

クリ凍害の危険度判定指標と

対策技術マニュアル



共同研究機関

兵庫県立農林水産技術総合センター
農業技術センター

岐阜県中山間農業研究所
中津川支所

(独)農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所

近畿中国四国農業研究センター
四国研究センター

普及支援機関

兵庫県立農林水産技術総合センター
企画調整・経営支援部

兵庫県丹波県民局丹波農業改良普及センター

岐阜県農政部農業経営課

岐阜県農政部恵那農林事務所

はじめに

クリの凍害は古くからの課題ですが、渋皮はく皮性に優れる「ぼろたん」の育成、地域特産物の振興、遊休農地の活用策として、最近クリの新植が全国的に進んだことなどから、あらためて大きな問題になっています。

そこで、平成 23～24 年度は農水省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」、平成 25 年度は「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」の支援により、兵庫県および岐阜県、（独）農業・食品産業技術総合研究機構の関係機関が連携し、クリの凍害対策の確立をめざして、共同研究「クリ新品種『ぼろたん』の産地拡大の阻害要因である凍害発生の抑制技術の開発」に取り組んできました。本研究の推進に当たり、ご指導いただいた関係機関各位、また現地実証試験にご協力いただいた生産者各位に感謝申し上げます。

ここでは、その研究成果として新植などにあたって、凍害対策の面から園地の選定や改良の指針となる指標とともに対策技術のマニュアル、またこれらの現地活用事例を紹介しました。今後のクリ栽培の発展や地域振興の一助となれば幸いです。

平成 26 年 10 月

問い合わせ先： 兵庫県立農林水産技術総合センター

TEL：0790-47-2424 FAX：0790-47-0549 E-mail：Nouringc@pref.hyogo.lg.jp

目 次

1. クリの凍害の症状	1
2. 凍害の発生要因とこれまでの凍害対策	4
3. この共同研究のねらい	4
4. 凍害の危険度判定と対策技術[実行フローチャート]	5
5. 凍害の危険度判定指標	
1) ほ場条件による判定指標	7
2) 土壌条件による判定指標	8
3) 気象条件による判定指標	11
6. 凍害発生抑制技術	
1) 「株ゆるめ」で凍害を抑える	14
2) 高畝・マルチ被覆で凍害を抑える	18
7. 現地における活用事例	22

1. クリの凍害の症状

クリでの被害は、直後には外観的に明らかでないことが多く、発芽期以降に不発芽や発芽の遅延、発芽後の萎凋、不揃いによって明らかになります。枝はサメ肌状になり、削ると水浸状あるいは褐変しており、甘い発酵臭がするのが特徴です。被害樹は、地上部が枯死しても台木は健全なことが多く、その場合台芽が多発します。また、2次的に胴枯れ病やキクイムシに侵され、被害が拡大することもあります。

凍害の主な症状

芽枯れ

少し伸長した後、
黄化萎凋、枯死



不発芽、発芽遅延



サメ肌状の枝幹
削ると褐変、発酵臭



主幹部の被害



台芽の発生



2次的な被害: 胴枯れ病



2次的な被害: キクイムシ



園地の被害状況



林地造成園(多発)



左が高畝(無被害)、右が平畝(多発)



左が「筑波」(多発)、右が「銀寄」(無被害)



水田転換園(90%以上枯死)

凍害を助長する要因

樹幹害虫の被害



マダラメイガ類



クリタマムシと胴枯病



カミキリムシ

養分欠乏による 生育不良



本研究における被害程度の評価方法

1. 個々の樹の被害程度



0: 無(健全)



1: 少(一部の芽、枝の枯死、1年生枝の枯死)



2: 中(1/2未満の枝の枯死、主枝や垂主枝の一部が枯死)



3: 多(地上部の半分以上枯死)



4: 枯死(樹全体)

発芽期は大きく遅延するが、枯死に至らない場合もしばしば見られる。部分的な枝の枯死の場合、被害を確認した後、芽が健全に伸長する部分まで強めに切り返すと、その後の生育が旺盛になる。しかし、被害樹は一旦回復しても翌年以降に再度被害を受けることが多い。

2. 過去の凍害発生状況

無：凍害が発生したことがない。

少：凍害が発生したことがある。枯死率は10%未満。

中：凍害が時々発生したことがある。枯死率は10～30%。

多：凍害がよく発生した。枯死率30%以上の年次もあった。

2. 凍害の発生要因とこれまでの凍害対策

クリの凍害発生の様子をみると、同じ年、同じ地域でも大きな被害が発生した園がある一方で、ほとんど被害のない園もあります。また、被害をうけた園でも、枯死してしまった樹もあれば健全な樹があったりします。これらは、クリの凍害発生に多くの要因が関係しているためと考えられます。

これまで、2～4年生程度の幼木が被害を受けやすいこと、園地条件では傾斜地と比べて平坦地、特に水田転換園で凍害発生が目立つこと、樹体の中では主幹部、特に接ぎ木部付近や枝の分岐部に被害が発生しやすいことが認められています。幼木や主幹の地際部は耐凍性に関係する糖含量が少なく含水率が高いこと、平坦地や地際部付近は放射冷却時に気温が最も低下しやすいこと、さらに主幹の南面は日照により温まり耐凍性が低下しやすいことが相まって、被害をうけやすいと考えられます。

栽培管理面では、クリでは施肥量の不足など樹勢が弱い樹で被害の多いことが確認されています。自生のシバグリに接ぎ木した樹と比べて、定植した接ぎ木苗、さらにそれに高接ぎした樹は凍害に弱く、実生樹は強いことも観察されています。一方、接ぎ木位置が高いほど被害をうけにくいことも明らかにされています。穂木品種や台木によっても耐凍性に違いがあることが認められています。

クリの耐凍性は、10月頃から次第に高まって厳寒期の1、2月に最高となり、3月以降急速に低下します（図1-1）。一方、枝の含水率は冬の深まりとともに減少し、早春に増加します。一般に、厳寒期に凍害をうけることはまれで、耐凍性が十分に高まらない初冬季、あるいは耐凍性が低下した早春季の寒波で被害をうけることが多いと思われます。また、発生には多くの要因が関与していますが、このように樹体の水分含量が大きく関わっていることが明らかにされてきました。

クリの凍害対策としては、主幹の接ぎ木直上部（穂木）の耐凍性が低いことから、台木の地上部が30cm以上の高接ぎ苗の利用が凍害軽減に有効であることが知られています。また、施肥など適切な土壌管理によって、健全に生育させることも重要です。一方、リングなどで普及している樹幹への白塗剤塗布の効果はクリでは明らかでなく、主幹部を保温するためのわら巻きや盛り土はかえって被害を助長する結果が得られています。さらに、吸水を抑制するための「株ゆるめ処理」や「糖蜜処理」が開発されました。「株ゆるめ処理」は、油圧ショベルで幼木の細根を切断する処理です。一方、「糖蜜処理」は精糖廃蜜を水で希釈し、根域土壌に浸透させる処理です。これにより、土壌の浸透濃度を高めて吸水を抑制します。しかし、これらは適用可能な園地に制限があったり、効果が不安定な面などもあり、普及は一部に限られてきました。

