

多段接ぎ木トマトによる青枯病及び褐色根腐病防除

熊崎晃^{*}・二村章雄^{*}・中保一浩^{***}・井上康宏^{***}・瓦朋子^{****}

^{*}岐阜県中山間農業研究所・^{***}農研機構中央農業総合研究センター・^{****}ベルグアース株式会社

Double grafting tomatoes to control Ralstonia wilt and Corky root.

Akira Kumazaki^{*}, Akio Futamura^{*}, Kazuhiro Nakaho^{***}, Yasuhiro Inoue^{***} and Tomoko Kawara^{****}

^{*}Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas,

^{***}NARO Agricultural Research Center, ^{****}Bergearth co., Ltd

摘 要

トマト (*Solanum lycopersicum* L.) 栽培において青枯病 (*Ralstonia solanacearum*) と褐色根腐病 (*Pyrenochaeta lycopersici*) 双方に強い抵抗性を付与する事を目的として、根部に青枯病に対して中程度、褐色根腐病に対して強い抵抗性を持つ台木を、その上の茎の部分に青枯病に対して強い抵抗性を持つ台木、さらにその上に穂木品種を接ぎ木する（多段接ぎ木）ことにより双方の病害に対して強い抵抗性を獲得することができた。また、その生産性は根部に用いた品種の慣行接ぎ木との間に差は見られない。

キーワード：トマト、青枯病、褐色根腐病、接ぎ木、多段接ぎ木

緒 言

トマト栽培においては土壌伝染性病害の発生により大きな減収が生じている。その対策として台木を用いる接ぎ木栽培が行われているが、青枯病、褐色根腐病双方に強い抵抗性を持つ台木品種はない。青枯病については、高接ぎ木で通常の接ぎ木に比べて発生を抑制できる（中保ら，2012）など、抵抗性台木の茎部で穂木への感染が抑制されることが明らかにされている。この機構を利用して、根部に青枯病に中程度、褐色根腐病に対して強い抵抗性を持つ台木を、その上の茎の部分に青枯病に対して強い抵抗性を持つ台木、さらにその上に穂木品種を接ぎ木する（多段接ぎ木：図1）ことにより双方の病害に対して強い抵抗性が獲得できた。

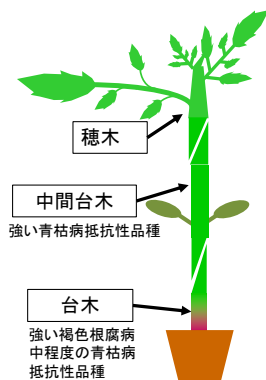


図1 多段接ぎ木の仕組み

栽培特性、生産性については台木に用いた品種と類似することが分かったので報告する。

材料及び方法

1. 品種選定圃場試験

1) 供試品種

「レシーブ」、「フレンドシップ」、供試S1^{*}（以上サカタのタネ）

「足じまんSS」、「足じまんZ」（以上みかど協和）

「Bバリア」、「グリーンガード」、「グリーンフォース」（以上タキイ種苗）

「がんばる根フォルテ」、「がんばる根11号」、「がんばる根トリパー」（以上愛三種苗）

※試験用に供試された販売品種以外のもの

2) 実施圃場

中山間農業研究所中津川支所内の青枯病、褐色根腐病汚染圃場で実施した。

3) 栽培概要

(1) 定植日平成25年6月28日、収穫開始日8月9日、収穫終了日11月15日

(2) 栽植密度：畝間200cm、2条植え、株間35cm、2,857株/10a

(3) 仕立て：直立

(4) 施肥：大塚SA処方、全窒素量17kg/10a、夏季最大で0.3kg/10a・日を施用

(5) 灌水：1リットル/株の灌水を生育に応じて1

日当たり 1～3 回実施
 (6) 無消毒の圃場に、白黒ダブルマルチを用いて栽培した。

4) 罹病調査

青枯病は栽培期間中、生長点のしおれを随時目視により観察し、しおれを確認後はすみやかに地際から切断し除去した。

褐色根腐病は栽培終了後、根部を抜き取り罹病程度0（なし）～4（甚）で評価した。

- 0：褐変面積が 5%未満
- 1：同 25%未満
- 2：同 25%以上 50%未満
- 3：同 50%以上 75%未満
- 4：同 75%以上 100%未満

