

開花期直後のひょう害がニホンナシ ‘幸水’ の樹体生育、 果実品質およびえき花芽着生に及ぼす影響

牛島孝策・林公彦・千々和浩幸・松本忠之¹⁾

(園芸研究所)

開花期直後のひょう害がニホンナシ ‘幸水’ の樹体生育、果実品質およびえき花芽の着生に及ぼす影響を明らかにした。ひょう害樹では、葉面積の一部が欠損した被害程度中以上の葉の比率が73%、果実に軽い陥没または黒点のある被害程度中～軽の果実の比率が71%であった。ひょう害は、結果枝からの新梢の発生数、長さに影響を及ぼし抑制的に作用し、葉面積指数が低く推移し果実肥大が劣ることが明らかとなった。また、予備枝の定芽から発生した新梢のえき花芽着生率は、ひょう害樹で有意に高くなった。

[キーワード: ニホンナシ, ひょう害, 樹体生育, 果実品質]

Influence of Hail Damage on Japanese Pear Trees, ‘KOUSUI’ in Blooming in Terms of Growth of Tree, Fruit Quality and Flower-bud Formation.

USHIJIMA Kosaku, Kimihiro HAYASHI, Hiroyuki CHUJWA and Tadayuki MATUMOTO (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 19: 72-75 (2000)

The influence of hail damage on Japanese pear trees, ‘KOUSUI’ in blooming in terms of growth of fruit, the tree and flower-bud formation was examined. Trees damaged by hail had fewer shoots, were shorter in length and ended elongation sooner than undamaged trees. Also, the damaged trees had lower LAI, inferior fruit size and a significantly longer number of flower buds per branch compared to undamaged trees.

[Key word: fruit, growth of tree, hail damage, Japanese pear]

緒 言

1998年4月18日午前8時20分から10数分間、嘉穂郡嘉穂町馬見、尾谷地区で直径10mm程度のひょうが降りニホンナシ、リンゴ等の果樹が被害を受けた。福岡県では、1982、1992、1996年の5月、1997年10月、1998、1999年の4月に降ひょうがありカキ、ニホンナシ等の果樹類に被害が発生している^{2,5,8,13)}。

ひょう害にはひょう粒の打撃による植物体の破壊や損傷といった直接的被害に加えて、収穫物の小型化、不稔などの二次的被害があるとされ⁹⁾、ニホンナシに関しては、関東地域を中心に多くの報告^{1,8,10,14,16)}がある。これらの報告の多くは、開花後30日以上経過した幼果期のひょう害を対象としており、果実が幼果期に受けた傷害の程度別に追跡調査を行い、収穫時の果実の傷害痕が商品性に及ぼす影響について調査したもの¹⁸⁾や、葉や果実がほとんど欠落した激甚被害園において、次年度以降の生育や花芽の着生に及ぼす影響や樹勢回復対策に関するもの^{10,14)}である。今回のような開花期直後のひょう害については報告が少なく¹⁶⁾、二次的被害を主とした樹体や果実生育に及ぼす影響についての報告はみられない。

そこで、開花期直後のひょう害の実態を新梢、葉、果実について調査し、新梢の発生数、長さおよび停止期や果実肥大等の二次的被害に及ぼす影響を明らかにしたので報告する。

材料および方法

降ひょうのあった嘉穂町馬見地区のニホンナシ園の中からひょう害を受けた園と、無被害の園を選定し、それぞれの園から樹齢17年生の‘幸水’を各3樹供試した。満開日は4月10日で、熟期促進のためのジベレリンペースト(協和発酵工業)の果梗塗布は5月14日に行った。摘果は、4月28日～5月1日に粗摘果を行い1果そう1果とし、ジベレリンペーストの果梗塗布時の5月14日に仕上げ摘果を行なった。樹冠面積当たりの着果数は、樹冠面積を佐賀県果樹試験場考案の測定法³⁾で算出し、樹冠面積1㎡当たり11果程度とした。

