

大区画圃場における流し込み施肥による 水 稻 の 省 力 追 肥 技 術

土屋一成・菅原 修・金 和裕・金田吉弘

はじめに

八郎潟干拓地のように、一区画が1.25haの大区画圃場においても、背負式動力散布機による水稻の追肥作業を行う農家が多い。この作業は重労働であり、しかも散布位置が重なると、その部分は生育が過剰になり、倒伏する場合もある。そこで、省力で均一な追肥作業方法の実用化が望まれている。

これに関連して、他の道府県では用水利用による流し込み専用肥料を用いた追肥方法が検討され^{1)~5)}、省力追肥技術として稲作指導指針に採用されているところもある。

以上を基に、本県でも八郎潟干拓地や最近、基盤整備が進められている大区画圃場を対象に、水稻栽培の追肥方法として有効と考えられる流し込み専用肥料を用いた省力追肥技術を施肥の均一性及び追肥効果の面から検討した。

1. 試験方法

1) 供試圃場：南秋田郡大潟村の八郎潟干拓地内の加藤俊博氏の圃場（80m×140mの大区画圃場で水口は短辺中央部に1カ所）

2) 供試品種：あきたこまち（中苗）、栽植密度：18.5株/m²、移植日：1994年5月19日、1995年5月12日、収穫日：1994年9月22日、1995年9月25日

3) 基肥量：1994年は窒素7.6kg/10a、1995年は窒素9kg/10a

4) 追肥量：N社の流し込み専用肥料（N-P₂O₅-K₂O=15-14-9）で、1994年は分けつ期の6月16日に窒素3kg/10a、幼穂形成期の7月12日に窒素1.5kg/10aをそれぞれ追肥した。1995年は分けつ期の6月14日に窒素1.6kg/10a、幼穂形成期の7月14日に窒素1.2kg/10aをそれぞれ追肥した。

5) 追肥方法：

1994年；追肥直前にあらかじめ2～3cm程度の水位にしておき、肥料投入－灌水－肥料投入－灌水の体系で必要な施肥量の半分ずつを2分割施肥した。肥料1袋（20kg）の投入時間は分けつ期追肥は1分、幼穂形成期追肥は4～6分であった。最終的な水位は分け

つ期追肥では9時間で10cm、幼穂形成期追肥では6時間で12cmとなった。また、2分割施肥の2回目の肥料投入は全灌水時間のほぼ中間時点で行った。

1995年；追肥直前にあらかじめ1～2cm程度の水位にしておき、2分割施肥した。分けつ期追肥では肥料1袋を2～3分で施肥し、6.5時間で水位が10cm、幼穂形成期追肥では肥料1袋を30～40分で施肥し、6時間で水位が8cmとなった。

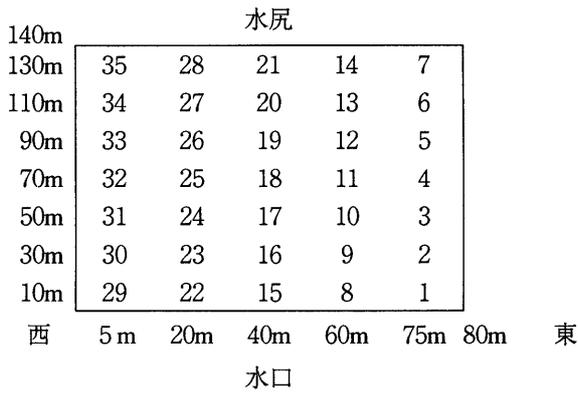
6) 調査項目：追肥直後から1～6日後までの田面水を1994年は第1図（35地点）、1995年は第2図（15地点）の各地点において経時的に採水した。田面水のpH、ECはすぐに測定した後、東洋Na6のろ紙でろ過後、ろ液100mlに1：1HClを1ml添加し、塩酸酸性にした後、4℃の冷蔵庫に保存後、適宜、NH₄-Nはインドフェノール法、Kは原子吸光分析法、PO₄-Pはモリブデンブルーによる比色法でそれぞれ分析し、施肥成分の均一性を検討した。さらに、1995年には幼穂形成期追肥19日後の止葉の葉色をミノルタ葉緑素計SPAD-502で測定するとともに、2ヶ年にわたり第3図及び第4図に示した9地点について、水稻の収量及び収量構成要素調査（1994年9月22日、1995年9月25日）も行い、それらの均一性を検討した。

