

イチゴにおける スマート農業実証プロジェクトの取り組み

■はじめに（スマート農業について）

園芸研究所では、令和2年度に採択された農林水産省の委託事業である「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト」において、「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」として、2カ年の実証事業に取り組んでいます。「スマート農業」とは、農林水産省の説明によると「ロボット、AI、IoT（モノのインターネット）などの先端技術を活用する農業」とされており、各農業分野において、先端技術を活用し、担い手の減少・高齢化、省力化、生産性の向上といった農業全体の課題解決に取り組むための手段といえます。我々のプロジェクトでは、常陸大宮市の「つづく農園」を実証農場として、園芸研究所の他に専門技術指導員室、常陸大宮地域農業改良普及センター、PwC あらた有限責任監査法人、(株)サカタのタネ、(株)ルートレック・ネットワークス、(株)イノフィスにご参画いただいてコンソーシアムを組み、実証に取り組んでいます。以下では園芸研究所が主体として取り組んでいる項目を中心に、実証内容を紹介させていただきます。

■中小規模ハウスに適した環境制御

本県のイチゴの生産は、そのほとんどが単棟パイプハウスによるものです。これら中小規模のパイプハウスと親和性が高い環境制御装置として、ユビキタス環境制御システム（以下 UECS）を実証装置として選定しました。UECS は自作可能なシステムですが、普及性を考慮し、(株)サカタのタネがアフターサービスを行っている、ワビット社製の「アルスプラウト」という UECS に準拠した装置を用いています（図1）。



図1 UECSのセンサボックス（環境測定ノード）

UECS は自律分散型のシステムで、必要な箇所のみを自動化することが可能です。この特性を活かして、つづく農園ですでに使用されている炭酸ガス施用装置と UECS を接続し、導入経費を抑制しています。環境制御はその他に、自動換気とクラウン冷却を行っていますが、特に力を入れているのは、クラウン冷却です。つづく農園では、茨城県オリジナル品種「いばらキッス」を主要品種としており、その良食味である特性から人気の高い売れ筋商品となっています。ただし、当品種は栽培特性上早期定植を行うと、第一次腋花房の花芽分化が遅れ、収穫の谷ができるという問題があります。これは、定植後に暑い環境にさらされることで起こります。クラウン冷却では、冷水が流れているチューブを、イチゴの生長点付近であるクラウン部に接触させ、局所的に冷却するシステムです。本プロジェクトでは、冷水源を地下水、制御を UECS にすることにより、安価にクラウン冷却を行うシステムを構築し、冷却効果を確認しました（図2）。この結果として、第一次腋花房の開花前進効果が確認されています。

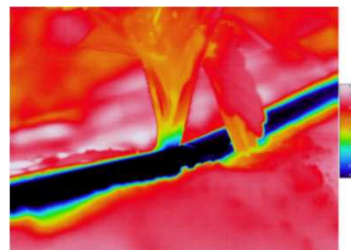


図2 クラウン冷却の状況（熱画像）

■AI を利用した養液土耕

本県のイチゴ生産は土耕栽培が主流となっていますが、養液管理のスマート化として、AI を利用した養液土耕システムである（株）ルートレック・ネットワークスの「ゼロアグリ」の実証を行っています。本装置は、データを全てクラウド上で管理するため、インターネットを通じていつでもどこでもモニタリングと設定値の見直しが可能です（図3）。本装置では、地温、土壤水分、土壤 EC をモニタリングしながら、ピンポイント天気予報の情報を AI が解析し、栽培管理者が設定した土壤水分値となるよう、自動で給液管理が出来ます。本装置の導入により、養水管理の自動化と精密化による増収を実証しています。



図3 ゼロアグリ のダッシュボード

※ダッシュボードとは種々のデータをグラフィカルにまとめたデータ可視化ツールのこと。ここではクラウドで管理される日射量、地温、土壤水分値、土壤 EC 値のモニタリング画面を示している。