1 葉と果実の損傷程度

4月28日に、基部径が12mm程度で長さ75～95cmのえき花芽利用の結果枝を1樹当たり10本供試し、1結果枝当たり3つの果そうの葉と果実について、ひょう粒による損傷を程度別に分けて調査した。損傷程度は、葉では甚(葉面積の10%以上が欠損)、中(葉面積の10%未満の欠損)、軽(裂傷のみ)、無(裂傷のない健全葉)の4段階とした。果実では、吉田¹⁶⁾の分類に準じて甚(陥没が果托の組織の深部にまで達し組織の壊死した黒変部分が大)、中(損傷部分が軽く陥没しており組織が壊死して黒変)、軽(表皮に軽い黒点があるが陥没はない)、無(傷害のない健全果)の4段階とした。

葉と果実の被害度は、カンキツの調査方法¹²⁾に準じ、次式にて算出した。

$$\text{被害度} = \frac{(6 \times \text{甚} + 4 \times \text{中} + 2 \times \text{軽} + 0 \times \text{無})}{6 \times \text{全調査数}} \times 100$$

1) 飯塚地域農業改良普及センター

2 果そう葉と新梢の形質および葉面積指数

果そう葉と新梢の形質の調査対象は, 1で供試した結果枝とした。供試葉は, 1結果枝当たり2果そう選出し, 果そう基部から3枚目のものとした。なお, ひょう害樹では, 無被害の葉を供試した。葉色は, 葉色計(ミノルタ SPAD502)で5月1日, 14日, 6月11日, 7月21日に測定した。葉面積は, 葉長, 葉幅を5月1日, 14日に測定し, 以下に述べる回帰式により算出した。5月14日に葉を無作為に20枚採取し葉長, 葉幅を測定後, 葉面積を携帯型葉面積計(LI-COR LI3000A)で測定し, 葉長と葉幅から葉面積を推定する次の重回帰式を作成した。

$$Y = 3.276X_1 + 7.354X_2 - 36.443 \quad (r = 0.978)$$

$$Y: \text{葉面積} \quad X_1: \text{葉長} \quad X_2: \text{葉幅}$$

新梢の形質は, 結果枝先端の新梢の長さ, 葉数を5月14日, 6月11日, 7月14日に調査した。二次伸長した新梢は, 二次伸長部分の長さ, 葉数を同様に調査した。また, 1で供試した結果枝上の新梢の伸長停止率と二次伸長枝率, 1結果枝当たりの新梢発生数を6月11日に, 止葉数を7月14日に調査した。

葉面積指数は, 林ら⁴⁾の方法に準じて群落構造解析装置(LI-COR LAI2000)を用いて5月14日, 6月11日, 7月16日に調査した。また, 7月16日の葉面積指数を7月28日の樹冠面積1㎡当たりの着果数で除して, 1果実当たりの葉面積を算出した。

3 果実の肥大と品質

1で供試した結果枝に着果した果実を1結果枝当たり1果, 1樹当たり10果を供試し, 果実肥大の経時的推移と収穫時の果実品質を調査した。果実肥大は, 果実の横径と縦径を5月1日から7月28日の収穫時まで8~17日間隔で8回調査した。測定した果実の横径と縦径から, 新居¹¹⁾, 杉浦¹⁵⁾の方法に準じて, 果実を楕円体と仮定して, 次式により果実体積を推定し, 1日当たりの体積増加量を時期別に算出した。

$$V = \pi \times h \times r^2 / 6$$

$$V: \text{果実体積} \quad h: \text{縦径} \quad r: \text{横径} / 2$$

肥大調査に供試した果実を7月28日に採取して, 果径, 硬度, 糖度, 果実重, 果皮色および種子色を測定した。硬度はマグネステラー硬度計(10lbs 5/16インチプランジャー), 糖度は屈折糖度計, 果皮色は果実カラーチャート(農林水産省果樹試験場)のニホンナシ地色用とニホンナシ幸水用を使用し, 種子色は, 種皮の着色程度の淡~濃を1~5の5段階に分類して調査した。

4 えき花芽の着生率

えき花芽の着生率は, 11月2日に予備枝の定芽から発生した長さ80~90cm, 基部径12mm程度の新梢を1樹当たり10本, 主枝や亜主枝の不定芽から発生した長さ80~90cm, 基部径13mm程度の新梢を1樹当たり5本について調査した。芽の分類は, 芽の最大横径が4mm以上のものを花芽, 4mm未満のものを葉芽とした。

