

クリの凍害発生および耐凍性の品種間差異

水田泰徳*・織邊 太*

要 約

クリの数品種について、凍害発生や耐凍性の品種間差を調査した。

- 1 凍害の発生は‘筑波’で多く、‘丹沢’や‘ほろたん’で少なかった。
- 2 晩秋から早春における1年生枝の含水率は‘美玖里’が低く、芽の耐凍性は‘銀寄’が劣った。
- 3 1年生枝の含水率は品種間で差がみられたが、1年生枝の芽の耐凍性との関係は明らかではなかった。

Differences among Several Japanese Chestnut Varieties in Occurrence of Freezing Injury and Freezing Tolerance

Yasunori MIZUTA and Futoshi ORIBE

Summary

We investigated the differences among several Japanese chestnut varieties in occurrence of freezing injury and freezing tolerance.

- (1) There was a high occurrence of freezing injury in ‘Tsukuba’, while ‘Tanzawa’ and ‘Porotan’ had less freezing injuries.
- (2) There was low water content in the current season’s shoots of ‘Mikuri’, and the buds of ‘Ginyose’ had low freezing tolerance during the period from late autumn to early spring.
- (3) The water content in the current season’s shoots on several varieties did exhibit a difference, but its relation to the freezing tolerance of buds was not clear.

キーワード：クリ 品種 凍害 耐凍性 枝水分

緒 言

近年、新植が進むクリの凍害発生は、年次や園地間差とともに品種による差も著しく、同一園地でも凍害の被害程度が大きく異なることが多い¹⁰⁾。一般に、新植時の品種選定にあたっては、収穫期や果実品質、収量性、販売目標、収穫労力の分散などを考慮する³⁾。さらに、園地条件によって凍害のリスクが高い場合⁹⁾には、耐凍性の品種間差も考慮して²⁾、必要であれば対策を施すことも考えられる。

クリの凍害発生や耐凍性の品種間差については、これまでいくつかの報告^{10, 15, 20)}がある。しかし、最近育成され普及が進む品種について検討した報告はない。また、クリの凍害発生には台木の影響も大きいことが明らかにされている⁴⁾が、この影響を除いて品種間差を検討した事例はない。

そこで、クリの主要3品種である‘筑波’、‘丹沢’および‘銀寄’と、近年新植が進む‘ほろたん’と‘美玖里’について凍害発生状況を5年間にわたって調査した。また、クリの凍害発生には樹体内の水分が影響することが報告されている^{4, 13, 14, 15)}ことから、晩秋から早春にお

2016年2月24日受理

* 農林水産技術総合センター 農業技術センター

ける1年生枝の含水率と芽の耐凍性をこれらの品種間で比較した。さらに、冬季から春季にかけての根からの吸水や凍害発生に関係する台木や樹齢の影響^{4,10)}を除くため、5品種を同一の中間台木に接木して、同様の調査を行った。

材料及び方法

1 幼若齡樹における凍害発生の品種間差

農林水産技術総合センター（加西市）内クリ園で比較的凍害発生の多かった2～9年生のニホングリ台‘丹沢’、‘ぼろたん’、‘筑波’、‘銀寄’および‘美玖里’各3～31樹を対象に、2008～2012年の各5月に凍害発生状況を調査した。凍害の被害程度は、達観により、0＝被害なし、1：一部の芽や枝が枯死、2＝健全部もあるが多くの芽や枝が枯死、3＝全体または穂部が枯死、の各被害指数で評価し、被害程度＝ \sum 被害指数×n（被害樹数）／調査樹数として計算した。また、このうち被害程度3の樹数／調査樹数×100を枯死樹率とした。なお、試験園は平坦な造成地で、土壌は細粒質台地黄色土である。また、10a当たりの年間施肥量は成木の成分量、窒素14kg、リン酸14kgおよびカリ14kgを基準とし、樹齢や樹勢に応じて調整して、3月、6月、10月に施用した。

2 1年生枝の含水率と芽の耐凍性の品種間差

所内クリ園のニホングリ台17年生‘丹沢’、10年生‘ぼろたん’、20年生‘筑波’、20年生‘銀寄’、5年生‘美玖里’を各3樹供試した。2010年10月末～2011年3月の

