

稲・麦わら施用水田の土壤肥料的な研究

第1報 稲わら施用水田の施肥窒素の吸収利用について

茂木惣治・鶴野慶吉

I 緒言

水稻栽培における機械化の進歩は目ざましく田植機の開発、普及から十数年も経過した現在では、本県の水田面積の約90%は田植作業を機械に依存するようになった。さらに収穫作業はバインダーから、自脱型コンバイン利用に移行し、生産される稲わらは他目的に利用される場合や土壤条件で排水不良等の例を除くと、全量が収穫時に施用されているのが一般的である。

水田への稲わら施用に関する土壤肥料的な側面からの調査研究は、全国各地で行われた。そして、地域性、土壤型、栽培様式との関連や施用時期及び方法、施用時の対策面から詳細に論じられている。^{6, 20)}

その中で稲わら施用上からみて水稻に対する障害もしくは負要因として指摘されている項目は、大別すると次の三項目である。

一つは土壤の還元化の助長による根への障害、二つ目は新鮮有機物を施用することによる、微生物と水稻の窒素養分に対する競合（窒素飢餓現象）、三つ目は前者とも関連して、水稻後期における窒素の無機化に伴う生育の不安定化等が指摘され、それぞれの問題に土壤肥料的な対応がなされてきた。さらに、最近の地力問題をめぐる論議の中で、粗大有機物としてのわら類の作物生産に与える影響についての研究も活発に行われている現状である。

稲わら施用条件下での水稻の生育と収量に及ぼす影響について概観すると、寒地においては負の効果³⁾、西南暖地では秋まさり型の正の効果として論じられている。^{2, 18~19)} さらに、関矢ら¹⁵⁾ によって施肥窒素と土壤窒素からの水稻による窒

素吸収状況を追求した研究が行われ、寒地での稲わら施用の影響は施肥窒素の利用率が低くなり、むしろ土壤窒素の発現を多くすること、暖地では吉沢^{18~19)}、井手²⁾ によれば、ほ場で生産される量では排水不良田と早期栽培を除くと、緩効的窒素肥料のような働きをして後期の水稻生育が良好となり、窒素吸収量も多くなると報告している。

数年来、水稻をとりまく社会経済条件が急激に変化するなかでも、水稻専作農家群あるいは経営の中で稲作の比重が高い農家群では高品質の良質米を多取しようとする気運が盛んで、稲わら連用条件下で種々の施肥法が行われている現状である。

筆者らは稲・麦わら施用水田について土壤肥料的な側面から検討を続けているが、今回は収穫された稲わら全量が連用されて来たほ場条件下で、窒素の施肥時期及び量によって水稻にどのように吸収利用されるかを標識窒素を用いて検討し、若干の知見を得たので報告する。

II 試験方法

1. ほ場条件

供試ほ場は大田原市今泉の岡本泰氏のほ場であり、野須野ヶ原のほぼ中央部に位置し、土壤は火山灰が再たい積した表層腐植質多湿黒ボク土で、土壤統は鹿畑統に属する。土壤の理化学的性質は第1, 2表に示したように、表土は火山灰の影響をうけてリン酸吸収係数が大であるが次層以下は砂質となり、火山灰の混入は少なくなっている。有効態リン酸はリン酸肥料の増施が行われていることを反映して作土では多い。

第1表 供試土壤の理学性

層	深 さ cm	風 乾 土 %			細土無機物中 %				土 性
		礫	水分	腐植	粗砂	細砂	シルト	粘土	
1	0~14	0.1	5.3	8.30	20.90	41.81	20.12	17.17	CL
2	14~33	0.2	3.0	3.93	24.79	54.48	11.14	9.59	SL
3	33~	0.1	1.7	1.05	24.88	54.57	10.60	9.95	SL

層	実容積	全重量	固相重	固 相	液 相	気 相	孔隙率
		g	g	%	%	%	%
1	88.6	140.7	87.4	35.3	53.5	11.4	64.7
2	79.0	145.7	105.3	38.6	40.4	21.0	61.4
3	79.0	155.9	120.3	43.4	35.6	21.0	56.6

