

第3章 ニホンナシ‘幸水’の花器および幼果の低温耐性

3-1 緒言

ニホンナシを含む果樹は、花蕾期や開花期、そして幼果期において低温に対して感受性が強く、特に被害を受けやすい(小林、1985)。したがって降霜時における傷害発生の有無は、果樹の生長周期と深い関係があるといえる。開花期前後の低温は、雌ずいや胚珠を枯死に至らしめ、ひいては花そう全体が枯死する(猪俣ら、1993; 猪崎、1985)。また幼果において被害が著しいと、表皮に亀裂や染みやできてしまう(猪崎、1985)。またニホンナシの花器の構成器官や、花のステージによって霜に対する感受性が異なっていると考えられている(小沢・本田、1995)。

前章においてハードニングにおいて獲得した低温耐性は、気温の増大とともに速やかに失われることが確認できた。また、デハードニングが進むにつれて低下する花芽中の溶質、特に糖含量がその要因である可能性が示された。

受粉・受精が行われる開花期やその後の果実肥大初期は、果実生産にとり非常に重要な時期であり、複雑な構造を持つ花器と、それを構成するそれぞれの花器官における低温耐性の機構は、数々の報告があるが未だに十分な情報が得られていないの現状である。そこで、この章ではニホンナシの開花期の花器について、低温による傷害の機構を明らかにすることを目的とした。

3-2 材料および方法

供試植物は、筑波大学農林技術センター内で栽培されているニホンナシ品種‘幸水’の花器と幼果を用いた。1999年4月18日(花蕾期)、4月21日(満開期)、4月30日(幼果期)の3回にわたって、花器または幼果を採取し、実験材料とした。凍結試験は採取した花器や幼果をアルミホイルで包み、アルコールバスに設置した広口の試験管の中に入れた。その後5°C、0°Cでそれぞれ30分ずつ予冷した後、5°C/hの冷却速度で-5°Cまで冷却した。-5°Cで1時間保持したものをそれぞれ水中で1時間、ゆっくりと融解し、その後5°Cで1週間おいた後の電解質漏出量と傷害(褐変)の程度を測定し、低温耐性を評価した。電解質漏出率の測定は、前章に示したものに準じて同様に行った。褐変の程度は0から3までの4段階(0-褐変部無し、1-胚珠、雌ずい、雄ずいが褐変、2-花托、花柄まで褐変、3-全体が褐変)で評価した。測定は花そうから3~4番花を選び、6花ずつ評価した。

また、2000年4月19日(開花初期)には、2本の成木から結果枝ごと花器を採取し、凍結試験を行った。採取した結果枝は3花そうずつになるよう分断し、乾燥を防ぐため切り口にシリコンオイルを塗布し、氷とともにポリエチレンの袋に入れた。その後アルコールバスに設置した広口の試験管の中に入れた。5°C、0°Cでそれぞれ30分ずつ予冷し、2°C/hの冷却速度で-3、-5、-7°Cまで冷却した。設定温度に達した時点で取り出し、前述と同様の処理をした後、花器を花卉、雄ずい、雌ずい、花托(がく片、胚珠を含む)、花柄に分解し(第16図)、電解質漏出率と褐変の程度を測定し、低

温耐性の評価とした。採取した花そうはそれぞれ3グループに分けて、花そうから3～4番花を選び、電解質漏出率は各グループについて6花、褐変の程度は20花ずつ測定を行い、それを3反復行った。

さらに花卉、雄ずい、雌ずい、がく片、花托(胚珠を含む)、花柄の糖含量を測定した。方法は前章に示した方法と同様である。採取した花器はそれぞれ3グループに分けて、各グループについて8サンプルずつ測定を行い、それを3反復行った。

