

うめ研究所 成果情報

第14号

令和3年2月発行



スマート農機の実演会の様子



「露茜」の高接ぎ技術による樹勢強化

「露茜」現地実証園のせん定講習会の様子

目次

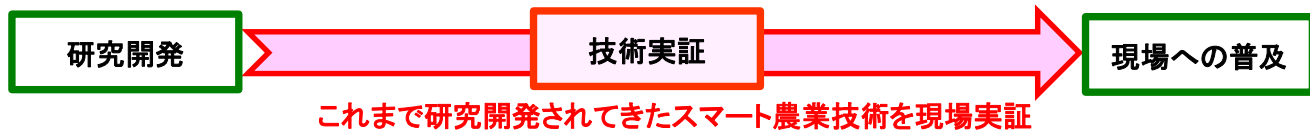
○ウメ栽培でのスマート農業技術の実証	…	1～4
○種間交雑や人々による選抜を伴ったウメの進化過程について	…	5～7
○令和2年産ウメ不作の要因について	…	8
○「橙高」の安定生産技術の確立	…	9
○「露茜」の安定生産のための樹勢強化技術の開発	…	10～11

ウメ栽培でのスマート農業技術の実証

全国的に農家の高齢化が急速に進み、担い手不足が深刻になっています。そのため国ではロボット技術や情報通信技術(ICT)を活用し省力化、精密化、高品質生産を図るための「スマート農業」を推進しています。

本県の果樹栽培においても労働力が不足していることから、国の事業「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト」を活用し、ウメ専作農家およびウメとミカンの複合経営農家において2年間、スマート農業技術を導入した作業体系の実証を行ってきました。ここでは、実証結果や明らかとなった課題などについて報告します。

◆国のプロジェクトの目的



◆実証試験の体制

実証課題名	ウメ専作およびミカンとの複合経営におけるスマート作業体系の実証(R1~2年度)
構成員	和歌山県うめ研究所(研究推進室)、果樹試験場、経営支援課、日高振興局農業水産振興課、西牟婁振興局農業水産振興課、JA紀州、JA紀南、JAグループ和歌山農業振興センター、森川農園(日高郡みなべ町)、井澗農園(西牟婁郡上富田町)

- 実証規模: ウメ専作農家(みなべ町、森川農園):ウメ50a
ウメ・ミカン複合経営農家(上富田町、井澗農園):ウメ30a、ミカン15a

◆スマート農機のウメでの導入体系

幼果期～収穫前

収穫期

夏秋期

除草の効率化



リモコン式自走草刈機
(ウメ専作経営用)
三陽機器(株)

かん水遠隔操作



自動かん水装置
アースコンシャス(株)

夜間のかん水作業が特に負担
(かんがい用水の利用時間
は24時間体制で割当)

果実運搬の軽労化



リモコン式自走運搬車
三晃精機(株)

パワーアシストスーツ
パワーアシストインターナショナル(株)

施肥の効率化



肥料散布機
(株)タカキタ

省力化農機として
併せて実証

<実証目標> 除草、かん水、果実運搬、施肥の作業時間を15%削減

◆各スマート農機の実証結果と課題

果樹園での使用で操作性などに大きな課題がある場合、改良しながら実証試験を行いました。

対照（慣行）



刈り払い機での除草

スマート農機



リモコン式自走草刈機
(ウメ専作経営用)

<効果>

○20～31%の作業時間削減

<課題>

○刈り高が少し高い
○タイヤで踏んだ部分が少し刈り残る
→刈り払い方法の改良が必要



刈り払い機での除草



リモコン式自走草刈機
(ウメ・ミカン複合経営用)

<効果>

○ウメ園では作業時間削減効果なし
(ミカン作業道では7%の削減効果)

<課題>

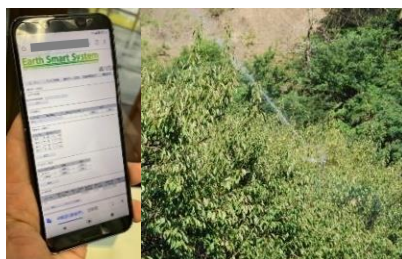
○ウメ園の草丈が高い夏場では、過負荷による動作停止が多発
→パワー向上の検討が必要



バルブの開閉

手動でのかん水

スマホでスプリンクラーの開閉を遠隔操作



自動かん水装置

<効果>

○83～90%の作業時間削減

<課題>

○装置が高額
→共同利用が必要
○携帯電波が届かないと使えない
→通信インフラの整備が必要



1つのコンテナ

手引き運搬具での運搬

複数コンテナを運搬可能



リモコン式自走運搬車

<効果>

○5%の作業時間削減

<課題>

○電動のため走行速度がやや遅い
○凸凹があると走行の安定性に不安

対照（慣行）

スマート農機

選果台へ投入等で使用



アシストなしでの運搬



パワーアシストスーツでの運搬

<効果>

○疲労感は腰でやや軽減されたが
太股、ふくらはぎでやや増加

<課題>

○不要時にアシストが働く点の改良
○長時間だと補助されない腕が疲労

対照（慣行）

省力化農機



手作業での施肥



肥料散布機での施肥

<効果>

○40～53%の作業時間削減
○疲労感は左肩、指先で特に軽減

導入体系全体では、作業時間削減目標を概ね達成(準備作業の時間は除く)

