

ミニ特集：テンサイ黒根病

テンサイ黒根病の圃場検定法

北海道立北見農業試験場 吉 良 賢 二

はじめに

近年、テンサイ栽培において高温多雨年の排水不良畑や連作圃場での根腐れ症状の多発が大きな問題となっている。このテンサイ根腐れ症状はテンサイ根腐病 (*Rhizoctonia solani*)、テンサイ黒根病などの病害や生理的な湿害によって引き起こされる。

テンサイ根腐れ症状発生の主要因の一つであるテンサイ黒根病は *Aphanomyces cochlioides* による土壤病害であり (成田, 1980), 根が急激に肥大し始める 6 月下旬から 7 月にかけての多雨条件が発生の誘因になっているとされている。黒根病の病徴は、根部に細かな斑点を生じる粗皮症状と内部腐敗を伴う根腐れ症状を呈する二つの症状があり (内野ら, 1997), 内部腐敗を伴う症状の場合には糖分低下や減収など深刻な被害をもたらす。黒根病病原菌の生育適温は 20 ~ 28℃であり、発病は 20℃以上の比較的高温と土壤の多湿条件下で多発し、卵胞子の生存期間は 5 ~ 6 年とされている (北海道植物防疫協会, 2004)。この黒根病の発病には品種間差異があることが知られており、黒根病の防除対策としては、圃場排水性の改善、適切な輪作体系、抵抗性品種の作付け、薬剤防除等を組み合わせた総合的な防除対策が重要である。現在、薬剤による防除効果は不十分であることから、抵抗性品種を栽培することによって黒根病被害を軽減・回避することが最も効果的である。

今まで、テンサイ黒根病抵抗性の品種特性評価については、道内各地で実施している地域適応性検定試験などにおける発病程度調査をもとに行ってきた。しかし、この方法は多大な労力を必要とするだけでなく、発病程度が土壤条件や気象条件によって大きく左右されるため、地域や年次によって発病が非常に不安定であり、品種抵抗性を十分に評価することが困難であった。

そこで、内部被害による減収を伴う被害実態を考慮した、安定的かつ効率的な黒根病抵抗性評価ができる圃場

検定法の開発を目指した試験を 2001 ~ 03 年の 3 年間実施し、その結果、試験精度と再現性が高く実用的な圃場検定法を開発することができた (北海道立中央農業試験場作物開発部畑作科ら, 2004)。

I 試験方法の概要

試験方法は、北海道立中央農業試験場 (空知支庁管内長沼町) 場内水田転換畑 (転換後 15 年目、排水不良畑) で、前作物がテンサイの 2 年連作圃場において、2001 ~ 03 年の 3 年間、毎年共通 3 品種に 1 ~ 4 品種を加えて供試した。育苗ハウス内で約 40 日間育て、根腐病防除のために殺菌剤を移植前苗床灌注処理をした健全苗を 5 月上旬に圃場へ移植し、分割区法 4 反復で試験区 (1 区面積 4.0 m², 4 畦/区, 36 ~ 48 株/区) を配置した。移植後から 8 月上旬の発病調査日までの生育期間中、根腐病防除を徹底するため殺菌剤を 2 週間間隔で圃場散布した。内部腐敗を伴う黒根病の発病を促すため、根部肥大始め期以降に自然降雨の他に灌水処理を加えることによって多湿土壤状態の期間を維持し、(1) 多湿土壤処理開始時期の早晚、(2) 多湿土壤処理期間の長短等について検討した。なお、灌水処理は、処理開始後処理期間中に土壤表面が白く乾き始めると適宜ホースで注水し、水分で膨軟化した多湿土壤状態を維持した (図 4)。

