

農業と科学

1989
8

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO LTD

ハウレンソウ根腐病に対する 硝酸態窒素の発生抑制効果

北海道立中央農業試験場

赤 司 和 隆

1. はじめに

ハウレンソウの根腐病は、土壤中に生息している *Aphanomyces cochlioides* DRECHSLER という糸状菌(かび)によって引き起こされる土壤伝染性病害である。

わが国では、栃木県で国永ら(1975)により本病害の発生が最初に確認されて以来、岐阜県、北海道および埼玉県でも相次いで発生が報告されている。*A. cochlioides* はアカザ科植物に対して特異的に強い病原性を有するため、その被害は全国の主要ハウレンソウ産地において問題となっている。

その防除対策として、薬剤の使用が考えられるが、安全性の面で限度があることから、薬剤に依存しない防除法の確立を望む声も少なくない。そこで、植物病理学はもとより、土壤肥料的観点から本病害の発生機作を解明し、その結果に基づいた窒素施肥法を検討した。

2. 根腐病の病徴と病原菌

子葉期の罹病株では地上部は立枯れ症状を示し、胚軸部が水浸状に褐変する。生育中期以降の罹病株では地上部は萎ちょう黄化し、根部は全体的に根腐れ褐変して細くなり、しばしば地際から主根が切れる(写真1-A)。鎌が無くては切れることから、農家は根腐病を「鎌いらず」と称しており、以前から原因不明の障害として札幌市の有明地区ではその発生が問題となっていた。

根腐病の病原である *A. cochlioides* は、真正菌門一鞭毛菌亜門一卵菌綱一ミズカビ(水生菌)目一ミズカビ科一 *Aphanomyces* 属に分類上位置する糸状菌である。ミズカビ目に属していることから判るように、本菌の宿主(ハウレンソウ)への感染に際し、土壤水分は必須条件である。すなわち、直接の感染源である2次遊走子(2本の鞭毛を有す)は水中において菌糸状の遊走子嚢から生成される1次遊走子塊(写真1-B)から放出され、水中を泳いで宿主の胚軸・根の表面に集まり(写真1-C)、集塊を形成した後、宿主細胞内に侵入する。そのため、根腐病は降雨後などの過湿土壤条件下で多発生をみる。

3. 根腐病の発生と土壤硝酸態窒素含量

札幌市有明地区における実態調査(1984, 1985)によれば、根腐病多発生圃場では土壤 pH が中性

本 号 の 内 容

§ ハウレンソウ根腐病に対する
硝酸態窒素の発生抑制効果 ……………(1)