2. 品種選定褐色根腐病接種試験

1) 供試品種

1. 品種選定試験から「グリーンフォース」を除き、「グリーンガード」（タキイ種苗）、供試S2*（サカタのタネ）を加える。

※試験用に供試された販売品種以外のもの

2) 栽培概要

播種：平成 25 年 11 月 15 日、128 セルトレイに 1 粒まき

鉢上げ：平成 25 年 12 月 12 日、15cm 径黒ポット及び市販育苗培土「苗のともだち」を利用。
 鉢上げ後はハウス内気温が 8～25℃になるよう、育苗管理した。

3) 菌の調整及び接種

(1) 菌株

F m－2（飛騨市分離）

H a－1（下呂市分離）

※いずれも岐阜大学から分譲

(2) 接種方法

竹内ら（1998）に準じた。供試菌株をショ糖加用ジャガイモ煎汁液体培地（P S B）で振とう培養（25℃、7 日間）した。

培地 1 L あたりに得られた菌体を回収して滅菌水 500m l でホモジナイズし、得られた菌液に、セル苗の根部を浸漬して鉢上げした。

さらに、5倍希釈した菌液100m l を各株もとに追加して灌注処理した。供試株数は各菌株7 とした。

4) 調査内容

枯死樹数：接種後 25 日及び 33 日に調査した。

根部罹病程度：各種台木品種を第 2 段花房開花期まで管理し、枯死しなかった株について、根部を水洗いし褐変程度を評価した。全体的に褐変程度が軽度であったため、株元から 10cm までの根を調査対象とした。株ごとに褐変程度を以下の指数により調査し、罹病程度を求めた。

【褐変程度の評価指数】

- 0：発病を認めない
- 1：腐敗面積が 25%未満
- 2：同 25%以上 50%未満

3：同 50%以上 75%未満

4：同 75%以上または枯死。

罹病程度＝〔Σ（程度別株数×該当指数）/（調査株数×4）〕×100

3. 品種選定青枯病接種試験

1) 供試品種

2. 品種選定褐色根腐病接種試験に同じ

2) 栽培概要

播種：平成 26 年 6 月 4 日、128 セルトレイに 1 粒まき

定植：平成 26 年 7 月 5 日、排水用の穴をあけたポリ袋（規格 16 号）に培土（ネオミックス 21：揖斐川工業（株））2.5L を充填し、株間 20cm に配置し、セル苗を定植した。

灌水及び施肥：タイマー付電磁弁を用い、概ね 1 時間おきにタンクミックス A & B（OAT アグリオ）によるかけ流し養液栽培とした。

3) 菌の調整及び接種

(1) 菌株 GF1455, GF1457

(2) 培養方法

ジャガイモショ糖培地（PS 培地）で 3 日間振とう培養した。

(3) 接種方法

第 2 段花房開花期（10～11 葉期、8 月 5 日）に、立毛のまま株元から 2 cm 程度の位置に幅 4 cm のステンレス板をポリ袋の底面まで差し込んで断根し、直ちに菌培養液の 100 倍希釈液を株あたり 200m l 灌注した。各菌株に各台木品種 10 株を供試した。

4) 調査内容

維管束褐変程度調査：第 5 段花房開花期（9/5）に、地際付近（地際、地際から 3 cm、地際から 6 cm）における維管束褐変の有無を調査した。

4. 栽培試験

1) 試験場所 当所中津川支所内雨よけハウスで重度な青枯病、褐色根腐病の汚染圃場

2) 土壌還元処理方法

糖蜜を用いた還元土壌処理を行った。処理量は糖蜜 1000g/m²、水 150L/m²とした。

3) 耕種概要

苗導入・定植：5 月 18 日にベルグアース株式会社から 9 cm ポット（本葉展開 5 枚程度）で導入、同日定植

収穫開始：7 月 17 日

4) 試験区 表 1 に示したとおりとした。

5) 植栽方法

6m 間口の雨よけハウスに畝間 2m、株間 45cm、栽植密度 2,222 株/10a

6) 収量調査

収穫期間中、週 3 回（月、水、金）実施
 果実品質（A、B、C、格外、障害果の内容）、重量を調査

表1 試験区の構成

区	台 木	中間台木	作付圃場※	反復
多段トリパー	がんばる根トリパー	Bバリア	還元	10株×4反復
			無処理	10株×3反復
多段グリーンフォース	グリーンフォース	Bバリア	無処理	10株×2反復
慣行Bバリア	Bバリア	—	還元	10株×4反復
			無処理	10株×3反復
慣行トリパー	がんばる根トリパー	—	還元	10株×4反復
			無処理	10株×3反復
慣行グリーンフォース	グリーンフォース	—	無処理	10株×2反復