発病程度調査日は、抵抗性が“中”程度の品種を用い

表-1 テンサイ黒根病発病調査基準

発病指数	根部症状
0	病斑が認められない。
1	内部腐敗を伴わない病斑の面積が 1/2 未満に広がっている。
2	内部腐敗を伴わない病斑の面積が 1/2 以上に広がっている。
3	内部腐敗の病斑が明らかに認められる。
4	内部腐敗の病斑が 1/2 以上 ~ 3/4 未満に広がっている。
5	内部腐敗の病斑が 3/4 以上に広がっている、または枯死している。

1999 年度北海道農業試験会議でん菜分科会申し合せ。

注 1) 病斑は、粗皮斑および黒色病斑を含む。

注 2) 発病指数 3.0 以上の根は内部腐敗を伴う腐敗根、4.0 以上の根は圃場廃棄対象となる廃棄根とした。

Development of A Field Evaluation Method of Sugar Beet Cultivars for Resistance to *Aphanomyces* Root Rot. By Kenji KIRA

(キーワード: テンサイ黒根病, 病害抵抗性検定法, 病害抵抗性品種)

て発病程度の推移を把握するためのモニタリング調査を実施し、発病程度がおおむね2.5程度以上となるような調査日を根部肥大盛期後半にかかる8月上旬ごろに設定した。発病程度の調査は、多湿土壌処理終了後直ちに、黒根病発病指数を「黒根病発病調査基準」（表-1、口絵⑤）に準拠して全株/区を調査し、発病程度並びに腐敗根率と廃棄根率を算出した。

II 灌水による土壌の多湿処理時期の検討

多湿土壌処理の開始時期が、発病程度の品種間差異に及ぼす影響について検討した（表-2）。その結果、根部肥大始め直後（6月中旬頃）からの早期灌水処理の場合、病徴は発病指数3.0未満の粗皮症状が主体で、内部腐敗への進展がわずかであった。さらに、早期灌水処理での長期間多湿土壌区では、湿害、根腐病、黒根病等の症状が複合し、主因が特定できない原因不特定腐敗根の発生が多くなり、試験精度も低く有意差も認められず、検定

条件として適切ではなかった。

したがって、灌水による土壌の多湿処理（以下、灌水多湿土壌処理）の開始時期は根部肥大始め2～3週間後の根部肥大期となる7月上旬頃が適切であった。

III 灌水多湿土壌処理期間の検討

灌水多湿土壌処理期間の長さが発病程度の品種間差異に及ぼす影響について3か年検討した。各年次とも発病程度は、長期間（30～35日間）多湿土壌区は短期間（17～24日間）区よりも有意に高く、処理期間と品種間序列との間に交互作用は認められなかった。発病程度の評価については、灌水多湿土壌処理開始時期が根部肥大期の場合、長期間多湿土壌区では各年次とも安定的に発病指数3.0以上の内部腐敗へ進展した個体が多く認められ、試験精度も高く品種間差異が明確で、発病程度による抵抗性評価は判定しやすく最適の検定条件であった。一方、短期間区では、品種間差異が認められるもの

表-2 灌水による土壌の多湿処理の開始時期と処理期間が発病程度の品種間差異に及ぼす影響（2001年）

処理開始時期	根部肥大始め（6月19日～）		根部肥大期（7月9日～）	
	短期間 (6/19～7/17)	長期間 (6/19～7/24)	短期間 (7/9～8/3)	長期間 (7/9～8/10)
品種名				
スタウト	2.48 a	2.38	2.79 a	2.82 a
モノホマレ	2.65 a	3.00	3.46 ab	3.36 a
カブトマル	3.43 b	3.38	3.77 b	4.21 b
3品種平均	2.85	2.92	3.34	3.46
LSD (5%)	0.64 *	N.S	0.64 *	0.57 **
C.V %	8.3	13.6	7.1	6.1

注1) 発病程度：原因不特定腐敗根を除いた調査対象根の発病指数の平均値。以下各表とも同じ。

注2) 統計的有意水準と多重検定：*は5%、**は1%、***は0.1%で統計的に有意であることを示す。多重検定はNewman-KeulsのQ法逐次的検定法により、記号が異なると統計的有意差が認められることを示す。以下各表とも同じ。

