

研究成果

「グルタチオンによるチューリップ球根の肥大化促進」 ～光合成を活性化して貯蔵デンプン量を増やす～



農業バイオセンター 副主幹研究員 荘司 和明

1. はじめに

グルタチオンは、微生物から動植物まで広く細胞内に存在する抗酸化物質の一種です。植物では光合成により酸素が作られますが、その一部は化学変化により毒性の強い活性酸素に変わります。活性酸素は細胞内のDNAを損傷し、酵素の働きを阻害するなど生物にとっては厄介な物質です。グルタチオンはその活性酸素の毒性を抑える重要な役割を担っています。

岡山県農林水産総合センターの小川らの研究グループは、植物に酸化型グルタチオン (GSSG) を与えることにより光合成を活性化し、作物の収量が増加することを見出しました。詳しいメカニズムは現在解析中ですが、ダイズやトウモロコシ、タマネギなど様々な作物での収量増加効果が報告されています。

2. チューリップ育種での課題

チューリップの新品種開発は、最初に交配により交雑種子を得るところから始まります。チューリップでは、一つの莢に500粒くらいの扁平な種子ができます(図1)。



図1 チューリップの莢と種子

この種子を土に播種すると翌年には直径5mm程度の最初の実生球根ができます。種子が発芽し最初の球

根ができる過程は土の中のことなので観察が困難です。しかし、土を寒天培地に置き換えるとこの過程を試験管内で観察することができます。

図2は種子の発芽から実生球根ができるまでの過程を示しています。発芽で最初に現れるのが幼根です。幼根が1cm程度伸長した後、地上部では細い1本の葉が伸長し、地下部では幼根の先端部が比較的太い主根と細い側根に分枝します。やがて、主根の先端部が膨らみ最初の球根が形成されます。

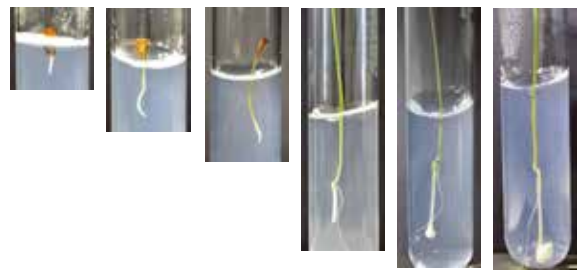


図2 チューリップの種子発芽と球根形成過程

実生球根はその後植え替えを通して毎年世代交代を繰り返し、より大きな球根へと生長します。球根は、ある一定の大きさになって初めて花芽分化が起こります。そのため、通常、種子を播種してから初開花に至るまで6年を要します。そして、新品種として世にでるまで約20年を要します。チューリップ育種における最大のネックはこの育成期間が長いことで、これを短縮して効率化を図ることが大きな課題となっています。

3. グルタチオンによる球根肥大化効果

チューリップの育種年限を短縮するためには、球根の肥大化を促進し初開花までの期間を短縮すること。

また、開花後には有望系統の球根増殖を促進することが必要になります。そこで、グルタチオンがチューリップに及ぼす影響について検討しました。最初に、グルタチオンがチューリップの生育や球根形成に悪影響を及ぼさないことが重要となることから、外部の影響を受けやすく、評価も容易な前述の寒天培地を用いた実生の生育法を活用しました。培地中にグルタチオン (GSSG) を 1 mM の濃度で加え、蛍光灯下で育成し生長過程や球根形成過程に及ぼす影響を調べました。その結果、植物体への影響は全く見られず、球根形成過程へも何ら悪影響を与えないことが判明しました。ただし、出来た実生球根は GSSG を添加していない対照に比べ約 17 % も重量が重くなり、球根直径も 12 % 大きくなることが示されました(表 1)。このことから、GSSG はチューリップの球根肥大化に有効である可能性が示されました。

