

はじめに（位置づけ）

本資料は、追熟前（グリーンステージ）の青バナナ（*Musa spp.*）における低温障害について、実務面及び植物生理学・収穫後生理学の観点から整理したものである。

低温障害の概要

1. 青バナナにおける低温障害の発生条件

温度条件

温度帯 状態

14℃以上 安全域

12～13℃ 障害リスク開始

10℃以下 高確率で障害発生

5℃以下 致命的障害（商品価値消失）

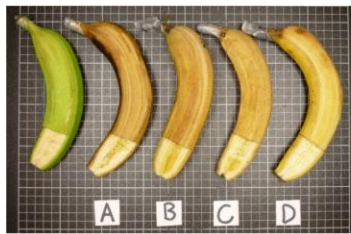
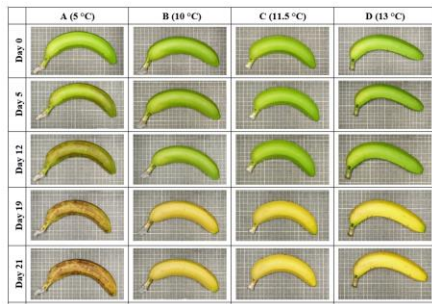
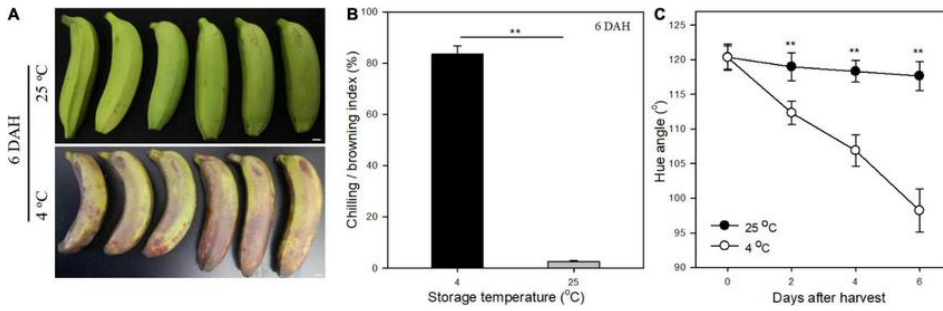
時間条件

- ・ 数時間～1日：初期生理異常
- ・ 数日：外観・内部障害が顕在化
- ・ 長期低温：回復不可

※ 一度障害が起きると、追熟しても元に戻らない

2. 見られる主な症状（青バナナ特有）





外観症状

- ・果皮の褐変（黒褐色斑点）
- ・灰色～鈍い黄色への変色
- ・ツヤ消失・皮の硬化

内部症状

- ・維管束の褐変（筋状の黒ずみ）
- ・果肉の水浸状・スポンジ化
- ・異臭（発酵臭・カビ臭）

追熟への影響

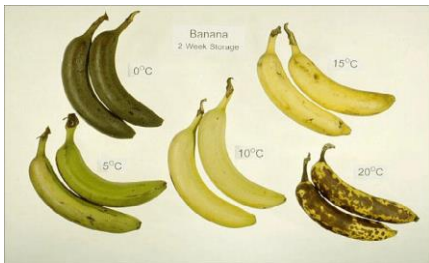
- ・エチレン反応低下
- ・追熟ムラ
- ・味形成不全（デンプン糖化阻害）

3. 追熟前（グリーン段階）が特に弱い理由

理由	内容
細胞膜が未成熟	温度耐性が低い
抗酸化酵素活性が低い	酸化障害を受けやすい
デンプン主体	代謝柔軟性が低い

※ 黄色段階より、青バナナの方が低温に弱い

4. 実務上の重要ポイント（生産・流通）



保管・輸送の原則

- ・ 13～14℃を絶対下限に設定
- ・ 冷蔵庫・低温倉庫は原則 NG
- ・ 夜間の外気温低下にも注意

よくある事故例

- ・ 冬季の常温倉庫（夜間 10℃以下）
- ・ 冷蔵トラックとの混載
- ・ スーパーのバックヤード冷蔵

1. 低温障害の定義（Chilling Injury）

低温障害とは、凍結点以下に至らない低温条件（一般に 0-13°C）に曝露されることで生じる非凍結性の生理障害である。主として細胞膜機能障害、代謝破綻、酸化ストレスの増大を特徴とする。

熱帯・亜熱帯起源作物は進化的に低温適応を獲得しておらず、温帯果実とは異なる障害様式を示す。

2. 生理学的メカニズム

青バナナは追熟前段階において細胞膜の脂質組成が未成熟であり、低温に対する耐性が特に低い。報告例では、12-13°C以下で生理異常が開始し、10°C以下では不可逆的障害が高頻度で発生する。

（1）細胞膜脂質の相転移

低温曝露により、細胞膜を構成するリン脂質の相転移（liquid-crystalline phase → gel phase）が生じる。これにより膜流動性が低下し、膜タンパク質の機能不全、イオン漏出、細胞内区画化の崩壊が引き起こされる。

（2）酸化ストレスと褐変反応

低温条件下では電子伝達系が阻害され、活性酸素種（ROS）が蓄積する。これによりポリフェノールオキシダーゼ（PPO）が活性化し、フェノール性化合物の酸化を通じて果皮および維管束の褐変が進行する。

（3）ミトコンドリア機能と呼吸代謝

低温はミトコンドリア内膜の電子伝達を阻害し、ATP 産生効率を著しく低下させる。その結果、修復反応・成熟関連酵素合成が停止し、組織は不可逆的損傷に至る。

（4）エチレン感受性と追熟阻害

低温障害を受けた青バナナでは、エチレン受容体および下流シグナル伝達が阻害される。これによりデンプンの糖化、細胞壁分解、色素転換が正常に進行しない。

（5）組織レベルでの障害発現

維管束周辺組織では特に障害が顕著であり、導管褐変、通導機能低下、水分ストレスが連鎖的に発生する。

3. 低温障害と腐敗の生理学的相違

低温障害は一次的には非病原性障害であるが、組織破壊後に二次的微生物侵入が起こる点で腐敗と混同されやすい。両者は発生機序が本質的に異なる。

4. 参考文献（主要文献）

1. Saltveit, M.E. (2002). The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 295-304.
2. Kader, A.A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops* (3rd ed.). University of California, Agriculture and Natural Resources.
3. Paull, R.E. (1990). Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. In: Wang, C.Y. (Ed.), *Chilling Injury of Horticultural Crops*. CRC Press.
4. Wang, C.Y. (1990). *Chilling Injury of Horticultural Crops*. CRC Press.
5. Nguyen, T.B.T. et al. (2003). Effects of temperature on banana fruit ripening and chilling injury. *Postharvest Biology and Technology*.