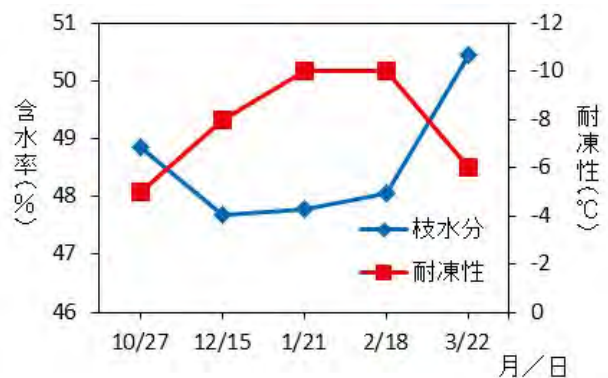


図 1-1 1年生枝の含水率と芽の耐凍性の推移（銀寄）

3. この共同研究のねらい

この共同研究では、まず過去の凍害発生状況から凍害とほ場の立地や土壌条件、気象条件などとの関係を明らかにし、これまで知られていた要因を科学的に検証しました。次に、そのほ場の凍害発生の危険性を予め判定し、新植、栽培にあたってほ場条件に適した対策を提示するための指標、技術マニュアルを作成することを目標に取り組みました。



◆凍害対策技術(定植後)一覧

	処理	時期	実施方法						
危険度の高いほ場と判定された方 予防的に毎年実施 p. 14	株ゆるめ処理	11月上旬～下旬	 <p>2～4方向から株を抱えるようにアタッチメントを挿入し、株全体を10cm程度持ち上げる</p> <p>軽い断根、土壌孔隙で吸水抑制し、耐凍性向上</p> <p>樹齢、園地の条件に合わせて方法を選択</p> <table border="1"> <tr> <th>広い場所の場合</th> <th>狭い場所の場合</th> </tr> <tr> <td> 2～3年生樹  <p>フォーク型バケットによる機械処理</p> </td> <td> 樹高の高い樹  <p>プレート型アタッチによる機械処理</p> </td> </tr> <tr> <td></td> <td> 2～3年生樹  <p>反転鍬、スコップによる人力処理</p> </td> </tr> </table>	広い場所の場合	狭い場所の場合	2～3年生樹  <p>フォーク型バケットによる機械処理</p>	樹高の高い樹  <p>プレート型アタッチによる機械処理</p>		2～3年生樹  <p>反転鍬、スコップによる人力処理</p>
			広い場所の場合	狭い場所の場合					
			2～3年生樹  <p>フォーク型バケットによる機械処理</p>	樹高の高い樹  <p>プレート型アタッチによる機械処理</p>					
	2～3年生樹  <p>反転鍬、スコップによる人力処理</p>								
危険度の低いほ場と判定された方 マルチ被覆 p. 18	10月～翌年3月	  <p>高畝にマルチ 高盛にマルチ</p> <p>表面が黒色の透湿性マルチで樹の周り(約2m四方)を被覆して土壌水分の上昇を抑える。</p> <p>土壌乾燥で吸水抑制し、耐凍性向上</p>							
		 <p>振動式全層破碎機で、樹列間の土壌を破碎し物理性を改良。</p> <p>排水性改善で、耐凍性向上</p>							
危険度の低いほ場と判定された方 株ゆるめ処理 p. 11	気象条件をみて対応	<p>凍害発生危険度の低い園地でも、以下のフローを参照して毎年対策を検討しましょう。</p> <pre> graph TD A[①11月の最低気温平年比] -- 高い --> B[!] A -- 平年並み～低い --> C[②1月の最低気温平年比] C -- 高い --> D[!] C -- 平年並み～低い --> E[③12月中旬～2月上旬の旬別積算降水量が30mm以上の回数] E -- 2回以上 --> F[!] B --> G[株ゆるめ処理の実施] D --> G F --> G </pre> <p>実施時期：11月～2月中旬</p>							

5. 凍害の危険度判定指標

凍害発生の危険度を判定する

1) ほ場条件による判定指標

ほ場の種類

水田転換園

・危険

造成園

・やや危険

ほ場の傾斜

平坦地～やや傾斜地

・やや危険

クリ園の来歴として、水田転換園は、一般的に作土層が浅く、排水が良くありません。また、造成園でも排水の悪い場合があります、凍害を受けやすくなります（図 5-1-1）。冬季に降水量が多いと、土壌中の水分含量が高まります。排水の良くない園地では、その後の気温上昇で樹体水分が高まりやすく耐凍性の低下を招きやすくなります。

クリ園の形状として、平坦地に比べ傾斜地（13°以上）は凍害を受けにくい傾向がありました（図 5-1-2、5-1-3）。

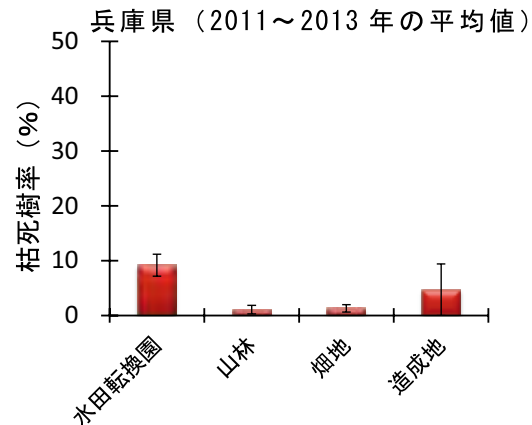
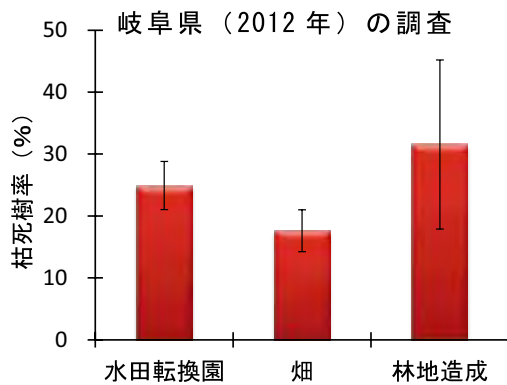