◆全体的な課題と対応策

実証農家も将来的には、スマート農業技術を産地に導入していくことは必要と感じていますが、果樹での普及には以下の課題解決が必要と考えられます。

- スマート農機の価格、維持費が高い
→果樹栽培に不要な機能を整理し低コスト化を図る
近隣農家との共同利用体制づくり
- スマート農機によっては果樹園地に適応しづらい点がある(除草方法、スピード等)
→果樹栽培に適した機械の開発を促進(本プロジェクトで明らかとなった長所・短所を反映)
果樹農家の意見、要望を吸い上げ改良等につなげる仕組みづくり
- スマート農機を多くの生産者等知って、試してもらう機会づくり
- スマート農機を使いやすい園地づくり

◆スマート農機の実演展示

国のプロジェクトでは、スマート農業技術を生産者に知ってもらうための取組も求められています。

そこで、実演展示会を産地で開催しました。

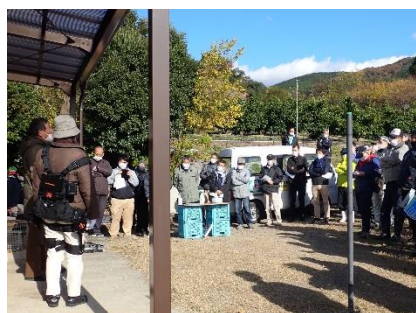
〇うめ研究所での開催(2019年7月、79名参加)



〇みなべ町実証園での開催(2019年9月、121名参加)



〇上富田町ミカン園での開催(2020年12月、71名参加、農薬散布用ドローンも実演)



【まとめ】

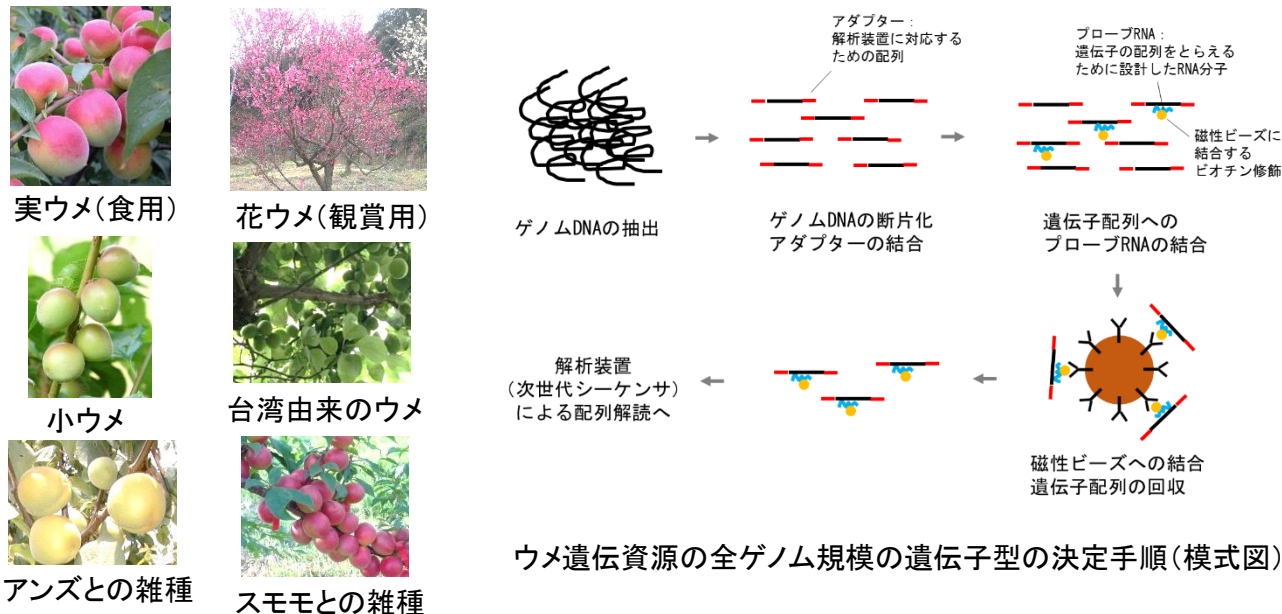
- ・自動かん水装置および肥料散布機の使用はウメ栽培において作業時間の短縮につながることを示されました。
- ・その他の農機をウメ栽培で使用するためには、さらなる改良が必要と判断されました。
- ・スマート農機は高額であることから、共同利用や受託などの体制づくりが必要と判断されました。
- ・産地での実演展示会を開催するなど、スマート農業技術を生産者に知ってもらう取組を進めました。

※本実証課題は、農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト(2019～2020)」
(事業主体:国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構)の支援により実施しました。

