

〔短報〕

リンゴ「ハックナイン」における内部褐変発生要因解析

藤倉 潤治*¹ 村松 裕司*²

リンゴ「ハックナイン」の内部褐変障害に関して要因解析を行い対応策を示した。内部褐変の発生は貯蔵期間が長くなるにつれて増加した。内部褐変の発生には、熟度の進行や、蜜入りによる細胞膜強度の低下が関与している。内部褐変の発生を防ぐためには、樹勢の安定化を図るとともに、適期収穫を行うこと、および、収穫後の貯蔵期間を12月中旬までとすることが重要である。

緒 言

1985年に中央農試で育成したリンゴ「ハックナイン」は大果で収量性が高く、ジューシーで甘酸のバランスの良い食味のため本道での栽培が増え、1999年時点では「つがる」(232ha)、「ふじ」(123ha)に次いで112haの栽培面積を有している。ところが、栽培当初はみられなかった収穫後の果実内部褐変障害が徐々に認められるようになり、特に1992、および、1995の両年に多発した。内部褐変は外観上からは判断できない障害であるため出荷段階では選果できず、生産や流通関係者からその対策が求められるようになった。

リンゴの内部褐変障害はデリシャス系でみられる貯蔵障害であり、ソルビトールやカルシウムとの関係が示唆されているが、その明らかな原因はわかっていない。また、貯蔵法では低温やCA貯蔵によって発生が軽減できるが、基本的には果実の素質による影響が大きいと言われている。

そこで本試験では「ハックナイン」の内部褐変障害発生要因を検討するとともに、発生軽減の方策を確立することを目的とした。

試験方法

1. 内部褐変発生調査

中央農試で栽培した「ハックナイン」(台木M26)10樹から1樹当たり50果収穫し、それぞれを無作為に5等分して10樹分を合わせ100果とし1回の調査区とした。調査は11月20日からほぼ15日おきに5回行った。貯蔵庫内温度は4℃、湿度90%である。調査年次は1997～1999年ま

2001年5月8日受理

*¹ 北海道立中央農業試験場(現:北海道立 花・野菜技術センター, 073-0026 滝川市)

E-mail: fujikuj@agri.pref.hokkaido.jp

*² 同上, 069-1395 夕張郡長沼町

である。

2. 内部褐変発生と果実品質および内部成分の関係

1. で得られた果実を供試して果実品質と内部褐変の発生程度との関係を検討した。調査項目は褐変程度(0～3)、1果重、地色(「ふじ」用カラーチャート, 1～8)、果肉硬度、糖度、蜜入り(0～4)である。褐変程度2以上を市場からクレームが発生する果実とした。また、1調査区から25果について果肉の内部成分を調査した。分析項目は全カルシウム含有率(以下カルシウムをCaと略す)、水溶性カリウム含有率、水溶性Ca含有率、ソルビトール含有率である。Ca含有率は果皮、果心についても分析を行い、果実内の分布割合を算出した。1999年には果肉のミトコンドリアCaとり込み活性を調査した。

3. 収穫時期、収穫時の地色の影響

ほぼ10日おきに3回収穫を行い、1.と同条件で貯蔵後、内部褐変発生を調査した。収穫日は1997年が10月15日、27日、11月7日、1998年が10月13日、23日、11月2日、1999年が10月15日、25日、11月5日である。

収穫時の地色の影響を調査するために、1997年10月23日に収穫した果実を地色3、4、5の3段階に分け、1.と同条件で貯蔵を行った。

4. 樹勢の影響

頂端新梢長の異なる樹体から果実を収穫し、1.と同条件で貯蔵を行った。

結 果

1. 内部褐変発生調査

内部褐変は貯蔵期間が長くなるにつれて明らかに発生が多くなった。一方、貯蔵期間が長くなると、果肉硬度および蜜入り指数は低下し、地色指数は高くなった(図1)。年次間で比較すると1997年に発生が多く、1999年には少なかった。指数2以上の内部褐変は11月中には全く発生せず、12月上旬より発生が認められた(表1)。