図 5-1-1 ほ場の種類と枯死樹率の関係

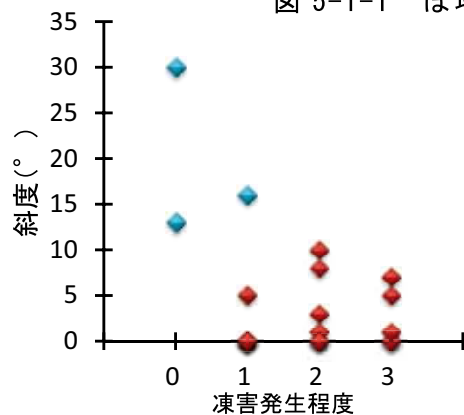


図 5-1-2 ほ場の斜度と被害程度の関係
(兵庫県、岐阜県における調査)

凍害発生程度 0：無、1：少、2：中、3：多
斜度 青：13°以上、赤：13°未満

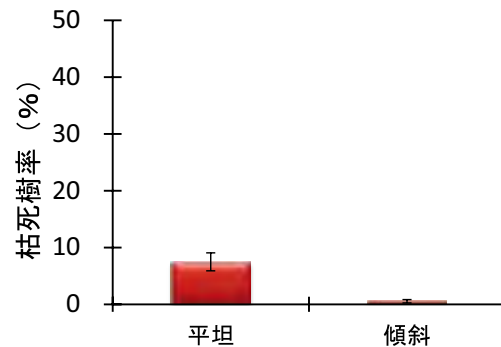


図 5-1-3 ほ場の形状と枯死樹率の関係
(兵庫県における 2011～2013 年の平均値)

凍害発生の危険度を判定する

2) 土壌条件による判定指標

根域の深さ

• 60cm未満：危険

地下水位

• 地下100cm以上：危険

透水係数

• 1.0×10^{-4} cm/秒以下：危険

ち密度

• 20mm以上：危険（山中式硬度計）

土壌 pH (H₂O)

• 5.5以上：危険

【スコップで深さ 60cm まで穴を掘ることができますか？】

クリの根は耐湿性が弱く、空気の要求量も大きいので、水はけが良く、通気性の高い土壌が適しています。根域としては 60cm 以上確保でき、地下水位が 100cm 以下（地表から深さ 100cm までに地下水面が現れない）である必要があります。

根域の深さの調べ方は、樹を植えている場合はその根がどこまで伸びているかを確認すればいいですが、まだ樹がない場合は土壌硬度（ち密度）と地下水位から根の伸長可能な範囲を調べます。スコップで深さ 60cm まで容易に掘ることができれば、土壌硬度には問題がありません。また、掘った穴の土壌断面に親指を挿した時、親指がめり込んだり親指の跡がつくような場合はち密度が 20mm 以下と考えられ、根の伸長が可能です。

×60cm まで穴を掘ることができない場合 → 深耕、鋤床破碎、土壌改良

【掘った穴に水が溜まりませんか？】



写真 5-2-1 地下水位の高い園地

根域の深さを調べる時、掘った穴に水が溜まるかどうか調べてください。掘った穴の底面あるいは断面から水がしみ出す場合（写真 5-2-1）は地下水位が高いため、クリの根が伸長できません。

近くの水田、ため池、沢水などの水面が圃場で穴を掘った位置より高い場合、地下水位が高いと考えられ、ほ場の下層へ水が流入してくる危険性があります。

×水が溜まる場合 → 排水対策

【透水性を確認】

クリ園での土壌調査の結果、凍害発生が少ない園地（発生程度 0）は土壌の透水性が良く、孔隙率や気相率が高い（土が軟らかく、すきまが多い）ことが分かりました（図 5-2-1）。

透水性の指標は透水係数です。1.0×10⁻⁴ cm/秒は 1 時間に 3.6mm 水が浸透することと同じです。一般的な水田の減水深は 1 日で 20mm 程度とされており、1 時間当たりでは 0.83mm 減水することになります。減水深と透水係数は同一の指標ではないものの、水田転換園で土壌改良をしない場合には透水不良で凍害の危険性が高いと考えられます。

ほ場での簡易な透水性の調べ方としては、掘った穴に水を入れる、もしくはまとまった降雨の後に掘り穴の水位を確認し、1 時間後に 1 cm 程度水位が下がっていたら問題ありません（透水性が良いと水が溜まらない場合があります）。溜まった水が減らない場合は排水対策が必要です。

【土壌の化学性を分析】

植え付け前には土壌の化学性を分析すると良いでしょう。診断基準は表 5-2-1 に示します。特に、土壌 pH は重要です。クリは弱酸性を好みます。土壌 pH が高いと土壌中の交換性マンガン濃度が低下します（図 5-2-2）。土壌調査を行った幼木園では交換性マンガン濃度が低いとクリの枯死率が増加する関係が見られました。

クリのマンガン吸収が少ない場合には葉に障害が現れ、生育が悪くなり、凍害の危険性が高まります（写真 5-2-2）。植え付け穴や土壌改良の際に pH の高い家畜ふん堆肥や石灰等を施用すると、クリの根域の土壌 pH が高まるので、施用する資材と量には注意が必要です。

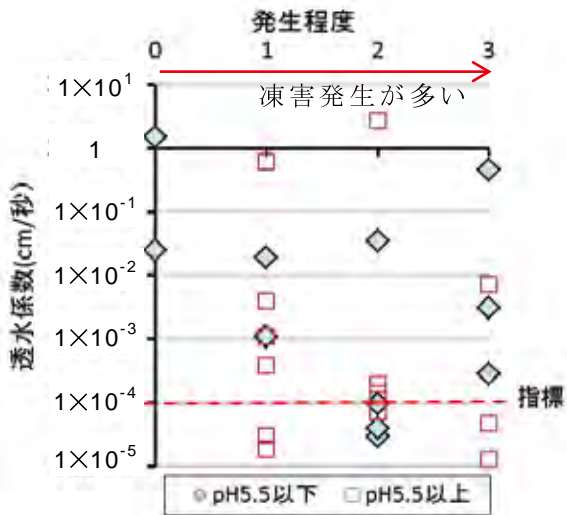


図 5-2-1 クリ凍害の発生程度と透水係数

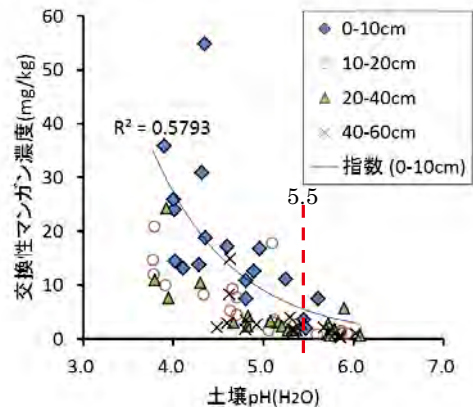


図 5-2-2 クリ植え穴の土壌 pH と交換性マンガン濃度との関係



写真 5-2-2 クリのマンガン欠乏
葉脈間が白っぽくなっているのが特徴

土壌 pH が高い場合には、窒素肥料として硫酸のみを施用してください。さらに積極的に下げたい場合には、硫黄や土壌 pH 降下剤が市販されていますので、pH を 1.0 ずつ下げるつもりで使用してください。