結 果

1 葉と果実の損傷程度

ひょう害樹における葉と果実の損傷程度を第1表に示した。葉の損傷程度は, 甚と中の比率が合計で73%と高く, 被害度は69であった。果実の損傷程度は, 中と軽の比率が合計で71%と高く, 被害度は53であった。

2 果そう葉と新梢の形質および葉面積指数

果そう葉の葉色値と葉面積の推移を第2表に示した。葉色値は, 5月1日時点で33~34, その後上昇し7月21日時点で47~49となり, ひょう害樹と無被害樹との間に有意差はなかった。葉面積は, 5月1日時点で38~39c㎡, 5月14日時点で僅かに増加して39~41c㎡となり, 葉色同様, ひょう害樹と無被害樹との間に有意差はなかった。

結果枝先端の新梢の長さ, 葉数の推移を第3表に示した。新梢の長さは, 5月14日時点でひょう害樹で17.9cm, 無被害樹で26.2cmであったが, 7月14日にはひょう害樹で26.7cm, 無被害樹で43.6cmとなり, ひょう害樹と無被害樹との間に有意差が認められた。新梢の

第1表 ひょう害樹における葉と果実の損傷程度(1998年)

| 部位 | 被害程度 | | | | 被害度 |
|----|------|----|----|----|-----|
| | 甚 | 中 | 軽 | 無 | |
| | % | % | % | % | |
| 葉 | 38 | 35 | 23 | 4 | 69 |
| 果実 | 18 | 34 | 37 | 11 | 53 |

第2表 果そう葉の葉色と葉面積の推移(1998年)

| 樹 | 葉色 ¹⁾ | | | | 葉面積 | |
|------|---------------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|
| | 5.1 | 5.14 | 6.11 | 7.21 | 5.1 | 5.14 |
| | | | | | cm ² | cm ² |
| ひょう害 | 33.3 | 41.4 | 46.3 | 47.4 | 37.9 | 39.3 |
| 無被害 | 34.1 | 42.8 | 48.4 | 49.3 | 38.6 | 40.9 |
| | n. s. ²⁾ | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |

1) 葉色計(ミノルタ SPAD502)で測定。

2) t検定により有意差なし。

第3表 結果枝先端の新梢の長さおよび葉数の推移(1998年)

| 樹 | 新 梢 | | | | | | 二 次 伸 長 部 分 ¹⁾ | | | | | |
|------|-----------------|------|------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 長 さ | | | 葉 数 | | | 長 さ | | | 葉 数 | | |
| | 5.14 | 6.11 | 7.14 | 5.14 | 6.11 | 7.14 | 5.14 | 6.11 | 7.14 | 5.14 | 6.11 | 7.14 |
| | cm | cm | cm | 枚 | 枚 | 枚 | cm | cm | cm | 枚 | 枚 | 枚 |
| ひょう害 | 17.9 | 25.9 | 26.7 | 11.9 | 13.6 | 14.0 | 7.2 | 15.4 | 15.7 | 2.5 | 5.5 | 5.6 |
| 無被害 | 26.2 | 41.3 | 43.6 | 13.2 | 16.2 | 17.1 | 3.0 | 11.3 | 16.9 | 1.5 | 3.4 | 5.1 |
| | * ²⁾ | * | * | n. s. | n. s. | n. s. | * | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |

1) 新梢の長さ, 葉数の内数。

2) t検定により, *は5%水準で有意差あり。n.sは有意差なし。

伸長に伴って葉数も増加し、7月14日にひょう害樹で14.0葉、無被害樹で17.1葉となった。二次伸長部分は、5月14日時点でひょう害樹で7.2cm、無被害樹で3.0cmとひょう害樹が有意に長かったが、その後伸長し、7月14日時点でひょう害樹で15.7cm、無被害樹で16.9cmとなった。葉数も伸長に伴って増加した。

結果枝先端の新梢の伸長停止率、止葉数、二次伸長枝率および1結果枝当たりの新梢発生数を第4表に示した。6月11日における新梢伸長停止率は、ひょう害樹で86.7%、無被害樹で43.3%とひょう害樹で有意に高かったが、止葉数、二次伸長枝率には有意差はなかった。1結果枝当たりの新梢発生数は、ひょう害樹で1.5本、無被害樹で2.7本でひょう害樹で有意に少なかった。

