性変化モデル^{11,16,20)}を組み込んだ総合的な最適防除戦略モデルの構築が期待される。

ところで、今回、伝染源となる二番茶病葉数と分生子のランダムな飛散により感染した三番茶病葉数との関係に適用した Nicholson-Bailey のモデル⁹⁾では、ネイピア数

e の指数 x (寄生者数:本研究では二番茶病葉数)の係数(0.0066)は、全体を 1 とした寄生者の探索範囲面積の相対値を表している。今回のチャ炭疽病の感染予測モデルに当てはめると、病葉数の単位は m²当たりなので、全体値 1 は 1 m²(10000cm²)であり、0.0066 = 66 cm²となる。これは、一枚の伝染源から分生子が雨滴によりランダムに飛散して周囲に感染する範囲面積に当たると考えられる。66cm²は、半径約 4.5cm の円の面積に等しいことから、摘採面上では、二番茶残存病葉を中心として半径約 4~5cm の範囲で分生子が飛散していることがモデル式から推定された。感染可能な三番茶葉が m²当たり 1500 枚あった場合、面積 66cm²にあたる葉数は約 10 枚となることから、スポット上に発病する本病の現場での観察と比較しても、感染範囲の理論値は概ね実態に合致している。今後、この理論値を検証するためには、実際に摘採面上に伝染源(二番茶病葉)を設置し、その周囲で感染した発病葉(三番茶病葉)の相対位置データを計測する必要がある。

本研究では、静岡県の主要品種である‘やぶきた’を供試した。チャ炭疽病に対する感受性は品種により異なり²⁰⁾、例えば‘さえあかり’はチャ炭疽病とチャ輪斑病に対する複合抵抗性を有している²²⁾ため、今回‘やぶきた’で明らかにした被害許容水準や要防除水準は適用できないであろう。したがって、チャ品種ごとに同様の被害解析を行う必要がある。また、本研究でも明らかにしたように、二番茶摘採後の残存病葉が三番茶での主要伝染源となり、発病程度は残存病葉密度に依存する(図 6)。そのため、伝染源を物理的に除去する二番茶摘採後の深整枝が発病抑制に有効⁸⁾とされているものの、一番茶での発病がみられる場合には、一番茶の残存病葉が三番茶の伝染源となり、深整枝による効果が十分でないこと¹⁾も指摘されているので、年によっては一番茶残葉での発病にも注意は必要である。

本病の感染には雨滴が必要であり²⁾、三番茶生育期における降雨条件が発病の多少を左右すると考えられる。近年、地球温暖化による気候変動が農業場面でも問題になっており¹⁴⁾、今後は過去の調査事例やデータがほとんど適用できない年もあるかもしれない。さらに、今回の研究では、単年度ごとの処理により被害解析を行ったが、発病が同じ場所で毎年連続して起こった場合の、樹勢や収量への影響についても今後の課題である。特に、発病に伴う落葉による樹勢への影響の蓄積は、十分考慮する必要がある。

V 摘 要

チャ品種‘やぶきた’の三番茶不摘採園において、チャ炭疽病の発病が、翌年の摘採収量へ及ぼす影響を解析した。二番茶、三番茶、秋芽の各生育期に独立して発病処理を行い、どの茶期での発病が翌年の一番茶および二番茶の摘採収量に影響を及ぼすか検討した結果、三番茶での発病が収量に大きく影響した。三番茶での発生程度に依存して、翌年の一番茶および二番茶の摘採収量が減少し、三番茶病葉数(x)と摘採収量(y)との間には、一番茶では $y = 0.716 - 0.0233e^{0.000803x}$ の関係式が、二番茶では $y = 0.743 - (5.2 \times 10^{-9})x$ の関係式が得られた。これらの関係式に基づくと、一番茶および二番茶で5%減収点となる前年の三番茶病葉数は、それぞれ1134枚/m²と714枚/m²と計算された。二番茶の発病葉数(x)と三番茶の発病葉数(y)との関係には、Nicholson-Baileyのモデル式を適用した。その結果、 $y = 1500(1 - e^{-0.0006x})$ の関係式が得られ、三番茶病葉数1134枚に該当する二番茶病葉数は214枚/m²となり、この数が三番茶期における要防除水準と推定された。さらに、先の関係式のパラメータに基づくと、1枚の病葉から分生子が飛散して感染可能な新葉に感染する範囲の面積は、66cm²と推定された。現地ほ場2カ所において、三番茶期にチャ炭疽病の防除区と無防除区を設定し、翌年一番茶の採摘みを行って収量構成要素を比較したところ、百芽重で処理区間に有意差が認められた。