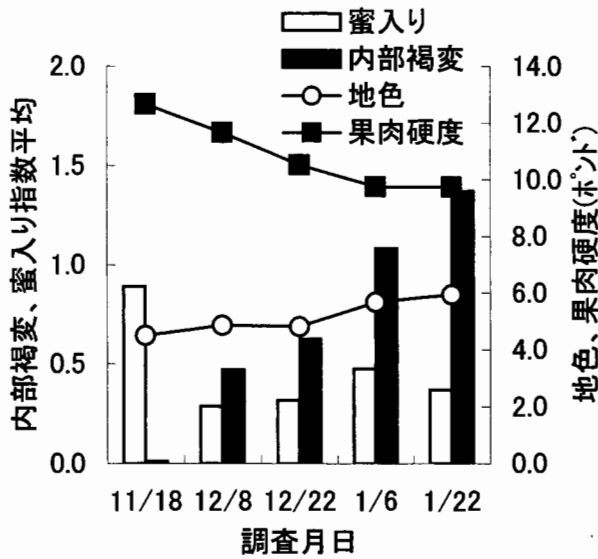


図1 貯蔵中の果実品質の推移 (1997年)

2. 内部褐変発生と果実品質および内部成分の関係

内部褐変と果実品質の間に相関関係が認められた項目は、①蜜入り、②果肉硬度、③地色、④1果重であった。蜜入りや地色との間には貯蔵期間によらず正の相関関係が認められ、果肉硬度は貯蔵期間が長くなるにつれて負の相関関係が認められるようになった(表2)。

内部品質では、果肉の全Ca含有率と内部褐変の間には相関関係が認められず、水溶性Ca、水溶性カリウム含有率、およびソルビトールとの間に相関関係が認められた。果皮および果心においては全Ca含有率との間に負の相関関係が認められた(表3)。果実内のCaの分布割合を検討した結果、果肉における分布割合と内部褐変の間に正の相関関係が認められた(図2)。また、果肉のミトコンドリアCa取り込み活性と内部褐変の間にも正の相関関係が認められた(図3)。

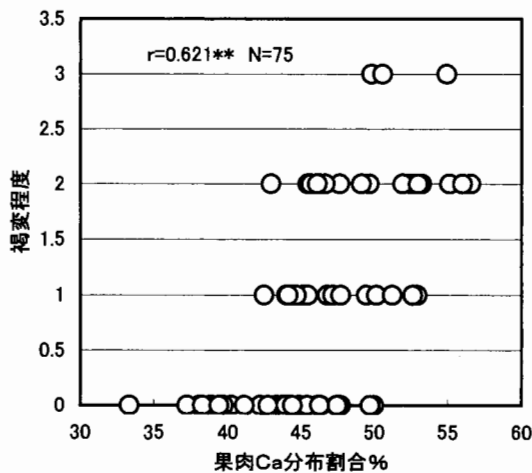


図2 果肉Ca分布割合と内部褐変の関係 1999年 12/20, 1/6, 1/20の試料

表1 内部褐変発生の年次間差

| 年次 | 調査月日 | 内部褐変 | |
|------|-------|------|--------------|
| | | 指数平均 | 指数2以上の発生割合 % |
| 1997 | 11/18 | 0.0 | 0 |
| | 12/8 | 0.5 | 9 |
| | 12/22 | 0.6 | 17 |
| | 1/6 | 1.1 | 37 |
| | 1/22 | 1.4 | 55 |
| 1998 | 11/25 | 0.1 | 0 |
| | 12/10 | 0.4 | 11 |
| | 12/24 | 0.5 | 13 |
| | 1/6 | 0.7 | 23 |
| | 1/22 | 0.8 | 30 |
| 1999 | 11/19 | 0.0 | 0 |
| | 12/3 | 0.1 | 1 |
| | 12/20 | 0.1 | 2 |
| | 1/6 | 0.4 | 12 |
| | 1/20 | 0.3 | 10 |

3. 収穫時期、収穫時の地色の影響

収穫時期が遅くなるにつれて地色、着色の程度、および蜜入りの程度が増加した。また、これら熟度因子の変化に伴い内部褐変の発生は増加した。特に11月上旬に収穫した場合は、いずれの年度においても内部褐変の発生が顕著に多かった(表4)。

収穫時の地色の影響を検討した結果、地色が4以下であれば貯蔵中にクレームの対象となる内部褐変はほとんど発生しなかった。しかし、地色が5の果実は褐変程度2以上のものが12月上旬の時点で発生し、その後も内部褐変果数は増加した(表5)。