3-3 結果および考察

凍結試験後の花器および幼果の様子を第17図に示した。まず花托の表皮の下に空洞ができる浮き皮と呼ばれる現象がおり、胚珠や雌ずいに傷害褐変がみられ、温度が低下するにつれて他の部分においても傷害が観察できた。しかし、なかには花器は傷害が見られず、花柄の途中で折れるように傷害を受けたものも散見された。以上のように、花托・子房部で低温障害の特徴である組織の褐変が、花柄・果梗部よりも先に発生しているのが確認できた。褐変の程度の強さと電解質漏出率を第18図に示した。花蕾期から満開期にかけて花のステージが進むにつれて、低温(-5°C)による被害の程度が大きくなった。褐変の程度と電解質漏出率との間には、ほぼ同様の傾向がみられ、強い正の相関が見られた($R=0.92^{***}$) (第19図)。1999年の実験では、花器および幼果全体の電解質漏出率から低温耐性を評価したため、花器および幼果内の花柱や葯、胚珠、子房、花柄などの器官間の低温耐性の差や、花器の中での傷害

を受ける温度を知ることはできなかった。そのため2000年には花器の各構成器官ごとの低温耐性の評価を詳細に行った。電解質漏出率は、まず花托および花柄において増大する傾向が確認でき、その後雌ずいにおいても -5°C から増大した(第20図)。花の各構成器官においても、電解質漏出率と褐変の程度から判定した被害度の間には、花托($r=0.83^{***}$)、花卉($r = 0.75^{**}$)、花柄($r = 0.72^{**}$)、雌ずい($r = 0.71^{*}$)で強い正の相関があったが、雄ずい($r = -0.19$)では相関関係は認められなかった(第19図)。

低温耐性にはクロロフィル蛍光(F_v/F_m)や生体染色法、トリフェニル・テトラゾリウムクロライド (triphenyltetrazolium chloride) 還元法も応用され、電解質漏出率による判定法よりも傷害の被害度を正しく示すとする説もある(Boorseら、1998)。しかし、今回の試験においてニホンナシ ‘幸水’ 花の電解質漏出率と褐変の程度から判定した被害度の間には、強い正の相関が見られた($R=0.92^{***}$)ため、本法による判定も、ニホンナシ ‘幸水’ 花では十分適用できると判定した。

花器の各構成器官の回帰直線がそれぞれ異なるので、ニホンナシ ‘幸水’ 花の構成器官の間に低温耐性の違いがあることが考えられ、電解質漏出率の値の大小だけでは、異なる器官間の被害の程度を判定することはできないと考えられた。よって、電解質漏出率による判定法は、同じ器官同士における低温耐性の判定でのみ有効であろう。

褐変の程度で低温耐性を判定した場合、零度に近い比較的高い低温(-3°C)では花

托、胚珠、雌ずいで傷害の程度が大きかったが、より低温では胚珠、雌ずいの傷害が花托に比べ、大きかった(第21図)。花柄は花托に比べ、より低い温度で傷害が現れた。以上の結果からニホンナシ‘幸水’花器のなかでも胚珠や雌ずいが低温耐性が低く、花柄、雄ずいは比較的高いことが分かった。花托は傷害の現象が現れるのは早いものの、その程度は軽微であり、致命的な傷害は受けにくかった。

糖含量

花器の構成器官別にみると、低温試験によって傷害を受けやすかった雌ずい、花托(胚珠を含む)において、ソルビトール、グルコース含量が他の部位に比べ低く、全糖含量も低い値であった(第22図)。糖質中、グルコースがもっとも凍害防御効果が高く、ソルビトール、ラフィノースも高い効果を示す(酒井、1982)ので、今回の実験の結果は低温耐性の部位間の差異を解釈する上で有用な試料である。一方、ソルビトールはプロリン同様、細胞内で浸透圧を調節する働きのある適合溶質(中村・高倍、1999)、すなわち植物が浸透圧ストレスに応答して、細胞内に蓄積する低分子有機化合物で、塩のように細胞内の酵素活性を阻害しないとされている。適合溶質の集積は細胞液の凍結温度を低下させるので、ニホンナシの花器においてソルビトールおよび全糖含量が多い部位では、過冷却により凍結が回避された可能性が示唆された。また凍結やそれに伴う脱水時にも原形質膜やタンパク質がそれらの溶質により保護された(Sakai・Yoshida、1968; 吉田、1999)かもしれない。