■生育の自動測定

収量を高めるには、環境データのみではなく、作物の生育状況を的確に把握する必要があります。我々のプロジェクトでは、参画機関の PwC あらた有限責任監査法人がこの項目を担当し、生育の自動測定技術開発・実証に取り組んでいます。生育測定の方法として、まず圃場内にカメラを設置しました。その機材として、普及性を考慮して、安価で広く入手可能な IoT カメラ (RaspberryPi 3B+, カメラモジュール) を選定しました。IoT カメラは一般的な WiFi によりインターネットへ接続が可能となっており、

クラウド環境への画像データ転送を実現しています。カメラをハウスの上部及び横の 2 か所に設置し、得られた画像から、AI・画像解析技術を用いて、植物の生育データ（花、葉、果実）を抽出するモデルを構築しました（図4）。現在得られた生育データをさらに加工し、開花日・開花数推定を行って収穫日・収穫量予測につなげる段階に進んでいます。

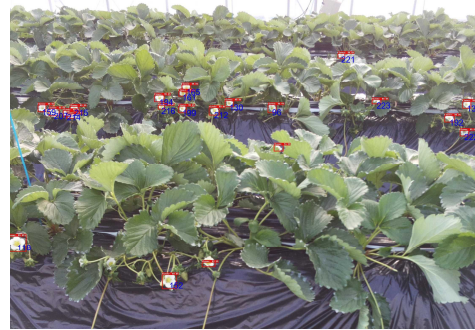


図4 圃場に設置したカメラ画像

AI で検出された花は赤枠（バウンディングボックスと呼ばれる）で囲まれる

■その他の実証技術

実証農場の「つづく農園」では、直売を主体とした経営を行っています。本プロジェクトでは、直売経営ならではのスマート農業として、道の駅の販売データ等を利用した集客予測（需要予測）の開発・実証を行っています。さらに、開花日と積算気温を基にした出荷量予測モデルと需要予測をマッチさせた販売戦略の高度化・効率化により、スマートフードチェーンの実証を行います。また、イチゴの土耕栽培で問題となる腰痛対策として、（株）イノフィスのアシストスーツ（マッスルスーツ Every）を定植や収穫の場面において活用し、作業者の疲労軽減や作業時間短縮の現場実証を行っています。

■おわりに

本プロジェクトは、令和3年度までですが、得られた結果は速やかに普及に移すことになっています。ご紹介した技術は、各項目単独でも導入可能になっていますので、興味のある方はご連絡ください。

（野菜研究室 本間貴司）

クリ「ぼろたん」の省力型樹形における収量とせん定時間

クリ栽培におけるせん定作業は、脚立等の昇降を繰り返すため、年間作業時間の多くを占める作業となります。生産性の向上や規模を拡大するためには、せん定作業の省力化が不可欠です。そこで、従来の低樹高樹形（樹高約 3.5m）から樹高をさらに低く抑え、1年枝を結果母枝とすることで省力化を図った樹形（樹高約 2.5m）を開発し、今後の活用が期待される優れた渋皮剥皮性を持つニホンクリ品種「ぼろたん」で適応性を検討しま

した。

結果母枝数と栽植密度が健全果収量と1果重に及ぼす影響を調査したところ、株間を3m・畝間4mとして結果母枝数を3本/m²以上とした時に慣行低樹高以上の健全果収量となることが分かりました。1果重については、試験区間で違いはありませんでした（図1）。

また、せん定作業時間は結果母枝数を多くするほど増加していきませんが、いずれの試験区でも慣

れ少ない労働時間となりました。
以上から、「ぼろたん」の省力型樹形においては株間3m・畝間4mで結果母枝数を3本/m²、もしくは4本/m²とした場合に健全果収量で優れますが、作業性を考慮すると結果母枝数が3本/m²の時に生産性が高くなることが分かりました。（果樹研究室）