表1 クリ凍害の被害程度における品種間差異

品種	年次					5年間の平均 (±標準誤差)
	2008	2009	2010	2011	2012	
丹沢	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1±0.1
ぼろたん	0.7	0.2	0.0	0.0	0.1	0.2±0.1
筑波	2.5	0.7	0.0	0.0	0.6	0.8±0.5
銀寄	0.5	0.4	0.0	0.0	0.9	0.4±0.2
美玖里	0.0	0.3	0.0	0.0	2.0	0.5±0.4

注) 被害程度は、0＝被害なし、1：一部の芽や枝が枯死、2＝健全部もあるが多くの芽や枝が枯死、3＝全体または穂部が枯死、標準誤差（n＝3～31）

表2 クリ凍害の枯死樹率における品種間差異

品種	年次					5年間の平均 (±標準誤差)
	2008	2009	2010	2011	2012	
丹沢	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	3.1±3.1
ぼろたん	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.6±0.6
筑波	64.3	16.7	0.0	0.0	11.8	18.5±11.9
銀寄	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	3.8±3.8
美玖里	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	10.0±10.0

注) 標準誤差（n＝3～31）

間、約1か月ごとに各樹より1年生枝を毎月3本採取して、含水率と芽の耐凍性を調査した。含水率は、堀本ら⁴⁾の方法に準じて、採取した1年生枝の基部10cm程度を、通風乾燥機により70℃で約72時間乾燥して、乾燥前後の枝重量から算出した。また、含水率を測定した枝の先端部から、充実した芽を挟んで上下の節間をほぼ中間部で切除して、6芽採取した。これに少量の水を噴霧した後、ポリエチレン袋に密封し、-4℃、-7℃、-10℃、-13℃、-16℃に3時間遭遇させた。芽の冷却と昇温は1℃/12分の速さで行った。低温遭遇処理後はポリエチレン袋に入れたまま+5℃で約20日間保存した後、各芽の断面を観察して、無被害の温度と明瞭な褐変を示す温度の中間値を耐凍性とした。また、2011年5月には供試樹について凍害発生状況を観察した。

3 同一中間台における1年生枝の含水率と芽の耐凍性の品種間差

2010年4月に、所内クリ園のニホングリ台19年生‘筑波’3樹に上記5品種をそれぞれ高接ぎした。2011年12月～翌年3月に各品種の1年生枝を採取し、試験2と同様に1年生枝の含水率と耐凍性を調査した。また、2012年5月には供試樹について凍害発生状況を観察した。

結果

1 幼若齡樹における凍害発生の品種間差

供試した5品種の2008～2012年における凍害の被害

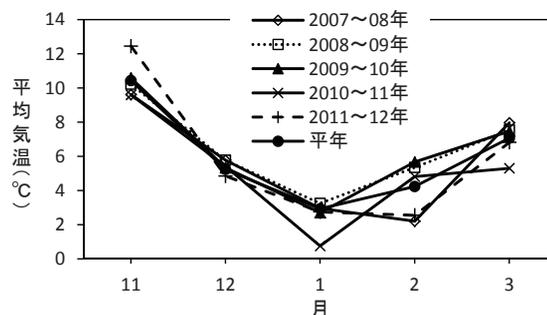


図1 晩秋から早春の月別平均気（兵庫農総セ）

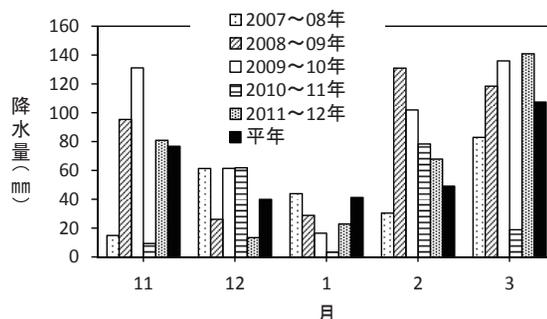


図2 晩秋から早春の月別降水量（兵庫農総セ）

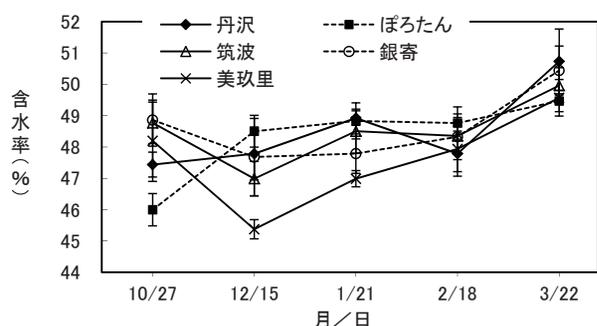


図3 クリ品種における1年生枝の含水率の推移 (2010~2011年)