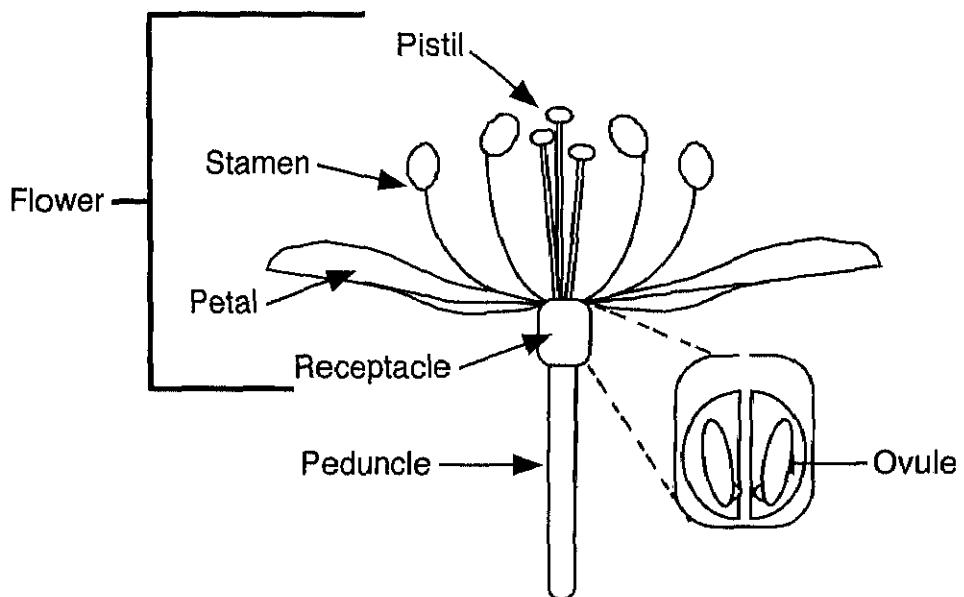


Fig. 16. Diagram of flower component organs; petal, stamen, pistil, receptacle, ovule and peduncle of 'Kousui' Japanese pear.

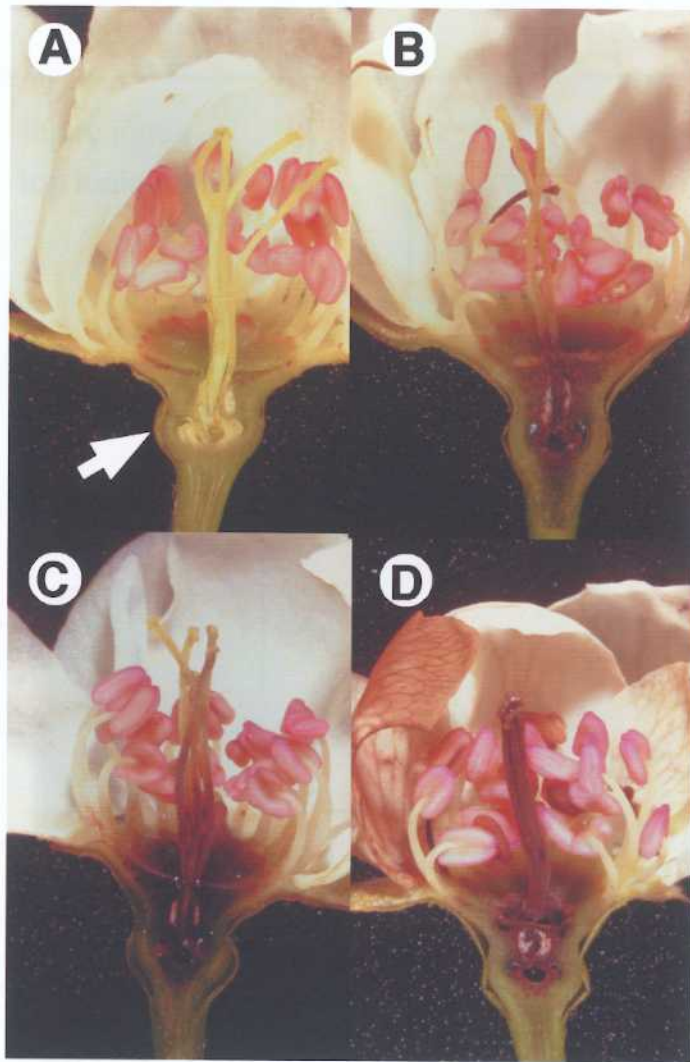


Fig. 17. Occurrence of freezing injury on Japanese pear flower 'Kousui' after freezing test. A=slight, D= severe injured. Arrow shows a cavity under the epidermis in receptacle.