※作付圃場の還元は「還元土壌処理圃場」

※穂木はすべて「桃太郎8」

7) 生育調査

栽培終了後、各花房の開花数、着果数、その直下の茎径を計測した。

8) 抵抗性調査

青枯病：栽培期間中随時しおれの発生を調査

褐色根腐病：栽培終了後、根部を掘り起し下記の

0～4の5段階で評価

0：褐変面積が5%未満

1：同25%未満

2：同25%以上50%未満

3：同50%以上75%未満

4：同75%以上100%未満

5. 現地試験

1) 試験場所 中津川市落合 平成25年「がんばる根フォルテ」で50株/180株（約28%）が青枯病で枯死。平成26年は多段接ぎ木「麗夏」＋「Bバリア」＋「がんばる根トリパー」で7株/180株（約4%）が枯死。26年の作付終了後ガスタード微粒剤による土壌消毒を実施。

2) 栽培概要 5月30日9cmポット（本葉5枚程度）の導入苗を2次育苗し6月14日定植。6m間口の雨よけハウスに畝間2m、株間50cm、栽植密度2,000株/10a。

3) 試験区（穂木はすべて「麗夏」）

多段区 台木「がんばる根トリパー」

中間台木「Bバリア」 120株

慣行Bバリア区台木「Bバリア」 40株

慣行トリパー区台木「がんばる根トリパー」40株

4) 調査内容 青枯病の発病を随時目視で観察するとともに、収穫終了後、各区5株の各花房の開花数、着果数、その直下の茎径を計測するとともに根部への褐色根腐れ病の罹病程度を0～4の5段階で評価した。

結 果

1. 品種選定圃場試験

青枯れ病に対しては「グリーンガード」＝「Bバ

リア」＝「足じまんSS」＝「レシーブ」＝「がんばる根トリパー」＞「フレンドシップ」＝「がんばる根フォルテ」＞「がんばる根11号」＝「グリーンフォース」＝「足じまんZ」＝「供試S1」の順で強かった（表2）。

褐色根腐病に関しては大きな差はなかったが、「がんばる根トリパー」、「グリーンガード」、「グリーンフォース」、「がんばる根フォルテ」の罹病程度が低かった（表3）。

表2 青枯病発病株数

品 種	発病株数／供試株数		
	日 付		
	～8/15	～9/15	～10/15
供試S1	9/13	12/13	12/13
レシーブ	1/14	3/14	5/14
フレンドシップ	0/11	3/11	7/11
足じまんZ	8/14	12/14	12/14
足じまんSS	3/12	3/12	4/12
Bバリア	1/14	4/14	4/14
グリーンフォース	3/12	9/12	10/12
グリーンガード	2/14	2/14	2/14
がんばる根11号	3/13	9/13	9/13
がんばる根トリパー	1/14	4/14	5/14
がんばる根フォルテ	1/14	6/14	7/14

表3 褐色根腐病罹病程度

品 種	株No.1	株No.2
供試S1	全滅	
レシーブ	3	2
フレンドシップ	2	2
足じまんZ	3	2
足じまんSS	3	2
Bバリア	2	2
グリーンフォース	1	2
グリーンガード	1	1
がんばる根11号	2	3
がんばる根トリパー	1	1
がんばる根フォルテ	1	2

※0(なし)～4(甚)の5段階で評価

2. 品種選定褐色根腐病接種試験

菌を接種した株では、接種後2週間程度から生育が抑制された（目視の観察による）。

接種後25日及び33日の時点で、Ha-1菌株では枯死は認められなかったが、Fm-2菌株では枯死する株が認められた（表4、図2）。また、Fm-2菌株における枯死株数は台木品種によって異なり、「グリーンセーブ」で最も多く、「レシーブ」「がんばる根トリパー」、「供試S2」で最も少なくなった（表4）。さらに枯死した株は、地際部の褐変が認められた（目視の観察による）。

枯死株は、接種33日後以降は新たに増加しなかった。

罹病程度は、Ha-1菌に対しFm-2菌がすべての台木品種で高くなる傾向となった。また、Fm-2菌において「グリーンガード」、「がんばる根トリパー」の罹病程度が低くなった（図3）。

ルテ」、「がんばる根トリパー」、「足じまんSS」、「Bバリア」の4品種であった（表5）。



図2 Fm-2における枯死状況
※上端列は無処理区

表4 接種25日後、33日後の枯死株数

品 種	Ha-1		Fm-2	
	1/6	1/14	1/6	1/14
供試S1	0	0	4	4
レシーブ	0	0	0	0
フレンドシップ	0	0	3	5
足じまんZ	0	0	4	3
足じまんSS	0	0	4	4
Bバリア	0	0	2	3
グリーンガード	0	0	1	2
がんばる根11号	0	0	3	4
がんばる根トリパー	0	0	0	0
がんばる根フォルテ	0	0	2	3
グリーンセーブ	0	0	6	6
供試S2	0	0	0	0