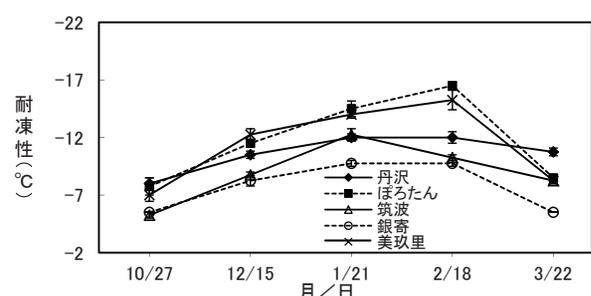


図4 クリ品種における芽の耐凍性の推移 (2010~2011年)

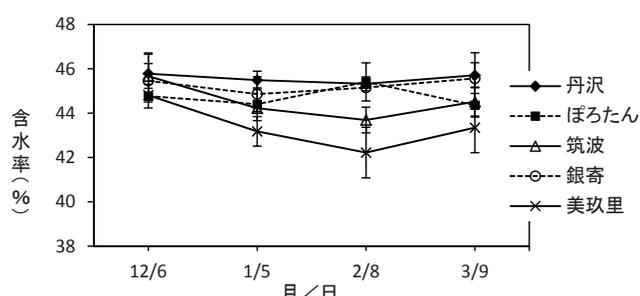


図5 クリ‘筑波’中間台におけるクリ品種の1年生枝の含水率の推移 (2011~2012年)

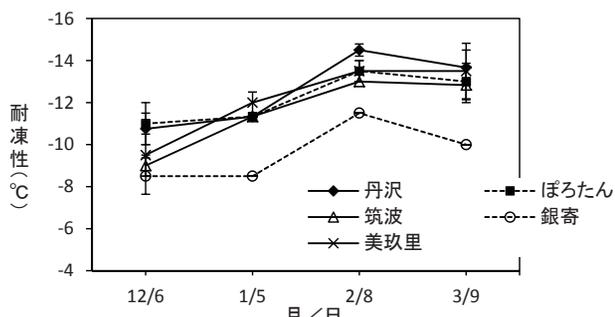


図6 クリ‘筑波’中間台におけるクリ品種の芽の耐凍性の推移 (2011~2012年)

程度を表1に示す。5年間の被害程度には年次間差があり、2008、2009、2012年には被害が認められたが、2010、2011年は被害がなかった。5年間の平均被害程度は、‘筑波’で約0.8と最も高く、次いで‘美玖里’が約0.5、‘銀寄’が約0.4、‘ぼろたん’が0.2で、‘丹沢’が約0.1と最も低く、‘筑波’と‘丹沢’には差がみられた。

次に、各品種の5年間の枯死樹率を表2に示す。被害程度と同様に、枯死樹は2008、2009、2012年に発生し、このうち前2年は‘筑波’のみで、2012年はすべての品種で発生した。5年間の平均で見ると‘筑波’の枯死樹率は20%近くと最も高く、逆に‘丹沢’は約3%、‘ぼろたん’が1%以下と低く、これらには差が認められた。また、‘美玖里’の枯死樹率は10%、‘銀寄’が約4%で、他の品種間に明らかな差はみられなかった。

2 調査年における晩秋から早春の気象条件

農林水産技術総合センター（加西市）における2007~2012年の11~3月の気象条件を図1および2に示す。2007~2008年は、月別の平均気温が平年より11月と2月が約1℃以上低く、3月は逆に約1度高かった。また、月別降水量は11月が15mmと少なかった。翌2008~2009年は、2月の平均気温が約1℃高く、降水量も130mmと多かった。2009~2010年は、2月の平均気温が平年より

1.5℃高く、降水量は11月と2月は100mm以上と多く、1月は約17mmと少なかった。2010~2011年は、11、1、3月は平均気温が平年より約1℃以上低く、降水量も著しく少なかった。また、2011~2012年は11月の平均気温は平年より約2℃高く、逆に2月は1.6℃低かったが3月は平年並みとなり、降水量は12月と1月は平年比の半分程度と少なく、3月は逆に40mm近く多かった。

