

レンコンにおける石灰窒素の肥効および 養分吸収特性を考慮した窒素施肥法

■はじめに

茨城県はレンコンの産出額 134 億円（平成 29 年）と全国 1 位の大産地です。その生産地は霞ヶ浦周辺に集中しており、その豊富な水と肥沃な土壌の恩恵を受けて、良質なレンコンを生産してきました。一方、霞ヶ浦は湖面積が 220 km² と広く、水深が浅いことなどから、元来水質が汚濁しやすい湖であり、その水質は環境基準値を上回る状況が続いています。水質改善のためには多面的な取り組みが重要であり、農業分野においても、環境にやさしい農業の実践が求められています。



写真 豊富な水を利用して栽培されるレンコン

レンコン生産において、近年問題となっているのがレンコンネモグリセンチュウによって引き起こされるレンコン黒皮症による被害であり、この対策として、石灰窒素の施用による防除が現場で広く行われています。石灰窒素は農薬としての登録もありますが、窒素成分を 20% 含む肥料でもあり、畑作や水稻栽培ではその肥料的効果を考慮した施肥が行われています。しかしながら、レンコンのほ場は年間を通じて湛水状態に保たれる特殊なほ場条件であることから、窒素肥料としての効果が明らかになっておらず、生産者の施肥設計に反映されていないケースがほとんどでした。

石灰窒素の肥料的効果を明らかにし、無駄の少ない効率的な施肥法を開発することは、施肥コストの削減による経営的なメリットがあり、環境にやさしい農業の実践にもつながると考えられます。そこで、レンコン栽培における石灰窒素の肥料的効果の解明と、その肥効に基づいた効率的な施肥技術の開発に取り組みしました。

■窒素成分の変化に温度が及ぼす影響

石灰窒素の主成分はカルシウムシアナミドで、形状等によっても異なりますが、40~55%が有効成分として含まれています。ほ場へ施用すると、水と反応して農薬としての効果を持つシアナミド（以下 Cy-N）となり、その後は植物が吸収できる窒素の形態であるアンモニア態窒素（以下 NH₄-N）へ変化します。変化する速度は温度により異なり、20℃以上では 14 日までに Cy-N の大部分が消失し、NH₄-N が増加するのに対して、10℃ではいずれも緩やかに進みました（図 1）。

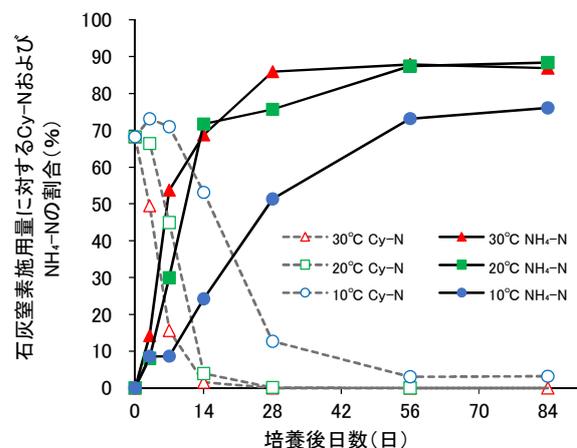


図 1 石灰窒素の施用による Cy-N と NH₄-N 増加量の温度別推移

1) 現地レンコン圃場より採取した湿潤土壌へ粒状石灰窒素を 100kg/10a 相当量施用し、湛水嫌気条件下で培養した

■散布後の混和時期がNH₄-N 残存量に及ぼす影響

シアナミドは水によく溶ける性質を持っていることから、石灰窒素散布後に混和を行うタイミングがNH₄-Nの残存量に影響することが予想されました。そこで、散布当日及び14日後に土壌混和を行い、NH₄-N残存量の推移を調査したところ、散布日の混和では養分吸収が盛んになる8月まで、施用した窒素量の40~50%に相当するNH₄-Nが土壌中に残存し、長期間にわたる窒素肥効が認められました。一方、散布14日後に混和した場合、残存量は当日混和と比べて大きく低下したことから、速やかな混和が肥効を高める上で重要であることが明らかになりました(図2)。

