

氏 名（国籍）	徐 步 前（中華人民共和国）
学 位 の 種 類	博士（農学）
学 位 記 番 号	農博甲第48号
学 位 授 与 年 月 日	平成8年3月14日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物生産科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	青果物のMA包装における鮮度保持機能と物質 収支シミュレーション
審 査 委 員	主査 岐 阜 大 学 教 授 秋 元 浩 一 副査 静 岡 大 学 教 授 兵 藤 宏 副査 信 州 大 学 教 授 有 馬 博 副査 岐 阜 大 学 教 授 篠 田 善 彦 副査 岐 阜 大 学 助 教 授 前 澤 重 禮

### 論 文 の 内 容 の 要 旨

MA包装は、収穫後の青果物に対して鮮度保持効果のあることが多くの研究報告によって証明されている。しかし包装条件の設計を誤ると、青果物の鮮度保持に逆効果となる場合がしばしば発生する。すなわち、青果物の鮮度は、青果物の特性、包装フィルムの特性、環境条件などに支配されるため、最適なMA包装の設計は容易ではない。

本研究ではまず機能性フィルムを含む種々のフィルム包装について、鮮度を大きく支配する要因の検討を行った上で、MA包装系の物質収支シミュレーションの新たな方式を開発した。

各種フィルム包装の鮮度保持効果について、カットキャベツを供試して検討したところ、フィルムの特徴として明示された各機能には特別の効果があるとはいえず、フィルムのガス透過性が青果物の鮮度保持に支配的であることが明らかにした。

MA包装における物質収支は、フィルムのガス透過と青果物の呼吸作用に依存する。すなわち、青果物の呼吸によって包装内の酸素が消費され、二酸化炭素が蓄積される。そのため包装内外にガス分圧差が生じ、酸素は外気から包装内へ、二酸化炭素は逆に包装内から外へ移動する。物質収支は、この青果物の呼吸によるガスの生成と消費量およびフィルムを通じての透過量によって成立する。本研究では非定常状態をも対象とするため、この原理に基づいた基礎方程式をコンピュータシミュレーションによって数値解析する新たな

方式を開発した。

フィルム小袋に、特定ガスを密封し、小袋内のガス濃度の経時変化を測定する。ガス透過係数の算出にあたっては、初期値を一定の範囲に想定してモデル式に代入する。その想定される透過係数によって算出されたガス濃度の理論値と実測値を比較して、その差が最も小さくなる時のガス透過係数をそのフィルムの透過係数とした。得られた計算値は、文献値と概ね一致した。この方式によりフィルム小袋内のガス濃度変化および小袋体積も推定でき、これも実測値と良く一致し、シミュレーションの適合性を実証できた。

非定常状態における青果物の呼吸速度の変化を把握することは、MA条件最適化にとって非常に重要なポイントである。フィルムのガス透過係数が分かれば、青果物包装した小袋内のガス濃度の経時変化によって、非定常状態を含む任意時間の呼吸速度を推定できる。この推定法は青果物をフィルム包装したMA包装系においてフィルム面のガス透過と青果物の呼吸を一体として捉えたシミュレーションモデルによって実現され、トマト果実の包装実験で実証された。推定されたトマト果実の呼吸速度は文献値とほぼ一致し、またMA包装貯蔵における小袋の縮む現象も理論的に解明できた。

従来、MA包装された青果物の呼吸速度の測定は密封法によったが、その原理はフィルムを透過するガス移動速度と青果物の呼吸速度が一致するという仮定に基づいている。しかし、本研究で行った実験によれば、酸素吸収量および二酸化炭素生成量とも、従来法で得られる値は新方式による推定値より低いことが明らかとなった。これは、従来法の測定原理が定常状態を想定したものであったのに対し、本研究では非定常状態をも対象とできるとがその理由であると考察された。本研究で開発された推定法によれば、包装後の初期非定常状態を含む、任意時間の呼吸反応を解析でき、得られる呼吸商RQはMA環境に対する青果物の動的生理反応を示すものとして有用性が示唆された。

以上のように、本研究ではMA包装設計において従来では不可能であった非定常状態をも対象にできる物質収支シミュレーションの新方式を開発できた。その結果、予測において最も重要なパラメータであるフィルムのガス透過性とMA包装状態にある青果物の呼吸速度を簡易、かつ精密に求めることにも成功し、MA包装最適化の設計の新しい道を開拓したと考えられる。

## 審 査 結 果 の 要 旨

本論文は、青果物の鮮度保持機能に関するMA包装の分析をもとに物質収支シミュレーション法を開発した研究成果をまとめたものである。

フィルム包装としては、フィルム面のガス透過特性による雰囲気ガス効果と成分吸着や抗菌の機能をも持つフィルムによる場合がある。研究では、まず、青果物の鮮度保持に与える要因の分析を行い、フィルムのガス透過特性が青果物の鮮度保持に支配的であることを明らかにした。その結果、MA包装設計にとっては物質収支理論が必須であることを指摘し、シミュレーション法を開発を行った。

MA包装における物質収支は、青果物の呼吸によるガスの生成と消費量およびフィルムを通じての透過量によって成立する。本論文では非定常状態をも対象とするため、この原理に基づいた基礎方程式をコンピューターによって数値解析する新たな方式を開発したところに特色がある。ガス透過係数の算出にあたっては、繰り返し与える仮透過係数によって算出されたガス分圧の理論値と実測値を比較して、その差が最も小さくなる時のガス透過係数を決定値とするものである。方式の持つ過誤の危険を避けるために、残差平方和と3種類のガス透過係数の関係を4次元グラフ、すなわち、3次元グラフを動画として描くコンピュータグラフィックスによって視認する技法も確立した。この方式によって得られた計算値は、文献値と一致し、また同時に推定される小袋内のガス濃度変化および小袋体積も実測値と良く一致することを明らかにして、シミュレーションの適合性を実証した。

非定常状態における青果物の呼吸速度の変化を把握することは、MA条件最適化にとって非常に重要なポイントである。フィルムのガス透過係数が分かれば、青果物包装した小袋内のガス分圧の経時変化によって、非定常状態を含む任意時間の呼吸速度を推定できる。この推定法はMA包装系においてフィルム面のガス透過と青果物の呼吸を一体として捉えたシミュレーションモデルによって実現され、トマト果実の包装実験によって実証され、またMA包装貯蔵における小袋の縮む現象も理論的に解明することに成功した。

従来、MA包装された青果物の呼吸速度の測定は、密封法によったが、その原理はフィルムを透過するガス移動速度と青果物の呼吸速度が一致するという仮定に基づいている。しかし、本論文では、酸素吸収量および二酸化炭素生成量とも、従来法で得られる値は新方式による推定値より低いことを明らかとし、従来法の限界を示した。すなわち、従来法の測定原理が定常状態を想定したものであったのに対し、本研究では非定常状態をも対象としたことが原因であると考察している。本論文で開発された推定法によれば、包装後の初期非定常状態を含む、任意時間の呼吸反応を解析でき、得られる呼吸商RQはMA環境に対する青果物の動的生理反応を示す新たな方式であることを示した。

以上のように、本論文の内容は、青果物の鮮度保持に最適なMA包装設計に関し、従来では不可能であった非定常状態をも対象にできる新方式を開発した。その結果、予測において最も重要なパラメータであるフィルムのガス透過性とMA包装状態にある青果物の呼吸速度を簡易、かつ精密に求めることにも成功し、MA包装最適化の設計の新しい道を開拓したものと評価される。

以上、本審査委員会は論文の構成・内容、並びに基礎となる学術論文等について慎重に審議し、審査委員会全員一致をもって本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。