北海道立中央農業試験場

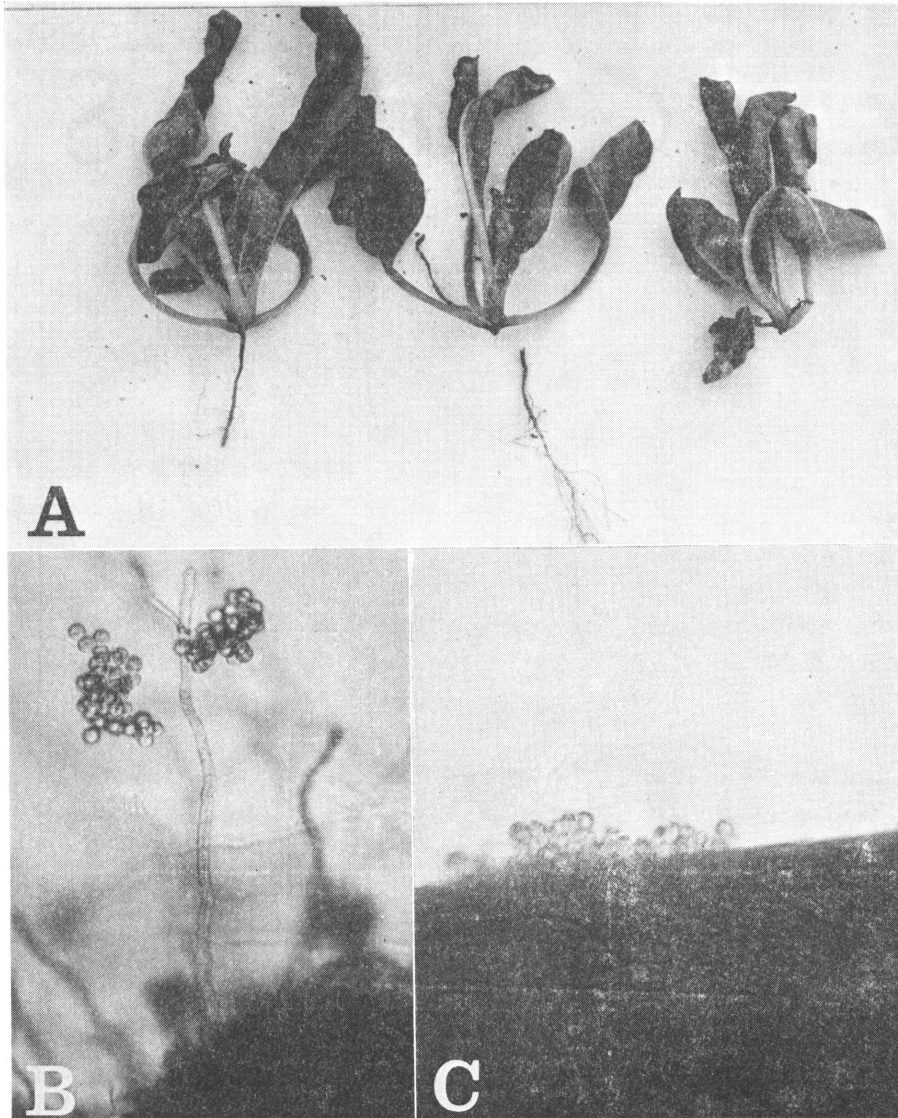
赤 司 和 隆

§ 佐賀県におけるコシヒカリ穂肥専用肥料
「LPコート入りBB807号」の導入経過に
ついて ……………(6)

佐賀県西松浦農業改良普及所

永 淵 和 浩

写真 1 ホウレンソウ根腐病の病徴と病原菌



A : 生育中期に発生した根腐病の病徴。
(札幌市有明地区現地圃場で採取。1985)

B : *A. cochlioides* の 1 次遊走子塊 (殺菌水培地)。
C : 子葉期のホウレンソウの胚軸部に集積した
A. cochlioides の 2 次遊走子。

域で、かつ土壤硝酸態窒素 (以後、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と略す) が $5\text{mg}/100\text{g}$ 以下の欠乏域にあることが認められた。

そこで、発生に及ぼす土壤 pH と $\text{NO}_3\text{-N}$ の影響を知るため、接種実験を行ったところ、発生に対する土壤 pH の影響は判然としなかったが、土壤溶液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が約 200ppm 以上になる

と、発生は顕著に低下した。さらに、6 種類の無機塩の陽イオンおよび硝酸イオンの土壤への添加量を 2 水準 ($7.2, 14.4\text{mmole}/1000\text{g}/\text{土}$) 設定して発生に及ぼす各種無機塩の影響を検討した (第 1 表)。その結果、高濃度水準 (14.4mmole) ではいずれの無機塩添加区においても根腐病の発生は低下し、中でも、硝酸カルシウム添加区の発