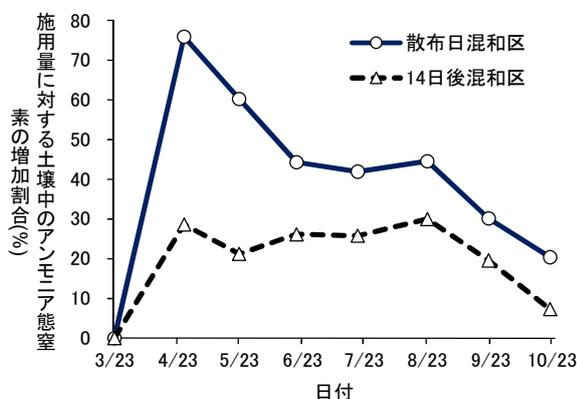


図2 混和時期が石灰窒素の肥効に及ぼす影響

1) 圃場に設置した隔離枠内へ粒状石灰窒素を100kg/10a相当量施用

■窒素肥料および石灰窒素の利用効率

施用した石灰窒素が、実際にレンコンにどの程度利用されるのかを明らかにするため、現地圃場において石灰窒素と慣行肥料を用いた栽培試験を実施しました。その結果、慣行の基肥一発型肥料の窒素利用率(施用窒素量に対するレンコンの窒素吸収量の割合)は32~36%であるのに対し、石灰窒素中の窒素は利用率が20%と、基肥一発型肥料の5割以上の肥効があることが明らかになりました(表1)。

表1 慣行肥料及び石灰窒素の施肥窒素利用率

試験区 ²⁾	使用肥料	施肥窒素量 (kg/10a)	窒素吸収量	施肥窒素利用率 ¹⁾ (%)	石灰窒素肥効率	
					慣行肥料 20kg比	慣行肥料 10kg比
慣行N20kg	基肥一発型	20	17.1	31.7	-	-
慣行N10kg	基肥一発型	10	14.3	36.2	-	-
石灰窒素N20kg	石灰窒素	20	14.7	19.6	62	54
無窒素区	なし	0	10.7	-	-	-

1) 試験場所: 土浦市手野町、供試品種: 「パワー」、試験年: 2019, 2020

2) 施肥窒素利用率は次式により算出した。
施肥窒素利用率(%) = (試験区の吸収量 - 無窒素区の吸収量) / 施肥窒素量 × 100

■石灰窒素と併用型の新たな肥料を開発

以上の結果を基に、石灰窒素と併用して施用する新たな肥料銘柄を肥料メーカーK社と共同で開発し、令和元年度に発売されました。新たな肥料は窒素成分を溶出日数80日と120日タイプのシグモイド型の肥効調節型肥料のみとしており、生育初期に必要な窒素は石灰窒素で補われるため、即効性の窒素肥料は配合していません(図3)。

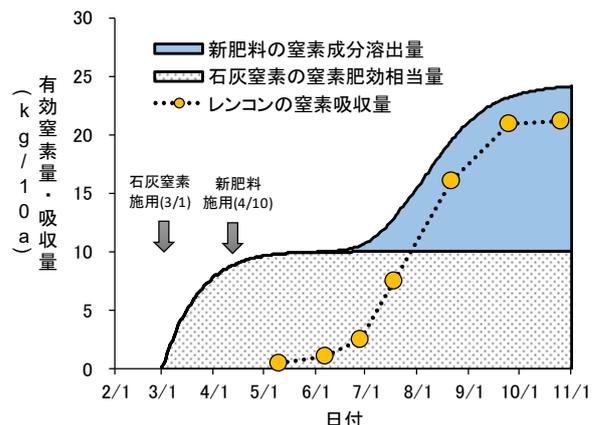


図3 新たな施肥法における有効窒素量とレンコンの窒素吸収量のシミュレーション

開発した新たな肥料を用い、現地で実証試験を実施した結果、施肥窒素量を10~14kg/10a削減しても収量性は同等であり、肥料費は慣行栽培と比較して6~12千円/10a削減可能と試算され、生産者に経営的なメリットがあると考えられました(表2)。