第2表 供試土壤の化学性

層	pH	T-C	T-N	C/N	CEC	置換性塩基 me			塩 基	トルオ
	(H ₂ O)	%	%		me	Ca	Mg	K	飽和度 %	グ P ₂ O ₅ mg
1	6.25	4.82	0.30	16.1	23.3	6.2	1.6	0.5	35.6	31.8
2	6.30	2.28	0.12	19.0	13.2	2.1	0.8	0.2	23.5	4.4
3	6.50	0.61	0.04	15.3	8.3	0.9	0.4	0.2	18.1	9.6

有効態	遊 離	リン酸	吸 収	乾土30℃	生 土		乾土効果	地温上昇
					30℃	40℃		
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	吸 収	係 数	mg	mg	mg	mg	mg
48.3	1.24	1479	11.61	4.07	11.65	7.54	7.58	
67.0	1.22	1200	—	—	—	—	—	
59.2	1.16	703	—	—	—	—	—	

稲わら施用の状況は、この試験を行なった1977年まで8年間継続して収穫全量の稲わら（単年度で60kg/a前後の量）を連用したほ場である。かんがい水は地下水のポンプ汲み揚げで、日

減水深は45mm内外で大きい。

2. 試験区の構成

本県では早生種に属するトヨニシキを用いて第3表に示した試験区の構成とした。リン酸20,

第3表 試験区の構成

	基 肥		追 肥	
	全層施用	表層施用	基 肥	穂 肥
1	7	0	0	3*
2	7	0	3*	3
3	7*	0	3	3
4	0	7**	3	3
5	10*	0	0	3
6	10	0	3*	3

注. ¹⁵N : 7.09 atom % の硫酸 (**基肥全層、早期基肥、穂肥)
P₂O₅ 20 K₂O 10 (**基肥表層施用)

カリ10g/m²を各区共通に施用し、窒素は基肥7, 10, 早期基肥(田植後2週間目に施用)3, 穂肥3g/m²の組合せで6区1反復で行い、基肥, 早期基肥, 穂肥に7.09atom%の標識硫酸を用いた。

ここで早期基肥を検討対象とした理由は、稲わら連用ほ場で基肥窒素のかなりの量が水稻の初期生育期間中に有機化されるのではないかということと、加えて現場の農家で早期基肥がかなり多く実施されていること等を考慮したもので、早期基肥の水稻による吸収利用状況を知ると共に水稻生育への影響を検討するためである。

3. 施肥方法

リン酸とカリは4月28日に、基肥窒素は田植直前に施用し、作土に混和した。基肥窒素の表層施肥は田植直後に施用し、作土との混和作業

を行わなかった。早期基肥は5月20日に、穂肥は出穂15日前の7月20日に施用した。なお、本試験は現地のは場条件を重視する意味で、ほ場の中に透明のアクリル樹脂製の無底枠(長さ1.2, 巾0.6, 高さ0.2m)を埋設して行った。

4. 耕種概要

慣行に準じて育苗した25日苗(葉令2.4, 草丈11.8cm)を、5月6日に栽植密度30×13.5cm 1株4本ずつ手植した。なお、病虫害防除と除剤の散布は慣行に準じて行った。

5. 試料採取時期と試料調整法

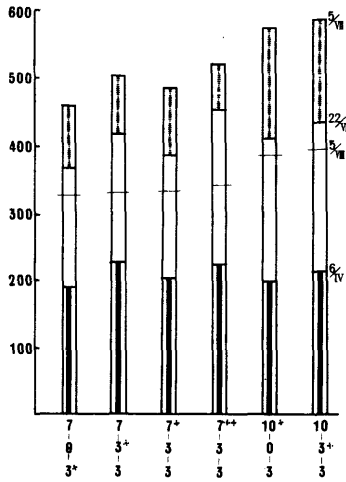
田植直後にあぜ波シートで区切っておいた時期別用の水稻を6月5日(分けつ初期), 6月20日(分けつ盛期), 7月5日(最高分けつ期), 8月5日(出穂期), 9月13日(収穫期)に各区から4株採取し、水道水と脱塩水で洗い、80℃で30分加熱後風乾し、小型のスチール製粉砕器で粉砕して試料とした。

