

埼玉県における早植水稻・小麦後水稻の

全量基肥法

埼玉県農業試験場 環境資源部

専門研究員 日 高 伸

1. はじめに

1995年11月から市場原理を導入した新たな米管理システムがスタートし、米作りも産地間競争の時代へと移行してきた。これからの水田農業は地域の特徴と需要の動向を的確にとらえて、いち早く新技術を導入した稲作りを展開するかにある。省力、低コストはわが国農業の古くて新しい技術目標であるが、生産性を高めつつ、時代に添った新たな技術開発には時間を要する。研究の先取りは多くの研究者が理解しているところではあるが、諸般の事情でそう簡単に成果が得られない。今日、産学官の共同研究が重要視されている。それは内外の構造変動によって様々に変化するニーズと将来の予測をいち早く知り、社会の要求に即答できる実用化技術を準備しておくことに他ならない。

チッソ旭肥料によって開発されたポリオレフィン系樹脂を膜材とした被覆肥料¹⁾はまさに時代の先駆的な研究であり、革新的な成果である。そこで、その製品を利用し、現場に適用できる実用化技術の開発は県の農業試験場を主体とした機関が担う。水稻に対する全量基肥法または基肥重点

施肥は全国で多くの試験が行なわれ、すでに普及に移されている。普通化成肥料の施用法は全国一律に適用されてきたが、被覆肥料は窒素溶出が温度条件に影響を受けやすい性質があり、また肥効は資材によって異なるために、栽培法、品種、作型など地域の条件に応じて、最適な資材を選択する必要がある。

埼玉県の水田土壌の80%は灰色低地土壌とグライ土壌が同程度の比率で分布し、北部の沖積地は乾田の条件を活かした米麦の二毛作地帯、利根川、中川沿いに分布する低地の水田は半湿田、湿田の一毛田である。立地条件に応じて早期栽培、早植栽培、普通栽培など多様な栽培型がみられ、栽培型に応じて、多くの品種が栽培されている。ここでは、良食味米として埼玉県内で広く栽培されているキヌヒカリの全量基肥法を紹介する。

ここで選定した肥料資材はコシヒカリを除く、その他の品種にも適用できる。

2. 埼玉県の全量基肥法の開発

埼玉県は1994年に環境保全型農業技術指針を策定した。水稻については土壌窒素の発現に即した合理的施肥、栄養特性に合った緩効性肥料の導入

本 号 の 内 容

§ 埼玉県における早植水稻・小麦後水稻の全量基肥法…………… 1

埼玉県農業試験場 環境資源部

専門研究員 日 高 伸

§ 水稻のナトリウム吸収から推定したカリウム施肥法…………… 7

宮城県農業センター 土壌肥料部 公害科

科 長 長谷川 栄 一

等によって、慣行施用量（窒素）の2～3割削減を設定した。土壌窒素の発現量の緩効性肥料の窒素溶出を予測し、両者の窒素供給パターンが水稻の時期別窒素吸収量に適合する資材を選択し施肥量を決める合理的施肥技術の開発である。そこで、まず、全量基肥技術の開発にあたって、研究の基本的な考え方を整理すると次の通りである。