2. 結果及び考察

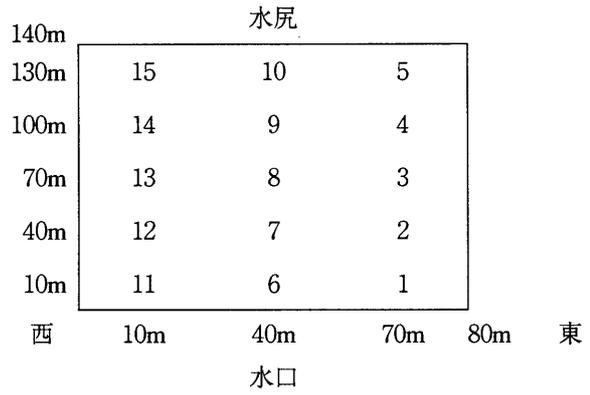
1) 1994年

(1) 分けつ期追肥では追肥直後の田面水のEC（施肥成分の濃度を反映する）は水口で最も低く、用水とほぼ同じ0.24mS/cmであり、圃場の水口側半分で0.3～0.5mS/cmであった（第5図）。さらに、圃場の水尻側半分の中央付近は0.5～0.7mS/cmと高く、畦畔に近いところでは0.4～0.5mS/cmであった。35採水地点のECの平均値は0.46mS/cmで変動係数は20%とやや不均一であった。追肥1日後では圃場南西側がやや低いものの、変動係数は12%と低下し、4～6日後には変動係数も7%台となりほぼ均一となった。

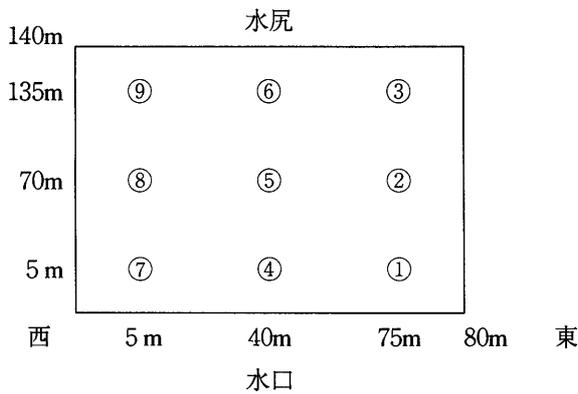
(2) 幼穂形成期追肥では処理時に水口から左右に板を置き、用水が分かれるようにしたため、田面水のEC値の分布は分けつ肥の場合より、均一になった（第6



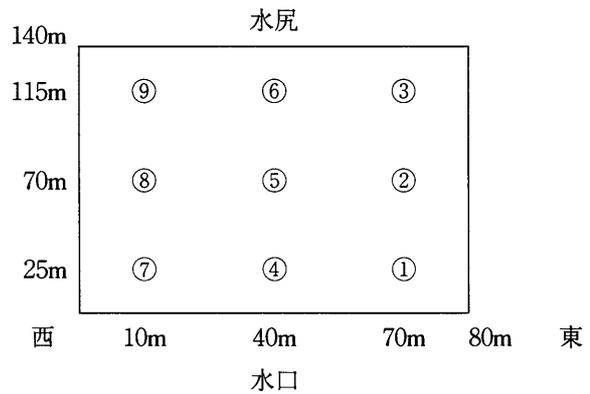
第1図 採水地点 (1994年)



第2図 採水地点 (1995年)



第3図 収量調査地点 (1994年)



第4図 収量調査地点 (1995年)

追肥直後

0.46	0.43	0.44	0.46	0.46
0.50	0.60	0.64	0.54	0.48
0.50	0.51	0.57	0.35	0.51
0.50	0.51	0.68	0.55	0.50
0.44	0.41	0.45	0.37	0.48
0.49	0.33	0.31	0.38	0.48
0.45	0.38	0.24	0.34	0.32

西 水口 東

平均0.46mS/cm、CV=20.4%

追肥4日後

0.50	0.48	0.50	0.50	0.50
0.47	0.50	0.50	0.50	0.44
0.48	0.46	0.50	0.50	0.42
0.46	0.40	0.48	0.48	0.46
0.42	0.38	0.41	0.44	0.48
0.42	0.34	0.41	0.48	0.42
0.43	0.38	0.45	0.44	0.42