6. 標識窒素の分析法

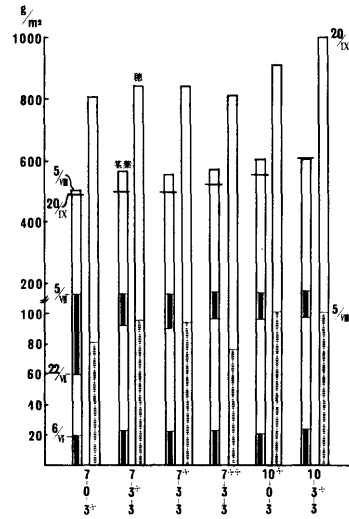
各時期別の試料0.5gをケルダール法によって水蒸気蒸溜し、苛性ソーダによる滴定終了液を希硫酸で再び微酸性にし、その全量を蒸発濃縮(約5~7ml)したのち、マイクロシリンジを用いて0.1ml供試し、柳本製の質量分析計(MSI 10型)を用いて封管燃焼法によって標識窒素(¹⁵N)の存在比を求めた。

第4表 水稻の生育状況

処 理	6月6日		6月22日		7月5日		9月20日				
	基 肥	穂 肥	草 丈 cm	茎 数 本/m ²	草 丈 cm	茎 数 本/m ²	草 丈 cm	茎 数 本/m ²	穂 数 本/m ²	穂 長 cm	稈 長 cm
7	0	3*	30.8	190	41.4	366	51.6	461	329	19.7	81.6
7	3*	3	32.3	228	43.1	417	53.6	502	333	20.7	82.0
7*	3	3	31.3	197	42.6	387	53.0	486	334	20.4	82.1
7**	3	3	32.4	224	43.3	453	55.1	524	345	20.2	81.4
10*	0	3	31.6	199	42.9	412	55.4	573	388	20.2	83.2
10	3*	3	33.2	213	43.2	436	54.0	587	398	19.9	83.0



第1図 茎数の推移 (本/m²)



第2図 水稻の時期別乾物重

III 試験結果

1. 水稻の生育状況

草丈、茎数及び乾物重の推移を第4表と第1、2図に示した。田植後1か月目では基肥7、10g/m²（以下7、10gと略）で早期茎肥を施用しなかった場合は生育が劣る傾向を示した。分けつ盛期では基肥7gで早期茎肥無施用の場合、施用した区に比べて茎数、乾物ともに劣り、10gの場合は前者ほどの差はみられなかった。最高分けつ期では、基肥7gのみの生育は早期茎肥施用区と大差ない生育を示した。出穂期では各処理区とも無効茎の割合が多く、穂数は少なくなったが、収穫間で比較すると基肥10g+早期茎肥3g区が最高を示し、次いで基肥10g区であり、基肥7gでは穂肥まで追肥しなかった場合最小値を示した。

また、基肥7gを表層施用した場合は、初期生育から最高分けつ期までは全層施用した区と損色ない生育を示したが、出穂期から収穫期にかけて落ちこみ傾向を示した。

基肥、早期茎肥及び穂肥で7-3-3g区と10-0-3g区との比較では、田植後1か月目で前者がやや良い生育傾向を示したが、最高分

げつ頃からは逆転して穂重、わら重とも後者が優った。なお、各処理区とも全生育期間を通じて生育を乱すような病虫害の発生はみられなかった。

2. 時期別窒素吸収状況

各時期別の水稻中の窒素含有率を第5表に、窒素吸収量を第3図と第6表に示した。窒素含有率では、分けつ初期と最高分けつ期に基肥7gのみの区で低く、基肥10g+早期茎肥3g区が初期から分けつ盛期にかけて高かった。