塩基バランスに問題がある場合は、土壌分析の結果とともに示される処方箋を活用し、土壌の化学性の改良に役立ててください。

表 5-2-1 クリの土壌診断基準（果樹試験場、1985 より抜粋）

	主要根群域の深さ (cm<)	40
	根域の深さ (cm<)	60
	地下水位 (cm<)	100
根域全体	ち密度 (mm>)	20
	透水係数 (cm/s<)	1.0×10^{-4}
主要根群域	pH(H ₂ O)	5.0~5.5
	塩基飽和度 (%)	35~50
	Ca/Mg (当量比)	4~7
	Mg/K (当量比)	2~5

【危険度判定方法】

以下の手順に従って、土壌条件の危険度を判定し、対策技術を実施します。

①スコップで深さ 60cm まで穴を掘る。

×できない → 深耕、鋤床破碎、土壌の物理性改良

○容易に掘ることができる → ②へ

②-1 掘った穴の底面付近からしみ出た水が溜まるかどうか確認する。

×水が溜まる → 排水対策

○水が溜まらない → ②-2 へ

②-2 透水性を調べるため、掘った穴に水を入れる、もしくはまとまった降雨の後に穴の水位を確認する。

×1時間後に1cm程度水位が下がらない → 排水対策

○1時間後に1cm以上水位が下がる → ②-3 へ

②-3 ここまできたら、根域の深さ、地下水位、透水性、ち密度には問題ないと判定する。

→ ③土壌の化学性を分析へ

③土壌の化学性を分析する（分析にあたっては、JA 等の分析が可能な機関へ依頼する）。

×pH が 5.5 以上、もしくは塩基バランスに問題あり → 土壌の化学性改良

○pH が 5.5 以下、かつ塩基バランスに問題なし → 苗木定植へ

【留意点】

深耕、鋤床破碎、土壌の物理性改良には、各地域の標準的な方法を参考にして実施してください。岐阜県でのクリ園造成の一例としては、列状に深耕した部分にバーク堆肥 10~20%相当、高盛部にも土量の 10~20%のバーク堆肥を施用し、植穴付近の部分改良を行っています。なお、バーク堆肥施用時には土壌 pH が上昇しないように留意してください。

凍害発生の危険度を判定する

3) 気象条件による判定指標

11月、1月の最低気温（月平均値）

・ 平年より高い：危険

12月中旬から2月上旬の旬別積算降水量

・ 30mm以上の回数が2回以上：危険

【気温との関係】

初冬季は、低温の遭遇とともに徐々に樹体の耐凍性が高まる時期です。また、厳寒期以降は気温の高まりとともに耐凍性が低下します。

比較的冬季の降水量が少ない兵庫県において、過去の凍害発生状況と11月から3月の気温の関係を調べたところ、1月、次いで11月の最低気温と凍害発生の相関が高く、月の最低気温（平均値）が平年より高いと凍害による枯死樹率が高い傾向が認められました（図5-3-1）。気温が高いことは樹体水分を高め、1月は早春季、11月は初冬季の凍害発生にも関係していると考えられます。

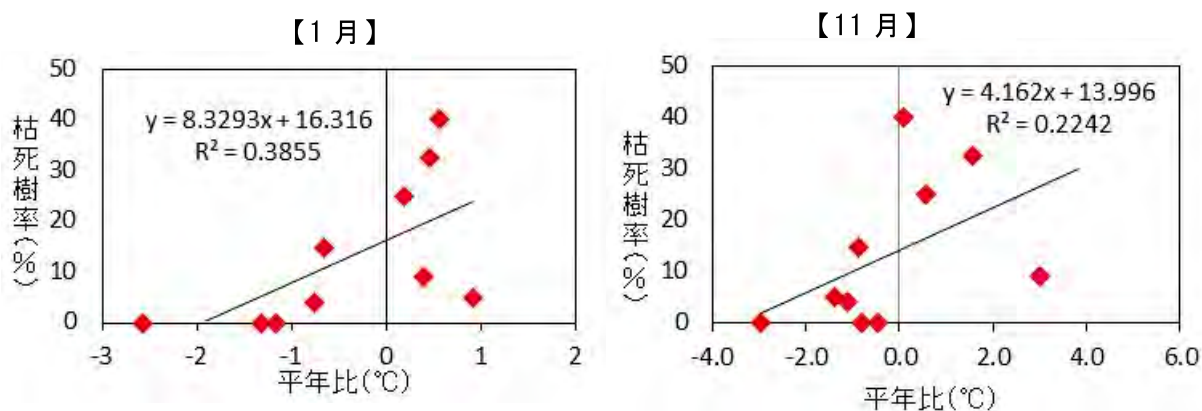


図 5-3-1 1月、11月の平均最低気温の平年比と枯死樹率の関係

兵庫県立農林水産技術総合センター（凍害多発園）、品種「筑波」
（2002年～2014年の調査結果より）

【降水量との関係】

冬季に降水量が多いと、土壌中の水分含量が高まります。排水の良くない園地では、その後の気温上昇で樹体水分が高まりやすく耐凍性の低下を招きます（表5-3-1）。

岐阜県で過去の凍害発生状況と12月から2月の降水量の関係を調べたところ、凍害の発生が多かった年は、12月中旬から2月上旬の降水量が平年より多く、また旬別積算降水量が30mm以上であった回数が2回以上ありました（図5-3-2）。

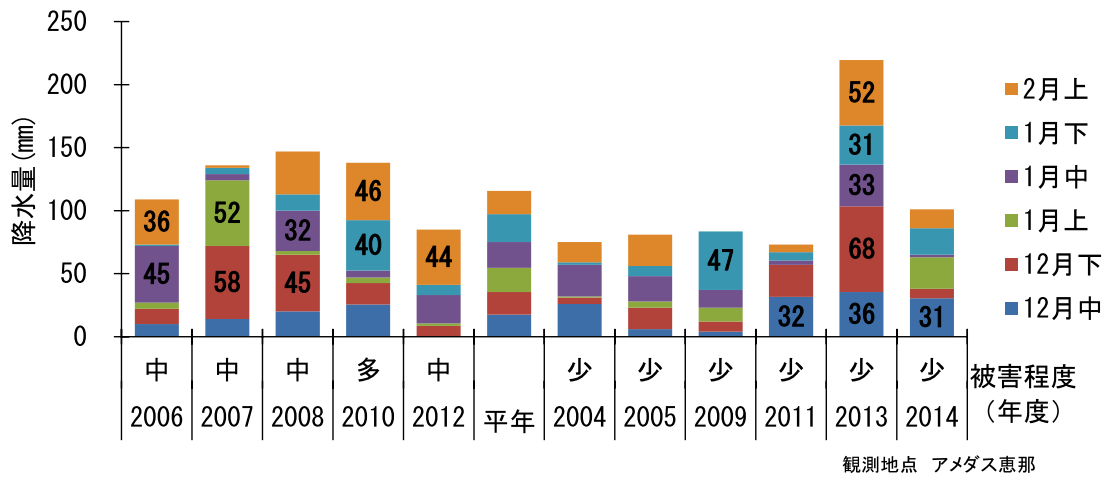


図 5-3-2 12月中旬～2月上旬の旬別積算降水量と凍害被害程度の関係
 (凍害被害程度は、岐阜県中山間農業研究所中津川支所および近隣の現地クリ園における聞き取り調査)