表5 青枯病菌接種における導管部褐変程度

品 種	GF1455	GF1457
供試S1	81	0
レシーブ	30	30
フレンドシップ	60	17
足じまんZ	87	7
足じまんSS	20	0
Bバリア	17	20
グリーンガード	43	30
がんばる根11号	81	10
がんばる根トリパー	20	0
がんばる根フォルテ	10	3
グリーンセーブ	21	7
供試S2	90	13

※褐変程度：【[(3cm未満株数×1)+(3cm以上6cm未満株数×2)+(6cm以上株×3)]÷調査株数×3】×100によって算出した。

3. 品種選定青枯病接種試験

- 1) 第5段花房開花期までに、青枯による地上部の枯死は認められなかった（目視の観察による）。
- 2) GF1455菌株はGF1457菌株に比較して、褐変程度が高くなる傾向にあった。両菌株に対し、褐変程度が20以下となった品種は、「がんばる根フォ

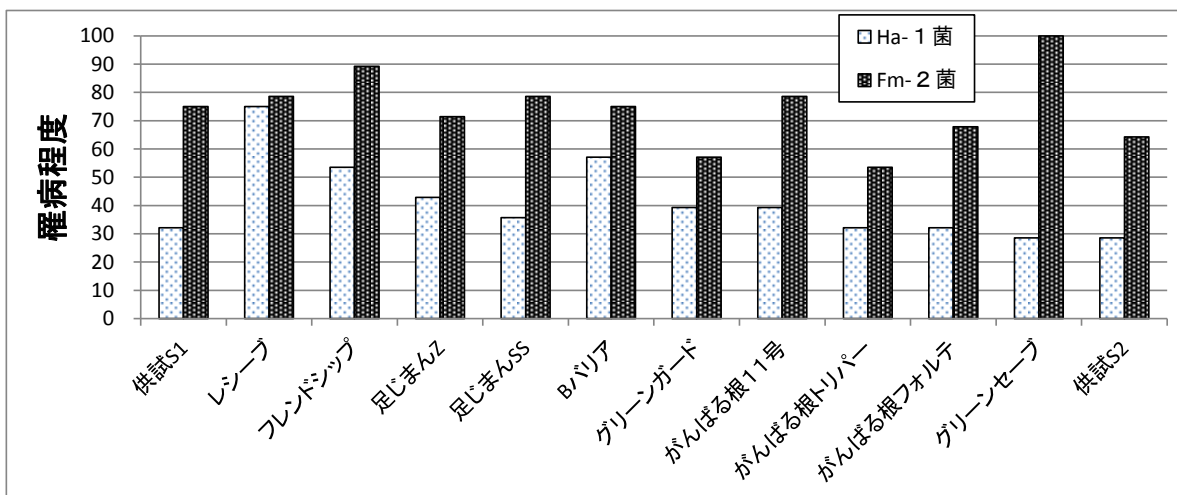


図3 根部罹病程度

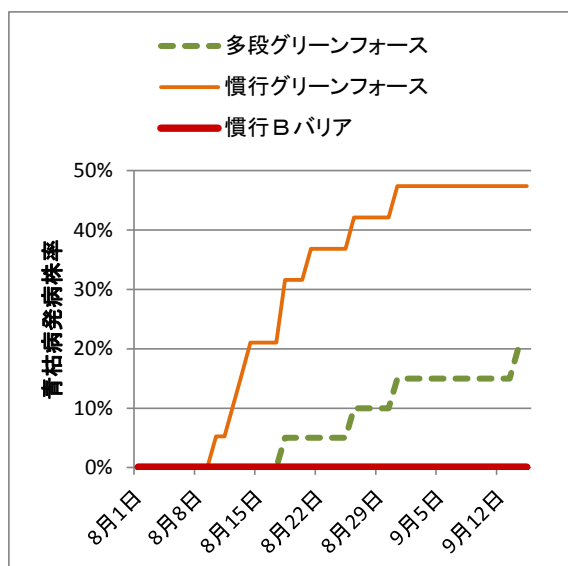


図4 無処理圃場グリーンフォースの青枯病発病率の推移

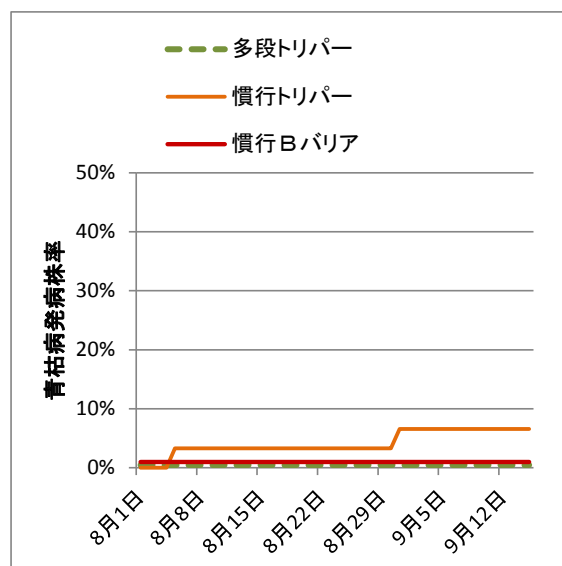


図5 無処理圃場がんばる根トリパーの青枯病発病率の推移

表6 褐色根腐病罹病状況

試験区	土壌還元処理					無処理			
	畝1	畝2	畝3	畝4	平均	畝1	畝2	畝3	平均
慣行Bバリア	2.0	1.8	3.7	2.9	2.6	3.8	3.8	2.6	3.4
多段トリパー	1.6	1.6	1.2	2.7	1.8	2.7	2.1	3.0	2.6
慣行トリパー	1.8	0.8	2.6	1.7	1.7	2.1	2.7	3.4	2.7

