

レンコン未利用部位における抗酸化機能性と
その一次加工品の検討

■はじめに

茨城県は国内レンコン生産量の約半数を占める日本一の生産地であり、この主な生産地域は、霞ヶ浦周辺に集中しています。このためレンコン栽培が霞ヶ浦の水質に対する環境負荷の一因と考えられることがあります。

茨城県では霞ヶ浦における環境負荷の実態把握や削減対策に取り組んでいますが、当研究室では収穫時に利用されずにレンコン田に戻されている下位節（すね）などのレンコン未利用部位について、その利用を図ることで、レンコン田からの持ち出し量を増やし、環境負荷のさらなる軽減に寄与出来ないか検討しています。

レンコンには、抗酸化機能性成分として知られているカテキン類などのポリフェノールが含まれています。しかしながら、この機能性成分について、一般に食用にする節間その他、節、芽など、部位の違い、粉末などの一次加工を行った際のそれぞれの加工法による違いなどについて、未知な要素も多くあるため、様々な機器分析などにより紐解いて行きました。

■レンコンに含まれるカテキン類について

レンコンに含まれるカテキン類について、PDA-HPLC を用いて標準試料と比較検討を行いました。この結果、レンコンに含まれる主要なカテキン類としてガロカテキンおよびカテキンの存在が明らかになりました(図1)。またカテキン類は、様々なパターンの重合体として存在しますが、レンコンではこれら2つの化合物、および2つの化合物が様々なパターンで重合した化合物から構成されることが明らかになりました。しかしながら、抗酸化機能には他にも様々な成分が関与する可能性があるため、H-ORAC 法による評価を加え

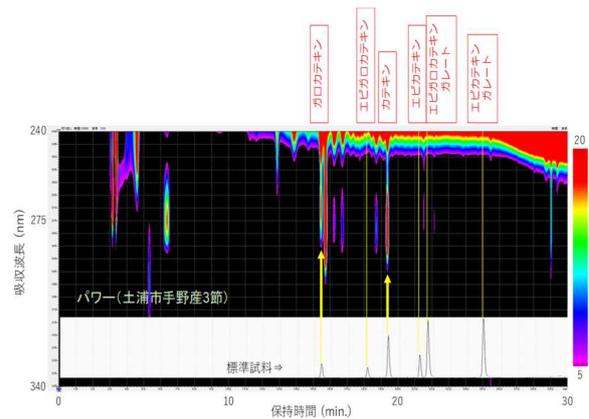


図1 レンコン粗抽出物のHPLCクロマトグラム (PDA240-340nm,パワー3節)

ました。

■H-ORAC 法による抗酸化機能の評価

H-ORAC 法とは、農研機構食品研究部門が抗酸化機能性の評価法として推奨する標準手法のひとつで、作物や食品に含まれる水溶性の抗酸化機能性成分の全体を数値化して評価する方法です。県内では様々な品種・系統のレンコンが栽培されています。そのため、それぞれの品種・系統を収集し、節間の1、2、3および4節目、また、節、芽、すねなどの各部位ごとに測定を行いました。この結果、節間における H-ORAC 値は下位節ほど高くなり、節、芽、すねなどの各部位では更に高い値を示すことが明らかになりました(図2)。

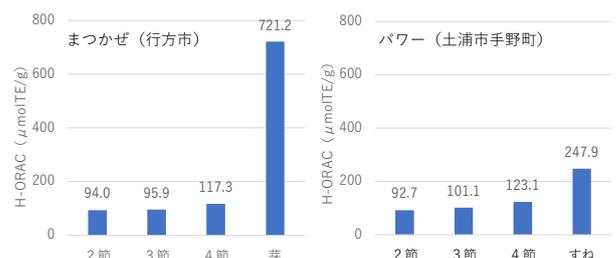


図2 レンコン各部位毎のH-ORAC値比較 (μmolTE/g)

■乾燥方法の評価

この様にレンコンの節、芽、すねなどの未利用部位では節間と比べて抗酸化機能が高いことが分かりましたが、これらを利用する場合、粉末処理などの一次加工を施すことが考えられます。そこで乾燥方法の違いが抗酸化機能に影響を及ぼすかを調べました。ここでは一般によく行われる熱乾燥のほか、除湿乾燥、真空熱乾燥、および真空凍結乾燥を比較しましたが、熱をかけないで乾燥を行う真空凍結乾燥が最も高い値でした（図3）。ここで興味深い点は、同時に測定した紫色に変色しかけたすね部分の値です。すね部の状態の違いにより抗酸化機能が異なることが分かります。