表 1 グルタチオン添加による実生球根の肥大効果

条件	葉長 (mm)	実生球根	
		直径 (mm)	重量 (mg)
対照	10.5	3.9	61.3
グルタチオン添加	10.6	4.4*	72.0*

n = 20, * : $p < 0.05$

しかし、これらの結果は蛍光灯下での育成であり、実際の育成方法とは異なります。そこで、次に実際の育成方法と同様の栽培方法で試験を行いました。

初開花までの球根育成過程では、最初の数年はコンテナ栽培を行います。この時期のチューリップはまだ葉一枚だけが地上部に出ている段階で生育年数とともに葉の大きさも次第に大きくなります。地上部に葉が出た段階から 1 mM 濃度の GSSG を週に一度葉面散布し、次世代の球根の大きさを比較したところ、GSSG 散布した球根は明らかに対照と比べ直径、重量ともに増加し、大きく肥大化が促進される結果となりました(図 3)。

露地栽培での球根育成においても同様の結果となり、改めて GSSG による球根肥大化効果が実証されました。また、この球根肥大化の原因は、球根のりん片細胞内にある貯蔵デンプン粒の大きさが通常よりも大きく生長することにあります。

デンプン粒は木の年輪のように一日サイクルで層を積み重ねて生長します。GSSG は光合成を活性化することで、ショ糖など光合成産物量を増やし、糖の転流を増加することで貯蔵デンプン粒を増大させているものと思われます(図 4)。

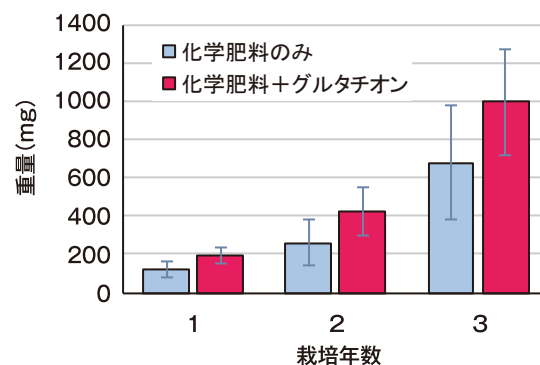
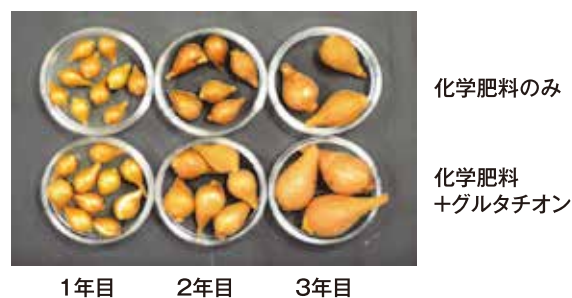


図 3 グルタチオンによる育成球根の肥大効果
栽培 1~3 年目の育成球根に対するグルタチオンの肥大効果 (上段写真) と重量増加割合 (下段)

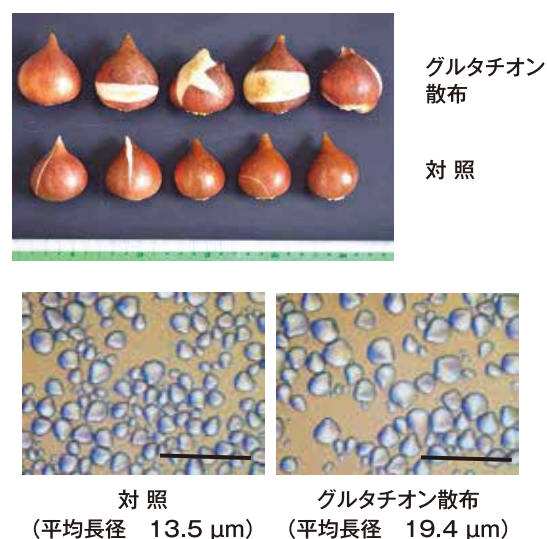


図 4 グルタチオン散布によって肥大化した開花球根と増大化した貯蔵デンプン粒 (スケール=100 μm)

また、通常の露地栽培では、開花球を用いた球根増殖が行われます。GSSG の葉面散布が球根肥大に最も効果的な時期の検討を行ったところ、開花一ヶ月後に週に一度、4 回程度散布するのが最も肥大化効果が高くなることが判明しました。特に、露地栽培での肥大効果は高く、重量で 10% から最大 30% 程度の肥大化が示されています。