西 水口 東

平均0.46mS/cm、CV=7.8%

追肥1日後

0.52	0.48	0.44	0.48	0.54
0.51	0.50	0.55	0.53	0.55
0.50	0.47	0.56	0.55	0.53
0.48	0.41	0.50	0.53	0.54
0.48	0.44	0.36	0.44	0.48
0.46	0.36	0.51	0.49	0.50
0.44	0.38	0.50	0.33	0.51

西 水口 東

平均0.48mS/cm、CV=12.1%

追肥6日後

0.50	0.51	0.50	0.50	0.52
0.51	0.52	0.50	0.48	0.51
0.50	0.50	0.48	0.48	0.51
0.52	0.44	0.43	0.46	0.49
0.47	0.42	0.43	0.46	0.48
0.46	0.42	0.42	0.40	0.48
0.51	0.44	0.47	0.42	0.43

西 水口 東

平均0.47mS/cm、CV=7.7%

第5図 分けつ期追肥後の田面水のECの変化 (1994年)
(追肥6月16日、N3kg/10aを1袋当たり1分で施肥、9時間で水位10cmとした。)

追肥1日後

0.42	0.42	0.42	0.39	0.42
0.42	0.61	0.44	0.50	0.43
0.42	0.49	0.38	0.41	0.47
0.39	0.43	0.50	0.41	0.42
0.39	0.51	0.40	0.50	0.40
0.43	0.56	0.41	0.42	0.44
0.48	0.44	0.41	0.48	0.52

西 水口 東

平均0.45mS/cm、CV=11.6%

追肥3日後

0.41	0.41	0.42	0.40	0.45
0.41	0.43	0.44	0.41	0.42
0.41	0.44	0.39	0.39	0.38
0.40	0.39	0.42	0.38	0.38
0.41	0.42	0.40	0.46	0.40
0.41	0.51	0.42	0.44	0.40
0.42	0.46	0.44	0.42	0.40

西 水口 東

平均0.42mS/cm、CV=6.4%

第6図 幼穂形成期追肥後の田面水のECの変化(1994年)

(追肥7月12日、N1.5kg/10aを1袋当たり4~6分で施肥、6時間で水位12cmとした。)

図)。すなわち、追肥1日後には田面水のECの変動係数は11.6%で分けつ期追肥の場合とほぼ同様であるものの、追肥3日後には変動係数が6.4%となり、ほぼ均一となった。

(3) 水稻の平均玄米重は登熟歩合が62%、千粒重が20.8gと低いことから483kg/10aと低く、変動係数は7%であった(第1表)。なお、水口側(①、④、⑦)より水尻側(③、⑥、⑨)の方がばらつきが大きかった。

第1表 流し込み施肥試験圃場の収量調査結果(1994年)

調査地点	わら重 kg/10a	玄米重 kg/10a	登熟歩合 %	千粒重 g
①	690	517	62.5	20.7
②	702	487	69.9	21.1
③	730	498	56.6	20.3
④	688	505	82.2	21.2
⑤	692	486	64.4	21.0
⑥	696	455	48.7	20.3
⑦	652	499	70.8	20.9
⑧	694	399	52.9	20.7
⑨	709	503	51.9	20.6
平均	695	483	62.2	20.8
標準偏差	19.4	34.0	10.2	0.3
変動係数(%)	2.8	7.0	16.5	1.5

注) 収量調査は9月22日

2) 1995年

(1) 分けつ期追肥では追肥直後の田面水のEC値は水口で最も低く、用水とほぼ同じ0.3mS/cmであり、圃場の水口側半分が0.3~0.5mS/cmであった(第7図)。水尻付近は0.4mS/cm前後であり、中央及び畦畔際の奥やや手前で0.5~0.6mS/cmと最も高く、変動係数も20%とやや高く、不均一であった。しかし、追肥1日後では不均一性はやや解消され、2日後には

変動係数が11%と低下し、5日後には6.3%でほぼ均一になった。田面水のNH₄-Nは、ECとほぼ同じ傾向であったが、施肥直後、平均値11.4ppm、変動係数70%と高く、追肥2日後は平均5.8ppm、変動係数62%とやや低下し、追肥5日後には平均2.1ppmで変動係数40%程度であった。K、PO₄-PについてもECとほぼ同じ傾向であったが、それらの変動係数はNH₄-Nより低く、追肥後5日間でKは48%から9%へ、PO₄-Pは60%から18%に低下した。なお、田面水のpHは水尻で追肥直後に9前後の値を示し、一部がアンモニアとして揮散している可能性が懸念されたものの、その後は8前後の値で推移した。