3 1年生枝の含水率と芽の耐凍性の品種間差

2010年の10月末から2011年の3月下旬における1年生枝の含水率の推移を図3に示す。‘丹沢’の含水率は、10月末から12月中旬にかけて47.5%程度で明らかな変化はなかったが、1月に約49%に増加した後、2月には一旦減少し、その後3月に50%以上となり2月から約2%増加した。‘ぼろたん’では、10月末の46%から12月中旬には48.5%と2%以上含水率は増加したが、その後2月まで大きな変化はなく、2月から3月にかけて1%程度増加した。次に、‘筑波’の含水率は10月末の約49%から12月中旬には47%に一旦減少したが、1月には約2%増加し、その後2月から3月にかけて‘丹沢’や‘ぼろたん’同様50%程度まで増加した。‘銀寄’と‘美玖里’の含水率は、10月末の48.5%前後から12月にそれぞれ1および3%程度減少したが、その後は3月にかけて

概ね増加傾向を示し、約50%になった。

品種間では、10月末において‘ぼろたん’の含水率は他の4品種と比較して低く、さらに‘丹沢’は‘筑波’や‘銀寄’より低かった。また、12月では‘美玖里’が他の4品種に比べて含水率が低く、逆に‘ぼろたん’は‘筑波’より高かった。さらに、1月の含水率は‘美玖里’が‘丹沢’や‘ぼろたん’、‘筑波’より低く、逆に‘丹沢’は‘銀寄’よりも高かった。その後、2月および3月には品種間に明らかな差はなかった。

図4に、各品種の芽の耐凍性の推移を示す。‘丹沢’の耐凍性は、10月の -8°C から1月には -12°C まで高まり、その後2月から3月には 11°C まで低下した。‘ぼろたん’では、10月の約 -8°C から2月にかけて -17°C まで耐凍性が高まった後、3月にかけて約 8°C 低下した。また、‘筑波’の耐凍性は、10月の -5°C 程度から1月には 7°C 近く高まったが、その後3月にかけて -8°C 近くまで低下した。さらに、‘銀寄’の耐凍性は、‘筑波’同様10月の -5°C 程度から1月には -10°C 近く高まった後、3月には -5.5°C まで低下した。‘美玖里’の耐凍性は‘ぼろたん’同様10月の -7°C から2月にかけて約 8°C 高まった後、3月には -8°C 程度まで低下した。

品種間では、10月、12月および2月は、‘筑波’と‘銀寄’は他の3品種より耐凍性が劣り、さらに1月と3月の‘銀寄’は他の4品種と比べて劣った。一方、‘丹沢’と比較して、‘ぼろたん’と‘美玖里’の耐凍性は12~2月の間は高かったが、3月は劣った。なお、いずれの品種にも凍害の発生は認められなかった。

4 同一中間台における1年生枝の含水率と芽の耐凍性の品種間差

2011年12月~2012年3月における1年生枝の含水率の推移を図5に示す。‘丹沢’および‘銀寄’の含水率は、調査期間中45.5%程度で大きな変化はなかった。‘ぼろたん’の含水率は、12~1月は44.5%程度で推移し、2月に一旦約1%増加した後、3月には1月のレベルまで減少した。‘筑波’および‘美玖里’の含水率は、12月から2月にかけてそれぞれ2%前後減少したが、3月には約1%増加した。

品種間では、‘美玖里’の含水率が、1月は‘丹沢’や‘銀寄’、‘筑波’より、2月は‘丹沢’、‘ぼろたん’、‘銀寄’より、さらに3月は‘丹沢’と比較して少なかった。また、‘筑波’が2月は‘丹沢’、‘ぼろたん’および‘銀寄’より少なかった。

図6に芽の耐凍性の推移を示す。‘丹沢’と‘ぼろたん’の芽の耐凍性は -11°C 程度、また‘銀寄’の芽の耐凍性は

-8.5°C で12月から1月にかけて大きな変化はなかったが、2月にはそれぞれ約 3°C 高まり、3月にはやや低下した。‘筑波’および‘美玖里’の耐凍性は、12月の -9°C 程度から2月にかけて -13°C 以上まで高まり、3月は2月と同程度であった。

品種間では、‘銀寄’の耐凍性は1~3月の間、他の4品種と比較して 2°C 以上低かった。また、‘丹沢’の2月の耐凍性は、他品種よりも高かった。なお、いずれの品種にも凍害の発生は認められなかった。