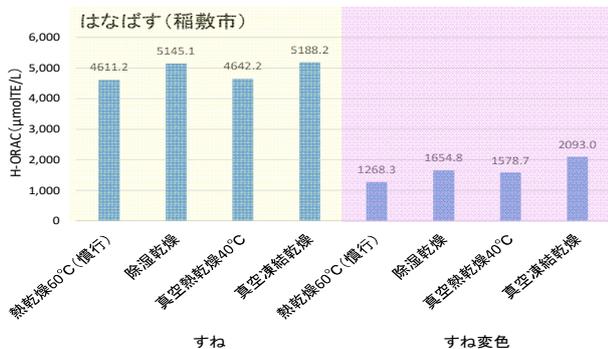


図3 乾燥法の違いにおけるレンコン未利用節粉末のH-ORAC値

■安全性の評価

この様に未利用部位の利用が有望視されるようになると、安全性について検証が必要になってきます。そこで乾燥前の表面殺菌処理方法や乾燥後の一般生菌数について調査を行いました。通常レンコンは出荷調整時に水道水などで丁寧に洗われますが、ここでは更に殺菌効果が期待できる方法として、微酸性電解水、95°C温湯、対照として蒸留水で洗浄した場合を比較しました（表1）。この結果、微酸性電解水と95°C温湯で洗浄した場合、蒸留水で洗浄したものよりも一般生菌数は少なく、市販のレンコン粉末と比較しても少ないことが分かりました。また、上記の真空凍結乾燥を行った粉末における一般生菌数についても、市販粉末と比較し少なくなりました（表2）。ここでは、一般生菌数は節部分でやや高い数値でしたが、すね部分においては節間（可食部）と同等であり、市販粉末より低い値でした。

表1 レンコン未利用部位の殺菌法が及ぼす一次加工品の安全性評価（一般生菌 cfu/ml）

部位	節			すね			市販粉末	
	殺菌方法	微酸性電解水	95°C熱湯	蒸留水	微酸性電解水	95°C熱湯		蒸留水
一般生菌数		5	6	5.5x10	陰性	陰性	陰性	2.9x10 ²

表2 レンコン未利用部位の一次加工品における安全性評価（一般生菌 cfu/ml）

試料	真空凍結乾燥				可食部2節粉末	市販粉末
	節		すね			
	生産者A	生産者B	生産者A	生産者B		
一般生菌数	1x10 ³	8.3x10 ³	11	8	8	2.9x10 ²

*土浦市手野町産の「パワー」を供試

■二次加工品の試作

レンコン未利用部位、特に真空凍結乾燥処理を行ったすね部分の一次加工乾燥粉末について、抗酸化機能性成分が多いことと安全性が高いことが明らかになったため、この粉末を使用して二次加工品として麺を試作しました（図4）。この未利用部を使用した麺は、一般に食用にする節間（可食部）を使用した場合と比較して外観色がやや暗い色調を呈しましたが、市販粉末を使用したものより明るい色調でした。また、食感や味はすべて同等と感じられました。

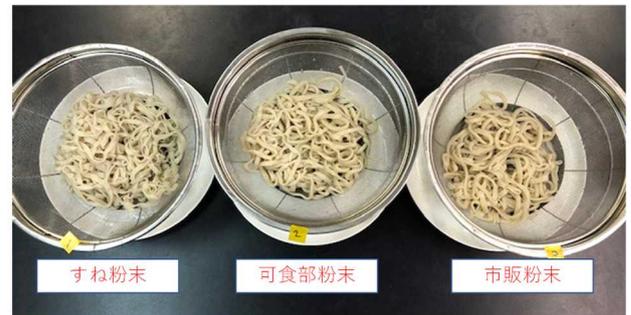


図4 レンコン未利用部粉末を使用して試作した麺

* 市販レンコン麺と同様、中力小麦粉にレンコン粉末5%混合して作成

* 新型コロナウイルス蔓延防止の観点から食味評価は担当者のみで行った

■未利用部位の利用は環境負荷の低減へ繋がる

現状では未利用部としてレンコン田に戻され廃棄されている下位節（すね）部分には有用な抗酸化機能性成分があり、一次加工することによりその利用の可能性は広がります。今回の試験結果では下位節のみではなく芽や節といった部位についても更に高い抗酸化機能が認められたことから、これらの部位も加えて新たな食材原料として展開してゆくことも良いのではないのでしょうか。そしてこれが環境負荷の低減にも繋がるとしたら、良いと思いませんか。