(2) 幼穂形成期追肥では肥料の流し込みに1~2時間をかけたが、田面水のEC値からみた肥料成分の均一性はほぼ分けつ期追肥の場合と同様であった(第8図)。すなわち、追肥直後は変動係数が28%と高いが、追肥3日後には14%まで低下し、5日後には11%とほぼ均一となった。しかし、田面水のNH₄-N、K、PO₄-Pについては分けつ期追肥の場合より変動係数がやや大きく、これは、それぞれの平均値が分けつ期追肥の時より低かったことが一因と考えられた。なお、田面水のpHは7前後であり、アンモニアの揮散は考えられなかった。

(3) 幼穂形成期追肥19日後の止葉の葉色の変動係数は4%程度で大きなばらつきは認められなかった(第9図)。

(4) 水稻の玄米重は登熟歩合が76%、千粒重が21.7gで前年度より高かったことから538kg/10aとなり、その変動係数も4.3%で、前年度よりばらつきが少なかった(第2表)。なお、水口側(①、④、⑦)より水尻側(③、⑥、⑨)の方がばらつきが大きい傾向は前年度と同様であった。

	追肥直後			追肥 1 日後			追肥 2 日後			追肥 5 日後					
pH (H ₂ O)	9.1	8.8	9.1	8.0	8.4	8.1	7.9	8.4	8.9	7.7	7.8	8.3			
	7.8	7.5	7.7	7.4	8.2	7.8	8.6	8.7	8.0	7.6	7.6	8.3			
	7.7	7.4	7.5	7.6	7.6	7.9	7.8	7.9	7.5	7.6	7.7	7.9			
	7.6	7.3	7.4	7.4	7.6	7.8	7.6	8.2	8.0	7.7	7.6	7.8			
	7.5	7.5	7.3	7.4	7.4	7.5	7.7	7.5	7.7	7.6	7.8	7.5			
EC (mS/cm)	0.44	0.38	0.42	0.44	0.45	0.45	0.47	0.44	0.44	0.41	0.44	0.44			
	0.63	0.32	0.61	0.63	0.33	0.59	0.46	0.33	0.52	0.41	0.39	0.44			
	0.38	0.53	0.35	0.35	0.45	0.35	0.39	0.44	0.45	0.39	0.36	0.43			
	0.40	0.43	0.46	0.45	0.33	0.36	0.43	0.36	0.38	0.39	0.37	0.39			
	0.46	0.30	0.51	0.51	0.42	0.45	0.48	0.41	0.48	0.39	0.38	0.42			
NH ₄ -N (mg/l)	1.5	1.4	2.0	1.9	1.7	3.8	6.0	1.5	2.0	1.3	1.2	1.6			
	25.5	10.5	25.1	19.7	1.6	19.1	1.9	1.6	10.9	1.7	1.7	2.1			
	4.7	20.3	5.2	1.9	10.6	3.2	2.5	8.8	7.3	1.6	1.7	2.3			
	10.4	13.7	15.8	9.8	3.6	5.1	5.9	3.8	4.6	2.4	1.8	2.4			
	15.6	2.0	17.8	16.8	10.4	13.5	11.5	6.4	12.1	3.1	2.1	5.1			
K (mg/l)	7.9	6.6	7.0	7.9	7.6	11.8	14.1	8.3	8.5	8.6	9.2	9.1			
	23.9	5.8	23.2	23.7	5.9	23.1	8.5	5.5	16.8	8.4	7.4	9.4			
	10.6	18.2	8.5	6.9	14.5	9.0	9.7	13.4	13.8	8.7	7.3	9.7			
	11.7	12.4	14.1	9.7	7.7	9.7	9.8	8.8	9.8	9.5	8.6	8.6			
	14.5	4.3	16.1	16.7	13.2	15.5	15.7	11.2	15.2	9.7	8.5	10.4			
PO ₄ -P (mg/l)	1.3	0.8	2.2	0.7	3.7	1.9	2.2	0.8	1.1	1.0	1.5	1.1			
	6.0	1.7	6.9	1.0	0.7	5.8	1.0	1.3	2.8	1.1	0.9	1.2			
	2.0	6.0	1.8	5.8	1.3	1.4	1.2	3.0	1.8	1.3	0.9	1.3			
	3.4	2.8	4.1	1.2	3.3	2.1	2.0	1.5	1.8	1.5	1.3	1.3			
	3.7	0.8	4.9	3.4	1.5	3.3	2.7	1.6	3.0	1.5	1.5	1.7			
	水口			水口			水口			水口					
	pH (H ₂ O)			EC (mS/cm)			NH ₄ -N (mg/l)			K (mg/l)			PO ₄ -P (mg/l)		
施肥後日数	0	2	5	0	2	5	0	2	5	0	2	5	0	2	5
平均	7.8	8.0	7.8	0.44	0.43	0.40	11.4	5.8	2.1	12.3	11.3	8.9	3.2	1.9	1.3
標準偏差	0.6	0.4	0.2	0.09	0.05	0.03	8.2	3.6	0.9	5.9	3.2	0.8	1.9	0.7	0.2
C V (%)	7.8	5.3	3.0	21.1	11.3	6.3	71.7	61.8	43.0	47.5	28.5	9.1	59.5	38.7	18.2

