

氏名	劉 嘉儀 リュウ カギ
本籍（国籍）	中華人民共和国
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研 786 号
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物生産科学
学位論文題目	<b>リンゴの花芽分化と開花誘導に関する研究（Study on flower bud differentiation and flowering induction in apple trees）</b>
学位審査委員	主査 岩手大学教授 小森 貞男 副査 伊藤 大雄(弘前 教授), 渡邊 学(岩手 助教), 平 智(山形 教授)

## 論文の内容の要旨

果樹は幼若期間が長く、リンゴの場合、播種から開花までに 7～9 年を要するため、品種育成に約 20 年の年月がかかってしまう。果樹の育種年限を短縮するためにはまず幼若期間を短縮する必要がある。幼若相を 2 年程度で経過させられれば、品種育成の期間を大幅に短縮することができる。また、育種年限の短縮には、相転換した実生を、花芽分化後、なるべく早く開花させることも必要である。自在に花成・開花を制御出来るようになれば、育種における 1 世代に要する時間の短縮だけでなく、花成・開花・果実肥大の研究を時期にとらわれずに実施できるようになる。リンゴ実生を早期に相転換させ、開花誘導する技術開発の基礎的資料を得るため、*M. hupehensis* 実生を早期に相転換、開花誘導する育成法の検討、相転換に関与する内生植物ホルモンの解析、リンゴ ‘Snowdrift’ の花芽分化に関与する内生植物ホルモンの解析、リンゴの休眠特性と低温要求について調査した。

### 1. リンゴ実生を早期に相転換させるための育成法の検討

#### (1) 水耕栽培における培養液の検討

リンゴの近縁種でアポミクシス（無配偶生殖性）を有する *M. hupehensis* の実生を恒温室で水耕栽培し、早期に相転換する再現性のある栽培システムを作ることを目的に、水耕栽培における培養液と早期開花を検討した。ハイポネックス 500 倍処理区が水耕栽培の培養液に適していた。恒温室で約 10 か月間水耕栽培し、土耕栽培へ移植後、自然環境で栽培した。播種後約 13 か月でひとつの個体が樹高 201.5cm の頂端に開花した。相転換の促進には、できるだけ短期間で樹高を増加させ、主幹を肥大させるために側枝の剪定が必要であると考えられた。

## (2) 水耕栽培による早期相転換の検討

相転換と植物ホルモンの関係を解明するための供試材料として、恒温室において *M. hupehensis* 実生を前述の培養液で水耕栽培した。完全人工環境下で水耕栽培し、播種から 10~12 か月で、樹高 240cm 以上の個体では約半数を相転換、開花させることができた。光環境の均一化を図ることで、相転換率をより高めることができると考えられた。

## 2. リンゴ実生の相転換に関与する内生植物ホルモンの解析

*M. hupehensis* 実生において、初花成する相転換時の葉における植物ホルモン量の変化を未開花樹と比較した。開花樹において、主幹の節位が 70 から 90 節まで増加したときの主幹先端部の成葉中 ABA 濃度の減少が、相転換と関係していることが示唆された。また、未開花樹の成葉中 GA<sub>4</sub>濃度は主幹の節位が 70 および 90 節では、開花樹と差がなかったが、主幹の節位が 110 節になったとき、成葉中 GA<sub>4</sub>濃度が増加し、開花樹よりも高い傾向がみられた。このことから、GA<sub>4</sub>濃度が低いことが相転換と関係することが推察された。

## 3. リンゴにおける花芽分化特性の解明

花芽着生が安定し規則的な 'Snowdrift' を用いて、同時期に伸長停止した新梢の花芽分化、休眠と植物ホルモンの関係を調査した。新梢伸長停止 1 週後の頂芽における高濃度の ABA が間接的にその後の花芽分化の進行に影響を与えたことが推察された。いずれの部位の芽でも GA<sub>4</sub>濃度は新梢伸長停止 1 週後に最も高く、その後、新梢伸長停止 4 週間まで減少したことから、芽中の GA<sub>4</sub>濃度の減少が花成を促進すること示唆された。しかし、ABA および GA<sub>4</sub>ともに、これらの濃度と芽の部位ごとの花芽分化ステージとの関係はみられなかった。