窒素吸収量は乾物重を反映して、早期茎肥なしの基肥7g区が少なく、基肥7g表層施用区は初期から出穂期までは全層施用区と同程度であったが、収穫期ではやや少なかった。

早期茎肥なしの基肥10g区は、早期茎肥施用の基肥7g区と比較すると、分けつ初期では少なかったが、出穂期以降の吸収量は多くなった。なお、収穫期における窒素吸収量は最少で12g、最多の15g/m²の範囲であった。

3. 施肥窒素からの窒素吸収

基肥、早期茎肥、穂肥に標識硫酸を施用し、

その各々の施肥窒素からの窒素吸収量を第7表に、各時期窒素吸収量に占める各施肥窒素からの窒素量を第3図に、割合を第4図に示した。各施肥窒素からの窒素吸収量は、分けつ初期から収穫にかけて増加した。基肥窒素は、分けつ盛期までかなりの割合を吸収し、以後出穂期に多量の窒素を吸収した。分けつ盛期から最高分けつ期までと、出穂期から収穫期までの期間は

基肥窒素からの吸収は少なかった。

基肥窒素の表層施用の場合は、分けつ盛期までに大部分吸収し、それ以降の吸収量は全層施用に比べて少ない傾向を示した。

早期茎肥からの窒素吸収量は、分けつ初期から収穫期までわずかづつ吸収され、収穫期で0.45g程度の吸収量であった。時期別の吸収傾向をみると、分けつ初期は基肥が少なかった区

第5表 水稻の時期別窒素含有率

処 理			6月6日	6月22日	7月5日	8月5日		9月20日	
基肥	茎肥	穂肥	茎葉 %	茎葉 %	茎葉 %	茎葉 %	穂 %	わら %	穂 %
7	0	3※	3.71	3.64	2.09	1.08	1.20	0.57	1.12
7	3※	3	3.93	3.75	2.59	1.07	1.20	0.55	1.19
7※	3	3	4.08	3.64	2.47	1.22	1.22	0.56	1.19
7※※	3	3	4.09	3.40	2.47	1.26	1.30	0.52	1.20
10※	0	3	3.91	3.59	2.46	1.46	1.28	0.52	1.26
10	3※	3	4.40	3.96	2.39	1.38	1.29	0.58	1.15

第6表 時期別窒素吸収量

処 理			6月6日	6月22日	7月5日	8月5日		9月20日	
			茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	穂	わら	穂
7	0	3※	0.74	2.20	3.43	5.45	0.98	2.81	9.21
7	3※	3	0.91	3.46	4.31	6.10	1.16	2.75	10.13
7※	3	3	0.90	3.28	4.08	6.81	1.15	2.81	10.07
7※※	3	3	0.95	3.29	4.23	7.22	1.01	2.72	9.72
10※	0	3	0.81	3.46	4.16	8.81	1.33	2.91	11.47
10	3※	3	1.04	3.85	4.27	8.31	1.36	3.54	11.47

第7表 施肥窒素(※)から窒素吸収量 (g/m²)

処 理			6月6日	6月22日	7月5日	8月5日		9月20日	
			茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	穂	わら	穂
7	0	3※	—	—	—	1.053	0.229	0.286	1.113
7	3※	3	0.186	0.193	0.235	0.225	0.096	0.139	0.315
7※	3	3	0.360	1.010	1.140	1.823	0.170	0.369	1.447
7※※	3	3	0.405	1.235	1.237	1.366	0.167	0.236	1.386
10※	0	3	0.433	1.457	1.644	2.545	0.308	0.518	2.481
10	3※	3	0.146	0.258	0.303	0.273	0.071	0.132	0.329