表-3 灌水による土壌の多湿処理期間が発病程度の品種間差異に及ぼす影響

年（処理開始）	2002年（根部肥大期）		2003年（根部肥大期）	
	短期間 (6/28～7/16)	長期間 (6/28～8/1)	短期間 (7/7～7/28)	長期間 (7/7～8/11)
品種名				
スタウト	1.84 a	3.16 a	1.37 a	2.56 a
モノホマレ	2.26 ab	3.65 b	2.12 ab	3.16 a
カブトマル	2.54 b	3.96 b	2.31 b	3.03 a
3品種平均	2.21	3.59	1.93	2.92
LSD (5%)	0.57 ***	0.42 ***	0.86 ***	1.33 *
C.V %	11.9	5.3	16.7	16.8

の、病徴は粗皮症状がほとんどで内部腐敗に至る個体は少なく、発病程度の年次間差異が大きくやや不安定な検定条件であった(表-2、表-3)。

また、自然状態(灌水無処理)区は、試験期間中の温度や降雨条件に左右され、低温年や乾燥年では病徴は粗皮症状が主体で内部腐敗まで進展せず、検定条件として不安定であった。

IV 検定圃場に適する条件

1 温度条件が発病程度に及ぼす影響

テンサイ黒根病病原菌の生育適温は20～28℃であることから、発病程度と温度との関係を検討した(図-1)。2001～03年の各灌水多湿土壌処理区における共通3品種(‘スタウト’、‘モノホマレ’、‘カプトマル’)の発病程度平均値と根部肥大始め～調査日の期間における20～28℃の有効積算日最高気温との間に $r = 0.802^*$ の相関関係が認められた。黒根病発病程度と有効積算温度との関係については、同様の報告(渡辺, 2002)がされてい

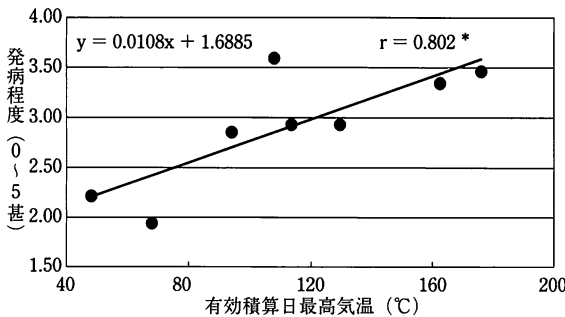


図-1 発病程度と根部肥大始め～調査日の期間中の有効積算日最高気温(20～28℃)との相関関係
発病程度は2001～03年灌水多湿土壌処理区の3品種平均。

る。このように、黒根病の発病は土壌多湿条件に高温条件が加わることによって助長されて多発することから、6月下旬以降の気温が比較的高い道央地方は、道東地方よりも黒根病検定圃場の設置条件として適しているものと考えられた。

2 菌密度から見た検定圃場の選定

圃場菌密度の差異が発病程度に及ぼす影響について、2003年、テンサイ連作高菌密度圃場(水田転換経年畑)と隣接する経年草地跡低菌密度圃場(水田転換後草地として管理)との発病程度を比較すると、前者(高菌密度圃場)の3品種平均値は2.43で、後者(低菌密度圃場)のそれは2.19で、高菌密度圃場の発病程度は低菌密度圃場よりもやや大きいものの、大差は認められなかった。抵抗性検定圃場を選定する場合、灌水多湿土壌条件を前提にすると、菌密度は必ずしも最重要の要素ではなかった。しかし、黒根病の発病が抑制されやすい低温・乾燥などの気象条件においても内部腐敗を伴う発病程度レベルでの抵抗性評価を行うためには、テンサイを前年に栽培し地上部残渣を鋤き込んだ高菌密度圃場の方が黒根病検定圃場として適しているものと考えられた。