表2 石灰窒素の肥効を考慮した新たな施肥法の実証結果

試験場所	供試品種	試験区	施肥窒素量		収量性			肥料費 (円/10a)
			肥料	石灰窒素	収量 ¹⁾ (kg/10a)	基準比 ²⁾ (%)	基準収量 ²⁾ (kg/10a)	
土浦市 田村町	みらい	改良区	12	20	2,080	84	2,468	39,448
		慣行区	26	20	2,105	83	2,547	51,791
土浦市 手野町	パワー	改良区	12	20	2,256	95	2,373	39,699
		慣行区	22	20	2,328	92	2,529	45,968

1) 試験を実施したR1年度は曇天及び強風による影響で低収傾向となった。

2) 圃場ごとに収量性が異なるため、過去2年の平均出荷量を基準収量として比較した。

■おわりに

石灰窒素を考慮した新たな施肥法は施肥量の削減が可能であり、田面水中の窒素濃度を低下させる効果についても確認されています。今後も実証や検討を進め、技術の有効性を高めていきたいと思っております。(土壌肥料研究室 假屋哲朗)

ナシ「恵水」の樹体ジョイント仕立てによる早期多収

ナシの樹体ジョイント仕立ては、神奈川県が開発した技術で、複数樹を直線状の集合樹に仕立てる栽培方法であり、早期成園化と作業簡易化に有効です。本県育成のナシ新品種「恵水」では、出荷数量の増加のために改植後早期に収量を確保する必要があることから、「恵水」の樹体ジョイント仕立てに対する適応性を検証しました。

「恵水」樹体ジョイント仕立ては、ジョイント実施2年後に樹冠拡大が終了し、3年後の7年生には10a換算収量は約6tとなり、その翌年も収量は同等で、早期に安定して高収量を確保できました。これは神奈川県における「幸水」でジョイント実施3年後に成園並みの収量を得られたという成果と同等の結果です。また、「恵水」樹体ジョイント仕立ての果実品質は、同樹齢の慣行仕立てに比べ果重がやや小さい傾向がありますが糖度は同等でした。

経営評価として、実際の改植の場面を想定し、既存の「豊水」園地10aを樹体ジョイント仕立て

により改植する場合としない場合で比較すると、改植後6年目で累積所得は改植を行わない場合を上回る結果となりました。

本試験では、1年生苗を直接ほ場に定植し2年間育苗した後にジョイントしましたが、ポット育苗した大苗や長い1年生苗を用いて定植と同時にジョイントすることで、早期多収の効果はより高まる可能性があります。これらの結果より、「恵水」のジョイント仕立てへの適応性は高く、経営効果が高いことが明らかとなりました。

(果樹研究室)



図 「恵水」ジョイント仕立て8年生樹

春植えタマネギの作型と注意点

タマネギは7～8月が端境期ですが、県内の慣行作型(秋植え)では5～6月に収穫を迎えます。それより遅く収穫できる春植え作型(表)を開発しました。

適品種	「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)
播種	12月下旬～2月上旬
育苗	セルトレイ(288穴等)育苗では温度管理に注意 2月下旬～4月中旬
定植	うね幅150～160cm、ベッド幅120cm 条間24cm、株間12～15cm、4条植え
除草	定植直後から土壌処理剤等を使用
病虫害	アザミウマ類、べと病等を防除 週1回程度の薬剤散布が有効
収穫	6月下旬～7月
貯蔵	1か月程度可能

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(図)。ただし、大豆・麦等の畑作物とは作業が競合する時期があるため、注意が必要です。また、収量を確保するためには除草と病虫害防除が非常に重要です。詳しくは、『機械化一貫体系によるタマネギ栽培マニュアル(茨城県版)』等をご覧ください。

(野菜研究室)



除草のタイミングを逃したほ場の定植2か月後の様子

図. 慣行及び春植えタマネギ、水稲の栽培暦



バラの改良切り上げ方式による増収効果の品種間差

バラでは、秋冬期は夏期と比べて高単価で取り引きされるものの、低日照等の影響で収量が落ちてしまうことが生産現場の課題となっています。そこで、高単価で取り引きされる秋冬期の増収技術の開発を目指して、ベーサルシュートを株元から残して採花し、その後、切り上げ採花を行う「改良切り上げ方式」による増収効果の品種間差を明らかにしました。試験では、切り上げ区（改良切り上げ方式）は、ベーサルシュートを株元から 15cm 残して採花し、以後は 5 段目まで 5 cm ずつ切り上げ採花を行い、5 段目以降は 1 段ずつ切り下げました。また、慣行区は、ベーサルシュートを株元で採花するアーチング方式としました。5 月に全ての採花枝を収穫し、6 月から切り上げを開始しました。