第 1 表 根腐病発生に及ぼす各種無機塩の影響

供試無機塩およびイオン	発病株率 ¹⁾ (% 接種後10日目)	
	7.2mm ole/1000g土 ²⁾	14.4mm ole/1000g土 ²⁾
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O (NO ₃ ⁻)	50.0 ^a	18.8 ^a
(NH ₄) ₂ SO ₄ (NH ₄ ⁺)	83.3 ^{bc}	60.4 ^b
NH ₄ Cl (NH ₄ ⁺)	87.5 ^{bc}	56.3 ^{bc}
KCl (K ⁺)	75.0 ^b	66.7 ^{bc}
CaCl ₂ ·2H ₂ O (Ca ²⁺)	85.4 ^{bc}	43.8 ^c
MgSO ₄ (Mg ²⁺)	91.7 ^c	71.2 ^c
無施用	100.0 ^c	100.0 ^f

- 1) 殺菌土を用いた接種実験。A. cochliformis の遊走子 10³/g 土壌を接種。
 発病株率の肩の文字はダンカンの多重検定 (p<0.01) の結果を示す。
 同じ文字を含む場合有意差無し。
 2) 土壌に添加したカチオンと硝酸イオンの量。

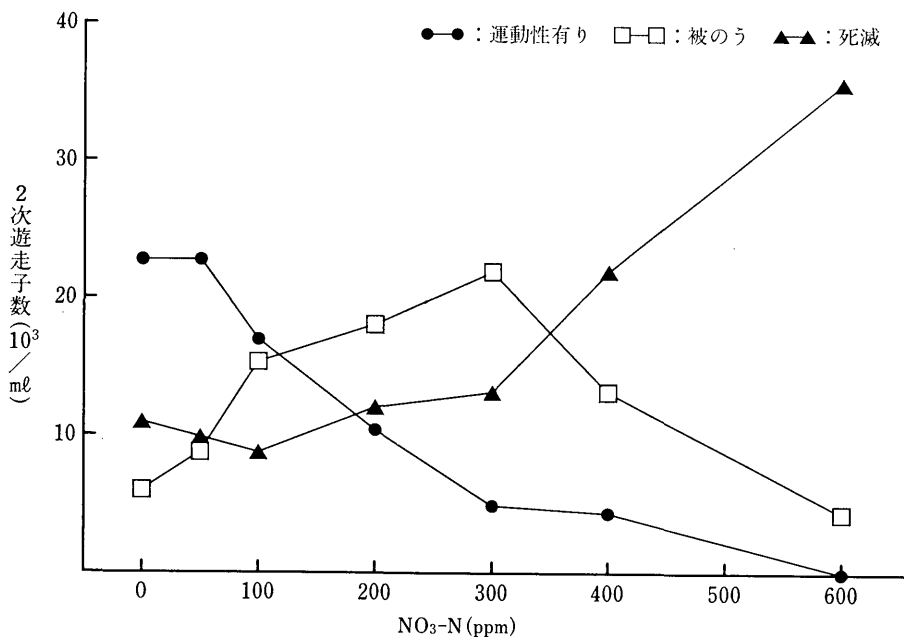
生は最も少なかった。

次に、NO₃-N の発生抑制効果の機作をモデル実験により解明した。その結果、宿主の感染に対する感受性に及ぼす NO₃-N の影響は判然としなかったが、水溶液中の NO₃-N 濃度の増加に伴い A. cochliformis の感染ポテンシャル (能力) は著

しく低下した。

すなわち、A. cochliformis の菌糸起源の遊走子生成は、NO₃-N 高濃度域で著しく阻害され、また NO₃-N 濃度 300ppm 以上の高濃度域では 2 次遊走子の被のう化 (鞭毛が消失し、運動性を失う) や死滅が起こった (第 1 図)。さらに、NO₃-N

第 1 図 A. cochliformis の 2 次遊走子の運動性に及ぼす NO₃-N 濃度の影響



実験開始時の 2 次遊走子数 40 × 10³/ml (運動性有り 34, 被のう 6)

実験開始から 1 時間後に各形態の遊走子をカウントした。

死滅遊走子数 (× 10³/ml) = 40 - (運動性有り + 被のう)

高濃度域におけるこうした 2 次遊走子の運動性の低下は、*A. euteichis* や *Pythium aphanidermatum* などの 2 次遊走子でも同様に観察された。