謝 辞

本研究において、調査に多大なご協力をいただいた静岡県植物防疫協会の故・鬼窪多津子氏に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 秋田 滋・山田憲吾(2003)：二番茶期の深整枝によるチャ炭疽病防除効果の低下要因と改善。野菜茶業研究所 2003 年 成 果 情 報 ， <https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2003/vegetea03-13.html>。(2022年8月参照)
- 安藤康雄(1985)：チャ炭疽病菌は毛茸から侵入する。茶, 38(9), 20~25.
- 安藤康雄(2001)：2. 各論(2)炭疽病. 茶の栽培と利用加工, 岩浅 潔編著, 養賢堂, 東京, 271~274.
- 青木 智・内田浩輔(1982)：二番茶芽の生育に及ぼす越冬葉の影響. 茶研報, 56, 1~6.
- 小泊重洋(1972)：チャの病害とその防除(2). 農業および園芸, 47, 1569~1573.
- 此本晴夫(2006)：生育診断にもとづいた収量構成要素の制御と更新. 図解 茶生産の最新技術, 静岡県茶業会議所, 静岡, 105~109.
- 永田利美(1954)：茶樹タンソ病に関する研究. 東近農試研報(茶), 2, 97~131.
- 中山 仰(2001)：第3章 チャの形態. 茶の栽培と利用加工, 岩浅 潔編著, 養賢堂, 東京, 19~36.
- Nicholson A. J. and V. A. Bailey(1935): The Balance of Animal Populations. - Part I. Proceedings of the Zoological Society of London, 3, 551~598.
- 西島卓也(2006)：チャ炭疽病に対するDMI剤の治療効果と病原菌の薬剤感受性. 植物防疫, 60, 591~596.
- 西島卓也(2007)：チャ炭疽病に対するはさみ摘み茶園の新芽生育に伴う感受性の変化. 茶研報, 104(別), 76~77.
- 野中寿之(1972)：茶の炭そ病に対する薬剤の作用特性に関する研究. 茶研報, 37, 46~53.
- 野中寿之(1983)：チャ炭疽病. 茶病害虫の防除 改訂第4版, 静岡県茶業会議所, 静岡, 84~88.
- 農林水産省農林水産技術会議(2007)：農林水産研究開発レポート No.23 . <https://www.affrc.maff.go.jp/docs/report/pdf/no23.pdf>.(2022年8月参照)
- 大石貞男(1976)：茶の生育診断と栽培. 農文協, 東京, 244pp.
- 小澤朗人(2002)：三番茶期の炭疽病に対する殺菌剤の最適散布時期. 茶研報, 94(別), 10~11.
- 小澤朗人(2022)：チャ炭疽病に対するDMI殺菌剤テブコナゾール水和剤およびフェンブコナゾール水和剤の作用期間. 関東病虫研報, 69, 印刷中.
- 静岡県経済産業部農業局お茶振興課(2021)：静岡県茶業の現状, 86pp.
- 高屋茂雄(1978)：炭そ病のこと. 茶, 31(1), 38~44.
- 外側正之(2010)：パソコンで利用できるチャ炭疽病防除支援システムの開発. 新しい農業技術 No.542, 静岡県経済産業部, 8pp.
- 鳥屋尾 忠之・武田善行・松下 繁(1976)：チャ炭そ病抵抗性の品種間差異と遺伝力. 茶業技術研究, 50, 1~8.
- 吉田克志・山田憲吾・園田亮一(2011)：チャにおける炭疽病・輪斑病複合抵抗性‘さえあかり’を基幹とした病害防除. 植物防疫, 65, 202~205.