その結果、いずれの品種においても、切り上げ栽培により増収しました（表）。

切り花品質は、切り上げ区が慣行区に比べ、切り花長が短く、切り花重が軽くなり、やや低下しました。また、「アバランチェ+」及び「ヴァニティールージュ+」の切り上げ区では、上位階級に相当する切り花が減少し、下位階級が増加する傾向が顕著であり、今回の切り上げ採花に適していないことが分かりました。

（花き研究室）

表 バラ栽培における改良切り上げ方式が採花本数と切り花品質に及ぼす影響

品種	試験区	採花本数 ¹⁾ (本/株)	増収率 ²⁾ (%)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)
アバランチェ+	慣行	8.7	—	67.5	44.7
	切り上げ	17.8	105.4	58.9	30.6
アマダ+	慣行	9.6	—	75.5	52.0
	切り上げ	14.8	54.2	66.8	37.2
ヴァニティールージュ+	慣行	9.5	—	74.2	51.0
	切り上げ	16.5	73.9	62.1	32.2
ゴールドラッシュ	慣行	7.7	—	74.8	55.5
	切り上げ	15.3	97.9	65.9	38.7
サムライ08	慣行	7.6	—	86.3	66.1
	切り上げ	12.2	60.5	79.4	51.0
リメンランス	慣行	11.1	—	76.6	48.3
	切り上げ	19.7	76.6	69.2	37.0

¹⁾採花は平成30年10月2日から令和元年5月1日（2年生株）。

²⁾慣行に対する採花本数の増収率。

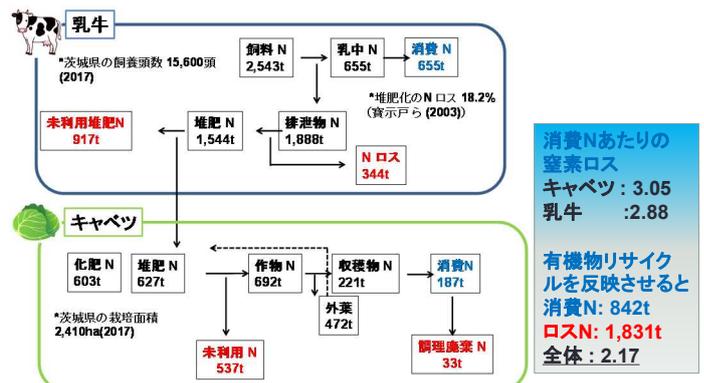
畜産 - 耕種の有機物リサイクルを反映した窒素フロー

本県は畜産が盛んであり、大量の窒素を含む排泄物が発生しますが、環境負荷低減のためにも、その有効利用が求められています。

ここでは畜産-耕種間の有機物リサイクルを反映した窒素フローを作成し、堆肥利用が窒素負荷低減に及ぼす効果を試算しました。窒素負荷を評価する指標としては、国際的に使用されている仮想窒素係数(VNF)を用いました。VNFは農産物の生産～消費過程における環境への排出窒素量（ロスN）を、消費者の摂取窒素量（消費N）で割った値で、低いほど窒素負荷が少ないと評価します。茨城県全体を対象として、キャベツ、乳牛をそれぞれ単独で評価すると、キャベツのVNFは3.05、乳牛は2.88となります。一方、有機物リサイクルを反映させたフローでは排泄物をキャベツへリサイクルすることで乳牛のロスNを減少させることとなります。このため乳牛とキャベツを合わせた消費Nは842t、ロスNは1,831t、