考 察

果樹の耐凍性は、一般に10月頃から低温に遭遇するに当たって高まり、厳寒期の1月頃にピークを迎えた後、今度は気温の上昇につれて発芽期にかけて低下する⁵⁾。凍害は、各時期の耐凍性を超える低温に遭遇することによって発生するが、クリでは概ね耐凍性が十分に高まらない初冬季(12月頃)か、耐凍性が急速に低下する早春季(3月頃)に発生する¹⁸⁾。

果樹の凍害における品種間差については、クリ以外にもリンゴやブドウなど^{5, 11, 12, 19)}で報告されている。クリでは、現在の主な品種について、中原¹⁰⁾は‘岸根’や‘丹沢’、‘筑波’と比べて‘銀寄’、‘石鎚’の凍害発生率が高いと述べている。また、安延²⁰⁾は‘丹沢’や‘伊吹’より‘筑波’で凍害による枯死が多いことを明らかにしている。一方、本研究で調査した5年間において、被害程度や枯死樹率は‘丹沢’や‘ぼろたん’と比較して‘筑波’で高く、‘銀寄’や‘美玖里’はこれらと明らかな差はなく、中原の‘筑波’および‘銀寄’の結果とは異なった。

そこで、凍害発生における品種間差の要因を解析するため、試験2で晩秋から早春季の耐凍性について調査したところ、芽の耐凍性はいずれの品種も10月末から高まり、1~2月にピークに達した後、3月には低下した。また、品種間では概ね‘銀寄’の耐凍性が最も劣り、次いで‘筑波’で、逆に‘ぼろたん’と‘美玖里’が比較的高かった。これは、同一台木に接いだ試験3でもほぼ同様の傾向であった。沢野¹⁵⁾も、10月下旬~11月上旬には多くの品種の芽は -5°C 程度の耐凍性を示すようになり、その後増加して厳寒期には大きな品種間差(-10°C ~ -15°C)がみられるようになるとしている。しかし、萌芽期が近づくと差は小さくなり(-5°C ~ -6°C)、展葉期の早晩の差も生じてくると報告している。また、品種間差について、厳寒期の芽では‘丹沢’や‘筑波’に対して‘銀寄’が数 $^{\circ}\text{C}$ 劣ることを明らかにし、耐凍性の推移や品種間差について本研究とほぼ同様の傾向を認めて

いる。樹幹各部位の耐凍性については、地際付近が最も劣り、その上部、さらに1年生枝で高いこと、1年生枝では皮層に比べて芽で劣ることが認められている^{1,15,18)}。本研究で、芽の耐凍性が最も劣る‘銀寄’の凍害被害程度や枯死樹率は中程度であったが、これは研究期間中には‘銀寄’の芽の耐凍性を下回る低温には遭遇しなかったこと、また‘筑波’は主幹部の地際付近の耐凍性が他の品種に比べて劣っている可能性が考えられる。さらに、2012年の‘美玖里’で凍害が著しかったが、これは供試品種の中で最も遅い10月上中旬に成熟期を迎える晩生品種であること、耐凍性が高まり始める2011年11月の気温が平年比で2℃以上高かったこととともに、主幹部の耐凍性が劣ることが推察される。今後、主幹部の耐凍性の推移や品種間差について検討する必要がある。

1年生枝の含水率は、12～1月の間‘美玖里’は他の品種より低かった。さらに、同一の中間台に同時に接ぎ木して調査した結果、それぞれの時期別の推移の傾向には年次間差があったが、含水率は‘美玖里’が他の品種と比較して低く、個別の樹の調査結果とほぼ一致した。堀本らは、‘筑波’において樹齢が若いほど枝水分が多く、耐凍性が弱いこと、また同じ3年生樹でも1～3月に枝水分や導管水が増加した樹は、後に重症の凍害が発生したと報告している⁴⁾。さらに、沢野ら¹⁴⁾はヨーロッパグリの1年生枝の含水率が‘銀寄’に比べて冬季間常に高いことが耐凍性の劣る1要因と述べている。しかし、本研究で調査した範囲では、1年生枝の含水率と芽の耐凍性について品種間で明らかな関係は認められなかった。これは、沢野のクリに対する摘葉処理の影響¹⁶⁾や宮本らのモモについての報告^{7, 8)}で示されているように、含水率だけでなく糖含量などが耐凍性に影響していることが考えられ、この面からの検討も望まれる。