葉面積指数の推移と1果実当たりの葉面積を第5表に示した。葉面積指数は5月14日時点でひょう害樹で0.9、無被害樹で1.4であったが、その後上昇し7月16日にひょう害樹で1.5、無被害樹で2.5となり、ひょう害樹で有意に低く推移した。仕上げ摘果後の1果実当たりの葉面積は、ひょう害樹で0.14 m²/果、無被害樹で0.24 m²/果となりひょう害樹で有意に小さかった。

3 果実の肥大と品質

果実体積の1日当たり増加量は、調査期間である5月1日~7月28日までひょう害樹で有意に少なく推移した(第1図)。

果径と果実重はひょう害樹で有意に小さかったが、果径指数、硬度、糖度、果皮色、果皮地色および種子色には園地間に有意な差は認められなかった(第6表)。

4 えき花芽の着生率

えき花芽の着生率を第7表に示した。予備枝の定芽か

第4表 新梢の伸長停止率、止葉数、二次伸長枝率及び1結果枝当たりの新梢発生数(1998年)

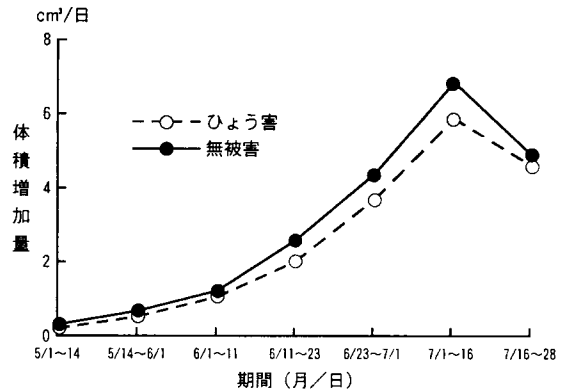
| 樹 | 新梢 ¹⁾ | | 1結果枝当たりの | |
|------|---------------------|------|----------|-------|
| | 伸長停止率 ²⁾ | 止葉数 | 二次伸長枝率 | 新梢発生数 |
| | % | 枚 | % | 本 |
| ひょう害 | 86.7 | 2.6 | 66.7 | 1.5 |
| 無被害 | 43.3 | 2.5 | 50.0 | 2.7 |
| | * * ³⁾ | n.s. | n.s. | * |

- 1) 新梢30本を調査。
- 2) 6月11日調査。
- 3) 伸長停止率と二次伸長枝率はX²検定により、止葉数と新梢発生数はt検定により、*、**は、それぞれ5%、1%水準で有意差あり。n.s.は有意差なし。

第5表 葉面積指数の推移と1果実当たりの葉面積(1998年)

| 樹 | 葉面積指数 ¹⁾ | | | 1果実当たりの葉面積 ²⁾ |
|------|---------------------|------|------|--------------------------|
| | 5.14 | 6.11 | 7.16 | |
| | | | | m ² /果 |
| ひょう害 | 0.9 | 1.4 | 1.5 | 0.14 |
| 無被害 | 1.4 | 2.4 | 2.5 | 0.24 |
| | * ³⁾ | ** | ** | * |

- 1) 群落構造解析装置(LI-COR LAI2000)で測定。
- 2) 7月16日の葉面積指数を7月28日の着果量で除して推定した。
- 3) t検定により、*、**は、それぞれ5%、1%水準で有意差あり。



第1図 果実体積の1日当たり増加量の推移(1998年)

1) 二元配置の分散分析により5%レベルで有意差あり。

第6表 果実品質(1998年)

| 樹 | 果実 | | 果径 指数 ¹⁾ | 果実 重 | 硬度 | 糖度 | 着色 | | 種子 色 |
|------|------|------|------------------------|---------|------|------|------|------|---------|
| | 横径 | 縦径 | | | | | 果皮 | 地色 | |
| | mm | mm | | g | lbs | % | | | |
| ひょう害 | 78.9 | 63.7 | 1.24 | 246 | 5.3 | 12.5 | 2.4 | 2.1 | 2.1 |
| 無被害 | 84.5 | 68.0 | 1.24 | 299 | 5.0 | 11.9 | 2.0 | 1.9 | 2.1 |
| | * | * | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