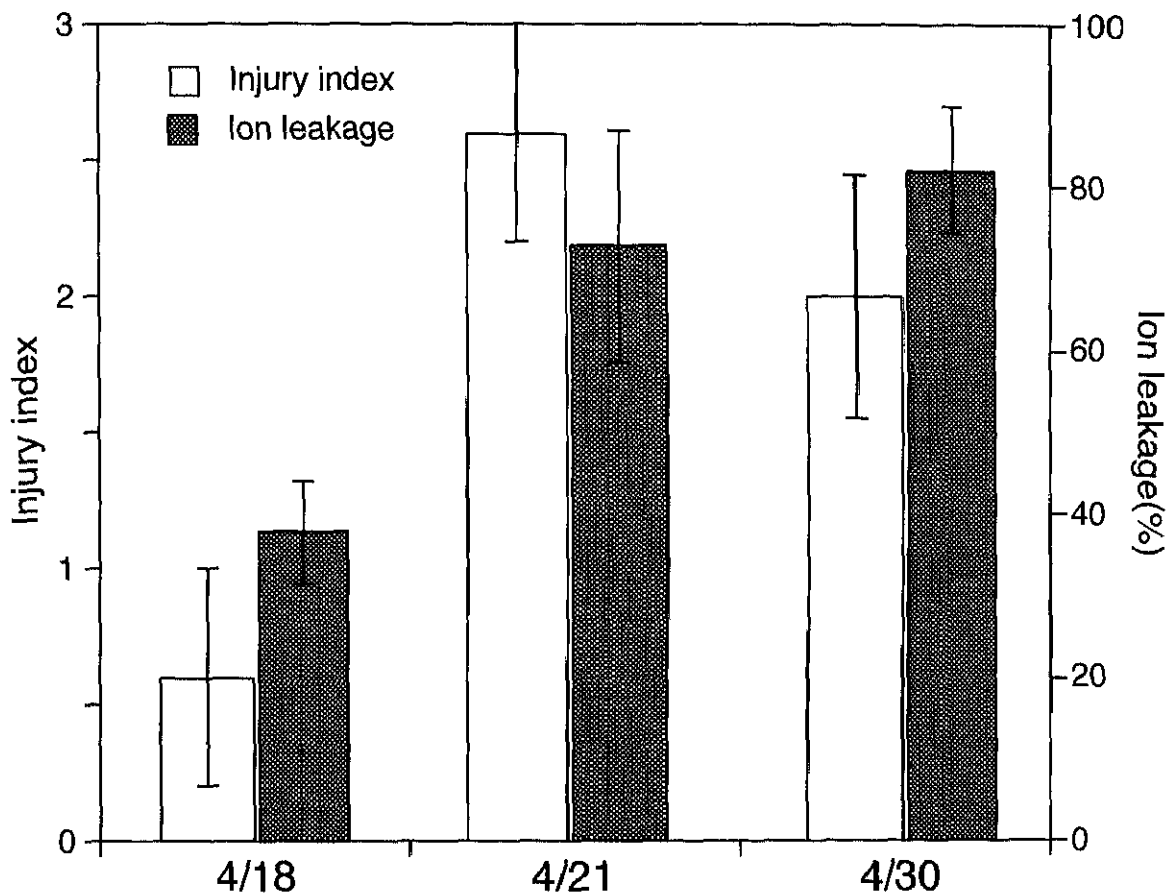


Fig. 18. Time-course changes in injury index and ion leakage (%) of florets of 'Kousui' Japanese pear exposed to -5°C for 1 h in 1999. Freezing injury was rated on a scale of 0 to 3 where 0=no injury, 1=ovule and pistil were damaged, 2= damage spread to receptacle and/or peduncle, 3= flower damaged completely. Vertical bars represent S.E. (n=6)