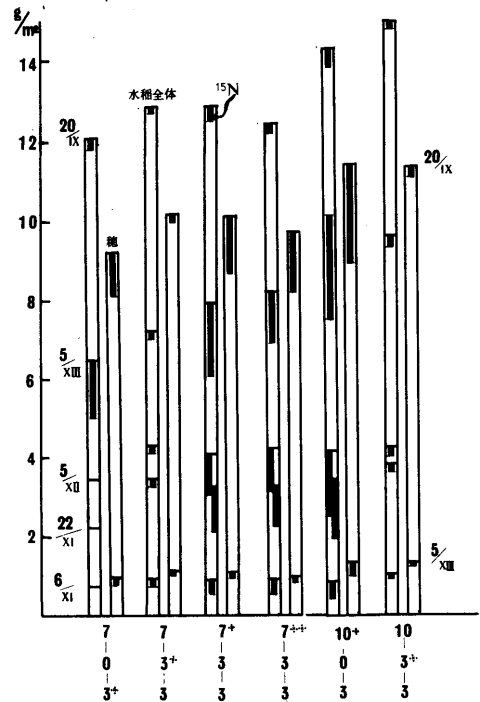
の方が多かったが、分けつ盛期、出穂期と生育が進むにつれて基肥の多かった区からの吸収量がやや多かった。

水稲が吸収した窒素量に占める施肥窒素からの吸収割合は、第4図にみられるように初期に高く、水稲の窒素吸収量が多くなるにつれて減少した。すなわち、基肥窒素からの吸収割合は分けつ初期で40~53%を占めたが、収穫期では14~21%に減少した。

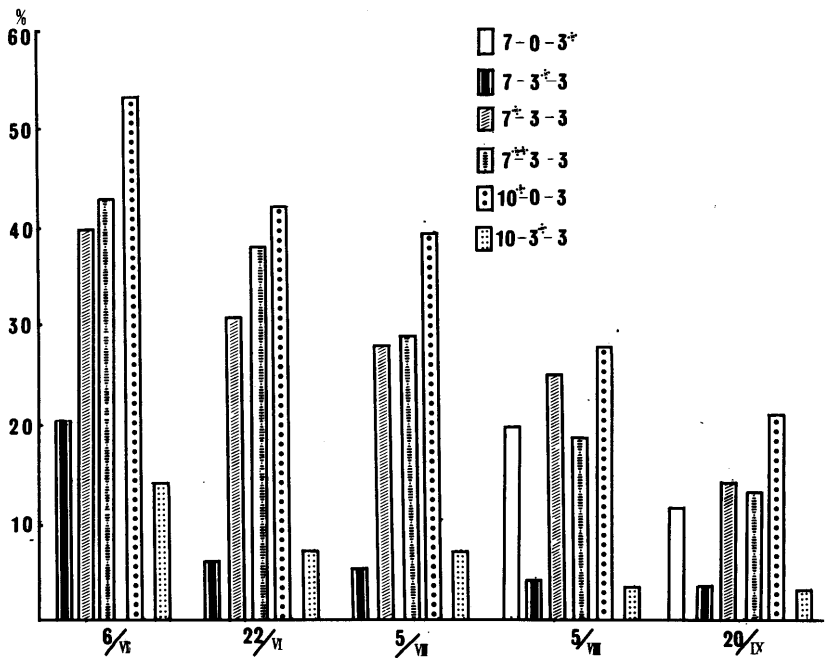
基肥全層施用と表層施用の比較では、分けつ初期から最高分けつ期までは後者の方が、施肥窒素からの割合が高かったが、出穂期以降は前者の方が高かった。

早期基肥の場合は、分けつ初期は基肥の少ない区で高く、分けつ盛期、最高分けつ期では基肥の多い区が高かった。結果的には、基肥窒素の多い場合には早期基肥の寄与する割合は低かった。

4. 施肥窒素の利用効率



第3図 時期別窒素吸収量



第4図 時期別窒素吸収量に占める施肥窒素※からの割合

第5図に各時期別ごとの基肥、早期茎肥、穂肥についてその利用率を示した。水稻の生育が進むにつれて利用率は徐々に高まり、最終的には基肥7gと10gが26~30%、早期茎肥は基肥量に関係なく15%強、穂肥は47%、基肥の表層施用は全層施用よりもやや低く23%であった。