- 1) 果径指数は横径/縦径。
- 2) t検定により、*は、5%水準で有意差あり。n.s.は有意差なし。

ら発生した新梢のえき花芽着生率は、ひょう害樹で37%、無被害樹で29%とひょう害樹で有意に高かった。主枝、亜主枝の不定芽から発生した新梢では、ひょう害樹が25.4%、無被害樹が17.8%とひょう害樹で高かったが有意差は認められなかった。

第7表 予備枝の定芽と主枝、亜主枝の不定芽から発生した新梢のえき花芽着生率(1998年)

| 新梢の由来 | 園 | 花芽数 | 葉芽数 | 花芽率 |
|--------------------------|------|-----|------|------|
| | | | | |
| 予備枝の定芽 ¹⁾ | ひょう害 | 7.6 | 12.8 | 37.0 |
| | 無被害 | 5.7 | 14.7 | 28.8 |
| | | | | * |
| 主枝、亜主枝の不定芽 ²⁾ | ひょう害 | 5.5 | 15.6 | 25.4 |
| | 無被害 | 3.6 | 16.4 | 17.8 |
| | | | | n.s. |

- 1) 予備枝より発生した新梢。
- 2) 主枝、亜主枝の不定芽より発生した新梢。
- 3) t検定により、*は5%水準で有意差あり。n.s.は有意差なし。

考 察

今回調査したニホンナシのひょう害樹は、欠損部分のある葉が70%を超えていたが、葉や果実がほとんど欠落してしまうような激甚被害ではなく、村岡ら¹⁰⁾や関本ら¹⁴⁾の報告の類別に従うと「中」程度の被害樹に類別できる。また、ひょう害の時期が満開後8日目で、この時期のニホンナシ樹体の生育は、貯蔵養分に依存している

ことから、果そう葉の葉色や葉面積に、ひょう害樹と無被害樹とで差がみられなかったものと考えられる。

しかし、ひょう害樹は、無被害樹と比較して結果枝からの新梢の発生数が少なく、長さが短く、伸長停止期が早まり、葉面積指数が低く推移した。調査対象としたえき花芽利用の結果枝からの新梢発生数が減少したのは、ひょう害の時期が葉芽の発芽から展葉期に当たり、展葉直前の最も欠けやすい時期の葉芽の一部がひょう粒の直撃により欠落したためと考えらる。

通常の新梢の生育は、開花、結実、展葉により貯蔵養分は消費され、展葉数の増加に伴って徐々に同化産物が増加して養分転換期を迎える⁹⁾。しかし、ひょう害樹では、ひょう粒の直撃で既に展葉していた新梢葉が損傷し、同化産物量が減少したため、貯蔵養分から同化養分へのスムーズな養分転換が阻害され、新梢の伸長抑制や早期停止を引き起こしたものと考えらる。また、5月14日の新梢の二次伸長部分の長さがひょう害樹で長いのは、ひょう害により一時的に新梢の生育が止まり、その後再伸長したからと考えられた。これらのことから、樹冠内の葉の絶対数が減少して、葉面積指数が低下したものと考えられた。

葉の損傷程度と光合成能力について本條ら⁷⁾は、‘豊水’幼木の葉の主要な葉脈を避けて、人為的な損傷を加えた場合、葉面積の減少が11%程度までは光合成能力の低下は少ないが、葉面積の37%以上を切除した場合の光合成能力の低下は、欠損した葉面積相当以上になったことを報告している。今回のひょう害では、葉面積の10%以上が欠損した葉を被害程度の甚としたため、光合成能力が低下するとされる葉面積の欠損が37%を超える葉がどの程度発生したかは明らかではない。しかし、ひょう害樹では、葉面積指数が有意に低下しており、樹冠面積あたりの同化養分が減少したものと推察される。

ひょう害の果実生育への影響は、果実体積の1日当たり増加量がひょう害樹で有意に少なく、収穫時の果実も小さくなった。これは、養分転換期前後の同化養分の不足による展葉の遅れや新梢伸長の早期停止、葉の欠損による同化養分の減少が果実の初期肥大を抑制したことが大きな要因と考えられる。