一般に、土壤無機成分含量は水の動きを介して土壤の物理性の影響を受ける。すなわち、土壤無機成分とりわけ $\text{NO}_3\text{-N}$ は、砂質土壤の圃場では溶脱により減少し、重粘質土壤や透水性の悪い下層土を有する圃場では滞水により希釈され易い。したがって、根腐病発生抑制効果の高い $\text{NO}_3\text{-N}$ が減少、希釈され易いこれらの土壤を有する圃場では根腐病の多発生が予想される。

第 2 表 溶脱および湛水処理が根腐病の発生に及ぼす影響 (モデル実験)

水分処理 ¹⁾	接種 ²⁾ 後 7 日目	
	発病株率 ³⁾ (%)	$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 ⁴⁾ (ppm 土壤溶液中) 土層:0~4.5cm 土層:4.5~9.0cm
溶脱 ⁵⁾	90.0	39 219
適灌水 ⁶⁾ (対照)	30.0	265 367
湛水 ⁷⁾	100.0	151

1) 同一土壤(淡色黒ボク土、土性:S)に対して処理を行った。

2) *A. cochlioides*の遊走子 $10^3/\text{g}$ 土壤を接種。

3) 各処理区につきホウレンソウ30個体調査。

4) 砂質および壤質土壤を2層に分けてpF1.5~3.8までの土壤溶液を分析。
重粘質土壤は地表面の滞水を分析。

5) 無底のポットを用い、灌水により $\text{NO}_3\text{-N}$ が溶脱し易くした。

6) 有底のポットを用い、滞水しない程度に灌水した。

7) 有底のポットを用い、地表面に水が溜るようにした。

そこで、これらの土壤に特有の水分挙動を想定した水管理を行い、根腐病の発生を観察した(第2表、赤司未発表)。その結果、砂質土壤を想定した溶脱処理区では地中深4.5cmまでの土壤溶液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は39ppmにまで低下しており、そのため発病株率は対照区に比べて高く、90%であった。

また、重粘質土壤を想定した湛水処理区でも希釈に伴う $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低下が起り、根腐病が100%発生した。これらのことから、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の溶脱し易い砂質土壤や滞水により $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の希釈が起る土壤を有する圃場では、根腐病が多発生することが示唆された。

4. 圃場における根腐病の発生機作

このように見て来ると、根腐病発生の引き金は降雨や灌水によってもたらされる水と結論される。

そこで、発生に関与する諸要因を水を媒体とし

て有機的に関連づけると、圃場における根腐病の発生機作を次のようにとりまとめることが出来る。

水は生理的に *A. cochlioides* の遊走子生成を促進し、さらに遊走子の伝播に対して好条件をもたらす。と同時に、溶脱や希釈に伴う土壤無機成分濃度の低下、とりわけ $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低下を招くため、遊走子の生成阻害や 2 次遊走子の被のう化および死滅が起らなくなり、感染ポテンシャルが高く維持される。これらの結果、根腐病が発生する。

とりわけ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が溶脱により減少し易い砂質土壤の圃場や滞水により希釈され易い圃場では根腐病は多発生する。なお、この発生機作は、遊走子感染する *A. euteiches* や *P. aphanidermatum* を病原とする土壤病害に対しても適用出来るものとする。