全体のVNFは2.17となり、個別品目ごとの評価よりも低い値となりました。このように、対象流域における農業活動量をもとに窒素フローを連携させることで、有機物リサイクルを中心とした改善施肥技術導入時の窒素負荷低減効果を計算することができます。将来的には、霞ヶ浦流域等を対象とした農業からの窒素負荷低減効果の評価を行うことを目指します。

（土壌肥料研究室）



天敵利用ピーマン抑制栽培における うどんこ病に対する防除体系

県内のピーマン産地で普及が進んでいる天敵を用いた害虫防除を行う栽培では、使用できる薬剤の制限等によりうどんこ病の発生が問題になっています。そこで、ピーマン抑制栽培において、本病に有効でありかつ天敵への影響が少ない薬剤を、本病の発生実態に応じて散布する防除体系を表のとおり構築しました。

この体系では天敵放飼直前（8月上旬頃）から散布を開始します。本病は発生後では薬剤の効果

が極端に低下するため、予防的な散布が重要です。その後は約3週間間隔で表の薬剤を散布します。なお、薬剤の順番は剤の特性を踏まえるとともに成分がローテーションするように決定しました。

この体系を2018、2019年に現地圃場で実施した結果、農家慣行で防除を行った2016、2017年と比較して大幅に発生を抑制できました（図）。シンプルな体系ですが、散布時期と薬剤選択の徹底により高い効果が期待できます。（病虫研究室）

表 天敵利用ピーマン抑制栽培（購入苗）でのうどんこ病の防除体系

散布時期※1	農薬名（カッコ内は商品名）	FRACコード
天敵放飼直前（8月上旬頃）	ピラジフルミド水和剤（ハレト [®] 2070アール）	7
9月上旬	シフルフェナミド・トリフルシール水和剤（ハント [®] TF顆粒水和剤）	U6+3
9月下旬	ピラクストロビン・ホスカリド水和剤（シグナムWDG）	11+7
10月中旬	ミクロブタニル水和剤（ラー水和剤）※2	3

※1 自家苗を用いる場合は、Pyr剤を定植直前、CT剤を8月下旬～9月上旬に散布する。それ以降は表のとおり。

※2 発生が目立つ場合はピラジフルミド水和剤を散布する。

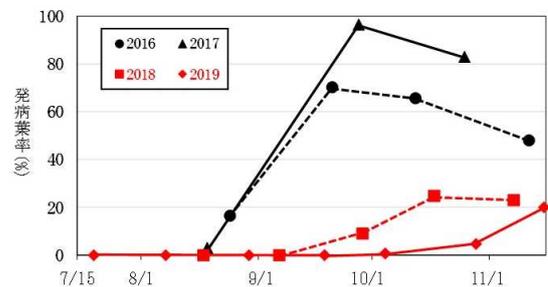


図 神栖市の同一現地圃場における本成果の防除体系実施年（2018、2019年）と農家慣行防除実施年（2016、2017年）におけるうどんこ病の発生推移

シンガポールへの生レンコンの実輸出試験における 結露防止機能付MAフィルムの品質保持効果

茨城県では、平成24年に「いばらき農林水産物等輸出戦略」を策定し、農産物の輸出促進を図っています。茨城県の特産物であるレンコンでも輸出の取り組みが開始されていますが、レンコンは劣化が早い品目のため、空輸による少量の輸出に留まっています。

そこで、輸送期間は長くなりますが、量を運べる船便輸出を可能とするため、機能性フィルムの品質保持効果を検討してきました。これまでの研究の中で、食味評価も含めて品質保持効果が高かった結露防止機能付MAフィルム

ムを用いて、シンガポールへの1箱単位大袋包装での実輸出試験を行いました。MAフィルムは、ガス透過を調節し、大気より低酸素及び高二酸化炭素濃度にして呼吸を抑制し、品質を保持するものです。今回の輸送コンテナはCAコンテナでしたが、慣行フィルムで到着6日目に10%腐敗がみられたのに対し、このMAフィルムは発生を0に抑え、切口の変色も抑制しました。これまでは、研究所内での船便輸出想定試験で効果確認が主でしたが、今回の実輸出試験において、実用性を確認することができました。（流通加工研究室）