ひょう害樹のえき花芽着生率は、新梢の再発芽や伸長停止期の遅れにより減少することが報告^{10,14)}されている。しかし、今回の調査では、予備枝の定芽から発生した新梢でのえき花芽率は、ひょう害樹で有意に高く、主枝、垂主枝の不定芽から発生した新梢でもひょう害樹で高い傾向がみられた。これは、降雹の時期が新梢伸長初期であったため樹勢が衰弱し、新梢伸長停止期が早まり無被害樹より花芽が分化しやすくなった可能性も考えられるが、ひょう害が新梢のえき花芽着生に及ぼす影響については、今後さらに検討する必要がある。

また、今回データは示さなかったが、ひょう害樹で着果負担を軽減するため、着果数を慣行より30%程度減少させ、1果実当たりの葉面積を無被害樹と同程度とした樹では、新梢の生育促進、葉数増加、果実肥大促進効果は認められなかった。このことから、開花直後の降ひ

ょうによる新梢葉の被害は、着果負担を30%程度軽減したことで補えないほど、樹全体の同化養分が減少するものと考えられる。

以上のことから、開花期直後のひょう害によりニホンナシ樹は、新梢の発生数が少なく、長さが短く、伸長停止期が早まり、葉面積指数が低下し、果実肥大が劣ることが明らかとなった。今後は、被害後の樹勢回復のために、窒素成分を主体とした葉面散布等の検討も必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 赤井昭雄・中島光広・賀川実(1980) ナシの降雹害. 徳島果試研報 **9**: 1-6.
- 2) 福岡管区気象台編(1999) 福岡県気象月報平成11年4月: p3.
- 3) 福岡農総試・佐賀果樹試・熊本農研センター(1994) 温暖多雨地域におけるナシ等落葉果樹の高品質安定生産のための好適生育成熟パターンへの誘導技術の確立. ナシ好適生育基準の設定. 九州地域重要新技術研究成果 **21**: p8-34.
- 4) 林公彦・姫野周二・吉永文浩(1994) 群落構造解析装置を用いた棚栽培果樹の葉面積指数の非破壊的測定. 九農研 **56**: 235.
- 5) 林公彦・千々和浩幸・牛島孝策(1998) 開花期の降雹がカキの結実、果実品質および花芽着生に及ぼす影響. 福岡農総試研報 **17**: 119-123.
- 6) 林真二・脇坂津雄(1956) 二十世紀梨の貯蔵養分並びに養分転換期. 農業および園芸. **40**(1): 77-79.
- 7) 本條均・鴨田福也・朝倉利員(1984) 1983年果樹特定課題研究会議資料: 435-436.
- 8) 久留米地域農業改良普及センター(1997) 平成8年ひょう害と技術対策の記録. 農作物被害の実態と対策果樹(ナシ): p55-63.
- 9) 真木太一・鈴木義則・鴨田福也・早川誠而・泊功(1991) 農業気象災害と対策. 東京: 養賢堂, p197-215.
- 10) 村岡邦三・三好恒和・星川三郎・松波達也・佐藤三郎(1986) 果樹のひょう害と事後対策. 群馬農業研究D園芸 **2**: 6-22.
- 11) 新居直祐(1998) 果実の生長と発育. 東京: 朝倉書店, p132.
- 12) 農林水産省果樹試験場興津支場編(1987) カンキツの調査方法. X II病害調査法: p40.
- 13) 農林水産省統計情報部(1998) 農作物災害種類別被害統計. 農林水産省統計報告 **8-36**(生産-9): 27-29.
- 14) 関本美知・長門壽男・一鉾田濟・加藤修(1998) ひょう害ニホンナシ園における樹勢回復の追跡調査. 千葉農試研報 **39**: 27-38.
- 15) 杉浦俊彦(1997) ニホンナシの気象生体反応の解析と生育予測モデルの開発. 京都大学位論文: p84.
- 16) 吉田亮(1990) ナシひょう害果の傷害程度と外観の推移. 因伯の果樹 **44**(7): p49.