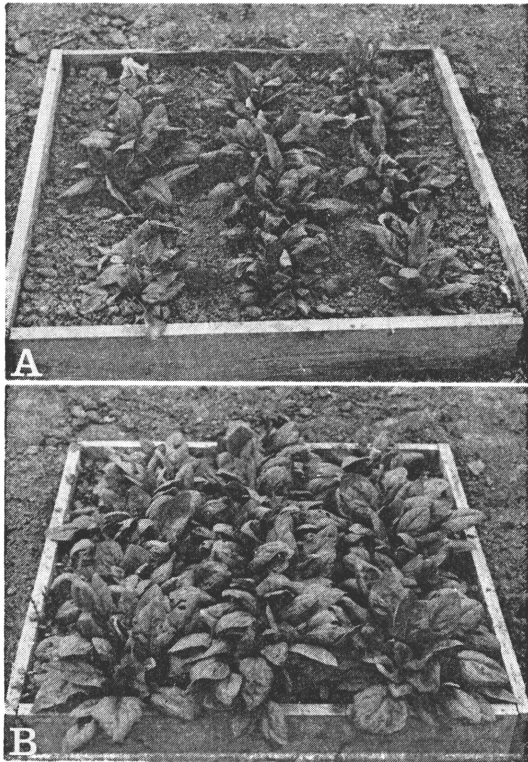
第 3 表 ホウレンソウ根腐病発生軽減のための N 施肥基準

施肥前 土壤残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量 (mg/100g)	N 施肥量 (kg/10a)
5 以下	20~25
5~10	15~20
10~20	10~15
20~30	0~10
30以上	無施用

注 1) $\text{NO}_3\text{-N}$ を含むN肥料が望ましい。

2) 残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量を定量するのが望ましいが、土壤EC値の利用も可。

写真-2 ホウレンソウ根腐病の発生に及ぼす窒素施肥量の影響 (中央農試柁圃場1986)



A : 窒素無施用 (根腐病の発生が認められる。施肥前土壌 NO₃-N 含量 22.4mg/100g)

B : 窒素 15kg/10a 施用 (発生がほとんど認められない。施肥前土壌 NO₃-N 含量 22.4mg/100g)

5. 根腐病発生軽減のための窒素施肥法

以上述べたように、根腐病は NO₃-N 欠乏条件

下で多発生するので、窒素の肥培管理により発生軽減を図ることが出来ると考えられる。第3表は柁試験 (写真2) および現地試験を通じて得られた根腐病発生軽減のための窒素施肥法を示したものである。

対象は根腐病が多発生する夏どり栽培であり、前作由来の土壌残存 NO₃-N 含量に対応した窒素施肥量が設定されている。北海道の施肥標準 (15 kg/10a) に比べて、残存 NO₃-N 含量が 10mg/100g 以下ではやや施肥量が多めになっている。これは根腐病防除に力点を置いたためであり、この程度の窒素増肥では濃度障害によるホウレンソウの生育抑制はほとんど認められない。なお、肥料形態としては防除効果およびホウレンソウの生育面を勘案すると、NO₃-N を含有する窒素肥料が望ましい。

6. おわりに

土壌病害の病原菌は土壌中に生息することから、その活動に対して土壌環境は少なからず影響を及ぼしているものと考えられる。その一例として、ホウレンソウ根腐病の発生機作と発生軽減を目的とした窒素施肥法について紹介したが、この種の研究は植物病理学と土壌肥料学の2分野にまたがる学際研究であるため、研究例は少ない。

しかしながら、昨今の安全性志向のうねりを考えると、こうした学際研究を通じて得られる知見に基づいた耕種的防除法の需要は、今後増すものと思われる。

チッソ旭の新肥料紹介

★作物の要求に合わせて肥料成分の溶け方を調節できる画期的コーティング肥料……………

ロング® <被覆燐硝安加里>

LPコート® <被覆尿素>

★パーミキュライト園芸床土用資材……………与作® V1号

★硝酸系肥料の No. 1 ……………燐硝安加里®

チッソ旭肥料株式会社

佐賀県におけるコシヒカリ穂肥専用肥料

「LPコート入りBB807号」の導入経過について

佐賀県西松浦農業改良普及所

永 洵 和 浩

1. はじめに

佐賀県の西北端に通称、上場台地と呼ばれる地帯がある。玄海灘に面した標高100～200mの波状形台地で、玄武岩を母材とした粘質の土壌から成り県下一の畑作地帯である。1市1町4村から成り総面積145km²年平均気温16.3℃と県平均に比し温暖で一部無霜地帯を含み、年間降雨量は約1900mmである。