4. 樹勢の影響

樹勢の異なる樹体から収穫した果実を貯蔵した結果、弱樹勢樹の果実の地色は強樹勢樹の果実よりも同等かやや高い値を示し、熟度としては進んでいた。一方、内部

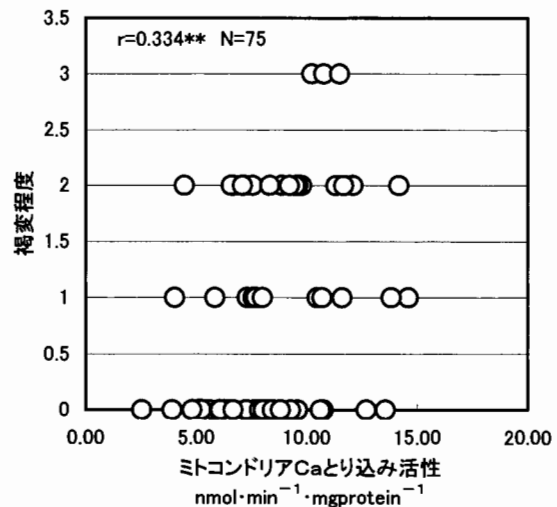


図3 内部褐変とミトコンドリアCa取り込み活性の関係 1999年 12/20, 1/6, 1/20の試料

表2 内部褐変と果実品質との相関係数

| 年次 | 調査 月日 | 1果重 | 地色 | 果肉 硬度 | 糖度 | 蜜入り |
|------|----------|--------|--------|----------|-------|--------|
| | | | | | | |
| | 12/8 | 0.10 | 0.34** | 0.07 | 0.16 | 0.68** |
| | 12/22 | 0.18 | 0.49** | 0.15 | 0.06 | 0.74** |
| | 1/6 | 0.21 | 0.49** | -0.52** | -0.08 | 0.60** |
| | 1/22 | 0.30** | 0.44** | -0.29** | 0.16 | 0.70** |
| | 全体 | 0.15** | 0.54** | -0.48** | -0.01 | 0.36** |
| 1998 | 11/25 | 0.19 | 0.27** | -0.30** | 0.10 | 0.42** |
| | 12/10 | -0.01 | 0.11 | -0.22 | 0.03 | 0.57** |
| | 12/24 | 0.32** | 0.27** | -0.36** | 0.06 | 0.77** |
| | 1/6 | 0.06 | -0.01 | -0.59** | 0.01 | 0.57** |
| | 1/22 | 0.46** | 0.12 | -0.68** | 0.24 | 0.59** |
| | 全体 | 0.18** | 0.22** | -0.49** | 0.07 | 0.42** |
| 1999 | 11/19 | - | - | - | - | - |
| | 12/3 | 0.04 | 0.14 | -0.08 | 0.02 | 0.50** |
| | 12/20 | 0.23 | 0.05 | -0.50** | 0.17 | 0.49** |
| | 1/6 | 0.26** | 0.13 | -0.42** | 0.13 | 0.73** |
| | 1/20 | -0.06 | 0.27** | -0.54** | 0.08 | 0.72** |
| | 全体 | 0.05 | 0.18** | -0.66** | 0.11 | 0.33** |

**：1%水準で有意，1時期につきN=100

表3 内部褐変と果実内部成分の相関行列

| 年次 | 調査 月日 | 果肉 | | | | 果皮 | | 果心 |
|------|----------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|----|
| | | T-Ca | 水溶性Ca | 水溶性 | ソルビト | T-Ca | T-Ca | |
| | | % | ppm | Kppm | ル % | % | % | |
| 1997 | 11/18 | -0.49** | -0.36 | 0.45* | 0.73** | -0.50** | - | |
| | 12/8 | -0.04 | -0.53** | 0.24 | 0.45* | -0.22 | - | |
| | 12/22 | 0.18 | -0.37 | 0.48* | 0.79** | -0.24 | - | |
| | 1/6 | 0.33 | -0.56** | 0.53** | 0.56** | -0.39* | - | |
| | 1/22 | 0.20 | -0.68** | 0.65** | 0.53** | -0.48* | - | |
| | 全体 | 0.31** | -0.55** | 0.60** | 0.23** | -0.18* | - | |
| 1998 | 11/25 | 0.06 | 0.08 | 0.48* | 0.54** | 0.09 | - | |
| | 12/10 | 0.24 | -0.09 | 0.32 | 0.17 | 0.13 | - | |
| | 12/24 | -0.12 | -0.42* | 0.50** | 0.46* | -0.47* | - | |
| | 1/6 | 0.11 | -0.53** | 0.49** | 0.30 | -0.25 | - | |
| | 1/22 | 0.01 | -0.40** | 0.51** | 0.58** | -0.26 | - | |
| | 全体 | 0.16 | -0.39** | 0.49** | 0.25* | -0.17 | - | |
| 1999 | 11/19 | - | - | - | - | - | - | |
| | 12/3 | -0.23 | -0.53** | 0.67** | - | -0.35 | -0.42* | |
| | 12/20 | -0.09 | -0.41** | 0.69** | - | -0.54** | -0.17 | |
| | 1/6 | 0.01 | -0.47* | 0.82** | - | -0.63** | -0.67** | |
| | 1/20 | -0.25 | -0.62** | 0.52** | - | -0.57** | -0.51** | |
| | 全体 | -0.02 | -0.48** | 0.68** | - | -0.53** | -0.46** | |