種間交雑や人々による選抜を伴ったウメの進化過程について

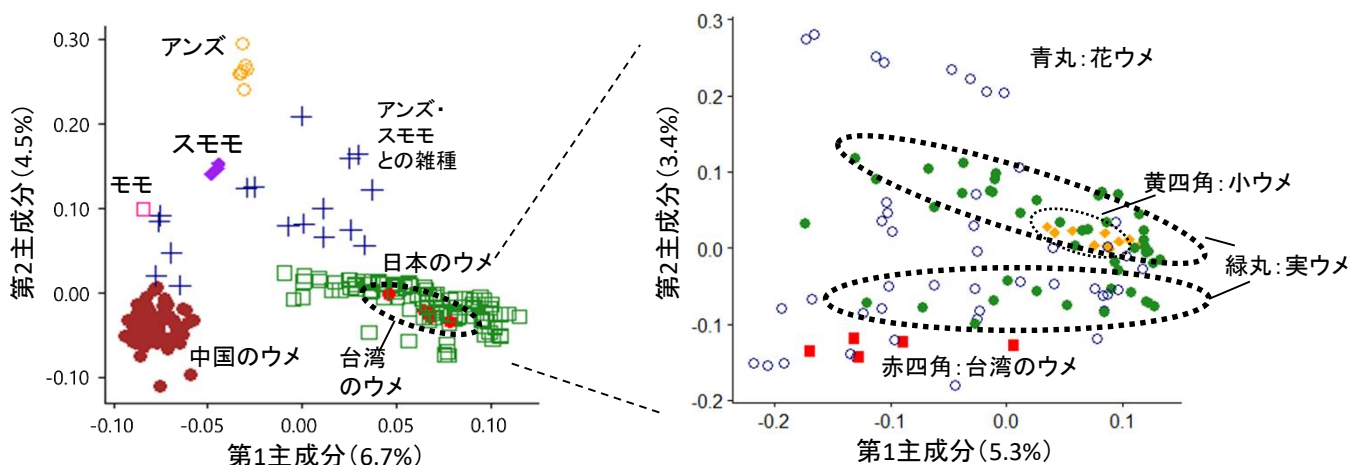
ウメは中国の山間部に由来し、日本には約2000年前に人々によって持ち込まれたと言われています。また、樹体、葉、果実などの形態的な特徴から、近縁種であるアンズやスモモとの種間交雑を経験していることが指摘されています。しかし、これらのことを遺伝的なデータをもとに検証した事例はありませんでした。うめ研究所では、最新のゲノム解析技術を用いて、ウメを中心とした100品種以上のバラ科サクラ属果樹の遺伝情報を調査し、ウメの進化過程について考察しました。

◆全ゲノム規模の遺伝子型の決定



うめ研究所で保有する日本のウメ112品種(うち実ウメ55品種、花ウメ45品種、アンズまたはスモモとの交雑由来12品種)、台湾のウメ5品種、アンズ7品種、スモモ4品種、モモ1品種の計129品種について、全ゲノムに渡る約15,000個の遺伝子の部分配列を決定しました。これらに中国のウメ79品種分の遺伝子型データ(Zhangら、2018)を合わせ、比較しました。

◆東アジアのウメの遺伝的分化

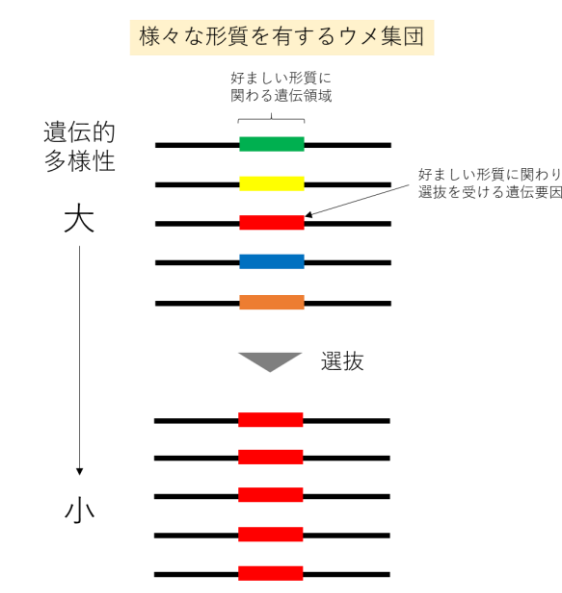


ウメを中心としたバラ科サクラ属果樹遺伝資源の主成分分析

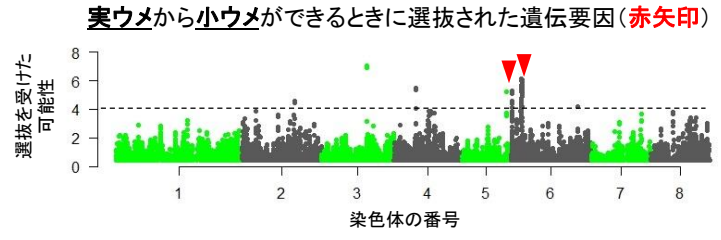
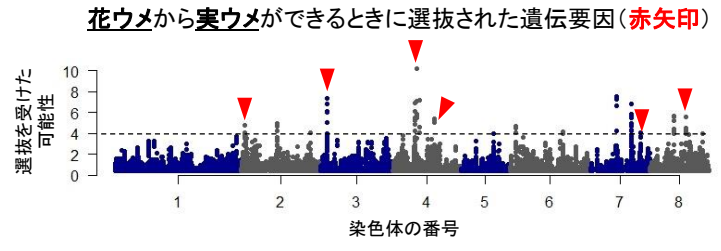
得られたデータをもとに、遺伝的に近い品種同士をグループ化したところ、**中国と日本のウメが遺伝的に離れている**ことがわかりました(上図左)。日本のウメは中国から持ち込まれたものと考えられていたため、これは予想外の結果でした。今回調べた台湾のウメは、中国のウメよりも日本のウメに近いことが示されました。日本のウメの中では、花ウメの一部から実ウメが、実ウメの一部から小ウメが、それぞれ分化しつつあることが示唆されるような結果となりました(上図右)。