現在、本地域は国営上場土地改良事業及び県営畑地総合土地改良事業による農地造成及び畑灌施設の整備が進められ近代的な畑作地帯に変貌しつつある。水田は耕地面積の50%弱で約2000haを有しているが、畑地に比べ圃場条件は悪く棚田が大部分を占め、また河川に乏しく用水が不足する常習干ばつ地帯である。このため本地域では、干ばつによる被害軽減と台風による潮風害回避を目的として、昭和32年から早期栽培（4月中旬～5月上旬田植）が導入され現在に至っている。なお、昭和37年からはいち早くコシヒカリが導入され、現在では作付面積の7割を占め、本県唯一の1類銘柄米産地として県内外から高い評価を得ている。なかでも食味に関しては九州一の折り紙付で、北陸産に匹敵するまでに評価されている。しかし、コシヒカリが作付面積の大部分を占めることと圃場条件の悪さ等から、収量的には県平均単収より100kg程度少なく、またコシヒカリの最大の特性である倒伏程度による収量・品質の年次変動が大きく、安定性に欠ける稲作となっている。

このようなことから、本県唯一の1類銘柄米であるコシヒカリの安定良質生産技術の確立を早急に図るために県単事業の銘柄米産地拡大実験圃設置事業を昭和57年から61年までの5ヶ年間行い、

地区技連（地域の農業技術者組織）を中心に現地試験を実施し一応の成果を得ることができた。とくに、コシヒカリの倒伏に強く影響を及ぼす施肥法に重点を置いた試験を行った結果、LPコート入りBB肥料の穂肥施用が、コシヒカリの安定良質生産技術として有望であることが実証できた。そこで今回は、本県におけるLPコート入りBB肥料の導入に至る経過について紹介する。

2. コシヒカリ専用肥料 LPコート入り BB807号試作の動機

本地域における従来までのコシヒカリの施肥法は、表-1に示すとおりである。この施肥法による生育の特徴は、年次による差はあるものの全般的に前半の生育が旺盛で後半凋落気味の稲、いわゆる「秋落ち型稲」であった。また、前半の生育量が過剰気味であるために有効茎歩合が低下し細莖化することによって倒伏に対しても弱くなる傾向であった。

そこで、昭和57年からの現地実証試験では、前半の生育量をやや抑制し穂肥を十分に施用できる施肥法の検討を行った。なお、昭和57年から59年までの3年間速効性肥料を用いた施肥法試験を行った結果、表-2に示した施肥法が一番安定性が高く有望と思われた。

表-1 従来までのコシヒカリ施肥法

(kg-10a)				
	基 肥	追 肥	穂 肥	計
施用時期	移植前 3-5日	移植後 5-7日	出穂前 18-20日	—
N-量	4.5	1.5	2.5	8.5

表一 2 現地試験から得た施肥法

(kg-10a)

	基 肥	追 肥	穂肥(I)	穂肥(II)	実 肥	計
施用時期	移植前 3-5日	移植後 5-7日	出穂前 18-20日	出穂前 10-12日	出穂前 2-0日	—
N-量	3.0	1.0	2.5	1.0	1.0	8.5

従来までの施肥法において、基肥・追肥の量が多かったのは移植時期が低温（水量15°C前後）であるために初期生育がやや停滞し茎数確保が困難であると思われていたためである。実際には基肥の多少と初期生育との間には相関はうかがえず、最高茎数との間には高い正の相関がうかがえた。とくに、基肥の量が多い場合は高次分けつ（プロフィール分けつも含む）が増加し、過剰分けつによる収量・品質低下の事例が多く見られた。

そこで、昭和57年からの現地試験では低温時の初期生育に大きな影響を与える苗質の問題に注目し、基肥に依存せず苗質で初期生育を確保することを前提として、生育前半の窒素施肥量を減じ、減肥した分を生育後期に施用することとした。その結果、3ヶ年平均で12%増収し、耐倒伏性も向上して栽培が安定することが実証できた。