4. おわりに

チューリップ葉面へのグルタチオン散布は、球根の肥大化を促進する効果があることが判明しました。現在、まだ試験中ですが実生から継続的にグルタチオンを与えることにより、球根の肥大効果は年々増大するため、初開花までの期間が6年から4、5年へと短縮できると思われます。また、球根増殖においても親球のみならず子球の肥大化も進むため、新品種開発までの期間短縮が期待できます。反面、肥大化が進み過ぎると親球では裂皮が増える可能性もあり、球根腐敗病

などに対する注意が必要です。

現在、グルタチオンを活用した肥料も開発され、様々な作物への応用が期待されています。本年度から岡山県が中心となり、農水省戦略的技術開発体制形成事業（研究ネットワーク事業）に「グルタチオン農業の実現を目指す技術開発ネットワーク」が採択されました。当センターも参画しており、今後とも全国的な研究の推進と情報収集を進め、有益な情報を発信して行きたいと思いをします。

研究成果

加里供給不足が水稻・大麦に及ぼす影響とケイ酸加里の施用効果 ～今さらなんで加里なのか～

土壌・環境保全課 主任研究員 中田 均

1 はじめに

加里は、窒素・リン酸と並び植物の生育に必須の養分で肥料の三要素としても重要です。しかし、本県では、側条施肥などの利用効率が高い施肥法の普及や資材高騰等の影響により、水稻栽培の加里平均施肥量は昭和62年の15.2kg/10aをピークに徐々に減少し、平成27年では6.2kg/10aとなっています。また、土壌の交換性加里量も減少傾向にあり、特に沖積砂壤土では70%が目標値(15mg/100g)を下回るなど加里の供給量が低下してきています。

そこで、加里供給量（施肥加里量と跡地交換性加里量を合わせた量）の低下が作物に及ぼす影響を把握するとともに、加里供給量の向上に効果的な資材を検討しました。

2 加里供給量の低下が作物に及ぼす影響

加里供給量が減少すると作物の加里吸収量が減少しました（図1）。この加里吸収量の減少は、植物体中の加里濃度が低下するために生じていました。

加里不足による作物への影響として、水稻では1穂着粒数の低下、登熟歩合の低下によって収量が減少することが認められており（三要素試験等）、本試験では稲ワラ加里吸収量が減少すると玄米タ

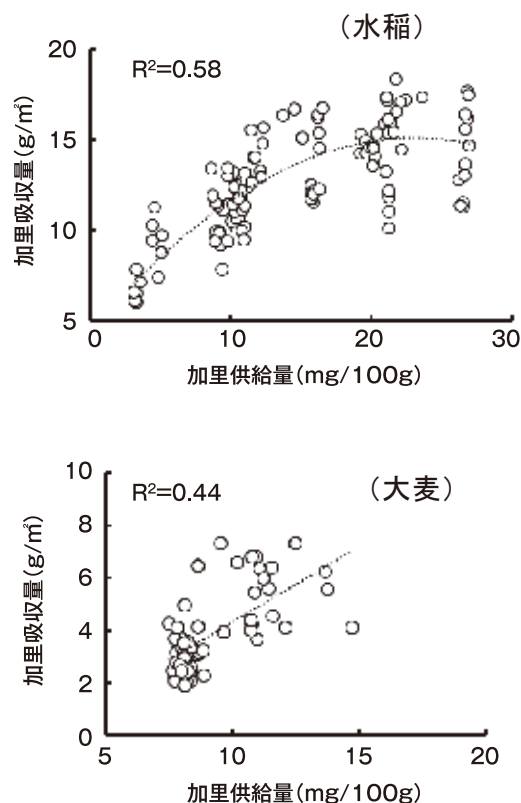


図1 加里供給量と植物体の加里吸収量(2014,2015)
1) 加里供給量=基肥施肥加里量+跡地交換性加里量
2) 成熟期に採取

ンパク含量の上昇が認められました(図2)。大麦では加里供給量が減少すると登熟歩合の低下による精子実重の減少傾向がみられました(図3)。また、大豆では跡地交換性加里量が低いほ場で加里施肥量を減らすと精子実中の加里濃度が低くなり、稔実粒率の低下、百粒重の低下、整粒割合の低下が起こることをすでに報告しており、加里不足により主穀作物において登熟や品質に関することに影響あることが示されました。