◆人々による選抜を受けた遺伝要因の探索

ウメの進化や品種分化の過程では、病気に強い、果実が大きいなどといった、好ましい形質を有するウメが環境や人々の好みに応じて選抜されてきました。**有用な形質に関わる遺伝子およびその周辺の領域は、選抜に伴い遺伝的多様性を失ってきたものと推察されます**(下図左)。このことを利用して、ウメの進化においてどのような遺伝要因が選抜を受けたのかを推定しました(下図右)。



選抜による遺伝的多様性の減少(模式図)

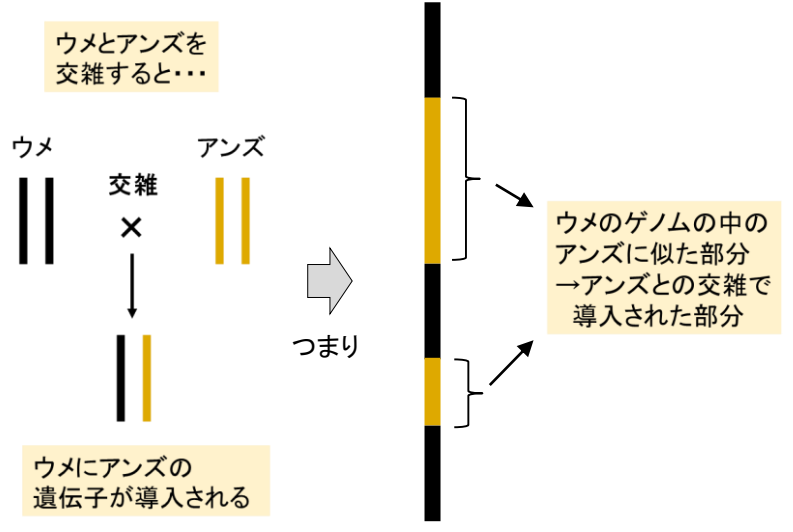
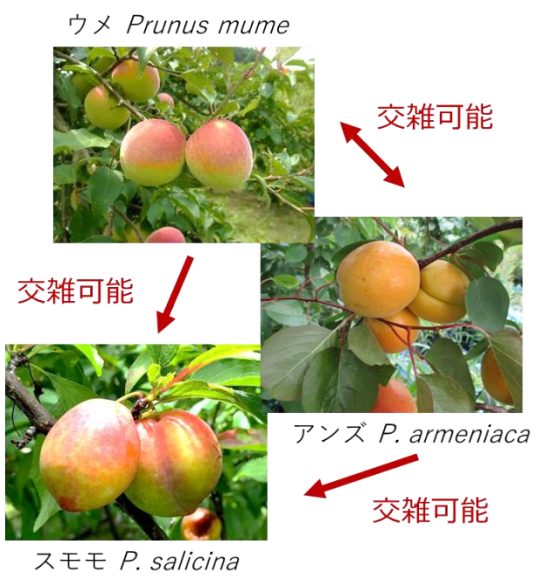