V 黒根病抵抗性の評価と適合性

1 最適検定条件の設定と抵抗性の判定

黒根病による被害実態を考慮した場合、抵抗性評価は内部腐敗に達する状態で検定することが望ましい。これを安定的に満たす検定条件は、灌水多湿土壌処理時期が根部肥大始め2～3週間後の根部肥大期となる7月初旬前後から灌水処理を開始し、適切な灌水を加えながら多湿土壌状態の期間が30～35日間程度の長期間維持する検定条件が最適と考えられた。この最適の検定条件(根部肥大期・長期間多湿土壌処理)による各年次ごとの発病程度と、各年次評価に基づく抵抗性の累年判定を表-4

表-4 最適検定条件(根部肥大期・長期間灌水多湿土壌処理)による抵抗性の評価と判定

品種名	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	判定
北海90号	—	—	1.65 a	2.31 a	2.25 a	強
スタウト	2.82 a	3.16 a	2.56 ab	2.87 b	2.99 b	やや強
モノホマレ	3.36 a	3.65 b	3.16 b	3.23 c	3.31 c	中
カプトマル	4.21 b	3.95 b	3.03 b	3.36 c	3.67 d	やや弱
ユキヒノデ	—	2.95 a	—	—	—	やや強
アセンド	—	—	2.96 ab	3.04 bc	—	中
フルーデンR	—	—	2.93 ab	3.30 c	—	中
あまいぶき	—	—	3.08 b	3.11 bc	—	中
LSD (5%)	0.57 **	0.42 ***	1.33 *	0.35 ***	0.24 ***	
C.V %	6.1	5.3	16.8	8.1	5.4	

に示した。最適検定条件による抵抗性評価は、各年次とも統計的に有意な品種間差異が安定的に認められた。

表-4 の上段 4 品種の品種間序列と抵抗性評価は安定しており、‘北海 90 号’（北海道農研センター畑作研究部てん菜育種研究室，2006）は“強”，‘スタウト’は“やや強”，‘モノホマレ’は“中”，‘カプトマル’は“やや弱”の黒根病抵抗性判定のための基準品種として定めることができた。また，検定品種の抵抗性はこれらの基準品種との相対的な位置付けで判定されるが，抵抗性検定試験に供試する年数は原則として 2 か年とし，年次ごとに抵抗性を判定して累年判定で最終的な判定を行っている。表-4 の下段の 4 品種はこのようにして黒根病抵抗性の強弱を判定し，その他特性が優れるため新しい優良品種として普及に移した。

なお，年次ごとに行う評価・判定に際しては，低温・乾燥など黒根病の発病が抑制されるような気象条件の場合や発病程度から見た評価だけでは微妙な場合もあるので，必要に応じて発病指数 3.0 以上の腐敗根率または 4.0 以上の廃棄根率を補完的に加味しながら，発病程度を主体にして判定している。

2 抵抗性圃場検定法による結果の適合性

基準品種と検定品種の抵抗性判定結果について，従来から行ってきた評価方法である道立中央農試輸入品種系統地域適応性検定試験や，全道 17 箇所で行っている現地適応性検定試験における 6～7 箇年の黒根病発病程度調査結果との適合性を検証した。従来の評価方法では発病程度が低く不安定であるものの，‘北海 90 号’は“やや強～強”，‘スタウト’と‘ユキヒノデ’は“やや強～中”，