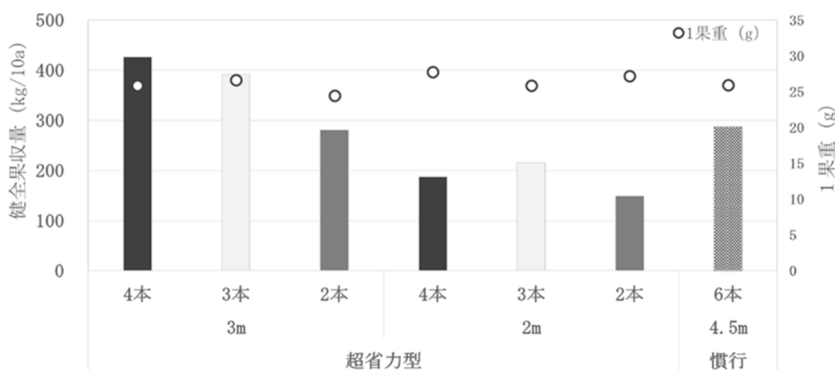


図1：株間と結果母枝密度の違いが収量 (kg/10a) 及び1果重 (g) に与える影響

春植えタマネギは端境期出荷が可能である

国産タマネギの出荷量は7～8月に減少するため、実需者から端境期の供給量増加を求められています。そこで、品種と移植時期の組み合わせにより、7～8月に収穫できる春植え作型を開発しました。本作型は、慣行の秋植えタマネギや水稲と作業を分散しながら導入することが可能です。

春植え作型では、中生～晩生品種を用いて12月下旬～2月上旬までに播種、2月下旬～4月中

旬に移植を行い、6月下旬から7月に収穫でき、端境期である7～8月の出荷が可能となります（図）。適品種でも播種日および定植日が遅くなるほど、倒伏日（圃場内で8割の株が倒伏した日。倒伏日の1週間後を目安に収穫）も遅く、可販収量は低くなる傾向にあります。また、播種時期を早めると秋植え作型と収穫期が重なり、労力が集中することから、注意が必要です。（野菜研究室）



図 慣行および春植えタマネギ、水稲の栽培暦

※春植えタマネギの耕種概要
 品種：「七宝甘70」「オーロラ」（中生）、「ネオアース」（中晩生）、「もみじ3号」「マルソー」「TTN」（晩生）
 栽植様式：うね幅150～160cm、ベッド幅120cm、条間24cm、株間12～15cm、4条植え
 施肥量 (kg/10a)：窒素 15 磷酸 15 加里 15（速効性または肥効期間が短い肥料を用いる）

グラジオラスの連作障害と防除対策

グラジオラスは、連作を重ねると切り花長や切り花重が減少し、ひどくなると葉が黄化し、最終的には採花できなくなります。連作障害が発生した根にはこぶが認められ、土壌からはネコブセンチュウ類が分離されたことから、ネコブセンチュウ類が障害の一つの要因であることが分かりました（図）。

連作4年目のほ場において、土壌消毒区と無処理区を比較したところ、無処理区ではネコブセンチュウ密度（頭/土20g）が、141頭であるのに対し、ダゾメット粉粒剤（商品名：バスアミド微粒剤）による土壌消毒区は初作地並みの頭数に抑えられ（表）、ネコブセンチュウ類の密度低下に有効であることを明らかにしました。

連作4年目と初作地のほ場において、「ハンティングソング」、「ソフィー」、「プリンセスサマ

ーイエロー」、「トラベラ」の4品種について、土壌消毒の効果を確認したところ、いずれの品種も、無処理区では採花率が初作地より大きく下がったのに対して、土壌消毒により採花率は高く維持できました。なお、生育不良が見られる圃場では、ネコブセンチュウ類以外の土壌病害が発生している可能性もあるため、ダゾメット粉粒剤による対策は、ネコブセンチュウ類の密度を計測して、発生を確認した上で講じる必要があります。（花き研究室）