表 5-3-1 土壌水分の違いが「ぽろたん」の耐凍性に及ぼす影響

12月中旬				3月下旬			
土壌水分	低温条件(°C)			土壌水分	低温条件(°C)		
	-8	-12	-16		-10	-13	-16
40%	○ ^z	●	●	40%	△	●	●
25%	○	○	●	25%	○	○	△
15%	○	△	●	15%	○	△	△

^z○全枝生存、△1枝枯死、●2枝以上枯死 ^z○全樹生存、△1樹枯死、●2樹以上枯死

注) ポット試験、土壌は灰色低地土、処理区毎に3-4枝(樹)を供試した

【危険度判定方法】

以下の手順に従って、危険度を判定し、対策技術を実施します。
 なお、この指標と過去の凍害発生程度の関係は表 5-3-2 のとおりです。

①11月の最低気温の平均値を調べる。

- × 平年より高い → 株ゆるめ処理実施(P14)
- 平年並み～平年より低い → 経過観察

②1月の最低気温の平均値を調べる。

- × 平年より高い → 株ゆるめ処理実施(P14)
- 平年並み～平年より低い → ③降水量を確認へ

③12月中旬から2月上旬の期間で、旬別積算降水量が30mm以上の回数を調べる。

- × 30mm以上の回数が2回以上 → 株ゆるめ処理実施(P14)
- △ 1回以内 → 凍害の危険低い

表 5-3-2 岐阜県における過去の凍害発生程度と気象条件の指標の適合

凍害発生 程度	年度	最低気温(平年比)		降水量(12月中旬 ~2月上旬) 平年比	旬別積算降水量が 30mm以上の回数 12月中~2月上
		11月	1月		
少	2004	高	低	少い	0
	2005	高	高	少い	0
	2009	高	高	少い	1
	2011	低	低	少い	0
	2013	低	低	多い	5
	2014	低	低	並み	1
中	2006	低	同	並み	2
	2007	高	高	並み	2
	2008	高	高	並み	2
	2012	高	高	少い	1
多	2010	高	高	多い	2

注) 調査場所は図 5-3-2 と同じ

【指標活用上の留意点】

1. 気温は近隣のアメダス値、降水量はアメダス値もしくは簡易雨量計で計測した値を用います(図 5-3-3)。
2. 降水量の指標は、凍害発生の十分条件であり、降水量が多くても発芽期までの気温が平年並みに推移した場合は凍害が発生しないこともあります。
3. 旬別積算降水量の指標 30mm は、岐阜県での検証結果であり、地域が異なる場合は、確認する必要があります。



図 5-3-3 簡易雨量計の仕様例

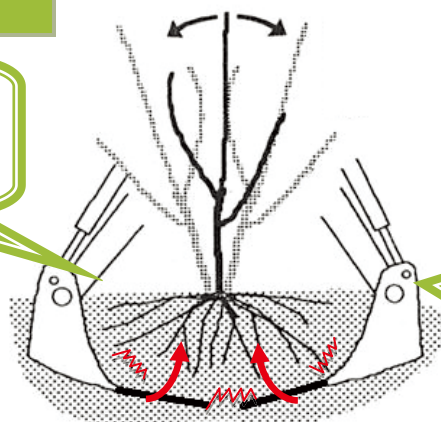
1 L の透明ポリ瓶に口径 12cm のロートを、孔をあけたシリコン栓で取り付けます。
 ポリ瓶には、ロート径から降水量(mm)を算出し目盛りを付しておきます。
 30mm の場合、ロート上部の面積(6cm×6cm×円周率)×降水量(3cm) = 339mL の水をポリ瓶に入れ、目盛ります。

凍害の発生を抑える

1) 株ゆるめ処理

【処理時期】

11月上旬～下旬



【処理方法】

樹全体が傾く程度に2～数カ所から機械のアタッチメントや反転鍬などを挿入し、株を10cm程度持ち上げる

【ねらい】

軽い断根と土壌中に孔隙を作ることによって、樹体の水分を減少させ、あるいは上昇を抑えて耐凍性（凍害に対する耐性）を強化する技術です。

【適用場面】

凍害の危険性（凍害危険度判定指標で危険度）の高い園地、年を対象とします。立地条件では平坦地、水田転換園など、土壌条件では透水性や孔隙率が低い園地が対象となります。

【方法】

1. 時期

春季だけでなく、初冬季の凍害抑制効果も得るには11月中をめどに行います。春季の凍害に対しては12月下旬～2月中旬の処理でも効果が得られます。なお、効果は処理2週間後頃からみられます。

2. 園地条件と方法

1) 油圧ショベルによる処理が可能な園地

① 2～4年生樹を対象

（使用機械）フォーク型バケットを装着した油圧ショベル（重量1.3トンでは2～3年生樹、3トンでは4年生程度まで処理可能）を用います。

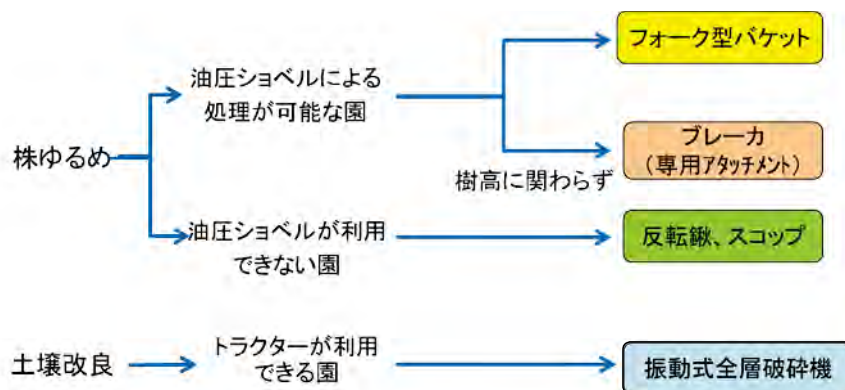


図 6-1-1 園地条件と処理法



写真 6-1-1 フォーク型バケットによる処理

(方法) 樹に対して2～4方向から、先端が土壌中で主幹直下に達する距離まで、フォークを約30度の角度で挿入し、樹がやや傾く程度まで株を約10cm持ち上げます。樹列間で進行方向にプレート板を出し、両側の樹に対して処理を進めていくと効率的です。