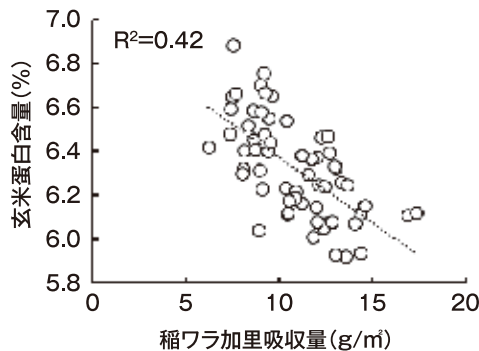


図2 稲ワラ加里吸収量と玄米タンパク含量の関係(2015)

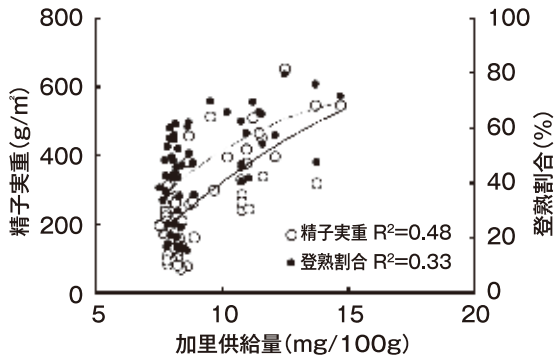


図3 加里供給量と大麦精子実重、登熟割合の関係(2015)

3 ケイ酸加里の効果

交換性加里量が目標値を下回っている陽イオン交換容量(CEC)の違う2つの土壤で、通常施肥量以外に交換性加里量の不足分を補給し加里供給量の向上に効果的な資材を検討した結果、水稻における加里吸収量は陽イオン交換容量の違いに関係なくケイ酸加里で高くなり、施肥加里利用率もケイ酸加里で高くなりました(図4)。また、水稻1作後の跡地交換性加里の増加量は、塩化加里に比べケイ酸加里の方が、大きくなりました(図5)。このことから、土壤の交換性加里量が下回っ

ている土壤において、ケイ酸加里は効果的な資材であることが示されました。

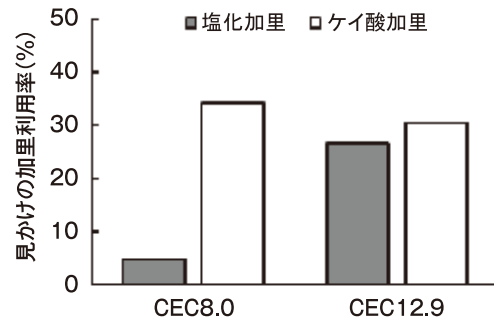


図4 資材別の水稻加里利用率(2014、2015)

1)通常施肥量(7g/m²)以外に交換性加里の不足分を補うために施用した塩化加里(13.9~15.3g/m²)、ケイ酸加里(12g/m²)の加里利用率。

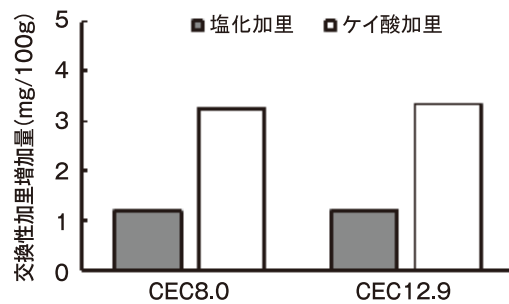


図5 資材別の跡地交換性加里の増加量(2014、2015)

1)交換性加里の不足分を塩化加里(13.9~15.3g/m²)、ケイ酸加里(12g/m²)で補い、通常施肥量(7g/m²)で水稻栽培した後の交換性加里量の増加量。