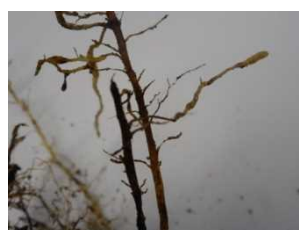


図 グラジオラスの根に生じた根こぶ

表 グラジオラスの連作がネコブセンチュウ類密度に及ぼす影響

試験区	センチュウ密度 (頭/土20g)
無処理	141
土壌消毒	8
初作地	2

注) 定植: H31 4/11、採土日: R1 7/3
土壌消毒: ダゾメット粉粒剤処理
(H31 1/28~3/6)。

堆肥と緩効性窒素を組み合わせた新規混合堆肥複合肥料の肥効特性

近年は、局所的な豪雨等の影響で肥料の流亡による肥効の低下が認められており、安定した肥効を持つ安価な肥料が求められています。一方、国内の肥料メーカーによって、緩やかな肥効をもつ緩効性窒素（ウレアホルム）を堆肥と普通肥

料の複合肥料（混合堆肥複合肥料）に添加した低価格で肥効が緩やかな肥料が開発されました（新規混堆肥料）。その新規混堆肥料の本県野菜栽培への適応性を明らかにするために、H30年とR1年に肥効特性を検討しました。

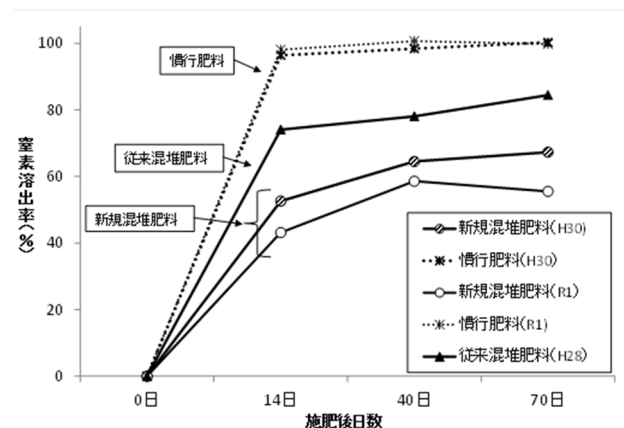


図 供試肥料の窒素溶出率の推移

注1) 土壌30gに供試肥料3gを混和したものを不織布袋に入れて地表面から15cm下に埋設後、定期的に採取し蒸留滴定法により測定

注2) 従来混堆肥料の窒素溶出率は平成28年度の試験結果から引用（新規混堆肥料①、②は従来混堆肥料の緩効度を高めた肥料）

試験では、葉菜類の秋冬栽培を想定して9~11月の肥料の溶出量を調査しました。その結果、施肥14日後における肥料に含まれる窒素の溶出は慣行肥料が約100%に対して新規混堆肥料が約40~50%となり、新規混堆肥料は肥効が緩効的であることを明らかにしました（図）。窒素肥効が緩やかである新規混堆肥料は、肥料成分が作物に効率的に吸収されるため、肥料成分の流亡を低減することが期待できます。

今後、メーカーと情報交換をしながら肥料の改良を重ね、作物の生育・収量への影響について検討していきます。

（土壌肥料研究室）

レタスに発生するネグサレセンチュウ類の被害と防除対策

レタスの生育不良の要因として、近年、ネグサレセンチュウ類の関与が明らかとなってきました。しかし、レタスのネグサレセンチュウ類による被害の特徴や防除法に関する知見が少ないため、園芸研究所では、現地を中心に被害実態を調査し、その防除法について検討を行いました。

レタスのネグサレセンチュウ類による被害は、根部に断続的に入る横縞状の黄変や黒変、ネコブセンチュウ（球形）とは異なるやや細長い褐色のコブが特徴です(写真)。



写真 レタスのネグサレセンチュウ類による被害
黒変(左)、断続的に入る黄変(中)、こぶ(右)