実ウメや小ウメの分化の途上で選抜を受けた遺伝要因の探索
注) 点が高い位置にあるほど、選抜を受けた可能性が高いことを示す

実ウメや小ウメができるときに選抜を受けた遺伝要因を推定することができました。それらには病害抵抗性や植物ホルモンの合成に関わる遺伝子が含まれました。

◆ウメの進化におけるアンズやスモモとの交雑

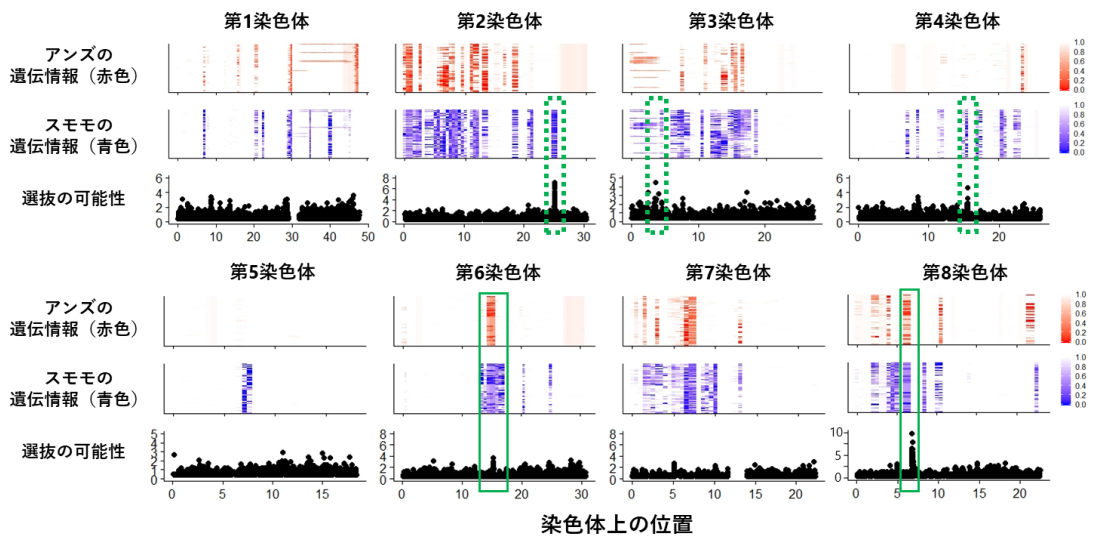
ウメ、アンズおよびスモモは、互いに外見上よく似ており、交雑が可能です。このことから、**ウメはアンズやスモモとの交雑を重ねながら進化してきた**と考えられています。そこで、取得したゲノム情報に基づき、ウメにアンズやスモモの遺伝情報がどの程度入り込んでいるのかを調査しました。



解析に用いた考え方(ウメとアンズの場合)

ウメ、アンズとスモモの関係
注) 矢印の向きは花粉親→種子親の方向を示す

多くのウメ品種とアンズやスモモとを比較し、ウメゲノムの中のアンズやスモモに似た部分を探索しました。

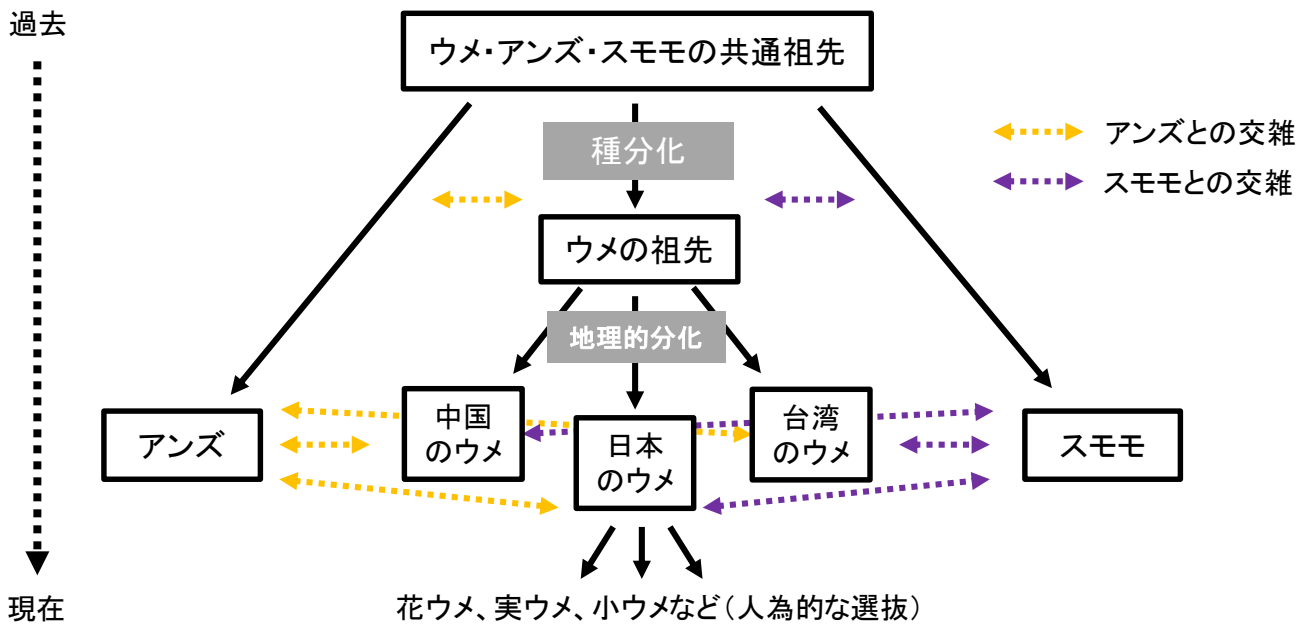


日本のウメにおけるアズ(上段)およびスモモ(下段)からの遺伝情報とそれらの選抜

注) 上段、中段: 色が濃いほどアズ(赤色)、スモモ(青色)からの遺伝情報が入り込んでいる可能性が高いことを示す
 下段: 点が高い位置にあるほど、選抜を受けた可能性が高いことを示す
 緑枠: アズやスモモの遺伝情報が選抜を受けたことが示唆される領域

日本のウメにはアズやスモモの遺伝情報がかなりの割合で入り込んでおり、過去に種間交雑を経験していることが示唆されました。また、**アズやスモモから導入した形質が日本のウメにとって重要であり、選抜を受けた**可能性も示されました。

◆現時点で考えられるウメの進化の過程



ウメは近縁種との交雑や地理的、人為的な選抜を経て現在まで進化してきたものと考えられました。

本研究は岡山大学大学院環境生命科学研究科および神戸大学大学院農学研究科と共同で行いました。またJSPS科研費(18K14449、19H04862)の助成を受けました。