（流通加工研究室 飯村健）

ナシ樹跡地への高温水点滴処理は土壤のいや地リスクを低減する

ナシ白紋羽病の防除技術である高温水点滴処理には、同病害の感染の有無に関わらず、定植後の樹の初期生育を促進する効果が確認されています。今回、その要因分析の一つとして、土壤のアレロパシー活性を評価する根圏土壤アッセイ法（写真）を用いて、高温水処理が土壤のいや地リスク（レタス根の生育阻害率）に及ぼす影響を調査しました。

「幸水」4年生樹3樹を抜根した跡地に、1.5m間隔で植栽するために高温水処理を行ったところ、処理前の土壤の阻害率が27～70%に対して、処理後の阻害率は21～39%となり、阻害率を低下させる効果が確認されました（図）。なお、ナシ樹由来の生育阻害物質は水溶性と想定されることから、抜根直後に跡地へ高温水処理を行う際は、処理効果を安定させるため、地下の到達温度に関わらず十分な水量を処理してください。

（果樹研究室）

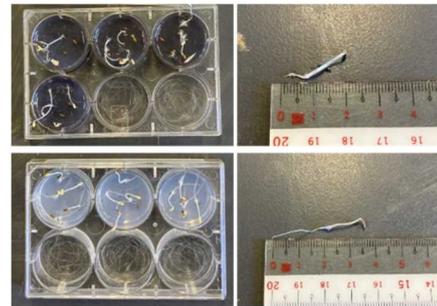


写真 根圏土壤アッセイ法による土壤の阻害率測定の様子

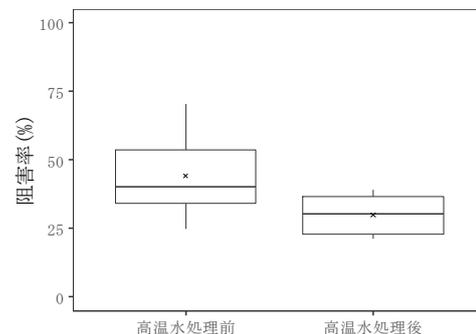


図 ナシ露地土壤における高温水処理前後の阻害率

夏秋どりキャベツの簡易な出荷期予測シートを開発しました

加工・業務用キャベツ経営では、定時・定量出荷を行うための適切な生産計画の策定と併せ、取引先へ事前に出荷日や出荷量等の情報を提示する必要があることから、高精度な出荷予測技術の開発が求められています。

そこで、加工・業務用キャベツ主力品種「初恋」「おきな SP」について、夏どり・秋どりの2作型で試験栽培し、環境・生育データを収集し、生育モデルを構築しました。また、構築した生育モデルに基き、定植予定日や生育中のキャベツの大きさから、結球部が収穫予定重量に到達する日（収穫予測日）が表示される出荷期予測シートを開発しました。

開発した出荷期予測シートには、生育モデル式や気温データを組み入れてあり、定植予定日及び生育中のデータ入力（定植後の「株の最大径」や「結球部直径」）により、収穫したい結球部の重量別に、収穫予測日が表示されます（右図）。

県央地域における令和3年までの現地実証では、実際の収穫日と比較して、夏どりでは±3日程度、秋どりでは±5日程度の誤差となり、令和4年からは県内他産地での適応性の検討を開始しています。本技術の活用により、出荷期を数値で‘見える化’することで、産地と取引先が早期に情報共有することが可能となり、計画的なキャベツ生産の実現に寄与するものと考えられます。

（野菜研究室）

【キャベツ出荷期予測シート】活用例
（作型：春植え夏どり、品種：「初恋」、栽培地：笠間市・小美玉市の例）

定植前のお荷物期予測シート（「定植予定日」と「苗葉数」から出荷期予測ができる）

品種	作型	目標1個重(kg)	収量(t)	結球部直径(cm)	収穫(やや早い)						収穫適期
初恋(早生種)	夏どり	1.4	5.8	208	6月9日	6月10日	6月12日	6月13日	6月14日	6月15日	6月18日
初恋(早生種)	夏どり	1.5	6.3	211	6月14日	6月15日	6月16日	6月17日	6月19日	6月20日	6月23日
初恋(早生種)	夏どり	1.6	6.7	215	6月23日	6月24日	6月25日	6月27日	6月28日	6月29日	7月1日