‘モノホマレ’は“中”，‘カプトマル’は“やや弱～弱”と判定されており，新しく開発した黒根病抵抗性圃場検定法による判定結果が妥当であることが認められた。

おわりに

本報告に記述した試験方法，栽培管理，基準品種，調査方法，評価・判定などを項目ごとに簡潔に整理した「黒根病抵抗性圃場検定法実施マニュアル」を作成した（北海道立中央農業試験場作物開発部畑作科ら，2004）。この黒根病抵抗性圃場検定法は，2004 年から国内育成系統や海外導入品種のテンサイ黒根病抵抗性の評価・判定を行う黒根病抵抗性検定試験として予算化され，実践に移された。また，今後，新しく優良品種候補として提案される品種は，黒根病に対して“中”以上の抵抗性を具備していることを必須条件とすることが関係者間で確認されている。道内各地の排水不良圃場，特に道央・道南地方の水田転換畑など黒根病の発生しやすい地帯において，黒根病抵抗性に優れた品種の導入・栽培が促進されることにより，テンサイの低コスト・安定多収生産に大きな貢献ができるものと期待している。

引用文献

- 1) 北海道農研センター畑作研究部てん菜育種研究室（2006）：平成 17 年度研究成果情報（北海道農業）：86～87.
- 2) 北海道立中央農業試験場作物開発部畑作科ら（2004）：北海道農政部編，平成 16 年北海道普及奨励ならびに指導参考事項：536～539.
- 3) 北海道植物防疫協会（2004）：北海道病虫害防除提要：268.
- 4) 成田武四（1980）：北海道病害総覧：265～269.
- 5) 内野浩克ら（1997）：てん菜研究会報 39：97～100.
- 6) 渡辺英樹（2002）：同上 44：82～88.

（新しく登録された農薬 9 ページからの続き）

キャベツ：ヨトウムシ，ハスモンヨトウ，タマナギンウワバ，アオムシ，コナガ，アブラムシ類：収穫 7 日前まで
はくさい：カブラハバチ，ヨトウムシ，ハスモンヨトウ，アオムシ，コナガ，アブラムシ類：収穫 14 日前まで
レタス：ヨトウムシ，オオタバコガ：収穫 14 日前まで
非結球レタス：ヨトウムシ，オオタバコガ：収穫 21 日前まで
ブロッコリー：ヨトウムシ：収穫 14 日前まで
だいこん：ヨトウムシ，カブラハバチ，ダイコンシンクイムシ，アオムシ，コナガ，アブラムシ類：収穫 14 日前まで
はつかだいこん：ヨトウムシ，カブラハバチ，ダイコンシンクイムシ，アオムシ，コナガ，アブラムシ類：収穫 14 日前まで
ばれいしょ：ヨトウムシ，テントウムシダマシ幼虫，アブラムシ類，ジャガイモガ：収穫 7 日前まで
トマト：アブラムシ類，マメハモグリバエ：収穫前日まで
ミニトマト：アブラムシ類：収穫 14 日前まで
だいず：ハスモンヨトウ，アブラムシ類：収穫 60 日前まで

えだまめ：ハスモンヨトウ，アブラムシ類：収穫 21 日前まで
いちじく：アザミウマ類：収穫 45 日前まで
いんげんまめ：アブラムシ類：収穫 14 日前まで
たまねぎ：ネギアザミウマ：収穫 21 日前まで
にんにく：ネギコガ，アブラムシ類：収穫 7 日前まで
オクラ：アブラムシ類，ミドリヨコバイ：収穫 7 日前まで
しょうが：アワノメイガ：収穫 45 日前まで
とうもろこし：アブラムシ類：収穫 7 日前まで
ぶどう：チャノキイロアザミウマ，フタテンヒメヨコバイ，ハマキムシ類：収穫 30 日前まで
かき：カキクダアザミウマ，カキノヘタムシガ，チャノキイロアザミウマ，カキノヒメヨコバイ：収穫 45 日前まで
かんぎつ：コカクモンハマキ，シャクトリムシ類，ヤノネカイガラムシ第 1 世代，ツノロウムシ，ルビーロウムシ，ミカンキイロアザミウマ，ネギアザミウマ，ゴボウノミドリヒメヨコバイ，アブラムシ類，ケシキスイ類，コアオハナムグリ，アザミウマ類，ミカントゲコナジラミ：収穫 30 日前まで

（20 ページに続く）