(1) 被覆肥料の窒素利用率、施肥効率を明らかにする。

(2) 全量基肥では生育途中の窒素の過不足を補正できない。あらかじめ、肥料の溶出特性、土壌の窒素無機化量を明らかにする。

(3) 地力窒素供給量と肥料の窒素溶出量が、水稻の時期別窒素吸収量の推移にできるだけ近い肥料を選択し、配合割合、基肥量を決定する。

(4) 肥料の溶出量、土壌の窒素無機化量を現場で判断できる簡易な診断手法の開発が望まれる。現場での診断によって生育途中の追肥、水管理等の技術的対応が可能になる。

ここでは、(1)の被覆肥料の窒素利用率と施肥効率、(3)の実用化技術について、概要を紹介する。

1) 栽培法、施肥法と窒素利用率

著者は施肥窒素の動態解明に重窒素を使用して²⁾いる。その中から、普通化成肥料(8-8-8)を用いた慣行施肥体系における施肥窒素の利用率と被覆肥料(LPコート)を用いた全量基肥窒素の利用率を表-1に示す。早植水稻7品種の窒素利用率は、基肥N:21.3~32.3%、中間肥N(移植後45日):26.4~33.7%、穂肥N:35.8~52.8%である。小麦後水稻(以下:普通水稻)のコシヒカリは基肥Nの利用率が19.0%、中間肥N:17.3%、穂肥N:27.2%に低下した。湛水土壌中直播栽培(品種:むさしこがね)の基肥N利用率は29.3%、同時期の移植水稻の33.4%よりも劣ったが、中間肥N:45.5%(移植水稻:38.4%)、穂肥N:64.8%(移植水稻:56.7%)は移植水稻を上回った。以上の普通化成肥料の窒素利用率に対して、LP-N全量基肥法の窒素利用率は早植水稻のLP100-N:50.1~66.2%、LP S100-N:80%、LP50-N:72%、湛直栽培のLP100-N:59.5%であり、普通水稻でもLP50-Nの利用率は80.4%と高い。このように被覆肥料の窒素利用率は化成肥

表-1 水稻の基肥・追肥窒素の利用率及び施肥効率、生産能率

	窒素利用率%			施肥効率 Y/F	生産能率 Y/N
	基肥	中間肥	穂肥		
コシヒカリ 普通植	19.0	17.3	27.2	65.6	37.2
コシヒカリ 早植	32.3	33.7	52.8	72.1	37.1
キヌヒカリ //	28.3	28.4	42.8	57.7	34.1
初星 //	21.3	34.5	35.8	52.3	33.1
朝の光 //	23.4	29.3	46.7	42.9	36.2
タマホナミ //	21.5	30.4	45.1	38.8	39.4
たまみのり //	25.3	26.1	48.9	39.2	34.9
玉系74号 //	21.3	29.5	47.8	47.5	38.8

供試¹⁵N:8-8-8化成肥料、7.04 atom%(1987)

表-2 被覆肥料(LPコート)全量基肥の窒素利用率

	早植水稻			普通水稻 50	湛直水稻 100
	50	100	S100		
全量基肥法 調査年	72.3 1993	50.1 1991	80.0 1993	80.4 1992	59.5 1990

供試¹⁵N:¹⁵LP-urea-100Type、3.03 atom%
¹⁵LP-urea-50Type、3.25 atom%

料を大きく上回った(表-2)。

施肥窒素の利用率に対して、水稻の生産性から施肥効果を評価する施肥効率、生産能率が知られている。前者は圃場に施用した肥料成分(ここではN, 記号; F)の作物に対する寄与を考える場合の指標となるのが施肥効率(Y/F)である。後者の生産能率(Y/N)は養分吸収(N)の作物の生産に対する能率を示す。施肥窒素の効率は表-1、表-3に示すように品種、地域の条件によって大きく異なり、また土壌条件、品種を同一(キヌヒカリ)にした場合には栽培法、施肥法によって異なる(表-4)。施肥法の開発は施肥効率を高めることを目標にしているように、二段施肥、側条施肥では慣行施肥(全層施肥)に比べると施肥効率、生産能率、窒素利用率が高い。湛直栽培では分施肥体系の慣行施肥に代わって、適正な被覆尿素を基肥に施用することによって、施肥効率が高まる。特に、被覆肥料の全量基肥法ではいずれの栽培法でも飛躍的に施肥効率、窒素利用率が高まる。今後、省力栽培法として有望な乾田直播栽培

表-3 水稻の窒素施用量と収量, 窒素吸収量および施肥効率, 生産能率 (kg/a) (1991, 日高)