*：5%水準で有意，**：1%水準で有意，1時期につきN=25，T-Ca：全カルシウム

褐変の発生は，強樹勢樹の方がやや多かった（表6）。

考 察

一般にリンゴ果実の生理障害の多くはCa不足によって起こることが知られており，ビターピット¹⁾やゴム病²⁾に関して報告されている。しかし内部褐変障害に関して

表4 収穫時期と内部褐変の関係

| 年次 | 収穫日 | 収穫時 | | 蜜入り 0~4 | 内部褐変 0~3 |
|------|-------|-----|-----|------------|-------------|
| | | 地色 | 着色 | | |
| 1997 | 10/15 | 3.2 | 5.6 | 0.00 | 0.00 |
| | 10/27 | 3.6 | 7.7 | 0.00 | 0.18 |
| | 11/7 | 5.0 | 8.5 | 0.12 | 0.62 |
| 1998 | 10/13 | 3.1 | 6.2 | 0.00 | 0.06 |
| | 10/23 | 3.4 | 7.2 | 0.15 | 0.47 |
| | 11/2 | 4.0 | 7.8 | 0.85 | 0.94 |
| 1999 | 10/15 | 2.7 | 5.9 | 0.00 | 0.00 |
| | 10/25 | 3.5 | 7.3 | 0.00 | 0.00 |
| | 11/5 | 4.4 | 8.0 | 0.12 | 0.44 |

注：50果ずつ調査した平均値
調査月日 1997年：1/7，1998年：1/12，1999年：1/12

表5 内部褐変に対する収穫時の地色の影響

| 収穫時 の地色 | 調査 月日 | 内部褐変指数の該当果数 | | | | |
|------------|----------|-------------|-----|---|---|---|
| | | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 12/11 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/16 | 23 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | 2/16 | 21 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 4 | 12/11 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/16 | 18 | 5 | 1 | 0 | 1 |
| | 2/16 | 17 | 7 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 12/11 | 11 | 6 | 2 | 6 | 0 |
| | 1/16 | 7 | 9 | 3 | 4 | 2 |
| | 2/16 | 9 | 5 | 4 | 6 | 1 |

注：収穫日 1997/10/23

表6 樹勢が内部褐変に与える影響

| 樹勢 | 頂端新梢長 cm | 調査 果数 | 地色 | 蜜入り | 内部褐変 |
|----|-------------|----------|-----|-----|------|
| 弱 | 24.3 | 50 | 5.5 | 0.0 | 0.1 |
| | 23.9 | 50 | 5.1 | 0.0 | 0.1 |
| | 23.6 | 50 | 4.6 | 0.0 | 0.3 |
| 強 | 36.3 | 35 | 4.9 | 0.0 | 0.4 |
| | 36.2 | 50 | 4.4 | 0.1 | 0.5 |

注：調査月日 1999/1/12

はCa濃度との関係が不明であり，本試験においても内部褐変の発生部位である果肉のCa濃度と内部褐変の間に相関関係は認められなかった。一方，福田³⁾は「デリシヤス」の内部褐変果の果肉Ca濃度が健全果よりも高く，その原因が障害部位へのCa集積であると報告している。「ハックナイン」においては果肉のCa濃度では明らかではなかったものの，内部褐変果の果肉部のCa分布割合が高いことはこれと同じ現象であると考えられ，「デリシヤス」同様，障害部へCaが集積している可能性を示唆している。果肉部へCaが集積する原因として，福本らはミトコンドリアによるCa取り込みの関与を挙げており，ビターピット感受性樹でCa取り込み活性が高まるとしている⁴⁾。内部褐変障害においてもミトコンドリアCa取

り込み活性と正の相関関係が認められたことから、果実内でミトコンドリアとのCa競合が起きていることが考えられる。果肉の水溶性Ca濃度が内部褐変果で低いことも細胞内部でCaが利用されない形態になっている可能性を示唆している。