図 キャベツ出荷期予測シートの表示例
（定植予定日を入力するだけで、目標の重量の収穫予測日が表示される）

トルコギキョウにおける EOD-FR の開花前進、切り花長増大効果

トルコギキョウの開花前進、高品質な切り花生産の技術として EOD-FR（日没後の短時間遠赤色光照射）が報告されていますが、2度切り栽培における技術は確立されていませんでした。そこで、当研究所では県内農家も取り組んでいる2度切り栽培での EOD-FR の開花、切り花形質への効果を明らかにしました。

定植後から3時間の EOD-FR により、1番花、2番花ともに多くの品種で開花が前進し（1番花で最大8日、2番花で最大12日）、切り花長が増大



写真 「セブレリッチホワイト」1番花（上：無処理区、下：照射区）

しました（1番花で最大14cm、2番花で最大12cm）。なお、2番花への開花前進、切り花長増大の効果は、1番花収穫後からの照射より、定植直後からの照射の方が大きくなりました。しかし、品種によって開花前進、切り花長増大の効果の程度は異なるため、品種ごとに効果を確認する必要があります。今回、当研究所では県内で栽培されている10品種を供試しましたが、表に主力品種である「セブレリッチホワイト」についてデータを記載します。（花き研究室）

表 「セブレリッチホワイト」における

EOD-FR の開花日及び切り花長への影響

	処理区	開花日	開花日の		
			前進日数 (日)	切り花長 (cm)	切り花長 の増大量 (cm)
1番花	無処理区	12/11	-	51.3	-
	照射区	12/3	8	62.3	11.0
2番花	無処理区	6/10	-	98.3	-
	照射区	6/1	9	104.7	6.4

※6月2日播種後、10℃で30日間種子冷蔵。その後、人工気象室で本葉が3～4対展開するまでの約2か月間、昼温25℃（8時～16時）夜温15℃（16時～8時）のクーラー育苗を行い、8月25日に圃場に定植。

レンコン田土壌のアンモニア態窒素を評価するための簡易な土壌採取法

レンコンが吸収する窒素の形態は「アンモニア態」ですが、レンコン田土壌のアンモニア態窒素量は、圃場により差があります（図1）。

土壌分析をすることで圃場の土壌中アンモニア態窒素量を把握することができますが、レンコン田において、土壌の採取方法は確立していませんでした。そこで園芸研究所では、身近な器具を用いた、簡易な土壌採取法を検討しました。

当所で慣行的に行う透明円筒による土壌採取法（円筒法）と、移植ごてを用いた簡易な土壌採取法（移植ごて法）により2圃場から土壌を採取してアンモニア態窒素を分析した結果、円筒法と移植ごて法の分析値は同等であることを明らかにしました。

円筒法は専用の器具が必要であることに対し、移植ごて法では一般的に販売されている移植ごてを用いることができます。移植ごて法では、土壌30cmまでを均一に採取するため、まず土壌の

0～15cmをすくい、次に15～30cmまでを1回目の採取と同量をすくいます。

また土壌中のアンモニア態窒素は、圃場内ではばらつくことがあります。そこで圃場の四隅と中心の5点から土壌を採取し、よく混和したものを圃場の土壌サンプルとすることで（図2）、精度の高い分析値が得られます（表）。（土壌肥料研究室）

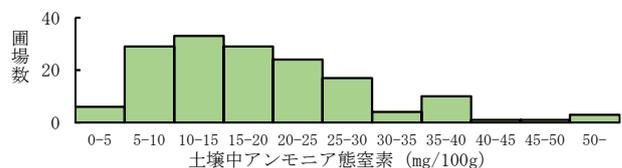


図1 県内レンコン田における土壌中アンモニア態窒素量ごとの圃場数の分布（調査数：110筆）

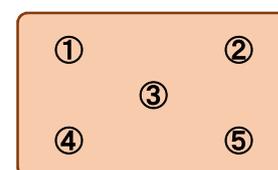


図2 土壌採取地点のイメージ（5点）

表 各土壌採取法によるアンモニア態窒素の分析値

試験地	土壌採取法	アンモニア態窒素 (mg/100g)
土浦市	移植ごて	19.7
	円筒	18.6
行方市	移植ごて	23.1
	円筒	24.0

※ 供試した土壌は、圃場の四隅と中心の計5点から採取した

AI を活用した病害虫診断技術の開発

農作物に発生した病害虫を適切に防除するためには、病害虫を早期に診断する必要があります。しかし、診断には専門的な知識や経験が必要であり、新規就農者等の経験の少ない農業者にとって容易なことではありません。そこで、生産現場で迅速な病害虫診断を可能とするため、スマートフォン等携帯端末で撮影した画像を用いて病害虫を診断できるアプリケーションの開発に向け、農林水産省の委託プロジェクト「人工知能（AI）を活用した病害虫診断技術の開発」に参画しました。