作物名	品 種 名	N施用量(F)	収量 (Y)	N吸収量(N)	施肥効率 (Y/F)	生産能率 (Y/N)	試験場所
普通水稻	むさしこがね	1.6	55.8	1.73	34.9	32.3	農研センター
	日 本 晴	1.6	55.5	1.48	34.7	37.6	"
	ハ ツ シ モ	0.85	45.7	1.64	53.8	27.9	岐阜農総試
	愛 知 92 号	1.0	55.2	1.50	55.2	36.8	愛知農総試
	愛 知 78 号	1.2	58.6	1.82	48.8	32.2	"
	月 の 光	1.2	57.1	1.86	47.6	30.7	"
	ヤ マ ヒ カ リ	1.2	64.5	1.59	53.8	40.6	三重農技
	星 の 光	0.7	53.8	1.03	76.9	52.2	栃木農試
	むさしこがね	1.25	58.9	1.41	47.1	41.8	埼玉農試
	た ま み の り	1.30	50.9	1.46	39.2	34.9	"
	タ マ ホ ナ ミ	1.30	50.4	1.28	38.8	39.4	"
	キ ヌ ヒ カ リ	0.90	51.9	1.52	57.7	34.1	"
	朝 の 光	1.25	53.6	1.48	42.9	36.2	"
	コ シ ヒ カ リ	0.70	50.5	1.36	72.1	37.1	"
	初 星	1.0	52.3	1.58	52.3	33.1	"
	多収水稻	日 本 晴	0.8	52.5	1.41	65.6	37.2
水 原 258		1.6	76.0	1.73	46.9	43.9	農研センター
関 東 146		1.8	85.3	1.44	47.4	59.2	"
ア ケ ノ ホ シ		1.8	83.0	1.40	46.1	59.3	"
南 京 11		1.8	94.0	1.80	52.2	52.2	"
むさしこがね		1.6	55.8	1.48	34.9	37.7	"
水 原 258		2.1	77.3	1.81	36.8	42.6	埼玉農試
水 原 262		2.1	64.7	1.72	30.8	37.6	"
	むさしこがね	2.1	59.0	1.69	28.1	34.9	"

表-4 栽培法・施肥法と窒素の施肥効率, 生産効率利用率 (kg/a, %)

栽培法	施肥法	施肥 N量	収量	N吸収量	施肥効率	生産能率	N利用率
早 植	慣行施肥	0.90	50.3	1.35	55.9	37.3	30.9
	二段施肥	0.75	48.1	1.32	64.1	36.4	-
	側条施肥	0.78	47.4	1.34	60.8	35.4	-
	全量基肥	0.63	54.7	1.32	86.8	41.4	54.8
湛 直	慣行施肥	1.30	44.8	1.13	34.5	39.6	29.3
	全量基肥	1.10	52.8	1.33	48.0	39.7	59.5
普通植	慣行施肥	0.80	47.3	1.20	59.1	39.4	32.6
	側条施肥	0.64	49.1	1.25	76.7	39.3	-
	全量基肥	0.64	57.3	1.32	89.5	43.4	52.9
	苗箱全量	0.64	57.0	1.31	89.1	43.5	64.0

(試験地: 埼玉県農業試験場、灰色低地土壌、キヌヒカリ)

や不耕起栽培などの新栽培法に対しても, 高い施肥効率をもつ被覆肥料の適正な施用法の開発が望

まれる。

2) 早植水稻の全量基肥法

本県の水田土壌を代表するグライ土壌, 灰色低地土壌の移植~成熟期までの土壌窒素無機化量はグライ土壌が9.7 kg/10 a, 灰色低地土壌が7.8 kg/10 aである。土壌窒素の無機化量は7月中旬の幼穂形成期前まではグライ土壌で高く推移し, 両者の差は7月上~中旬以降に拡大する傾向がみられる。従って, 埼玉県では土壌の種類によって, 二つの被覆肥料を選定した。グライ土壌は地力窒素を補完する資材として, 移植時期と水稻の生育, 養分吸収, 収量性から判断してLP100を選定した。一方, 灰色低地土壌では土壌窒素の発現量から判断すると, 肥料に依存した施肥体系(基肥+追肥)が必要であ