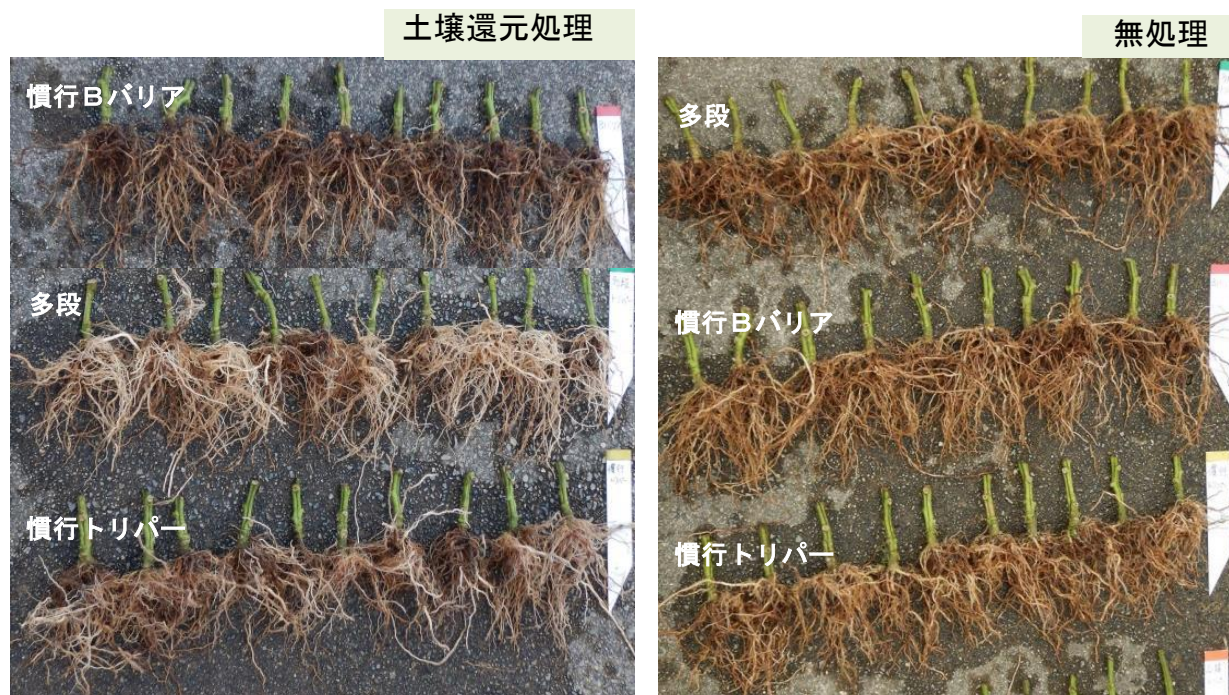


図6 褐色根腐病罹病状況

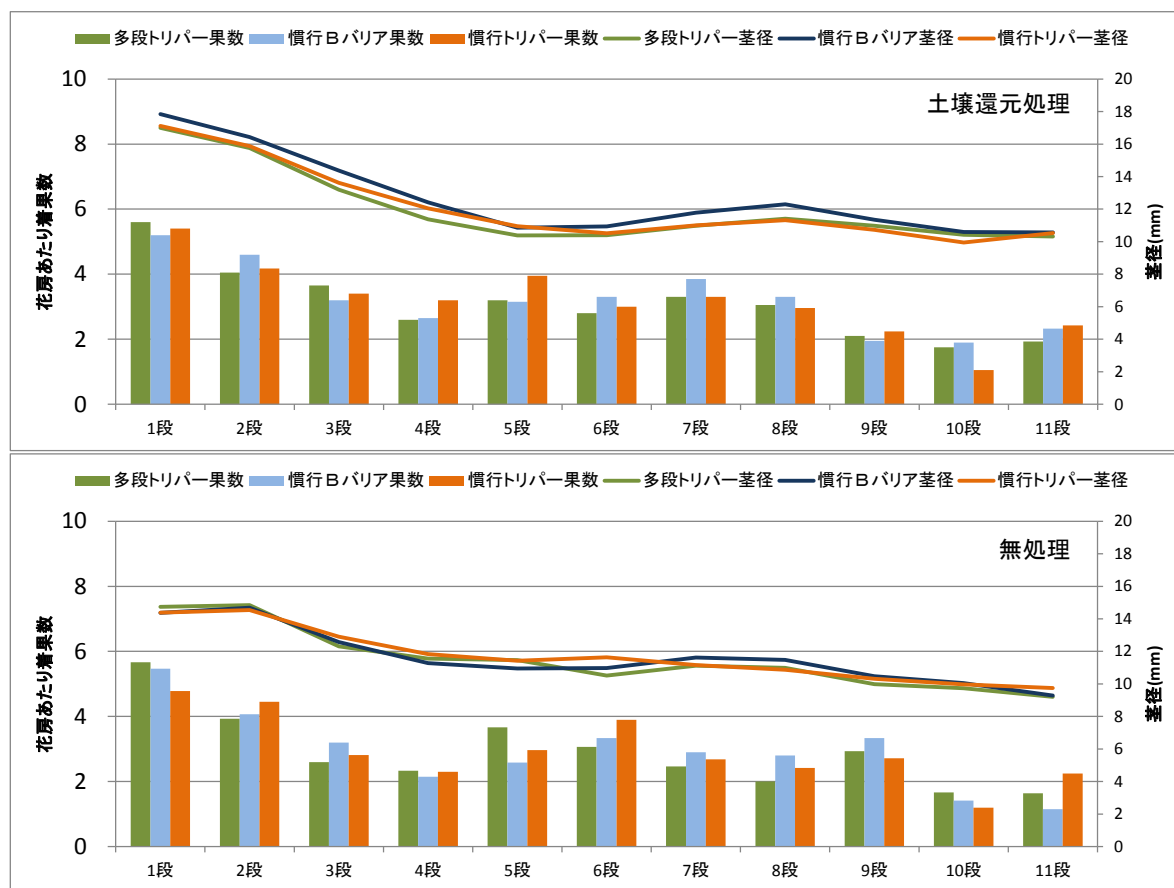


図7 果房ごとの茎径及び着果数の推移

表7 収量性の比較

試験区	収穫果数 (果/株)	平均果重 (g/果)	粗収量 (kg/10a)	可販収量 (kg/10a)	A品率 (%)	B品率 (%)	C品率 (%)	格外率 (%)	尻腐果数 (果/株)	裂果数 (果/株)	出荷不可裂果 (果/株)	空洞果 (果/株)
土壌還元処理												
多段トリパー	33.4	199	14,676	10,929	24	24	26	27	1.5	11.8	3.8	4.7
慣行トリパー	34.8	196	15,137	11,620	21	24	27	28	1.7	11.6	3.8	6.7
慣行Bバリア	35.0	198	15,414	12,167	24	23	28	25	1.3	9.2	2.8	8.0
無処理												
多段トリパー	32.2	194	13,854	11,523	25	26	30	20	0.4	9.9	1.7	6.7
慣行トリパー	32.3	197	14,149	11,616	22	24	32	21	0.1	8.3	1.4	9.1
慣行Bバリア	32.0	203	14,397	11,383	24	22	32	23	0.5	8.3	2.3	7.9