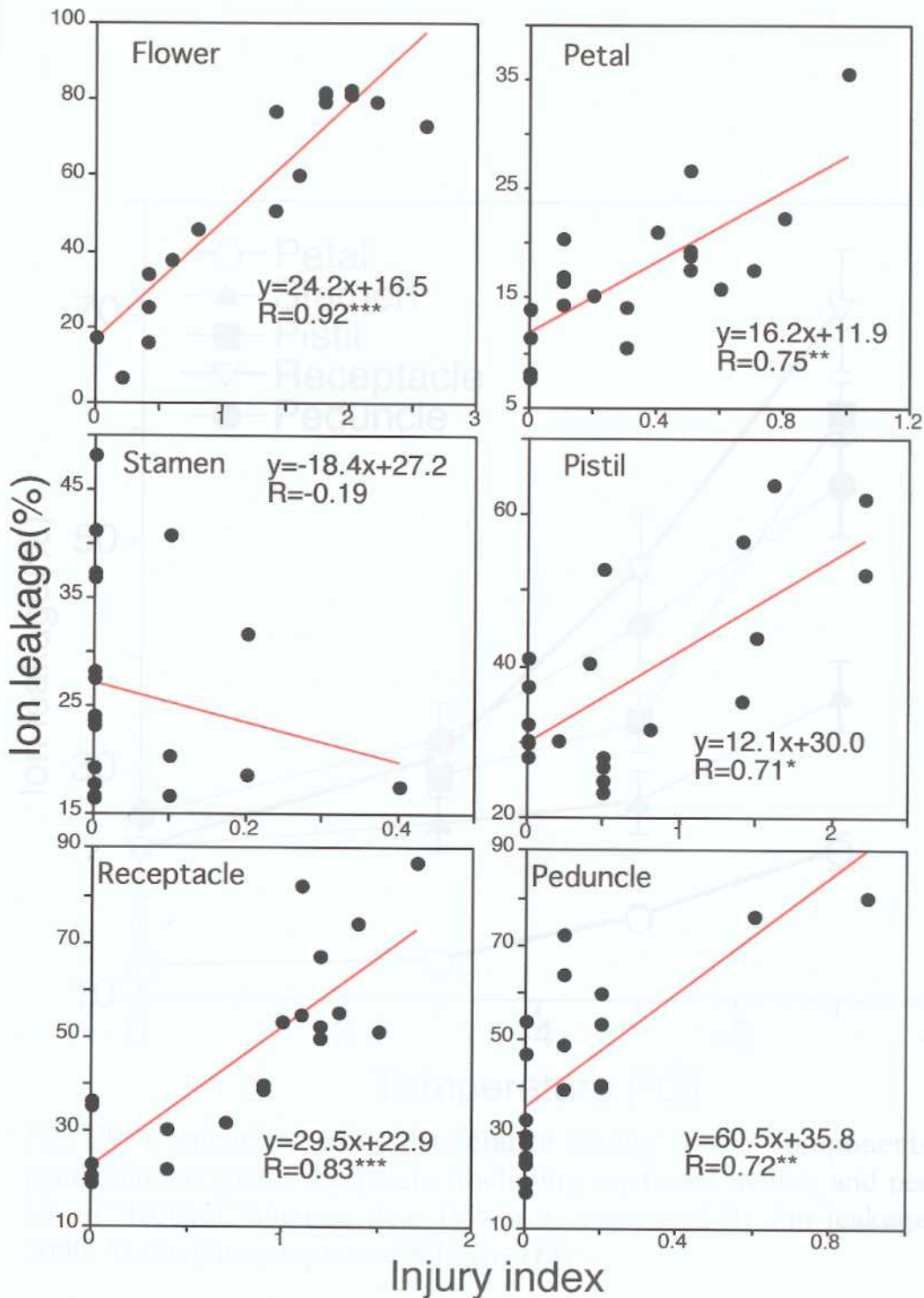


Fig. 19. Statistical regressions of liner equations of injury index and ion leakage(%) in flower and flower components after freezing of 'Kousui' Japanese pear. *, **, ***. Significant at $P < 0.05$, 0.01, 0.001 by Spearman's rank correlation.