第7図 分けつ期追肥後の田面水の pH (H₂O), EC, NH₄-N, K, PO₄-P の濃度変化 (1995年)
(追肥 6月14日、N1.6kg/10a を 1 袋当たり 2~3 分で施肥、6.5 時間で水位 10cm とした。)

3) 宮城県古川農試、岩手農試、新潟農試、千葉農試でも 1 ha 規模の水田においてほぼ同様の試験が行われており⁵⁾、1 回流し込み施肥より 2 回分割流し込み施肥の方が田面水のアンモニア態窒素濃度や葉色のばらつきが少ないことや化成肥料を動力散布機で追肥した場合より収量のばらつきが小さく、収量も慣行区と同等か、それ以上であることが報告されている。

4) 以上、2ヶ年の現地実証試験の結果、流し込み施肥は肥料の分布が 4~5 日程度ではほぼ均一となり、その後の生育・収量のばらつきにはほとんど影響を及

ぼさないこと及び 1 袋当たりの追肥時間が 2~3 分と短いことから省力的な追肥方法であることが明らかとなった。

3. 要 約

大区画圃場では省力で均一な追肥作業ができる効率的な追肥作業方法の実用化が望まれている。本県にも有効と考えられる流し込み専用肥料を用いた追肥技術を検討した。

1) 追肥直後は水口及び水尻付近における田面水中

	追肥直後			追肥3日後			追肥5日後		
pH (H ₂ O)	6.7	6.7	7.1	6.7	6.8	6.9	6.7	6.8	7.5
	6.8	6.9	7.0	6.6	6.6	6.9	6.9	6.7	7.6
	6.8	7.0	7.1	6.6	6.7	6.9	6.8	6.9	7.9
	6.9	7.1	7.1	6.7	6.7	6.9	6.9	6.8	8.4
	7.0	7.1	7.3	6.5	6.7	6.7	6.7	6.8	8.3
EC (mS/cm)	0.27	0.30	0.22	0.32	0.27	0.24	0.32	0.31	0.24
	0.57	0.33	0.31	0.37	0.28	0.27	0.31	0.30	0.28
	0.35	0.40	0.31	0.28	0.35	0.25	0.28	0.33	0.25
	0.44	0.44	0.40	0.28	0.34	0.26	0.29	0.36	0.26
	0.59	0.28	0.48	0.38	0.27	0.30	0.33	0.28	0.29
NH ₄ -N (mg/l)	1.1	3.2	0.7	4.6	1.6	0.6	1.9	1.3	0.5
	21.6	5.0	3.1	8.1	1.1	0.6	1.9	0.6	0.6
	7.2	11.4	3.1	1.6	4.8	0.5	0.6	1.8	0.6
	13.6	16.1	11.1	1.3	4.9	0.6	0.6	2.8	0.6
	25.0	1.5	18.3	8.3	0.8	1.3	2.3	0.7	0.8
K (mg/l)	3.5	5.3	2.3	8.8	5.0	2.1	8.1	6.1	1.4
	18.3	7.1	10.8	13.4	4.9	7.0	9.4	4.6	5.6
	8.3	10.3	7.7	6.2	8.4	4.2	4.4	2.6	3.1
	12.1	12.6	12.3	5.3	8.5	3.3	4.3	9.7	0.5
	19.8	4.4	15.6	12.3	3.2	6.3	9.9	2.5	2.3
PO ₄ -P (mg/l)	1.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.1	0.2	0.1
	6.9	1.6	1.6	1.2	0.8	1.0	0.2	0.1	0.2
	2.2	3.3	1.8	0.7	1.1	0.8	0.1	0.2	0.2
	4.8	4.1	4.3	1.0	1.2	0.9	0.2	0.3	0.2
	7.1	0.8	6.7	1.6	0.8	1.3	0.3	0.3	0.4
	水口			水口			水口		