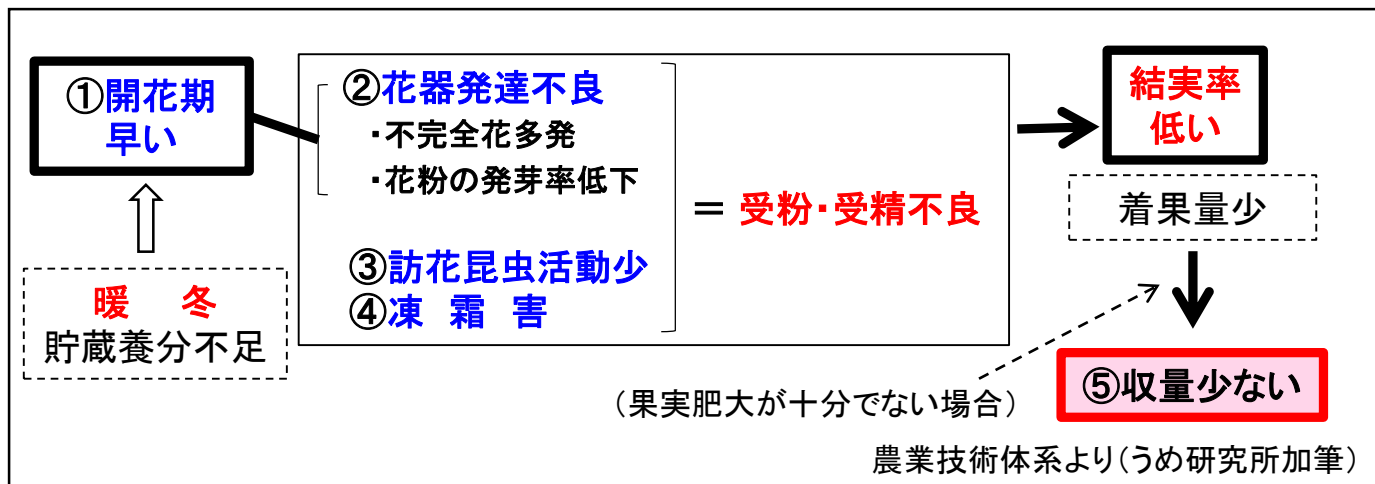
研究成果は2020年10月13日付で国際的な学術誌である「The Plant Journal」に掲載されました。

Numaguchi, K., Akagi, T., Kitamura, Y., Ishikawa, R., Ishii, T. (2020) Interspecific introgression and natural selection in the evolution of Japanese apricot (*Prunus mume*). *Plant J.*, 104, 1551–1567.

令和2年産ウメ不作の要因について

令和2年産の和歌山県のウメ収穫量は41,300tで、昨年より約3割減少し1993年以降で最も少ない収穫量になりました(農林水産統計)。10aあたりの収量も同様に昨年より約3割減少し841kgとなり、1986年以降で最も少なくなりました。1965年以降続く収穫量全国1位は維持しましたが、全国に占める割合も昨年の65%から58%に減少しました。そこで、令和2年産ウメ不作の要因について考察しました。

◆ウメ不作の要因



- ①令和2年の冬(令和元年12月～令和2年2月)は、記録的な暖冬となったため開花期が早くなりました。うめ研究所の満開日は2月3日で、平年より16日早まりました。
- ②花が早く開花すると、例年並みに開花したものに比べて雌ずいがないもの、あっても短いもの、短く曲がっているもの、子房の発達が悪いもの等の不完全花が多発することが報告されています。また、花粉の発芽率が低くなるとの報告もされています。
- ③令和2年は、開花期にミツバチが活動できる気象条件(気温13℃以上、風速3m/s以下、降雨なし)の時間が38時間と少なく受粉効率が悪かったと考えられます(うめ研究所観測データ)。そのため、4月中旬の着果率が7.4%と過去10年で最も低くなりました(日高果樹技術者協議会)。
- ④令和2年の開花直後の2月上旬に-0.5℃から-1.2℃の最低気温に4日遭遇したため、凍霜害による影響も考えられます。

上記①～④の要因に加えて、令和2年の4月から6月中旬の果実肥大期の降雨量が364mmで平年の約60%と少なかったため(うめ研究所観測データ)、着果量が少なかったにもかかわらず果実が十分に肥大せず、⑤収量は少なくなりました。

◆今後の対応

うめ研究所では、令和2年の暖冬の気象条件を再現し、冬季の高温が花器の発達に及ぼす影響を調査します。また、このような暖冬の年でも十分な結実量が確保できた園も見受けられましたので、その要因についても調査し、近年の温暖化に対応したウメ栽培方法を検討します。



再現試験の様子

「橙高」の安定生産技術の確立

「橙高」は和歌山県のオリジナル品種であり、果実が橙色に着色する特徴を有する自家和合性品種ですが、他品種と比較して収量の年次変動が大きい傾向があります。また、和歌山県の主力品種である「南高」の完熟収穫果では3L以上の果実が主体となるのに対して、「橙高」では果実が小さい傾向であるため、十分な収量を得られないことがあります。そこで、「橙高」の仕立て方が収量や階級構成に及ぼす影響について検討しました。