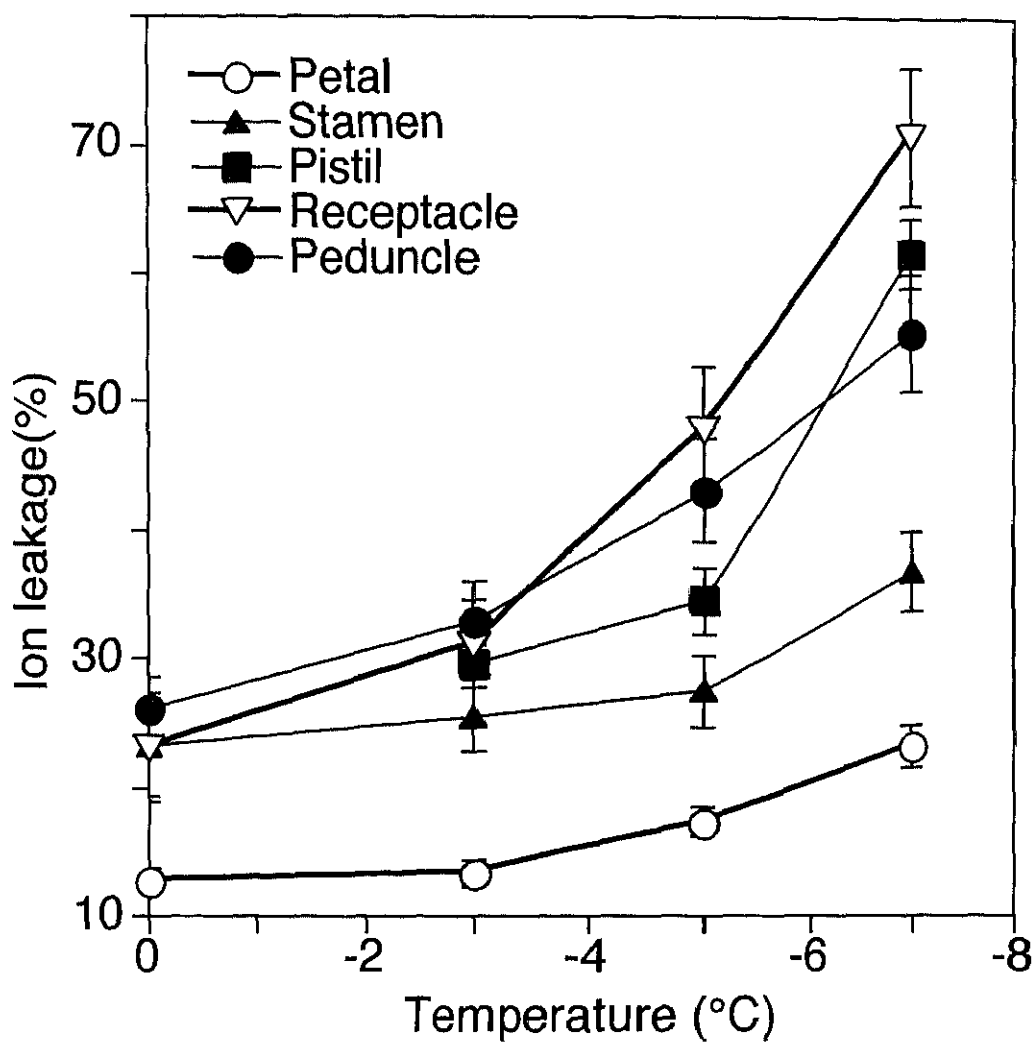


Fig. 20. Comparison of cold tolerance among flower components in; petal, stamen, pistil, receptacle (including sepal and ovule), and peduncle of 'Kousui' Japanese pear flower as expressed by ion leakage in 2000. Vertical bars represent S.E. (n=18)