防除対策としては、イミシアホス粒剤(商品名:ネマキック粒剤)を定植前に全面土壌混和(20kg/10a)すると、ネグサレセンチュウ類の根の内部の線虫密度が低下し、根の被害を軽減します(下図)。また、農薬以外に、マリーゴールド、野生種エンバク等による輪作もネグサレセンチュウ類の密度を減少させることができます。被害の状況に応じてこれらの方法を単独、または併用して効果的な防除を行きましょう。

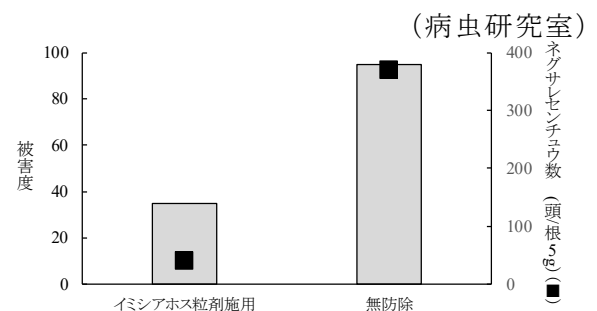


図 レタスのネグサレセンチュウ類に対するイミシアホス粒剤の効果(被害度:被害なし0←→100 全ての根に被害あり)

収穫後のナシ「恵水」果実に対する1-メチルシクロプロペン(1-MCP)処理の品質保持効果

本県ナシオリジナル品種の「恵水」は、大玉で食味良好であり、本県ナシブランド化へのけん引役として期待されています。ブランド化のためには、高品質であることはもちろん日持ち性も良好であることが要求されます。

そこで、収穫後の果実の日持ち性向上を目的に、エチレン作用阻害効果を持つ1-MCPの品質保持効果を検討しました。

9月中旬に果実を収穫し、収穫1日後から常温環境下で20時間1-MCPを処理し、その後20℃(常温)環境で保管し、品質保持に関係の深い果実の呼吸速度と果実品質の変化を調査しました。その結果、1-MCP処理した果実は、無処理よりも呼吸速度が低く推移し(データ省略)、保管後

の劣化・障害果の発生が遅く、果実硬度や食味評価が高く、1-MCP処理の品質保持効果がみられました(表)。(流通加工研究室)

表 1-MCP処理が収穫後のナシ「恵水」の果実品質に及ぼす影響(R1)

収穫後日数 ¹⁾	試験区		重量減少率 (%)	果肉硬度 ²⁾ (lbs)	劣化・障害果の発生数 ³⁾	食味評価 ⁴⁾
	1-MCP	処理の有無				
1日	無	有	0.0	5.3	0/10	4.1
	無	有	1.9	4.9	1/10	3.7
7日	無	有	1.8	5.0	0/10	3.6
	無	有	2.3	4.6	2/10	3.1
9日	無	有	2.3	5.2	0/10	3.8
	無	有	3.4	4.3	5/10	2.2
14日	無	有	3.5	5.0	1/10	3.8
	無	有	3.6	2.7	10/10	1.1
21日	無	有	3.5	4.8	3/10	3.0

注1) 9/18収穫(cc3.1)、9/19~20まで常温(平均22.2℃)で1-MCP処理、その後は20℃で保管

注2) 有意性はt検定による(*:P<0.05, ns:有意差なし)

注3) 調査果数分の劣化・障害果数を示す 網掛けは発生率2割以上を示す

注4) 所内パネラー(15~19名)による、5(良好)~1(不良)の5段階評価 有意性はWilcoxon符号付順位検定による(*:P<0.05, ns:有意差なし)

園芸研究所主催（共催）の検討会から

令和2年度茨城県次世代施設園芸コンソーシアム第3回研修会 長期どりトマトの生育モニタリング指標と栽培環境との関係

令和2年12月17日（木）、農業総合センターと園芸研究所ガラスハウスにおいて「施設園芸における環境制御」及び「長期どりトマトの生育モニタリング指標と栽培環境との関係」と題し、令和2年度茨城県次世代施設園芸コンソーシアム第3回研修会並びに園芸研究所主要課題現地検討会を開催しました。当日はトマト、キュウリ等施設園芸生産者、協力企業及び県関係機関の69名の出席があり、デルフィージャパンの斉藤章氏より、「植物生理の基礎と理論的な施設園芸の考え方」の講演と、園芸研究所で取り組んでいる「生育モニタリングと環境制御技術を活用した長期どりトマトの生育評価・制御技術」の紹介を行いました。