◆「橙高」の早期多収栽培に適した樹形の検討

2017年時点で5年生の「橙高」について、主幹形および開心自然形の各供試樹の樹体生育、完熟果収量および階級構成を調査しました。

樹形の違いと樹体生育

樹形	樹容積 (m ³) ^x	拡大指数 ^y
主幹形	23.4	150.7
開心自然形(対照)	35.9	282.7
有意差 ^z	ns	*

^x樹容積は2019年の値

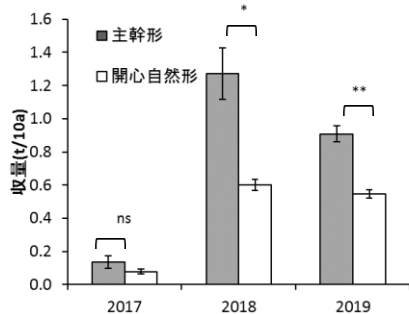
^y拡大指数は2017年の値を100とした2019年の指数

^z検定により、異なる符号間に*は5%水準で有意差があり、nsは有意差がないことを示す(主幹形:n=3、開心自然形:n=4)

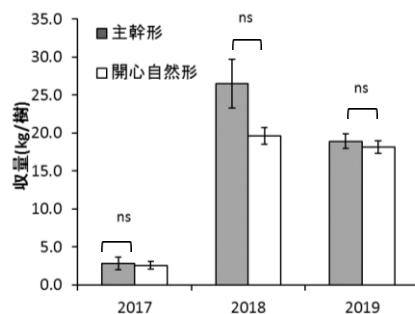


主幹形は開心自然形と比較してコンパクトな樹形となります。

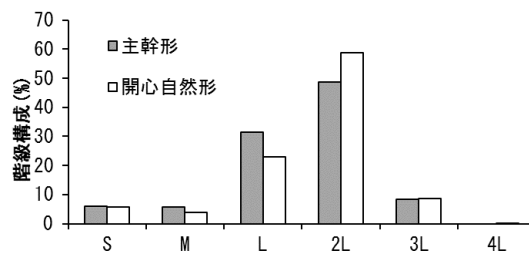
主幹形仕立て「橙高」の着果状況



1樹当たりの収量(kg)



10a当たりの収量(t)
(樹冠占有面積より主幹形:48本/10a、
開心自然形:30本/10aとして算出した)



収穫果実の階級構成

^t検定により、異なる符号間に**は1%水準で、*は5%水準で有意差があり、nsは有意差がないことを示す(主幹形:n=3、開心自然形:n=4)
エラーバーは標準誤差を示す

主幹形の1樹あたりの収量は開心自然形と比べて同等以上であり、植栽本数が多くなるため10a当たりの収量は増加傾向となります。主幹形でも開心自然形と同様に2L、Lサイズの果実が主体となります。

【まとめ】

「橙高」については、樹体がコンパクトになる主幹形を用いることで10a当たりの収量を増加させることが可能であります。また、β-カロテン含量が高いことが報告されている2L、Lサイズの果実割合が主体となることが明らかとなりました。

「露茜」の安定生産のための樹勢強化技術の開発

「露茜」は従来のウメ品種と比べ、樹齢を重ねると主幹上部が弱り樹勢が低下しやすいため、安定生産が難しい品種です。そこで、樹勢強化を図るため主幹上部に樹勢が強い品種を高接ぎする方法について検討しました。

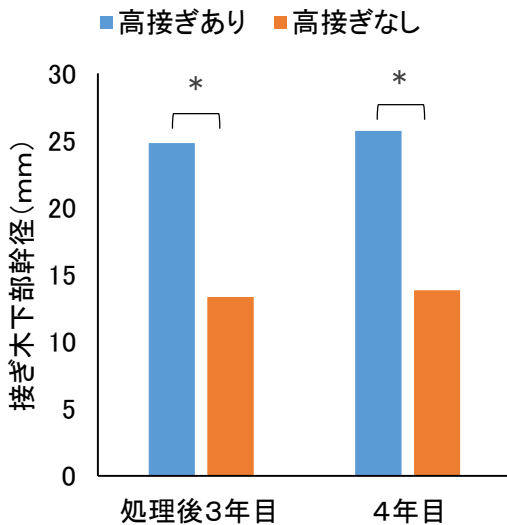
◆「露茜」主幹上部への高接ぎによる樹勢強化

・主幹形仕立て樹の地上約2mに強樹勢品種の「NK14」を高接ぎし(2016年9月、樹齢4年)、高接ぎしていない主幹形と比べ、幹径、新梢発生本数および収量について推移を調査しました。