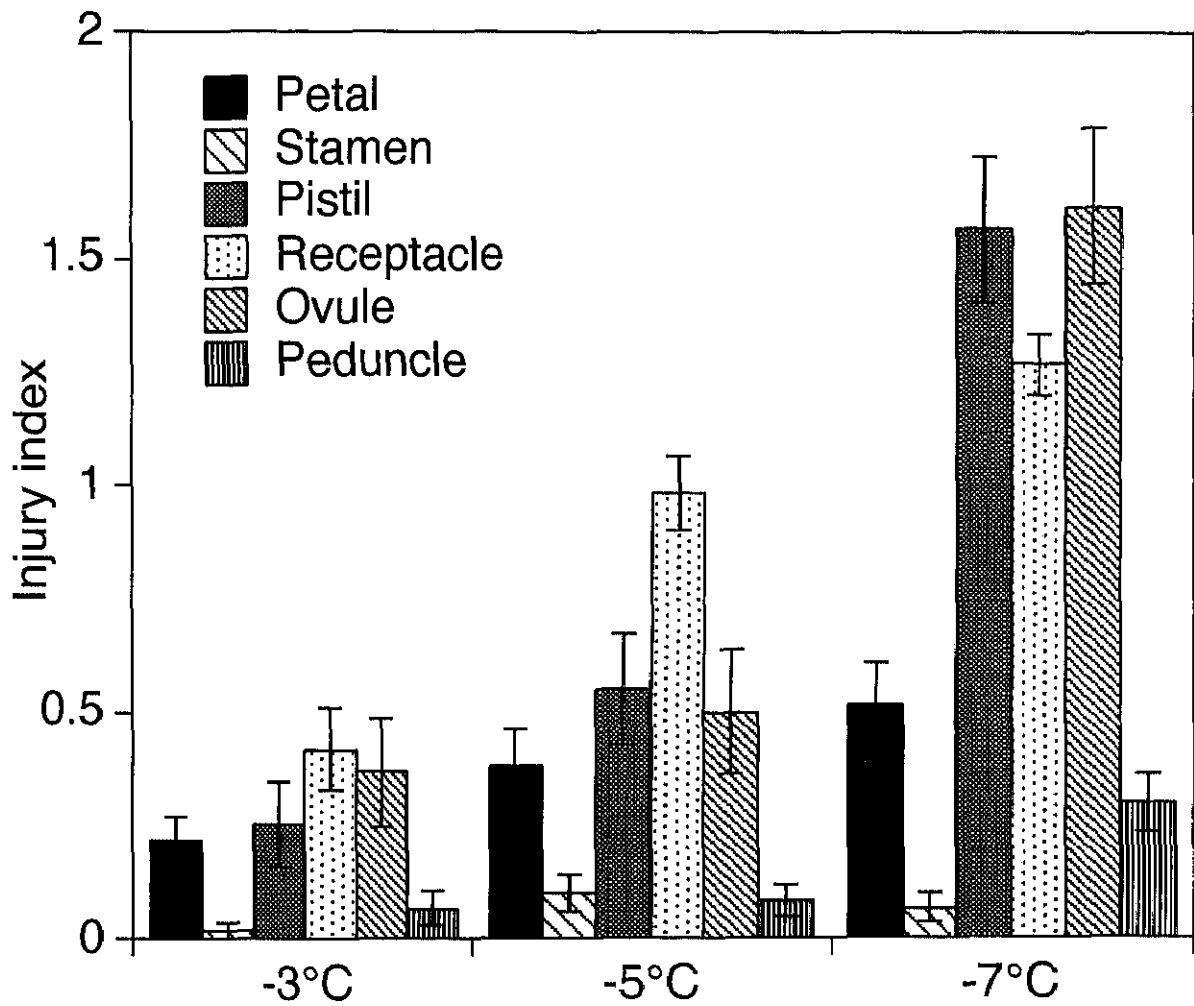


Fig. 21. Comparison of cold tolerance among flower components in; petal, stamen, pistil, receptacle, and peduncle of 'Kousui' Japanese pear flower at the balloon stage in 2000. Low temperature injury was rated on a scale of 0 to 3 where 0=no injury, 1=water soaked and slight browning, 2= moderate browning, 3=the organ was completely damaged. Vertical bars represent S.E. (n=60)