施設園芸ではオランダ式の栽培が理解され、環境制御装置が普及しつつあります。そこで、斉藤

氏は光合成を中心に植物生理の基礎とそれに基づいた施設園芸の展開を紹介しました。園芸研究所では、トマトの生育モニタリング指標と温度と生育との関係を紹介し、栽培を行っているハウスでトマトを観察しながら検討しました。

園芸研究所では今後も、生産者の経営安定や所得向上につながる技術の開発と普及を図っていきます。（野菜研究室）



イチゴ スマート農業現地研修会

令和2年10月29日（木）、常陸大宮市御前山支所及び同市内でイチゴの生産・直売を行っている「つづく農園」において、本年度から実施しているスマート農業開発・実証プロジェクト（プロジェクトの内容は1P参照）の現地研修会を、農業総合センター新品種育成普及プロジェクトチーム「イチゴ：いばらキッス」現地研修会並びに茨城農業アカデミーの講座と兼ねて開催しました。

当日は、イチゴ生産者、共同実証機関、農研機構、県関係機関など110名の出席があり、座学及びほ場を見ながら、つづく農園、園芸研究所、共同実証機関の企業から、実証するスマート農業技術の内容を紹介しました。また、施設野菜担当の専門技術指導員から「いばらキッス」の栽培法に関する情報提供を行いました。

参加者からは、費用対効果を示してほしい、すぐには実行できないが参考になった。他のいばら

キッス生産者に情報提供したいなどの意見が聞かれました。

担い手の高齢化・減少が進む中、先端技術を活用するスマート農業技術の重要性は、ますます高まっていくと考えられます。

儲かる農業の実現のため、今後もスマート農業技術の開発・実証に力を注いでいきます。

（野菜研究室）



全国食品関係場所長会より優良研究・指導業績表彰を受賞しました

令和3年3月15日に、流通加工研究室石井貴室長は、全国食品関係試験研究場所長会より「茨城県産農産物の長期品質保持技術・加工技術の開発」の研究で「優良研究・指導業績表彰」を受賞しました。

本県特産物のクリやレンコンの長期品質保持技術や風味の残る新しい栗甘露煮製造方法を開発し、産地の優位性の確保に取り組んだことが評価されました。



・茨城県の特産物のクリやレンコンの長期品質保持技術や風味の残る新しい栗甘露煮製造方法を開発した。

品種	試験区	収穫時	貯蔵後月数			
			1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月	4ヶ月
丹沢	2℃包装	-1.9	-2.2	-0.8	1.4	2.8
	-1℃包装	-1.9	-2.9	0.7	-1.4	0.3
石鎚	2℃包装	-2.0	-0.5	0.6	1.6	2.6
	-1℃包装	-2.0	-2.0	0.0	0.5	0.7

注) a* 値は、+側で数値が大きいほど赤色が強いことを示す。



左側：従来法 右側：新製法

新しい栗甘露煮製造方法

試験区名	包装方法	重量	カビ等腐敗		表面変色		切口変色		
			残存率 (%)	発生株率 (%)		程度指数※		程度指数※	
				到着	3日目	3日目	6日目	到着	3日目
MA	1箱包装	99.1	0	0	0.0	0.4	0.0	0.3	
(結露防止)	1節毎個包装	—	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	
慣行	1箱包装	99.2	0	10	0.2	0.4	0.1	0.9	
(非密封)									

(県内栗加工業者と共同で)

特許取得：第4705936号)

※数値が高いほど変色が進んでいることを示す。0(白い)～1(薄い茶色)～2(濃い茶色や褐色変色)