る。特に, 初期生育と有効茎歩合の確保をねらいとして, また穂肥の代替として, リニアタイプ(LP50)+シグモイドタイプ(LPS100)の配合肥料を選定した。図-1に時期別推定窒素溶出量を示す。

次に, 基肥量はまず慣行施肥体系で実施した過去数年間の時期別窒素吸収量から判断した。資材からの窒素溶出量と土壌窒素無機化量の合計が水稻の時期別窒素吸収量にほぼ一致することが望ましい。さらに, 施肥窒素の利用効率を勘案して施肥量が決定される。ここでは重窒素で得られた平年の窒素利用を参考にして, LP50-Nの利用効率を72%, LPS100-Nを80%, LP100-Nを66%とした。土壌窒素の発現, 被覆窒素の溶出率, 水稻の窒素吸収, 施肥窒素の利用効率から施肥量を算出する。これに基づき, 圃場試験を行い生育・収量, 収量構成要素等から減肥程度を考慮した全量

基肥の施用量を決定した。さらに、目標収量に対する水稻の窒素吸収量の年次変動幅を考慮して、グライ土壌では全Nに対してLP100-Nを80%含む配合被覆肥料を7.2 kgN/10 a (LP100-N: 5.8 kg, 速効性N: 1.4 kg)を施用する。灰色低地土壌ではLP50 (基肥)とLPS100 (穂肥)を配合した被覆肥料(LP-N/T-N: 80%)を7.5 kg N/10 a (LP50-N: 3.6kg, LPS100-N: 3.0kg, 速効性N: 0.8kg)を施用する。この施用量は早植水稻のキヌヒカりに適用できる。

灰色低地土壌の全量基肥法を圃場に適用した結果、穂数、1穂もみ数、登熟歩合が高まり、安定した収量と品質が得られた(表-5)。

全量基肥技術は増収技術、品質向上技術をねらいとした施肥法ではなく、あくまでも施肥省力の技術である。しかし、全量基肥では安定して高い収量が得られ、また玄米窒素濃度から判断した品質および出荷等級も安定して高い評価が得られている。さらに、施肥窒素の利用率が高まることから、慣行施肥量の1~2割程度を減肥しても、高位に安定した収量が得られる。従って、省力・高位安定・環境保全型施肥技術として高く評価でき

る。

3) 小麦後水稻の全量基肥法

二毛作地帯の水稻は麦跡移植のため、栄養生長期間が短く、葉数、分けつ、穎花数を確保しにくい。また成熟期間が短かく、登熟が不十分になりやすいなど、生育量の不足により、作柄の低下を招きやすい。

すなわち、初期生育量の不足、有効茎の確保・成熟日数の確保等の不足が作柄不安定の主な要因である。従って、生育不安定を克服するための個別技術が求められ、これまで、品種(晩植適応性品種)、施肥技術(側条施肥)、診断技術(栄養診断に基づく適期・適量追肥)、防除技術(発生子察に基づく効率的防除)、地力維持(耕深、土壌改良資材・有機質資材の適正施用)等について検討がなされ、現状の体系化技術が確立している。

小麦後水稻は、初期生育を確保することが栽培のポイントである。そこで、全量基肥では初期生育の確保と作柄の安定化を図ることをねらいとした。供試した資材はLP50, LP70, LP100の各配合被覆肥料、移植期は6月22~27日(中苗)である。その結果、被覆肥料の全量基肥では草丈

の伸長、茎数の増加がみられ、初期生育を確保しやすく、穂数、登熟歩合が高まり、増収効果の高い資材としてLP50配合被覆肥料(LP50-N: 80%配合, 15-13-15)を選定した。