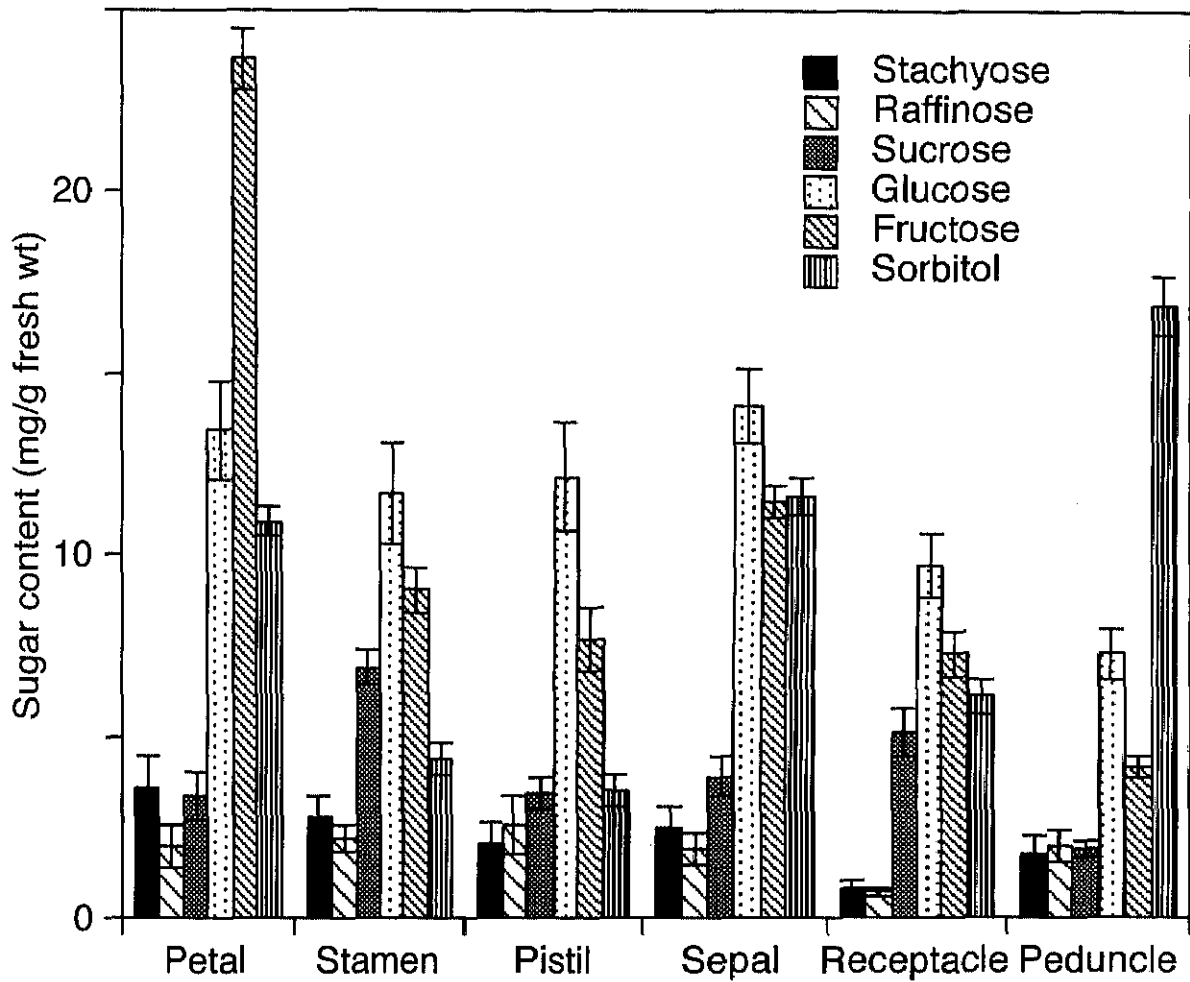


Fig. 22. Comparison of sugar contents among flower components in; petal, stamen, pistil, receptacle, and peduncle of 'Kousui' Japanese pear flower in 2001. Vertical bars represent S.E. (n=24)