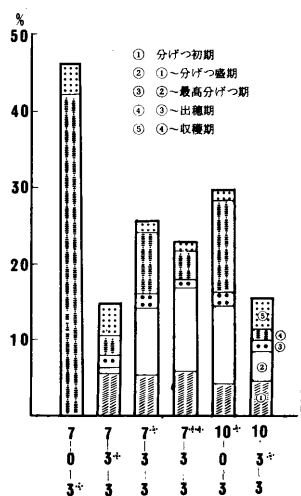
5. 水稻栽培期間中の土壌化学性

本試験は枠試験のため、試験期間に採土することは無理なために稲わら施用量が同じで栽培管理も同一条件の隣接は場から採土して土壌化学性を調査し、その結果を第8表に示した。

酸化還元電位は、分けつ盛期で+163mV、最高分けつ期で+89mV、穂肥を施用した7月20日は-117mVであった。二価鉄含量は最高分けつ期で144mgであった。アンモニア態窒素含量は早期茎肥施用直前で6.5mg、分けつ初期で3.4mg、最高分けつ期以降は小数点以下の含量になった(いずれも株間から採土)。

6. 栽培期間中の気象条件

気温は5月上、中旬は平年並かやや高め、同下旬は低温、6月上旬は高温、同中旬から7月上旬にかけては低温で経過した。7月中旬から8月上旬までは平年並、8月中旬以降はかなりの低温であった。



第5図 施肥窒素(*)の利用率

第8表 栽培中の土壌化学性

項目	5月20日	6月6日	6月22日	7月5日
NH ₄ -N(mg)	6.58	3.44	3.04	0.14
Fe(II)(mg)	109	124	129	144
Eh (mV)	-	163	89	-117

日照時間は平年比で6月下旬から7月中旬、8月中、下旬は少なかった。9月以降は低温ながら多日照があり収穫期まで続いた。

IV 考 察

1. 基肥窒素の利用について

本試験の基肥窒素の利用率は第5図に示したように、水稻の生育が進むにつれて高まり、全層施用で26~30%、表層施用で23%の結果が得られた。この図からわかるように、時期別の利用率で特徴的なことを挙げると、表層施用の場合は、有効分けつ決定期頃に当たる分けつ盛期までの利用が多いこと、10gの場合最高分けつ期から出穂期までの利用割合が多いこと、基肥施用量に関係なく出穂期以降の吸収割合が少ないことである。

基肥窒素の利用率については、小山¹²⁾が全国的視野から言及し、標識窒素利用による場合は無窒素栽培差引法よりも利用率が低く、25.3~38%の範囲であり、水稻の窒素吸収量のうち68%程度は土壌由来窒素に依存しているとしている。また、鬼鞍ら¹³⁾も基肥窒素の利用率は30~40%であると述べている。また、和田ら¹⁶⁾は宮城県の排水不良な細粒灰色低地土で検討し、基肥窒素の利用率は20~22%の範囲であったとし、前二者の指摘よりも低い結果を報告している。

関矢ら¹⁵⁾は施用有機物としてたい肥、ラジノクローバー、ライ麦、稲わらを施用して詳細に検討し、稲わら施用の場合よりも窒素吸収量が少なく、基

肥窒素の利用率が低く、施肥窒素の有機化量が無施用の場合よりも50%多いことを報告している。

本試験も基肥窒素の利用率は、上記結果とほぼ一致した傾向が認められたが、小山、鬼鞍らの指摘よりも若干低い値が得られた。この原因としては土壌が火山灰であり、置換基が非晶質で吸着能が弱いことと透水性の大きいこと及び関矢の指摘のように、稲わら施用による有機化量が関与しているものと考えられる。

また、本試験では基肥量の多い条件で利用率が高い結果が得られたが、この原因としては施肥後の有機化量とある時点で再無機化との関連が推察されるが、この点に関しては今後の検討項目としたいと考える。