4 おわりに

加里は、肥料の三要素の一つとされる重要なものです。十数年前まで十分な量の加里が施用され、かつ土壤には植物に利用される加里も多く保持されていました。しかし、現在ではその蓄えを減らし、その不足による影響が徐々に表れてきていることが示されました。そのため、土壤診断により現状を把握し、診断に基づいた適正施肥や資材等による土壤改善に努めていくことが大切になってきています。

● 「密苗」の栽培安定化技術の確立（担当：栽培課）

研究期間（予算）：H29年（委託）

背景とねらい：近年、育苗作業の省力化・低コスト技術として高密度播種により育苗された「密苗」に対する関心が高まっています。しかし、密苗では、苗質の低下に伴い、初期茎数と穂数が不足し、1穂着粒数や2次枝梗粒が増加することにより、収量構成要素のバランスが崩れ、収量および玄米品質が低下することが懸念されます。そこで、本県での密苗における高品質安定栽培法を明らかにします。

研究内容：育苗箱当たり播種量を270g/箱とした密苗について、①育苗日数と苗質、初期生育の関係、②栽植密度と収量・品質の関係を検討し、密苗における高品質安定栽培法を確立します。

（栽培課 野村幹雄）



写真1 播種状況

左：苗箱全体、右：拡大

上：密苗（270g/箱）、下：慣行苗（120g/箱）



写真2 育苗状況

注）播種後22日

左：慣行苗、右：密苗

● AIを活用した病害虫早期診断技術の開発（担当：病理昆虫課）

研究期間（予算）：H29～33年（農林水産省・委託プロジェクト研究）

AI（人工知能）を活用した病害虫診断技術開発に関する2課題の研究を園芸研究所と連携して実施します。

①AIを活用した病害虫診断技術の開発

背景とねらい：高齢化する生産者や経験の浅い新規就農者の安定生産を支えるため、ICTを活用した「スマート農業」の推進が期待されています。中でも、病害虫の診断や対応は、経験や勘に基づく場面も多く、新規就農者が短期間で習得するのは困難です。さらに、近年の環境変動等により、病害虫による被害状況が一層多様化しています。そこで、病害虫を、病徴、食害痕等の被害画像から瞬時に診断し、適切な対策を提供するAI（人工知能）システムを構築し、誰もが取り組みやすい農業を目指します。

研究内容：全国の24府県が主要野菜（トマト、キュウリ、イチゴ、ナス）に発生する病害虫の電子画像データを収集します。富山県は、「ナス」を担当し、北陸地域における夏季の露地ナス栽培において主要な病害虫の画像を3年間収集します。その後、膨大なデータをもとに構築されたAIシステムの実証試験を行い、診断精度など実用性を評価し、病害虫被害を最小限に抑える画像診断システムの開発につなげます。

（病理昆虫課 青木由美）

②AIを活用した土壌病害診断技術の開発

背景とねらい：タマネギべと病は、卵胞子が土壌に残存して、次年度以降の伝染源になり、被害が拡大・慢性化します。そこで、広域的に作付履歴及び発生状況等をデータベース化し、被害を封じ込めるための効果的な輪作体系を策定するとともに、適切な防除時期、薬剤等についても明らかにします。

研究内容：圃場履歴等をマッピング、データベース化することで汚染圃場での作付け回避や、輪作年限の確保をはかります。また、菌密度を減らすための湛水処理や輪作体系についても併せて調査することで、汚染圃場を増やさないような技術を策定します。更に、感染メカニズムについて調べるとともに、年内土壌からの1次感染やその後の2次伝染拡大を抑制するために有効な薬剤防除試験を行います。