(特徴) 慣行バケットで処理可能な樹よりやや大きな樹でも、枝をよける補助者なしに処理できます。また、慣行バケットより断根等による樹への悪影響が少ないのが特徴です。

(フォークの仕様等) 既存のバケットなどを利用してフォーク状に爪を着けると比較的安価に作成できます。フォーク部分にはブレーカの爪や削岩機のロッドなどを用い、バケットやその爪などに溶接、ボルト留め等して固定します。爪の間隔は20～25cm程度とし、既存のバケット部も含めた長さは、長いほど大きめの樹でも処理できますが、油圧ショベルの大きさや操作性から限界があります。現地では、1.3トンで90cm程度、2.5トンで100cm程度の長さで使用されている事例があります。経費は、ブレーカの爪を溶接するタイプで約1.5万円、バケットを製作するタイプで10万円程度を要します。

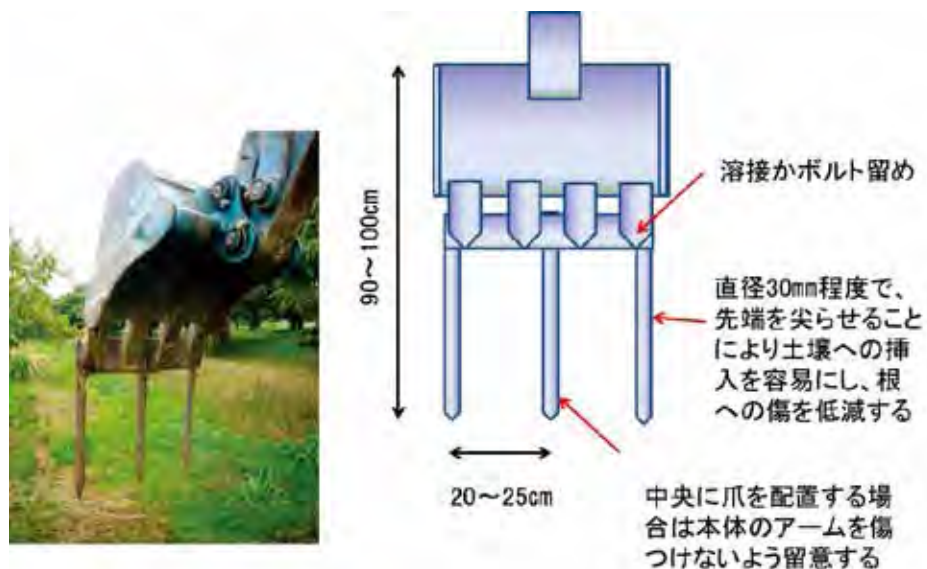


図 6-1-2 フォーク型バケットの仕様例

②樹高の高い樹も対象

(使用機械) 油圧ブレーカに専用アタッチメント（試作）を装着した油圧ショベルを uses.

(方法) 油圧ブレーカ本体は通常とは逆方向に取り付けます。樹に対して4方向の、幹から約50cmの位置に約45～60度の角度でアタッチメントを打ち込み、4方向目において株を5cm程度持ち上げます。樹列間を走行し、両側の樹に対して処理すると効率的です。

(特徴) 樹の手前から処理できるので、樹高を問わず処理できます。

(アタッチメントの仕様等) ブレーカは市販のものが利用できますが、取り付けが逆方向となるため、取り付け部品（リンク）を一部加工する必要があります。アタッチメントは現在、特許申請中です。



写真 6-1-2 ブレーカ用アタッチメントとそれを用いた処理

2) 油圧ショベルを利用できない園地

(使用機具) 茶用反転鍬、剣先スコップ等

(方法) 2、3年生樹の主幹部から10cm程度の位置に、樹に対して2～数方向から鍬などを差し込み、株を5～10cm持ち上げます。根の切れる音、手応えを確認できる程度処理します。

(特徴等) 樹高1.5m以下の樹であれば、園地、樹数を選ばず簡易に処理できます。茶用反転鍬は約1.4万円です。



写真 6-1-3 茶用反転鍬による処理

3) 振動式全層破碎機による土壌改良(鋤床破碎)

(使用機械) 振動式全層破碎機(弾丸付ストレートシャック)を装着したトラクター(20馬力以上)を用います。

(方法) 2年生樹では幹から50～60cm離れた位置を樹列にそって走行します。土壌条件にもよりますが、作業速度は約10～20cm/s程度で、作業深さは最大40cm、PTO回転数(速度段)は3速が標準です。車輪のスリップが大きくなる場合にはPTO速度段を上げる(3速→4速)か、1回目を浅く、2回目を深くというように2回に分けて処理します。破碎後に土壌表面が約3～5cm程度隆起していれば効果が期待できます。処理は、できるだけ土壌が乾燥しているときに実施し、処理後(特に



写真 6-1-4 振動式全層破碎機による土壌改良処理

処理直後)にはSSや運搬車等の機械走行を行わないようにして、破砕によって生じた亀裂をふさがないように留意します。

(特徴等)処理後1年間程度は排水性改善効果が維持され、凍害発生抑制効果も期待できます。振動式全層破砕機は約45万円です。

【技術活用上の留意点(共通)】

1. 幼木期で、凍害の危険性がある場合には、毎年の処理が必要です。
2. 処理後、根が露出した場合には土壌で覆い、乾燥を防ぎます。
3. 生育期には干ばつにやや弱くなるため、乾燥防止のため根元には5月以降敷き草マルチ等を行うとともに、干ばつ時にはかん水を行います。
4. 株ゆるめ処理により生育がやや抑制される(樹冠拡大が遅れる)場合もみられます。
5. 作業時間は、樹列間を走行して両側を処理した場合、2年生樹ではフォーク型で約1分/樹、ブレーカで3分/樹、振動式全層破砕機で2分/樹程度です。
6. 油圧ショベルのフォークのアタッチメントは、ブレーカの爪など部材によっては挿入方向と直交する方向の耐久性が劣る場合があります。このため、ブレーカで処理する場合とともに、株を持ち上げる際、過大な負荷がかからないよう注意します。

【参考データ】

表6-1-1 機械的処理の凍害抑制効果

処理法	被害程度別樹数					被害程度	枯死樹率(%)
	0	1	2	3	4		
フォーク	23	2	0	2	0	0.3	0.0
ブレーカ	16	0	0	3	1	0.7	0.0
無処理	0	0	4	5	7	3.2	43.8