図8 根の様子

表8 中津川市落合における青枯病の発生状況

9月8日

区名	枯死株数(株)	枯死株率(%)	枯死株の発生状況(1条あたり29株)
慣行Bバリア	7	24	
慣行トリパー	8	28	
多段	2	7	
多段	2	7	
多段	5	17	
多段	1	3	

□ハウス内株の位置 ■枯死株

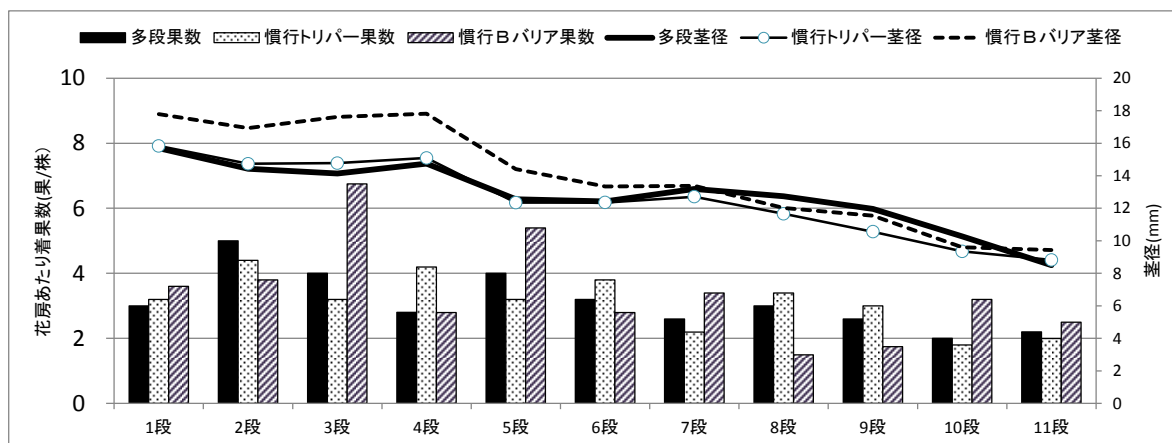


図9 果房ごとの茎径及び着果数の推移

4. 栽培試験

無処理圃場での青枯病発病率は慣行グリーンフォース区 47%、慣行Bバリア区 0%に対して、多段グリーンガード区 20%と効果的に青枯病の発生を抑制した(図4)。同じく無処理圃場において、慣行トリパー区 7%、多段トリパー区 0%、慣行Bバリア区 0%と青枯病の発生を抑制した(図5)。

還元土壌消毒圃場においては、どの区においても青枯病の発病は認められなかった。

褐色根腐病の罹病程度は土壌処理により大きく異なったものの土壌還元処理、無処理双方において多段トリパー区の罹病程度は慣行トリパー区と同等であり、慣行Bバリア区より軽かった(図6, 表6)。

生育(茎径および着果数)については土壌還元処理を行った圃場、無処理の圃場とも期間を通じて多段接トリパー区と慣行トリパー区で大きな差は見られなかった(図7)。

収量性についても多段トリパー区、慣行トリパー区の間では着果数、平均果重はほぼ同等で粗収量はほぼ同等であった。果実品質も同等で可販収量も両者間で差は見られなかった(表7)。

5. 現地試験

青枯病の発生は慣行トリパー区が最も多く、8株/29株(28%)、続いて慣行Bバリア区が7株/29株(24%)、多段区では10株/116株(9%)で多段接

ぎ木により青枯病の発生が抑制される傾向にあった(表8)。

一方で、褐色根腐病に関しては慣行Bバリア区、慣行トリパー区、多段区とも罹病程度2となり、多段接ぎ木の優位性は示すことができなかった(図8)。

多段区の生育(茎径、着果数の推移)は慣行トリパー区に類似した(図9)。平均着果数は慣行トリパー区 34.4 個/株に対して多段区 34.4 個/株と同等であった(参考：慣行Bバリア区 37.7 個/株)。

考 察

品種選定では、台木に用いる品種として、褐色根腐病に強く、青枯病に一定程度の強さを持つ品種として、圃場試験、接種試験の結果とも良好であり、さらには現地の栽培でも導入実績の多い「がんばる根トリパー」が有望と思われる。

強い青枯病抵抗性が必要な中間台木としては圃場試験、接種試験とも強い青枯病抵抗性を示した品種として「足じまんSS」、「Bバリア」が候補となった。以降の試験では現地での導入実績の多い「Bバリア」を用いる事とした。