（病理昆虫課 関原順子）



栽培課 研究員 板谷 恭兵

「地域に適応した水稲除草剤の選定」 ～新しい除草剤が生産現場に届くまで～

1 はじめに

水稲用除草剤を製造、加工、輸入するためには、農薬取締法の定めるところにより除草効果や水稲に対する安全性、毒性および残留性等に関する試験成績を提出し、農林水産大臣の登録を受けることが義務付けられています。特に、除草効果と水稲に対する安全性は、気象や土壌条件、雑草の生育状態等により変動するため、全国各地の多様な条件のもとで試験が行われます。そして、除草剤が登録される際には、全国の試験成績をもとに使用基準が作成され、最終的には図1に示すラベルに記載されて生産者に届きます。当農業研究所もその中の一地点として新規除草剤の実用性判定や使用基準の作成のための試験を実施しています。

今回は、新規除草剤の生産現場への普及における除草剤の効果・薬害試験の役割について紹介します。

作物名	適用雑草名	使用時期	使用量	総使用回数	使用方法
移植水稲	水田一年生雑草	移植直後～ノビエ3葉期 ただし、 移植後30日まで	1kg/10a	本剤 1回 ○○ 2回 △△ 2回 □□ 2回	湛水散布
	マツバイ				
	ホタルイ				
	ウリカワ				
	ミスガヤツリ				
	ヒルムシロ				
	セリ				
オモダカ					
クログワイ					

図1 除草剤ラベルの例

注) 図中の○○、△△、□□は成分名

2 水稲用除草剤の効果・薬害試験

除草剤の効果・薬害に関する試験は、農薬メーカーが薬剤を開発後、公益財団法人日本植物調節剤研究協会(植調協会)に試験の実施申請を行い、植調協会は全国の植調試験地や都道府県試験研究機関等に試験を委託することで実施されます。

試験の流れとして、まず植調協会が薬剤の薬量と殺草特性や薬害特性の関係、残効性、拡散性等の基礎的な試験を実施します。続いて全国複数ヶ所の水稲栽培本田において、薬剤の処理方法と効果・薬害の関係を明らかにして実用性を判定する「適用性試験」が実施され、その試験データをもとに農薬メーカーにより登録申請が行われます(図2)。

当研究所では植調協会から適用性試験を受託し、北陸地域の砂壤土地域として新規薬剤の使用基準

を作成するためのデータ取得を行っています。

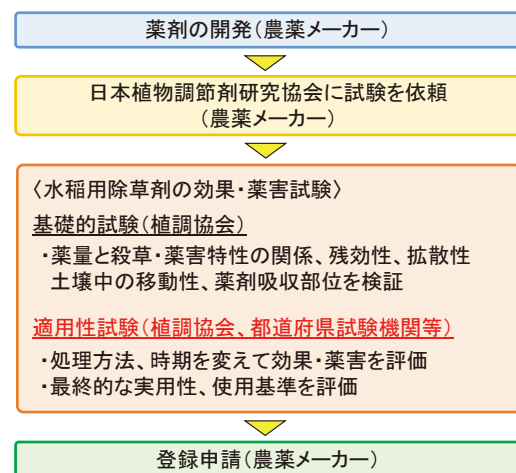
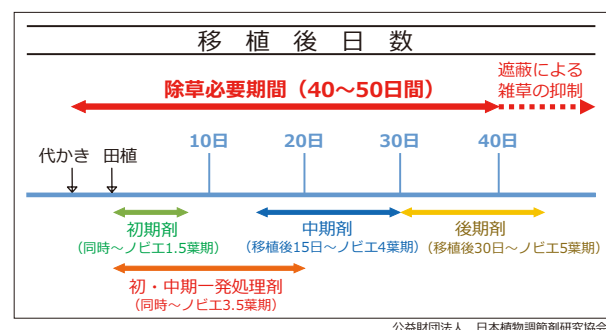


図2 除草剤の薬効・薬害試験から登録までの流れ

3 適用性試験の実施方法

水稲の移植栽培における雑草防除では、代かきから40～50日後までを目安として除草剤を散布します。この期間を「除草必要期間」と呼んでおり、水稲栽培においては、この期間の雑草の発生を抑制すれば、以降は水稲が田面を遮蔽して後発の雑草の生育が自然に抑制されます(図3)。昭和56年頃までは、初期剤と中期剤を組み合わせる体系処理により除草必要期間をカバーしていましたが、昭和57年以降は一発処理除草剤が全国的に普及し、現在も農薬メーカーが委託する試験薬剤は、一発処理除草剤が最も多くなっています。