ところが、この施肥技術を普及にうつすためには一つ問題がのこっていた。この現地試験において、実際自分で施肥することによって痛感したことは、7月中旬以降の盛暑の時期に草丈が80cm以上伸びた水稲圃場に入って三回（穂肥(I)・穂肥(II)・実肥)も施肥することの肉体的苦痛は想像以上であった。したがって、ある程度の増収期待よりも肉体的苦痛からの解放が生産現場では優先するものと思われた。すなわち、この施肥技術は、篤農技術としては普及できるとしても一般農家（経営に対する稲作のウェイト及び規模が小さい農家）には普及しにくい技術であると思われた。

そこで、この施肥法をくずさず生育後半の三回施肥を一回で済ませるような事が出来ないものかと、唐津地区技連作物部会（本村忠男部会長）で検討を重ねた結果、地元（唐津市）の経済連BB肥料工場に相談を持ち掛けることとし、担当の松尾憲一技術参与・外関係者の協力によりLPコート入りBB807号の試作を行ってもらい、試験に供試した。

3. LPコート入りBB807号の試作における根拠及び特徴

表一 3 LPコート入りBB807号と慣行肥料の相違

(N-kg/10a)

	穂肥(I)	穂肥(II)	実 肥	計
慣行肥料 (BB454)	2.5	1.0	1.0	4.5
LPコート入り BB807号	4.5(うち硫酸2.5、LPコート2.0)			4.5

表一 4 LPコート入りBB807号の特徴

	保証成分	備 考
窒 素	18%	うち10%硫酸・8%LPコート(40号タイプ)
燐 酸	0%	—
加 里	17%	—

昭和57年から実施した現地実証試験で得られた生育後期の望ましい窒素施肥量は、穂肥(I)と穂肥(II)及び実肥の合計量との割合が10:8である。そこで試作肥料は窒素18%のうち速効性の窒素10%を硫酸、緩効性の窒素8%はLPコートを配合することにした。なお、LPコートを40号タイプにしたのは早期作の登熟期間が30~35日であるためである。

4. 試験結果の概要と考察

昭和60年から3ヶ年試験地を砂質土壌の唐津市と粘質土壌の肥前町の二ヶ所に設置し、土壌適応性も含めLPコート入りBB807号の肥効試験を行った結果は表一5のとおりである。両地区ともに慣行の速効性肥料施用区に比し収量増となった。また、唐津市の砂質土壌では稈長が慣行区よりもやや短くなる傾向が認められた。このことは、LPコート入りBB807号が慣行肥料に比し徐々に稲体に吸収されるので速効性窒素肥料のように稲体の窒素濃度を急激に高めないことによるものと思われる。粘質土壌の肥前町では、一般的に葉色が濃く推移する傾向がみられたが稈長は慣行区と同程度であった。

以上の結果から土壌の違いによる施肥反応の相違は見られるものの、速効性肥料に比べて窒素が徐々に吸収されるために草勢の変化が少なく安定した生育を示すことが認められた。

5. まとめ

佐賀県でコシヒカリの栽培が定着している唐津

市西部の上場地帯で、コシヒカリの生産安定栽培技術を確立するために、施肥法改善の現地試験を行い、穂肥専用肥料として「LPコート入りBB807号」を試作開発し、本肥料をベースとした施肥法を確立した。この試験結果から「LPコート入りBB807号」は昭和62年度にコシヒカリの穂肥専用肥料として銘柄選定を受け、早期作コシヒカリの全面積をカバーするまでに普及している。

このように地域の問題を関係者が協力して現地試験を行い、問題解決のために新しい肥料銘柄を

作ったことは本県では初めてのケースであり、地区技術者連絡協議会活動の成果として評価されると思われる。そして、地域に適した肥料の生産に対応することができる佐賀県経済連BB肥料工場との連携があって実現することができた成果である。