多段接ぎ木による青枯病の抑制効果については試験を行った平成27年の天気が旬ごとの日最高気温の平均が8月上旬のみ平年比+2.9℃であったが、8

月中旬－0.9℃、8月下旬－2.4℃、9月上旬－3.3℃（気象庁ホームページ、恵那アメダスデータより）と青枯病が頻発する時期の気象が著しく低温で推移したことから青枯病の発病しにくい条件となってしまう。このことにより、青枯病菌密度の低い還元土壌処理下や無処理の条件でも、やや強い青枯抵抗性を持つ「がんばる根トリパー」では青枯病がほとんど発生せず、十分な検証ができなかった。一方で中程度の青枯抵抗性を持つ「グリーンフォース」において、多段接ぎ木の効果が実証された。但し、特殊な気象条件下での結果であり、今回の無処理のような強度の汚染圃場（ほとんどの地点で菌密度が100cfu/gを超える）で多段接ぎ木により十分な抵抗性が得られると判断するのは早計であると思われる。

現地試験においても青枯病による枯死率は「Bバリア」慣行接ぎ木24%、「がんばる根トリパー」慣行接ぎ木28%に対して、多段接ぎ木が9%と実用的なレベルにまで大きく抑制している。「Bバリア」慣行接ぎ木の発病率が高いのは、日当たりが良く地温の上がり易い一番西側の条であったことが原因であると考えられる。その次に地温の上がり易い一番東の条に植栽した多段接ぎ木の枯死率が3%と非常に低いことから実用レベルで十分な青枯病の抑制効果があったと判断できる。

褐色根腐病に対する抵抗性については、圃場試験では畝ごとのばらつきは見られるものの、中間台木に用いられる「Bバリア」よりは強く、台木の「がんばる根トリパー」と同等な抵抗性を示している。一方で現地試験では「がんばる根トリパー」自体が褐色根腐病に弱いとされる「Bバリア」と同等の罹病程度を示し十分な結果を得ることはできなかった。前述した「Bバリア」の栽植位置の影響で低温時に発生が多くなる褐色根腐病が「Bバリア」に十分感染しなかった可能性が有る。

生育特性では圃場試験、現地試験を通じて樹勢を反映する茎径の推移、生産性に大きくかわる着果数、光合成産物の転流が影響する平均果重とも台木に用いる「がんばる根トリパー」の慣行接ぎ木と多段接ぎ木ほぼ同等であり、接ぎ木箇所が2か所になることや、茎の途中に「Bバリア」が挿入されることによる養水分の移行の抑制などは少ないと判断できる。

多段接ぎ木の生産性は収穫果数、平均果重、障害果の発生内容など全ての可販収量の構成要素で「がんばるトリパー」の慣行接ぎ木と同等であり、「桃太郎8」を穂木に用いた場合は台木に用いた品種とほぼ同等であると考えられる。しかしながら、褐色根腐病に弱い「Bバリア」慣行接ぎ木に対して、多段接ぎ木は収穫果数が増える、平均果重が重くなるなど収量性が改善されることが期待されたが、褐色根

腐病への罹病程度が軽くなっている（表6）にも関わらず、収量性の向上は各要素とも見られなかった。これも多くの水分吸収が必要となり、根の状態による差の出やすい盛夏期に低温で推移したことが影響している可能性が有り、今後検証が必要である。

多段接ぎ木により、地際に近い茎の部分で青枯病の発生を抑制できることが明らかになった事は、今後褐色根腐病のみならず、様々な土壌伝染性病害に対して対応が可能であることを示している。

謝 辞

本研究にあたり、共同研究者として多段接ぎ木の理論構築を頂いた国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 中保一浩氏、青枯病の特性について多くの示唆を頂くとともに、土壌の青枯病菌密度の計測にご尽力いただいた同研究センター 井上康宏氏、多段接ぎ木トマト苗の作製いただいたベルグアース株式会社 瓦朋子氏、藤川奈那央氏、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の専門プログラムオフィサーとして研究の推進をご教示いただいた農林水産・食品産業技術振興協会 雨宮良幹氏、外部アドバイザーとしてご助言頂いた日本大学教授 藤田佳克氏に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 中保一浩・鍛冶原寛・前田征之・野津あゆみ・瓦朋子・井上康宏・石原岳明・川部眞澄・大木健広.
2012. 農研機構成果情報. 高接ぎ木法を核としたトマト青枯病総合防除技術の開発.
https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2011/152a0_01_21.html
竹内純・堀江博道・海保富士男. 1998. 関東東山病害虫研究会年報. 第45集. 39-41
国土交通省気象庁. 過去の気象データ検索.
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>