内部褐変の発生と蜜入りには密接な関係があり⁵⁾、本試験でも高い相関関係が認められた。蜜の成分であるソルビトールは膜の透過性が高く、膜強度を低下させ、内部褐変を引き起こすものと推定されている。本試験でも膜強度の指標である水溶性カリウム濃度と内部褐変の間に相関関係が認められており、膜強度の低下が内部褐変の発生に影響していることを示している。しかしながら、蜜の発生は気象条件に強く左右されることが知られており、特に夏期の低温によって蜜が入りやすくなり、人為的制御は難しい。本試験でも蜜の発生の多かった1997年と発生の少なかった1999年の8月下旬の平均気温はそれぞれ18.6°Cと21.6°Cであったため、夏期低温年には内部褐変の発生に特に注意する必要がある。現在、透過光を用いた蜜入り判定機が「ふじ」を対象として開発されており、蜜入り果を選別することが可能となっている。今後「ハックナイン」への応用が期待される。

「ハックナイン」は樹勢が強くなりやすく、その結果、地色や着色指数が上がらない欠点がある。強樹勢樹の果実は地色指数が上がらないため内部褐変の発生は少ないと予想されたが、強樹勢樹の果実の方が弱樹勢樹のものよりも内部褐変が多かった。栽培管理の面だけではなく内部褐変の面からも樹勢管理が重要であると考えられた。

「ハックナイン」における内部褐変障害は貯蔵期間が長くなるにつれて発生が多くなり、果実硬度の低下や地色

表7 内部褐変果混入回避のための貯蔵期間

| 貯蔵期間 | 内部褐変発生の危険性 | 注意事項 |
|------------|--------------|---|
| 収穫期～11月中旬 | 無し | この時期、酸味が強く感じられることがあるので、収穫時地色4を越える果実を出荷、販売する |
| 11月中旬～11月末 | ほとんど無し | この時期、蜜入りの多い果実は褐変の兆候が見られることがある。蜜入り果の多い年は出荷販売を急ぐ。 |
| 12月上旬～中旬 | 発生の危険性有 | この時期、問題となる褐変果発生の危険がある。出荷・販売の対象は収穫時地色4の果実とする。 |
| 12月下旬 | 内部褐変果混入の危険性有 | この時期、問題となる褐変果の混入が心配される。また、大果、完熟果、蜜入り果は硬度も低下し果実品質の低下が認められる。原則として12月中旬頃で出荷・販売を終了する。 |

指数の増加と伴って現れた。果実品質との相関分析からも地色や果実硬度と内部褐変の間に有意な関係が認められたことから果実の熟度が進行することによって内部褐変の発生が起これるものと考えられる。果実貯蔵中の熟度を制御するためにはCA貯蔵が有効であるが北海道での導入例はない。そのため熟度に関しては、適期収穫や、地色による選別収穫、および貯蔵期間の短縮化等によって対応するのが有効な手段であると考えられ、地色5以上の果実は11月上旬までの販売を目指し、地色4の果実においても貯蔵期間は12月中旬までとするのが安全であり、内部褐変果混入回避のための貯蔵期間を表7のようにまとめた。

謝辞 本報告をまとめるにあたり、北海道立花・野菜技術センター場長前田要博士の校閲をいただいた。記して心より謝意を表する。

引用文献

- 1) 福本将志, 青葉幸二, 武藤和夫, 榎村芳記, 吉岡博人, 藤本国夫. “リンゴのはん点性生理障害(ビターピット)発生における果肉内カルシウムの限界濃度およびその発生予測”. 日本土壤肥料学雑誌. 58, 691-695 (1987).
- 2) 福田博之. “リンゴの果肉褐変障害の発生要因に関する研究, 第1報 果実の無機成分含有率とゴム病発生の関係”. 果樹試験場報告C. 11.13-26 (1984)
- 3) 福田博之. “リンゴの果肉褐変障害の発生要因に関する研究, 第2報 内部褐変およびゴム病の発生とミツ症状, クロロフィル含有率との関係”. 果樹試験場報告C. 11, 27-37 (1984)
- 4) Masashi, F., Koushiro, N. “Possible roles of calcium and ammonium in the development of bitter pit in apple”. *Physiol. Plant.* 59, 171-176 (1983)
- 5) 福田博之. “‘デリシャス’果肉かつ変障害発生に対するカルシウムの影響”. 果樹試験場報告C. 4, 13-23 (1984)

Factors Affecting the Occurrence of Internal Breakdown of “Hacnine” Apple Fruit

Junji FUJIKURA* and Hiroshi MURAMATSU

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station (Present; Hokkaido Ornamental Plants and Vegetables Research Center, Takikawa, Hokkaido, 073-0026 Japan)

E-mail: fujikujj@agri.pref.hokkaido.jp