病虫研究室では、トマトの主要病害虫 10 種の画像データを約 2 万 8 千枚収集しました。これらの画像データをもとに開発された病害虫画像 AI（識別器）の精度とアプリ（写真）の実用性を評価した結果、病害虫診断精度は 80%以上と高い精度を得ることができました。

本事業で収集したトマト主要病害虫の被害画

像はオープンデータ (<https://www.naro.affrc.go.jp/org/niaes/damage/#!index.md> (図)) として公開されており、他参画機関が収集したイチゴ、キュウリ、ナスの被害画像も格納されていますので、ぜひご活用ください。なお、これらの成果を活用し、農薬メーカーから無償でアプリが公開されています。(病虫研究室)



図 病害虫画像データベース (上記 URL) の QR コード



写真 アプリ画面のイメージ

焼き栗加工に向く生クリ果実の冷蔵と冷凍を組合せた長期貯蔵方法

近年、農家や JA においてクリを焼き栗に加工して有利販売をしたいという要望がありますが、焼き栗向け生クリの長期貯蔵技術は確立されていません。そこで、年明け以降も高品質な焼き栗加工を可能とする冷凍を取り入れた貯蔵方法および加工方法を明らかにしました。

まず、焼き栗加工を「傷入れ」を冷凍前に行うか冷凍後に行うか、また、冷凍栗への傷入れ方法、焼成前の予備加熱の有無等について、0℃で 1.5 ヶ月冷蔵貯蔵後の生クリを用いて焼き栗の品質に及ぼす影響を検討しました。その結果、果肉色や糖度、食味評価および焼き栗加工前の作業性を考慮すると、冷蔵貯蔵後に「傷入れ→冷凍→焼成」区の加工方法が最も妥当と考えられました (表 1)。

次に、冷蔵のみで 3 ヶ月貯蔵する方法に対し、冷蔵貯蔵の途中で冷凍貯蔵に切り替えた場合の切り替え時期が焼き栗の品質に及ぼす影響を調査しました。その結果、糖度は冷蔵後

冷凍貯蔵しておくのと冷蔵貯蔵のみより高い傾向があり、食味は肉質が最も粘質な「冷蔵貯蔵 1.5 か月後冷凍貯蔵 1.5 か月」区で最も総合評価が高くなりました。

以上のことから、生クリを 1.5 か月冷蔵貯蔵 (0℃, 非密封包装) し糖度を上昇させた後、果実に傷入れを行ってから冷凍すると、凍ったまま加工でき、3 ヶ月冷蔵貯蔵のみをするより食味のよい焼き栗の加工が可能であることが分かりました。なお、本試験では、品種は「石鎚」で 2L~3L を用いました。(流通加工研究室)

表1 1.5か月冷蔵貯蔵した生クリの冷凍処理および傷入れ時期の違いが焼き栗の品質に及ぼす影響

試験区	剥皮性 ¹⁾	果肉色 ²⁾		糖度 ³⁾		官能評価 ⁴⁾			
		L*	a*	b*	(Brix%)	果肉色	味	肉質	総合
冷凍前	—	58.4	5.4	26.9	18.4	-0.1	-0.3	0.6	0.3
傷入れ→冷凍→焼成	1.7	58.0	4.4	25.4	18.2	0.6	-0.1	0.5	0.4
対照(冷蔵貯蔵1.5か月延長→傷入れ→焼成)	2.4	51.7	6.6	25.8	17.8	-0.7	-0.5	0.8	-0.3