公益財団法人 日本植物調節剤研究協会

図3 雑草の除草必要期間と除草剤の区分

移植栽培における本県の適用性試験では、5月10日頃に育苗機械移植し、移植直後に樹脂製の波板で四方を囲って12㎡程度の試験区を設置し、薬剤を定められた時期に散布します(図4)。



図4 移植栽培における波板を用いた試験区の設置

除草効果に関する調査は、ノビエ、ホタルイ、コナギ等の一年生雑草の他、ミズガヤツリ、ウリカワといった多年生雑草の塊茎を水稻移植時に埋設し、移植後45日頃に雑草を抜き取り、雑草の種類ごとに残草量を測定して除草効果を評価します。

薬害については、本県では減水深の大きい砂質浅耕土地帯が多く、春先の強風や雪融け水による低温の灌漑水により薬害が発生しやすく、注意深く調査を進める必要があります。薬害の調査は、薬害症状の発生程度と回復状況の観察により行われます。主な薬害症状は、生育抑制（伸長抑制、分げつ抑制等）、葉色の変化（白化、黄化、褐変等）等があり、これらの薬害の回復が遅れる場合、茎数、穂数および収量が減少します（図5）。



図5 水稻の薬害症状の例（左：生育抑制、右：白化）

4 直播栽培における適用性試験の役割

適用性試験で受託する薬剤は、県内の生産現場のニーズも考慮して選定しており、本県では直播栽培面積が増加していることから（図6）、平成12年から直播用の除草剤に関する試験を実施しています。

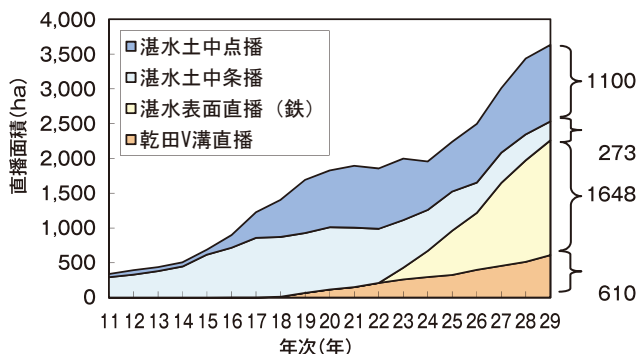


図6 直播面積の推移（H29は見込み面積）
（広域普及指導センター調べ）

直播栽培では、除草必要期間が移植栽培に比べて20日程度長くなるため、初期剤を組み合わせた

体系処理が基本となります。そのため、直播栽培にかかる除草コストは、一般的に移植栽培よりも高くなります。一方、近年では、播種直後～稲1葉期に使用可能で、4葉期程度に生育したノビエに効果のある一発処理剤が試験に供試されており、初期剤の省略によるさらなる低コスト化が期待されます。

5 本県における適用性試験データの活用

富山県では、適用性試験の成績を基に普及性の高い除草剤が選定され、これらを県植物防疫協会の現地展示ほに供して、薬効と水稻に対する安全性が確認されたものを「雑草防除指針」に掲載して、関係者に情報提供を行っています。

また、適用性試験に供試した薬剤について、本県に適した使用方法を策定するための追加試験を行い、情報提供を行っています。近年では、プロピリスルフロンの場合、初期剤と組み合わせることで、難防除雑草のオモダカとクログワイを効果的に防除できること（図7）、薬害を低減できることを実証しました（図8）。