同資材の全量基肥では茎数の増加、草丈の伸長など初期生育を確保しやすく(図-2)、さらに穂数、登熟歩合が高まる(表-6)。また、LP50の窒素溶出曲

図-1 時期別の土壌窒素無機量, LP50-N, LPS100-Nの推定窒素量

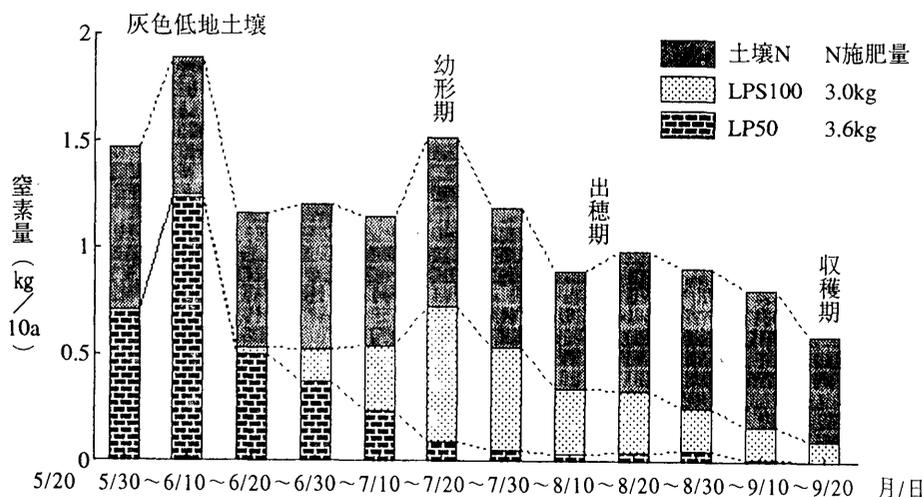


表-5 灰色低地土における全量基肥の窒素施用量と収量・収量構成要素 kg/10 a, 本/m², g, %

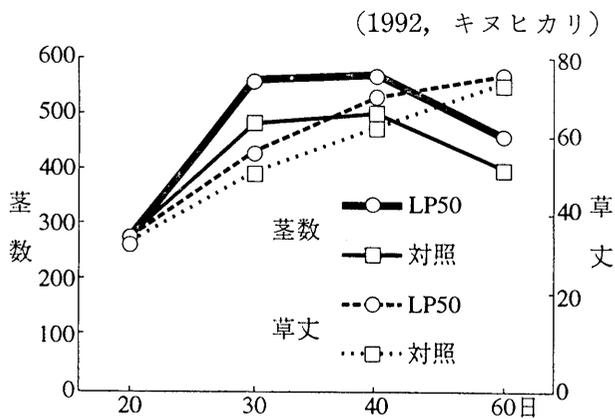
区	精玄米重	同指数 '92~'94(平均)	穂数	一穂粒数	登熟歩合	千粒重	整粒歩合	玄米N%	N利用率%
慣行標準施肥	594	100	383	96.2	79.8	21.0	92.4	1.30	30.9
LP50 標肥 +LPS100配合	578	96~105(100)	456	88.5	78.9	20.3	89.6	1.26	44.1
LP50 1割減肥+LPS100配合	602	101~107(104)	399	96.2	80.1	21.2	92.5	1.23	56.9

キヌヒカリ: 移植5月22日、稚苗、慣行標準施肥: 基肥N: 5.0kg、追肥N: 3.0kg(1994)

線は年次の差が少なく各年とも、ほぼ同様な溶出パターンを示し、分けつ期～出穂期の基肥窒素吸収量と窒素溶出量はほぼ一致した(図-3)。施肥窒素の利用効率(差し引き法)は慣行区(普通化成肥料:基肥-穂肥体系)の33%に対して、全量基肥では53%に高まった。4ヶ年の平均収量指数も

109(98~123%)と安定して高い収量が得られた。埼玉県の一毛作地帯はそのほとんどが灰色低地土壌である。二毛作水田の灰色低地土壌は土壌窒素の無機化量が少なく、初期生育を確保するには肥料に依存した施肥体系が必要であるが、LP50-Nは利用率が高く、標準施肥(基肥+穂肥)と同量を全量施用した場合には有効茎歩合・千粒重・玄米品質が低下しやすい。従って、小麦後水稲の窒素施肥量は標準施肥量の2~3割を減肥する。減肥区の収量指数は102~110%、窒素利用率は57~59%(差し引き法)に高まり、玄米品質も向上する(表-6)。