1) 調査は、1区10果を次の基準により目視で評価。
[0]剥きにくい、[1]やや剥きにくい、[2]やや剥きやすい、[3]剥きやすい
2) 果肉10果をペースト状に均一化し、5mm厚に圧延。 3) 蒸留水を加えて混合後、遠心分離上清液測定。
4) 評価基準：果肉色：[-3]かなり悪い、[-2]悪い、[-1]やや悪い、[0]普通、[1]やや良い、[2]良い、[3]かなり良い、味(クリらしい味)：[-3]かなり弱い、[-2]弱い、[-1]やや弱い、[0]普通、[1]やや強い、[2]強い、[3]かなり強い、肉質：[-3]かなり粘質、[-2]粘質、[-1]やや粘質、[0]普通、[1]やや粘質、[2]粘質、[3]かなり粘質、総合：[-3]かなり不味い、[-2]不味い、[-1]やや不味い、[0]普通、[1]やや美味しい、[2]美味しい、[3]かなり美味しい

表2 生栗の3か月貯蔵における冷蔵と冷凍の組合せ期間の違いが焼き栗の品質に及ぼす影響

試験区 (か月)	果肉色 ¹⁾			糖度 ²⁾		官能評価 ³⁾		
	L*	a*	b*	(Brix%)	果肉色	味	肉質	総合
貯蔵前	66.4	3.8	30.4	13.2	—	—	—	—
冷蔵1.5+冷凍1.5	58.6	3.9	21.8	17.2	0.4	0.1	0.4	0.4
対照(冷蔵3.0)	54.8	5.2	21.6	16.4	-0.2	0.3	-0.2	-0.2

1) 表1の脚注2)と同様。 2) 表1の脚注3)と同様。 3) 表1の脚注4)と同様。

トピックス

イチゴにおけるスマート農業実証プロジェクトの取組に関する終了時評価について

当所が実証代表機関となり、令和2～3年度の2か年にかけて実施した「直売イチゴ経営におけるスマートフードチェーン構築によるデータ駆動型高収益経営体系の実証」の取組が、実証プロジェクト運営委員会による終了時評価においてA評価をいただきました。

この取組は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（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）の支援を受け、当所のほか、常陸大宮市の直売イチゴ経営体（つづく農園）、民間企業4社及び県関係機関でコンソーシアムを構成し、各種スマート農業機器・技術の活用により、生産から販売まで一貫したスマートフードチェーンを構築するデータ駆動型農業モデル（集客予測を含む）の実証を行ったものです。

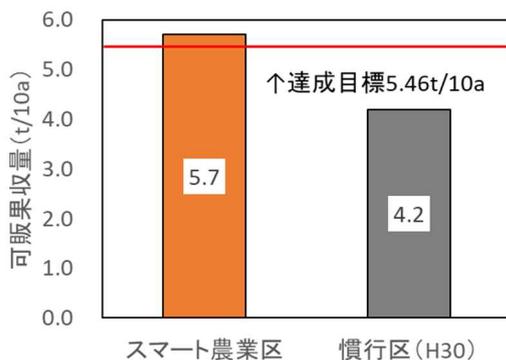


図1 令和2年度収量実績（橙色グラフ）

今回の終了時評価では、本取組に関して、環境制御装置による換気作業時間の削減、AI養液土耕装置による灌水作業時間の削減、アシストスーツによる作業負担軽減を実証したことをはじめ、多様な媒体を活用したアウトリーチ活動の実践、出荷量・集客予測モデルに基づくスマートフードチェーンが販売単価の向上に有効であることを実証した点などについて高評価をいただいています。

本取組により得られた知見や成果については、研修会等により広く周知を図っていくこととしています。興味や関心をお持ちの方は、当所または最寄りの農林事務所経営・普及部門、地域農業改良普及センターまで御連絡ください。

（野菜研究室）



図2 アシストスーツによる作業負担軽減

トピックス

ナシの主要課題現地検討会を開催しました

令和4年7月14日に園芸研究所において、ナシの新系統「ひたちP3号」、「ひたちP4号」をテーマに主要課題現地検討会を開催しました。当日は県内のナシ生産者の他、関係機関を含め96名の参加がありました。研修会ではナシの新系統「ひたちP3号」、「ひたちP4号」の収穫時期や果実品質といった特性について説明しました。これらの両系統はナシの主要病害である黒星病に強い抵抗性をもっています。圃場見学では、実際の樹を見ながら栽培方法や特性について矢継ぎ早に質問が行われ、新しい系統への関心の高さが窺えました。今後は、園芸研究所における試験と併せ現地適応性試験等を通して両系統の特性把握

や生産性・品質の向上技術の検討を進めてまいります。（果樹研究室）



新系統の樹を見学する生産者と特性を説明する研究員