	pH (H ₂ O)			EC (mS/cm)			NH ₄ -N (mg/l)			K (mg/l)			PO ₄ -P (mg/l)		
施肥後日数	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5
平均	7.0	6.7	7.2	0.38	0.30	0.30	9.5	2.7	1.2	10.0	6.6	5.0	3.26	0.98	0.21
標準偏差	0.2	0.1	0.6	0.11	0.04	0.03	7.7	2.6	0.7	5.1	3.1	3.0	2.18	0.25	0.08
C V (%)	2.4	1.8	8.1	27.7	14.3	10.6	81.4	97.5	63.0	50.5	47.4	60.1	66.9	25.2	37.5

第8図 幼穂形成期追肥後の田面水の pH (H₂O), EC, NH₄-N, K, PO₄-P の濃度変化 (1995年)
(追肥7月14日、N1.2kg/10aを1袋当たり30~40分で施肥、6時間で水位8cmとした。)

の EC, NH₄-N, K, PO₄-P の濃度が低く、施肥むらが見られるが、2~3日程度で徐々に解消し、4~5日ではほぼ均一となった。

2) 1袋当たりの肥料の投入時間は、2~3分でも30~40分でも、追肥直後の肥料成分の濃度分布はほぼ同様であるので短時間で行うのが省力的であった。

3) 幼穂形成期追肥後の止葉の葉色及び水稻収量の変動係数は4~7%程度で大きなばらつきは認められなかった。

4) 用水に流し込み専用肥料を施用する本追肥技術

を用いれば追肥時間が短縮でき、省力効果が高く、パイプライン灌漑施設など用水量が十分にある大区画圃場で有効である。

4. 普及上の注意

減水深3cm/日以上漏れ田には適さないこと、圃場の均平度が高いこと、圃場の地力むらが少ないこと、処理時の水位は1~2cm程度とし、2~3時間間隔の2分割施肥とすること、施肥後4~5日間は落水、かけ流しはしないことなどが普及上の注意点としてあ

水尻

38.6	38.9	38.1
38.2	36.3	36.0
35.7	37.3	34.5
37.9	38.6	35.4
39.6	37.6	40.1

水口

平均37.5 (CV=4.3%)

第9図 幼穂形成期追肥後の止葉の葉色
(葉緑素計値)
1995年8月2日測定

第2表 流し込み施肥試験圃場の収量及び収量構成要素調査結果 (1995年)

調査地点	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	玄米重 kg/10a	総粒数 ×10 ³ /m ²	登熟歩合 %	千粒重 g
①	92.6	18.7	298	562	25.5	87.3	21.5
②	90.5	18.2	316	514	31.1	68.9	21.3
③	90.4	18.5	305	525	31.1	81.8	21.8
④	93.6	18.5	338	531	33.2	81.7	21.4
⑤	90.5	18.7	329	535	30.5	80.2	22.1
⑥	93.2	18.8	341	498	34.6	57.9	21.4
⑦	90.3	18.7	338	528	31.5	74.6	21.8
⑧	87.7	18.3	376	564	32.7	80.1	22.1
⑨	95.1	19.0	379	580	36.2	69.7	21.6
平均	91.5	18.6	336	538	31.8	75.8	21.7
標準偏差	2.1	0.2	23.2	23.2	1.8	7.5	0.3
変動係数(%)	2.3	1.1	6.9	4.3	5.7	9.9	1.4

注) 収量調査は9月25日

げられる。

本報告の概要は東北農業研究第49号 (1996) に掲載される予定である。

引用文献

- 1) 柳町 進・木村 知・久保洋一 (1994, 2): 水稻栽培における追肥の水口流入施肥法、農業と科学、1-4

- 2) 草野 秀 (1994, 4): 水稻の流入施肥法について、農業と科学、1-5
- 3) 中野富夫 (1995, 4): 流入施肥による穂肥施用の省力化、農業と科学、6-8
- 4) 本村 悟 (1995, 6): 自然に、とけあう・・・水稻「流し込み施肥法」、技術と普及、76-80
- 5) 本村 悟 (1996, 8): 流し込み施肥 大区画圃場でも肥効は均平 各種実証試験から、技術と普及、78-82