図-2 全量基肥区の茎数・草丈



被覆配合肥料: LP50-N 80%配合、8.0kgN/10a
 対照区: 普通化成肥料(基肥5.0kg-穂肥3.0kg)

図-3 LP50-Nの窒素溶出率・溶出量・窒素吸収量の近似曲線

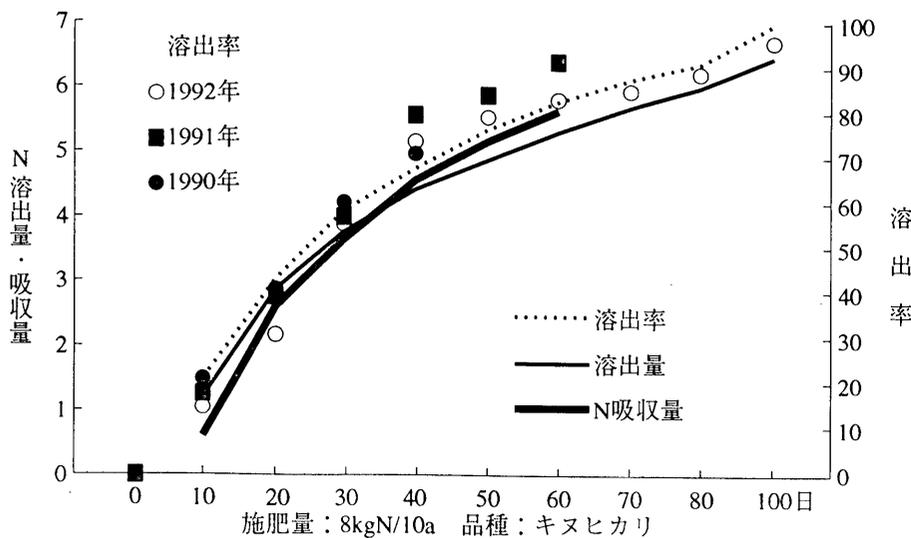


表-6 小麦後水稲の全量基肥と収量・収量構成要素

区	基肥 N:kg/10a	穂肥 N:kg/10a	有効茎歩合 %	穂数本 /m ²	精玄米重 kg/a	登熟歩合 %	一穂もみ数	千粒重 g	窒素利用率 %	玄米窒素 %	未熟粒 %
慣行標準施肥	5.0	3.0	78.5	337	52.3	77.9	85.9	22.1	32.6	1.23	25.9
50タイプ標肥	8.0	-	70.0	353	59.0	89.5	85.6	21.8	58.4	1.27	34.4
同2割減肥	6.4	-	86.0	340	57.3	89.4	83.3	22.6	59.4	1.21	25.0
同3割減肥	5.6	-	87.0	338	55.2	90.6	81.1	22.2	57.0	1.20	19.3

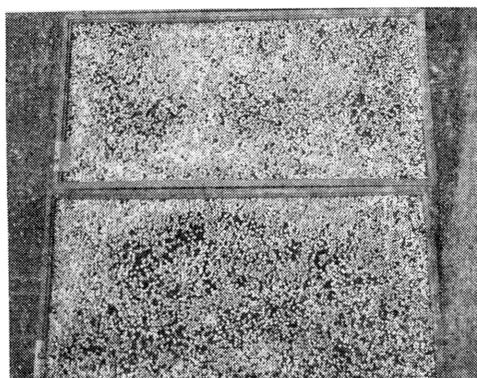
キヌヒカリ: 移植6月25日、中苗、被覆肥料: LP50被覆配合肥料、LP50-N:80%(1992)

4) 育苗箱全量基肥(小麦後水稲, 灰色低地土壌, 中苗)