注)被害程度は、無:0、少:1、中:2、多:3、枯死:4

表6-1-2 人力処理の凍害抑制効果

処理法	被害程度別樹数					被害程度	枯死樹率(%)
	0	1	2	3	4		
スコップ	10	0	2	12	16	2.6	45.0
反転鍬	16	3	0	0	3	0.7	18.2
無処理	0	0	0	3	9	3.8	75.0

注)被害程度は、無:0、少:1、中:2、多:3、枯死:4

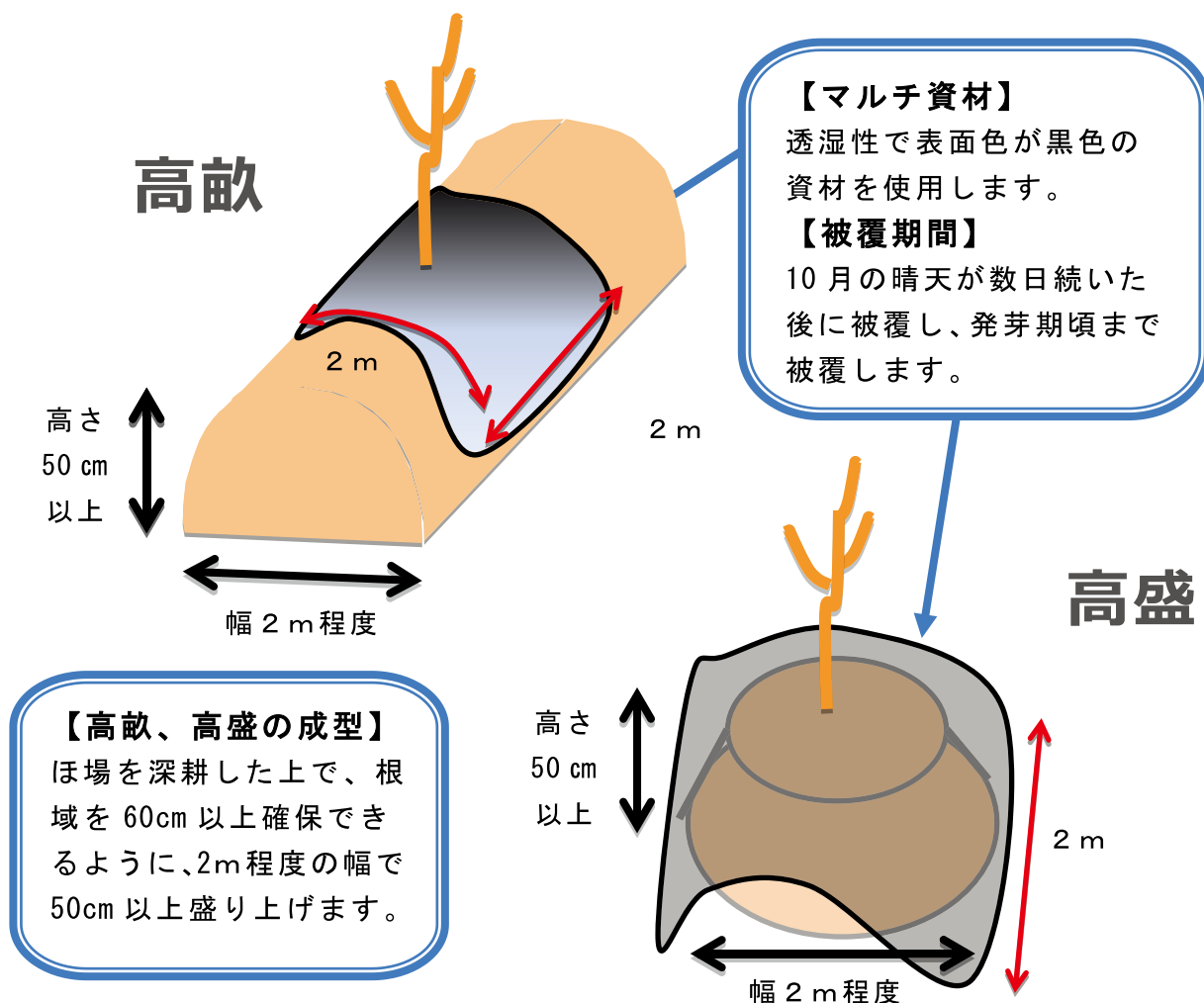
表6-1-3 全層破砕処理の凍害抑制効果

処理法	被害程度別樹数					被害程度	枯死樹率(%)
	0	1	2	3	4		
全層破砕	3	0	3	0	0	1.2	0.0
無処理	0	1	1	1	2	2.8	40.0

注)被害程度は、無:0、少:1、中:2、多:3、枯死:4

凍害の発生を抑える

2) 高畝・高盛+マルチ被覆



【ねらい】

地表面から50cm程度の高さに土を盛り上げた場所へ苗木を植え付け、さらに初冬季から早春季まで透湿性のマルチシートを樹の周りに敷設することによって、土壌水分、樹体水分の上昇を抑えて耐凍性の早期低下を防ぐ技術です。

【実施場面】

凍害の危険度判定実行フローチャートで、根域が確保できない場合、透水性が不良な場合、過去に凍害の発生が多かった園地の場合に実施します。

マルチの被覆は、根域が盛り上げた土より外に広がる前までの期間（定植から3年程度）とし、それ以後も凍害の危険がある場合は、株ゆるめ処理を実施します。

【高畝の造成手順】

1. ほ場の全面または畝を立てる場所を深耕します（深さ 60cm 以上）。
2. 樹列間の土壌を寄せ集め、畝幅 2m、畝高 50cm 程度になるように成型します。



【高畝】

深耕した上に、畝高が 50cm になるよう成型

【深耕】

畝の直下をバックホーで 60cm 程度深耕

写真 6-2-1 高畝造成時の留意点

【マルチシートの設置方法】

1. 種類 透湿性で表面の色が黒色のもの
2. 設置期間 10月から翌年の3月まで
3. 設置方法

10月の晴天日が3日以上続いた後の降雨前に、主幹を中心として1辺が2mの正方形に黒色面を表にしてマルチシートを被覆します。



留め具でしっかり固定

写真 6-2-2 マルチ被覆時の留意点

【技術活用上の留意点】

1. 畝の下の土壌を深耕しないで成型すると、畝部分の土壌水分が高まり逆効果となる場合があるので、必ず深耕し排水を確保した上に畝を成型する必要があります。
2. 形状については、畝状ではなく直径 2m、高さ 50cm の半円形（高盛）でも同等の効果が確認されています。
3. 干ばつが続くと生育への影響が懸念されるため、その場合は株元への敷き草マルチやかん水等を行います。
4. マルチシートは、強風によりはがれる場合があるので、留め具を使用してしっかりと固定する必要があります。
5. 根が畝より下へ伸長すると、マルチシートによる土壌水分上昇抑制効果は期待できないので、凍害発生の危険がある場合は「株ゆるめ」を実施する必要があります。
6. マルチシートは、透湿性であっても表面の色が白色の場合は、反射光により樹体の地上部周辺の温度が高くなり凍害の発生を助長する場合があるので黒色を使用します。
7. 研究で使用したマルチシート「OH！甘マルチ」は、平成 26 年で製造中止となりました。このため、同様の特性（表面が黒色で雨水を通さず透湿性）を有する資材で土壌水分の上昇を抑える効果を確認中です。