表 シンガポール共和国への生レンコンの船便試験輸送後（CAコンテナ）¹⁾の品質調査結果（R1）

試験区分名	重量残存率 (%)	外観での劣化状況					
		カビ等腐敗発生株率 (%)		表面の変色 (指数表示) ³⁾		切口の変色 (指数表示) ⁴⁾	
		到着3日目	6日目	到着3日目	6日目	到着3日目	6日目
結露防止MA密封	99.1	0	0	0.0	0.4	0.0	0.3
慣行非密封 ²⁾	99.2	0	10	0.2	0.4	0.1	0.9

注1) 9/4茨城で出荷・試験区設置(常温)→0℃保管→9/5AM東京に搬送(常温)→9/7東京出港(約1.5℃)

→9/15シンガポール港着→9/16AM輸出入業者倉庫着→9/18～21調査(約17℃)の17日間輸送・保管

全区とも発泡スチロール製箱に保冷剤300gを封入

注2) 県内産地の一部で使用の遠赤外線機能付フィルムを用い、国内出荷と同様にレンコンを覆っただけの包装。

注3) 指数評価基準 0:変色無, 1:傷等薄く変色, 2:傷等濃褐色あるいは地色変色

注4) 指数評価基準 0:変色無, 1:一部変色, 2:半分以上変色



試験販売のレンコン(右:無償配布した茨大作成レシピ集)

いばらき農業アカデミー「レンコン研究成果報告会」

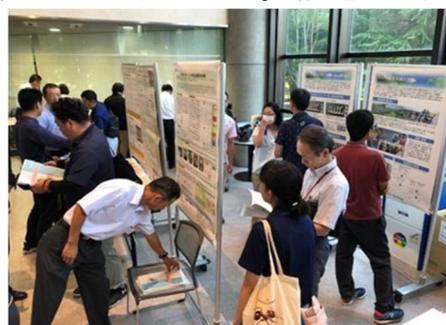
令和元年9月10日（火）、レンコンの研究グループである国産レンコンのブランド力強化コンソーシアム代表機関の茨城大学農学部において、「レンコン研究成果報告会」と題し、いばらき農業アカデミーを共催しました。県内レンコン生産者を中心に全農茨城、JA、農業関係メーカー、市町、行政・普及等、計83名の出席がありました。

基調講演は、根茎肥大開始のメカニズムである『根茎肥大の日長反応性』について九州大学より説明していただきました。研究成果については、当所より将来的に必要な海外マーケット獲得のための長期品質保持技術について、茨城大学



茨城大学より近年注目が集まっている機能性成分（ポリフェノール）を活かした加工品やその含量がわかるレシピ集について、生物工学研究所より今後ブランド化を図る上で品質を揃えるための品種識別技術について発表しました。

受講者からは、基調講演では、あまり知られていないレンコン根茎肥大が始まるメカニズムについて、特に光の影響に関する質問が多く出て活発な議論が行われました。また、研究成果報告やパネル展示では、特に長年栽培している品種の形状変化の原因やMAフィルムとの品質保持効果に関心が高いことが伺えました。（流通加工研究室）

いばらき農業アカデミー
「グラジオラスの抑制栽培と連作障害」

令和元年10月28日（月）、園芸研究所において「グラジオラスの抑制栽培と連作障害」と題し、いばらき農業アカデミーを開催しました。グラジオラス切り花生産者、種苗会社、農協及び県関係機関等、計20名の出席がありました。

グラジオラスは、生産量が減少する11月の端境期の出荷が求められていますが、低日照となる11月の抑制栽培では、切り花品質と開花率の低下が問題となっています。また、連作障害が発生しやすい品目といわれ、原因と対策に関する研究の要望がありました。

そこで、抑制栽培での切り花品質及び開花率向

上のための品種選定と長日処理技術及び、連作障害の対策技術について、研究成果や進捗状況を紹介しました。

総合討論では、抑制栽培における品種特性について、生産者からも情報提供があり、適品種選定の一助となりました。また、連作障害については、対策技術の確立に向けて、試験研究の継続に期待する声が聴かれました。

今後も、生産者・関係機関との連携を図り、グラジオラスの栽培と経営の安定に向けて、高品質・安定生産技術の開発を目指します。

（花き研究室）