本施肥法は基肥時期の作業競合の面から、二毛作水田への普及が期待されている。2)に記した麦後水稲の課題に即して、シグモイドタイプの本技術への適用を検討した。幾つかの溶出タイプで栽培試験を行いLP50-N(25℃土壌中で溶出抑制期間約30日、主溶出期間約30日で合計溶出日数が約60日のLP)を選定した。LP50-Nは窒素溶出の推移と本田の生育相が比較的よく一致し、初期から中期の生育が良好となり、穂数の確保に有効であった。

【施肥・育苗方法(キヌヒカリ, 中苗)】

市販の粒状培土2,200gとLP50-Nの単体を677g(施肥量の換算: 10aに30箱の苗を使用する、慣行施

写真-1 LPSBと培土を混合施用した苗箱に
催芽もみを播種

肥量の基肥 5 kg, 追肥 3 kgの全量を L P 60-N で施用する) を均一に混合したものを苗箱に充填する。タチガレン液を表面散水した後、催芽もみ 120 g を播種 (5月31日) し、粒状培土 1,000 g で覆土する。苗箱は30℃の催芽機に積み上げて48時間放置する。緑化した乳苗は苗箱を寒冷紗で覆って、22日間本田の苗代で育苗する (育苗期間の地温は18.3~25.3℃, 平均地温22.4℃)。この間の水管理は慣行でよい。育苗期間に濃度障害等による発芽・生育阻害は認められない。移植時の苗は慣行の苗に比べると窒素含有率がわずかに優るが、葉令、草丈、葉色、マット強度等に遜色は認められず、むしろ、根の発育が旺盛となり、根の張りが強い苗質が得られる (写真-1)。1995年の精玄米収量は慣行区 523 kg, 育苗箱全量基肥区 611 kg, 出荷時の検査等級はいずれも 1 等であった。

3. おわりに

水稻の全量基肥に関する試験は1979年から全国の農業試験場を中心に試験が行われてきた。関東では1981年の関東専技会で取り上げられ、翌年から施肥試験が実施された。埼玉県は1982年に土壤肥料専技 (北原氏) の指導のもとで加須普及センターが行なっている。当時は銘柄も少なく、基礎的な知見も十分でなかったことから、コシヒカリでは倒状を助長させる結果になった。その後、数年を経て、幾つかの銘柄が開発され、各地で品種への適用と適正な施用量の検討が行われ、被覆肥料を用いた省力施肥法が確立されてきた。全量基肥法は水稻の新たな施肥法としての立場を築きつ

写真-2 機械移植直前の苗の状況



つある。

著者は1986年に水稻の全量基肥試験に着手し、本文の栽培型以外にも湛水直播、乾田直播への適用を検討し実用化技術が得られつつある。栽培法や品種、地域の条件に最適な被覆肥料の選定にあたっては、全量基肥法の基本的な考え方で示した (2)の被覆窒素の溶出特性、土壤窒素無機化特性、(4)の肥料の溶出量、土壤の窒素無機化量を現場で判断できる簡易な診断手法の開発等の全量基肥法を補完する技術が必要である。これらについてもほぼ成果が得られており³⁾、その紹介は別な機会に譲る。埼玉県における全量基肥法はまだ途にいたばかりであるが、普及現場では肥料コストの低減を期待する声が高い。本県では被覆肥料、全量施肥技術は今日の環境保全型農業の高まりの中ではじめて認識された感がある。被覆肥料の全量基肥法は省力、低コスト化を追求した本来の農業技術であり、生産性の高い稲作技術として早急に定着することを期待したい。

引用文献

- (1) 藤田利雄・前田正太郎・柴田勝・高橋知綱：—21世紀を目指す肥料に関するシンポジウム—, 被覆肥料に関する開発, 肥料の現状と将来, 111-126, 日本土壤肥料学会, 1989
- (2) 日高 伸：重窒素の植物・水研究への利用, 重窒素圃場利用研究会, 10, 2-11, 1994
- (3) 日高 伸・高橋武子：積算地温による被覆窒素溶出量, 土壤窒素無機化量, 水稻生育時期の予測, 土肥誌関東支部大会講演要旨集, P30, 1995