## 4. リンゴ 5 品種の休眠特性と低温要求の評価

リンゴ 'ふじ'、'王林'、'紅玉' および '国光' とインドネシアで摘葉による二期作に使用されている 'Rome Beauty' について、自発休眠の導入期、最深期および覚醒期の把握ならびに自発休眠打破に必要なチルユニット積算を調査した。'王林' のように低温要求が少なく自発休眠最深期が短い品種、または '王林' および 'Rome Beauty' のように自発休眠最深期に入る時期が遅い品種が摘葉を利用した二期作に適していることが示唆された。

以上の結果、完全人工環境下での水耕栽培は、*M. hupehensis* 実生の早期相転換に有用であることが分かった。また、*M. hupehensis* 実生の相転換には、主幹先端部の成葉中 ABA および GA<sub>4</sub>濃度の低下が関与していることが示唆された。さらに、成熟相にある 'Snowdrift' では、新梢伸長停止直後の頂芽における高 ABA 濃度と、その後の頂芽および腋芽における GA<sub>4</sub>濃度の減少が花芽分化を促進することが示唆された。摘葉を利用した二期作には、低温要求が少なく自発休眠最深期が短い品種、または自発休眠最深期に入る時期が遅い品種が適していることが推察された。

## 論文審査の結果の要旨

リンゴ実生を早期に相転換させ、開花を誘導し1世代に要する時間を大幅に短縮するための知見を得ること、花成・開花・果実肥大の研究を効率的に行うための早期開花する実験系を作出すること、およびその実験系を用いて植物ホルモンと花成の関係を明らかにすること等を目的として、無配偶生殖性を有し遺伝的背景が揃うリンゴ属野生種 *M. hupehensis* 実生等を用いて研究を行った。

### 1. リンゴ実生を早期に相転換させるための育苗法の検討

#### (1) 水耕栽培における培養液の検討

*M. hupehensis* の実生を恒温室内で水耕栽培し、早期に相転換する再現性のある栽培システムを作ることを目的に、水耕栽培における培養液と早期開花を検討した。実験の結果、ハイポネックス 500 倍処理区が水耕栽培の培養液に適していた。

#### (2) 水耕栽培による早期相転換の検討

恒温室内において *M. hupehensis* 実生を完全人工環境下で水耕栽培し、播種から10～12か月で、樹高 240cm 以上の個体では約半数を相転換、開花させることができた。

### 2. リンゴ実生の相転換に関与する内生植物ホルモンの解析

*M. hupehensis* 実生の初花成時の葉における植物ホルモン量の変化を未開花樹と比較した。開花樹において、主幹の節位が70から90節まで増加したときの主幹先端部の成葉中 ABA 濃度の減少が、相転換と関係していることが示唆された。また、未開花樹の成葉中 GA<sub>4</sub> 濃度は主幹の節位が110節になったとき、成葉中 GA<sub>4</sub> 濃度が増加し、開花樹よりも高い傾向がみられた。このことから、GA<sub>4</sub> 濃度が低いことが相転換と関係することが推察された。

### 3. リンゴにおける花芽分化特性の解明

花芽着生が安定し規則的な‘Snowdrift’を用いて、新梢の花芽分化、休眠と植物ホルモンの関係を調査した。新梢伸長停止1週後の頂芽における高濃度の ABA が花芽分化の進行に影響を与えたことが推察された。芽中の GA<sub>4</sub> 濃度の減少が花成を促進すること示唆された。しかし、ABA および GA<sub>4</sub> とともに、濃度と芽の部位ごとの花芽分化ステージとの関係はみられなかった。

### 4. リンゴ5品種の休眠特性と低温要求の評価

‘ふじ’、‘玉林’、‘紅玉’、‘国光’と熱帯高地で二期作に使用されている‘Rome Beauty’について、自発休眠の導入期、最深期および覚醒期の把握ならびに自発休眠打破に必要なチルユニット積算を調査した。低温要求が少なく自発休眠最深期が短い‘玉林’または、自発休眠最深期に入る時期が遅い‘玉林’と‘Rome Beauty’が二期作に適していることが示唆された。

本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

主論文

1. 劉 嘉儀・小森貞男・工藤静香・熊谷初美・伊藤大雄・渡邊 学 (2021)  
リンゴ5品種における休眠特性と低温要求の評価.  
園芸学研究. 印刷中 (掲載証明書付)

参考論文

1. M. Watanabe, S. Kogawa, R. Kagi, H. Kumagai, M. Murakami and S. Komori (2018)  
Induction of bud breaking and flowering during paradormancy in apple trees.  
Acta Hortic. 1206:169-174.