最後に「LPコート入りBB807号」は収量の安定を目標として開発した肥料であるが、次の段階では、食味向上のための施肥技術の確立並びに新肥料の開発に取組みたい。

表-5 LPコート入りBB807号試験結果

年 度	耕 種 概 要					施 肥 量(kg/10a)							生 育 ・ 収 量 調 査									
	試 験 所	品 種	播 種	移 植	土 性	区 分	元 肥	追 肥	穂 肥 (I)	穂 肥 (II)	実 肥	成 分			稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本/㎡)	出 穂 期	成 熟 期	玄 米 重 (kg/10a)	同 左 比 (%)	
												N	P	K								
60 年 度	唐津市中尾	コシヒカリ	3/30	5/7	SCL	展示区	BB366 20K	BB366 10K	BB807 20K	—	—	7.5	4.8	8.2	85.0	18.1	322	7/24	8/23	480	108	
						対照区	BB366 20K	BB366 10K	BB454 10K	BB454 10K	—	8.0	9.4	9.2	88.2	18.8	345	7/25	8/24	446	(100)	
	肥前町梅崎	コシヒカリ	3/27	5/8	LiC	展(I)	BB366 30K	BB366 10K	BB807 16K	—	—	8.0	6.4	9.1	88.6	18.0	393	7/26	8/26	523	108	
						対(I)	BB366 30K	BB366 10K	BB454 20K	—	—	8.0	7.4	9.2	91.2	18.5	416	7/26	8/26	481	(100)	
						展(II)	BB366 20K	BB366 10K	BB807 23K	—	—	8.0	4.8	8.7	83.5	18.6	325	7/26	8/26	554	105	
						対(II)	BB366 20K	BB366 10K	BB454 16K	BB454 13K	—	8.0	6.3	8.9	84.3	18.8	340	7/26	8/26	525	(100)	
	61 年 度	唐津市中尾	コシヒカリ	3/29	5/2	SCL	展(I)	BB066 20K	BB066 20K	BB807 27K	—	—	8.9	13.4	11.0	82.2	—	330	7/26	8/29	519	103
							展(II)	BB066 20K	BB066 20K	BB807 35K	—	—	10.3	13.4	12.4	82.5	—	334	7/26	8/29	534	106
肥前町中浦		コシヒカリ	4/2	5/6	LiC	展示	BB366 30K	—	BB807 23K	—	—	8.0	4.8	8.7	84.4	18.6	337	7/24	8/31	504	118	
						対照	BB366 30K	—	BB454 20K	BB454 9K	—	8.0	6.3	8.9	81.9	19.2	304	7/25	8/31	428	(100)	
肥前町中浦		コシヒカリ	4/2	5/6	LiC	展示	BB366 40K	—	BB807 16K	—	—	8.0	6.4	9.1	84.3	18.8	342	7/25	8/30	564	111	
						対照	BB366 40K	—	BB454 20K	—	—	8.0	7.4	9.2	85.2	18.6	295	7/25	8/30	508	(100)	
62 年 度	唐津市中尾	コシヒカリ	3/29	5/7	SCL	展示	BB066 30K	—	BB807 30K	—	—	8.4	4.8	9.9	79.7	19.1	335	7/28	9/3	451	106	
						対照	BB066 30K	—	BB454 15K	BB454 10K	—	6.5	6.1	8.2	82.7	17.8	333	7/28	9/3	430	(100)	
	肥前町梅崎	コシヒカリ	3/26	5/5	LiC	展示	BB366 30K	—	BB807 17K	—	—	6.7	4.8	7.6	86.8	18.2	395	7/26	8/28	473	107	
						対照	BB366 30K	—	BB454 14K	BB454 7K	—	6.7	5.9	7.8	83.8	18.3	355	7/26	8/28	434	(100)	

佐賀県施肥改善研究会展示圃成績より