【参考データ】

表 6-2-1 マルチ表面の種類が凍害被害程度および枯死樹率に及ぼす影響（2012）

区	樹数	被害指数					被害程度	枯死樹率(%)
		0	1	2	3	4		
高畝＋白色マルチ	10	8	0	2	0	0	0.4	0
高畝＋黒色マルチ	10	10	0	0	0	0	0	0
対照(平畝、マルチ無し)	10	10	0	0	0	0	0	0

品種:「筑波」3年生樹

白色マルチ:タイベック700AG、黒色マルチ:OH！甘マルチの黒色面を表にして使用

表 6-2-2 マルチの被覆方法が凍害被害程度および枯死樹率に及ぼす影響（2012）

区	樹数	被害指数					被害程度	枯死樹率(%)
		0	1	2	3	4		
高畝・列処理	7	7	0	0	0	0	0	0
高畝・樹処理	7	7	0	0	0	0	0	0
平畝	7	5	0	0	0	2	1.1	28.6

品種:「ぼろたん」

マルチ:OH！甘マルチの黒色面を表にして使用

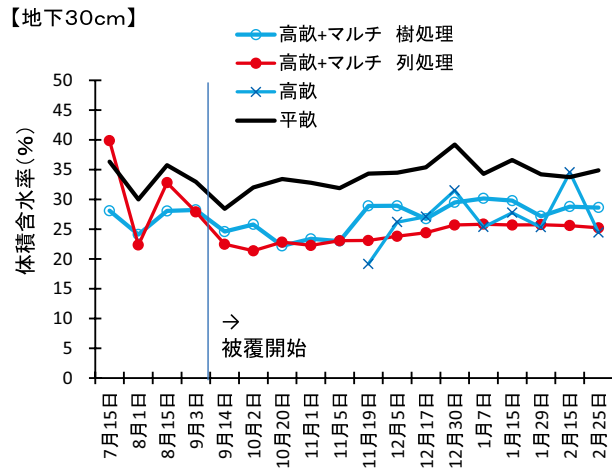


図 6-2-1 高畝+マルチ栽培の土壤水分（地下 30cm）の推移（2012）
マルチシート 0H 甘!マルチの黒色面を表にして使用

表 6-2-3 高畝栽培における「ぼろたん」の生育および収量（2014）

品種	区	供試数 (樹)	生存 樹数 (樹)	樹高 (cm)	幹周 (cm)	平均 新梢長 (cm)	総新梢長 (cm/樹)	列当り 総収量 (kg/列)	1樹当り 総収量 (kg/樹)	1果重 (g)
ぼろたん	高畝	14	13	158	12.9	37	1631	10.7	1.7	22.3
	平畝	7	5	142	12.4	28	1382	4.1	0.8	22.3
筑波	高畝	16	15	211	15.9	49	4027	18.5	2.5	23.6
	平畝	8	5	180	12.2	36	1771	7.8	1.6	22.9

注)「ぼろたん」は1列7樹植え、「筑波」は1列8樹植え
生育は定植3年目(2013年12月)、収量は定植4年目(2014年9~10月)の調査
高畝区の樹数は2列の合計、データは2列の平均値



写真 6-2-3 高畝栽培における定植 3 年目の様子
品種：「筑波」、「ぼろたん」を列内で交互に植栽

7. 現地における活用事例

凍害リスクの軽減

土壌調査や気象状況を観測することにより、凍害の危険度を判定し、植え付け時や植え付け後に対策を講じています。

硬度計で土の硬さを確認



植え付け前には園地の土壌状態を確認し、必要に応じて心土破碎や排水対策をすることが重要。また、資料や研修会等で凍害対策の必要性を啓蒙することが必要。



簡易雨量計



簡易地下水位計



雨量計や地下水位計を作成して簡易に観測



全層破碎機で排水性を改善

機械による株ゆるめ処理

大規模園地などの機械処理が可能な場合は、油圧ショベルのバケットを改良したもので株ゆるめ処理をしています。また、ブレーカに専用のアタッチメントを取り付けたものでの処理もしています。

バケットを利用した処理



バケット先端の爪を土中に差し込み、株元の根域土壌とともに樹をやや持ち上げる程度に処理。

フォーク各種



ブレーカによる処理



バケットに取り付ける爪は3~4本。ブレーカの爪、削岩機のロッド、ツルハシ等を溶接して作成。材料によっては処理時に折れることもあるので使用時には注意。

樹の手前からブレーカに取り付けた専用アタッチメントを株元に打ち込み処理。

人力での株ゆるめ処理

機械処理ができない園地は、反転鋤やスコップを利用し、人力で株ゆるめ処理をしています。

反転鋤による処理



反転鋤は、株元から10cm離れた位置に垂直に差し込んだ後、手前に引き倒し、根が切断され樹が浮き上がる程度に処理します。



反転鋤、スコップともに、樹の周囲4方向からの処理効果が高い。

スコップによる処理



スコップは、株元から10cm離れた位置に、先端を垂直に深さ30cm程度差し込んだ後、手前に引き倒し、根が切断され樹が浮き上がる程度に処理します。



高畝・高盛栽培、マルチ被覆

土壤水分の上昇を抑えるために、盛り土をして植えています。また、植え付け後に透湿性のシートで樹の周囲を覆っています。

高盛で植え付け



高畝で植え付け



盛り土をして、地表面から 50cm 程度高い位置に植え付けます。植え付け位置が高いほど凍害のリスクは低減しますが、高すぎると作業性が悪くなるので適度な高さにする必要があります。

透湿性シート(黒色面を上)を被覆



晴天が続き、土がよく乾いた秋の日被覆するのが効果的。
途中でシートが剥がれないようにすることが重要。

明きよ、暗きよの施工

水田転換園など地下水位が高く排水性の劣る園地では、健全な生育のためにも、明きよや暗きよ施工して、植え付けしています。

試掘により
地下水位の高いことが判明



深さ 45 cmまで地下水位上昇



明きよ施工



園地の傾斜上部からの排水も重要



明きよからの排水が重要

暗きよ施工



暗きよの効果が維持できるようにコルゲート管、砕石などを利用

明きよや暗きよを施工して排水性を高めるとともに、高畝などを組み合わせて地下水位を低下させています。