高接ぎあり(左)と高接ぎなし(右)の樹形と接ぎ木部
※赤矢印は幹径の測定部分を示す

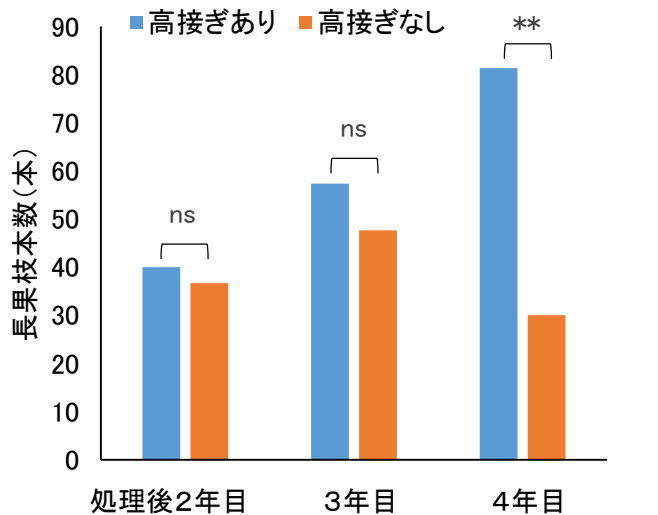
・新梢の発生は、高接ぎあり区では樹幹上部に長果枝が多く発生しましたが、高接ぎなし区では樹幹の上部からの発生は少なく、下部からの発生が多くなりました。



接ぎ木下部の幹径

接ぎ木部真下で測定

*はt検定により5%水準で有意差あり(n=3)



長果枝本数

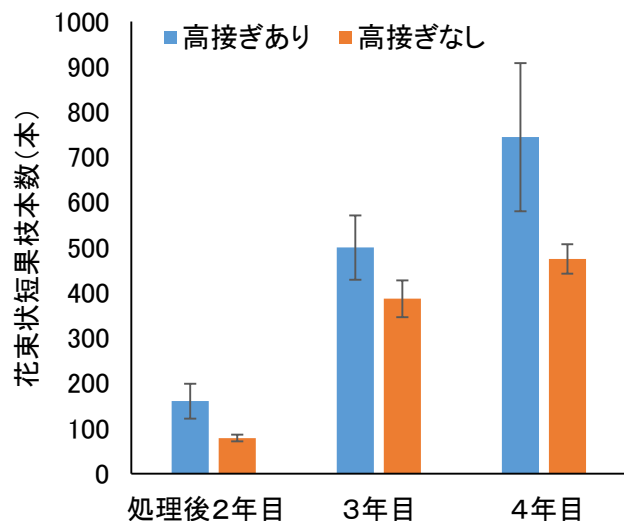
50cm以上の枝を長果枝とした

**はt検定により1%水準で有意差があり、nsは有意差なし(n=3)

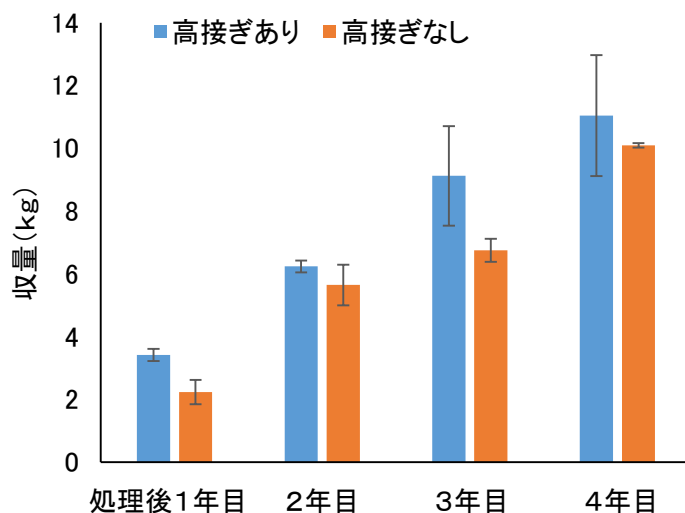
・接ぎ木下部の幹径は、高接ぎあり区では高接ぎなし区と比べ、太くなりました。

・樹勢の維持につながる長果枝の発生本数は、高接ぎあり区では高接ぎなし区と比べ、処理後4年目に増加しました。

◆「露茜」主幹上部への高接ぎによる収量への影響



1樹あたりの花束状短果枝本数
3cm以下の枝を花束状短果枝とした
縦棒は標準誤差を示す(n=3)



1樹あたりの収量
縦棒は標準誤差を示す(n=3)

- ・結果が良好となる花束状短果枝数は、処理後2年目から増加し、特に高接ぎあり区では高接ぎなし区と比べ、発生が多い傾向が認められました。
- ・1樹あたりの収量は、高接ぎあり区では高接ぎなし区と比べ、処理後3年目に多くなる傾向が認められました。



花束状短果枝

【まとめ】

「露茜」において強樹勢品種の「NK14」を主幹形上部に高接ぎをすることで幹径が太く、長果枝の発生も多くなり、**樹勢維持に効果的である**ことがわかりました。また、1樹あたりの収量は、処理後3年目に多くなる傾向が認められました。

今後、樹勢強化に最も適した高接ぎ用品種の選定を行うとともに、これらの新しい技術について現地実証を行い、現場への普及を進めていきます。

和歌山県 果樹試験場

うめ研究所

〒645-0021 和歌山県日高郡みなべ町東本庄1416-7

TEL:(0739) 74-3780

FAX:(0739) 74-3790