なお、本研究において、凍害発生に大きな年次変動があること、また台木の条件は異なるが、冬季の含水率や耐凍性の推移にも年次間で差のある可能性が認められた。これらについては気温や降水量など気象条件^{6, 12, 17)}が影響していると考えられる。しかし、気象条件は凍害発生と直接的に関わることであり、今後、詳細に検討する必要がある。

以上のように、現在の主要な品種間では、凍害は‘筑波’で多く、逆に‘丹沢’や‘ぼろたん’で少ないこと、芽の耐凍性は‘銀寄’が劣ること、品種間では芽の耐凍性と1年生枝の含水率、また凍害発生と関係は認められないことが明らかになった。これらのことから、凍害発生のリスクが高い‘筑波’、芽の耐凍性が劣る‘銀寄’

の植栽にあたっては、水田転換園や傾斜度の小さい造成地では凍害発生のリスクが高い⁹⁾ことも考慮して園地を選定するとともに、この場合には凍霜害対策³⁾を行う必要である。

引用文献

- (1) 青木秋広 (1984) : 凍害対策 : 農業技術体系果樹編5, クリ (農文協) 基52-57
- (2) 檜山博也・星野正和・土井 憲 (1970) : クリの凍害防止対策 : 農及園45 (11), 1663-1668
- (3) 兵庫県・兵庫県果樹研究会 (2007) : 果樹栽培指針 (兵庫県) 142
- (4) 堀本宗清・荒木 斉 (1999) : クリの冬・春季の枝水分及び木部圧の経時的変化と凍害の関係 : 農業気象55 (1), 25-32
- (5) 黒田治之 (1988) : 寒冷地果樹の寒害 : 北海道農試研究資料37, 31-40
- (6) 益田信篤 (1984) : 凍霜害の要因と対策 : 農業技術体系果樹編5 クリ (農文協), 13-17
- (7) 宮本善秋・福井博一・若井万里子・成瀬桃江・梅丸宗男・若原浩司 (2004) : 樹齢の異なるモモ樹の水分及び炭水化物含量の季節的变化 : 岐阜中山間農研研報4, 27-31
- (8) 宮本善秋・福井博一・成瀬桃江・杉山もも子 (2004) : モモ幼木への秋季摘葉処理による樹体内糖含量の低下と凍害の人為的誘発 : 岐阜中山間農研研報4, 32-36
- (9) 水田泰徳・織邊 太 (2015) : 兵庫県におけるクリ園の立地条件と凍害発生の関係 : 兵庫農技総セ研報 (農業) 63, 20-24
- (10) 中原照男 (1978) : クリ樹の凍害発生に関する実態調査 : 兵庫林試研報 (21), 100-126
- (11) 西山保直・宮下揆一・村上準市・中島二三一 (1972) : 果樹の種類および品種と耐凍性、並びに耐凍性に関与する諸要因について : 北海道農試集報100, 20-28
- (12) 西山保直 (1974) : リンゴの凍害 : 園芸学会シンポジウム要旨 (園芸学会) 1-8
- (13) Sakamoto, D., H. Inoue and S. Kusaba (2015) : Effect of soil moisture conditions during the period from late autumn to early spring on the freezing tolerance of the Japanese chest nut (*Castanea crenate* Sieb. et Zucc.) : Bull. Naro. Inst. Fruit. Tree Sci. 20, 21-28
- (14) 沢野 稔・一井隆夫 (1957) : 栗樹の耐寒性に関する

- る研究 I 冬季における含水量，呼吸量及び浸透圧の変化：兵庫農大研報 3（1），30-32
- (15) 沢野 稔（1968）：クリ樹の耐凍性に関する研究Ⅳ 品種間の耐凍性の差：神大農研報 8（2），89-94
- (16) 沢野 稔（1971）：クリ樹の耐凍性に関する研究Ⅵ 摘葉が枝条の耐凍性に及ぼす影響：神大農研報 9（1，2），15-19
- (17) 沢野 稔（1971）：クリ樹の耐凍性に関する研究Ⅶ 耐凍性の減少と温度との関係：神大農研報10，45-49
- (18) 沢野 稔（1974）：クリの凍害：園芸学会シンポジウム要旨（園芸学会）17-28
- (19) 柴 寿（1974）：ブドウのねむり病：園芸学会シンポジウム要旨（園芸学会）8-17
- (20) 安延義弘（1970）：クリ樹の凍害に関する研究（第4報）栽培条件がクリ樹の耐凍性におよぼす影響：神奈川園農研報18，75-81