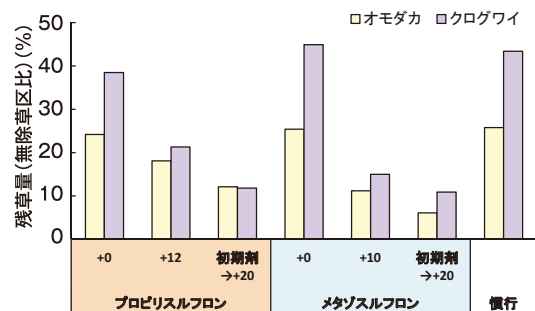


図7 薬剤散布時期とオモダカ、クログワイの残草量
注) 横軸の数値は、各薬剤の散布時期を移植後日数で表示

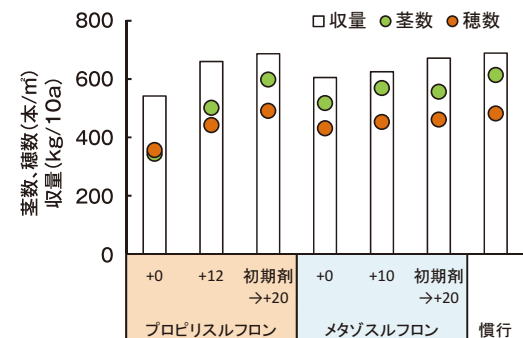


図8 薬剤散布時期と水稻の茎数、穂数および収量
注) 横軸の数値は、各薬剤の散布時期を移植後日数で表示

適用性試験は、登録前の除草剤の適用性を実際の生産現場にの条件で確認する試験です。今後も新規除草剤の登録だけでなく、生産現場で安全に効率よく雑草を防除できる除草剤を選定していきたいと考えています。

第54回 北陸作物・育種学会 一般講演(上越市、7月15日)

- ・「新規スルホニルウレア成分含有除草剤の散布時期と水稻の薬害および除草効果」栽培課 板谷恭兵ほか4名
新規スルホニルウレア成分を含有する除草剤は、処理時期が早い場合、水稻に薬害が発生した。一方、初期剤と組み合わせて本剤を移植後 20 日頃に処理する体系処理では、水稻に対する薬害が小さく、難防除雑草のオモダカとクログワイに対する除草効果が高かった。
- ・「高密度播種苗による「コシヒカリ」栽培における生育、収量および品質」栽培課 長岡令ほか2名
慣行苗に比べて高密度苗では、苗質が劣り、生育初期の茎数および穂数が少なくなった。また、高密度苗を疎植栽培した場合は、1穂着粒数が多く、登熟歩合が低下した。
- ・「水稻の苗質に関する GWAS と育種利用」育種課 山口琢也ほか2名
新規の DNA マーカーを開発するため、日本型イネ 112 品種を使った GWAS (Genome Wide Association Study) を行ったところ、苗丈に関する QTL が第 3 染色体長腕、苗乾物重を向上させる QTL が第 5 染色体短腕に存在することを明らかにした。

夏休み子供科学研究室を開催

8月1日(火)に「フィールドに生息する昆虫や微生物の世界」をテーマにした夏休み子供科学研究室を開設しました。14名の小学生と父兄を合わせた24名が参加し、圃場に生息する様々な昆虫や微生物について学びました。研究の内容は、以下のとおりです。

野外研究：①トウモロコシが受粉して実る仕組み、アワノメイガの幼虫による被害と防ぎ方、②イネの病気の観察(新品種「富富富」は、いもち病の発生が認められません)、③ダイズ圃場では、葉巻の中に潜むウコンノメイガ幼虫、根の「根粒」の役割を学習、④捕虫網を使った水田に生息する昆虫類の捕獲と観察(害虫以外の虫もたくさん生息しています)

室内研究：①昆虫の観察、害虫のほか益虫(テントウムシ、マルハナバチ)も観察、②植物に病気を引き起こす微生物のミクロの世界を顕微鏡観察、③クリーンベンチで酵母菌の培養体験、④イネいもち病の乾燥標本の作製



図1 水田に生息する昆虫の調査



図2 イネの紋枯病といもち病について学習



図3 昆虫の表面構造を顕微鏡で観察

農研ニュース 第20号 平成29年(2017年)9月発行
発行所 富山県農林水産総合技術センター農業研究所

〒939-8153 富山市吉岡 1124-1 TEL 076-429-2111
農林水産総合技術センターHPアドレス <http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/nougyou/>