2. 早期茎肥の利用とその効果

本試験を実施したほ場条件では、秋にすき込まれた稲わらは翌春のたん水時まで約40%の乾物減少がみられ⁴⁾、残り60%と連用施用の蓄積部分が稲わら施用の影響として水稻生育に関与している。別途検討している結果では、生育初期から有効茎決定期（6月20日頃）までは生育が抑制される傾向がみられ、以後最高分げつ期頃に回復してきている⁵⁾。この原因の一要因として、基肥窒素が土壌中で一度有機化され、後半に再無機化してくるとの仮設が成り立つ。

稲わら連用によって、土壌中の無機態窒素、全窒素、乾土効果と地温上昇効果等が多くなると報告されているが^{7, 9~11, 14)}、水稻生育との関係では関矢ら¹⁵⁾の指摘どおり抑制される傾向にあり、稲わら分解に伴う窒素成分に対する微生物との競合や還元化の助長等が原因として挙げられる。水稻の初期生育抑制を回避する一方策として、田植後に水稻根が伸長し活発に養分吸収を開始する時期に窒素を追肥することは、水稻の生育に有効であるという考えが成立するはずである。すなわち、基肥として施用された窒素の有機化量を補う意味での早期茎肥は、水稻生育に有効であると判断される。事実、本試験においても

田植後2週間目に3gの追肥を行うと、分げつ初期から分げつ盛期にかけて生育は良好となり、乾物も増加した。この場合、基肥量の少ない方が効果が大きく、早期茎肥分の3gの窒素を基肥に増施しても後半の肥効は期待できても初期の効果は認められなかった。

早期茎肥の効果が認められた事例として、泥炭地における成績¹⁾が報告されている。さらに和田ら¹⁷⁾は分げつ期から出穂期にかけて追肥の意義づけを試みているが、その中で分げつ期追肥窒素の水稻吸収窒素中に占める割合は、追肥直後に高まるが時間の経過とともに低下すること、玄米重が若干増加したことを報告している。本試験によれば、田植後1か月目の窒素吸収量中20%は早期茎肥に由来するものであり、基肥窒素7gから40%由来しているため、この時期の施肥窒素由来の吸収窒素は60%であり、土壌窒素からの寄与は40%と計算される。また、基肥10gからの寄与は53.5%で、基肥量の多い場合の早期茎肥の寄与は少なくなっている。しかしながら、水稻生育からみると早期茎肥の効果は認められる。水稻の生育が進むにつれて、窒素吸収量に占める早期茎肥の割合は減少し、収穫期における早期茎肥からの寄与は3.5%でその利用率は15%であった。

早期茎肥施用により水稻生育が良くなることは、施肥窒素の寄与が大きくなるのみではなく、施肥による土壌窒素の押し出し効果、いわゆるpriming effectの関与も無視できないと考える。事実、田植後1か月目の窒素吸収量は基肥のみよりも多くなっている。また、時期別の窒素の利用률을第5図でみると、基肥と早期茎肥は違った傾向を示している。すなわち、基肥窒素の場合は分げつ初期から分げつ盛期の期間と、最高分げつ期から出穂期にかけての期間が高い利用率を示すのに比べ、早期茎肥の場合は、出穂期から収穫期にかけての利用率が高いことである。和田ら¹⁵⁾の指摘のように、追肥窒素の利用

が後半に少ないという条件は稲わら連用水田では趣きが違うように判断できるし、早期茎肥窒素も基肥窒素と同様に、ある程度の量が有機化され後半に再無機化が行われる可能性をうかがえた。この点についても今後の検討課題としたいと考える。

3. 施肥窒素の利用と土壌窒素の寄与

穂肥窒素の利用率は第5図に示したように、施肥後から出穂期までの期間に大部分吸収し、出穂後の吸収は少なかった。そして、その利用率は46%で、鬼鞍¹³⁾の指摘した40~70%の範囲であった。

今まで各時期に施用した窒素の水稻による吸収利用について述べたが、基肥、早期茎肥及び穂肥全体についての吸収利用についてみると、基肥7gの場合は7-3-3g(計13g)の窒素から水稻によって吸収された窒素は3.7gと計算され、その利用率は28%であった。また、基肥窒素10gの場合は、10-3-3g(計16g)の施肥窒素から4.9g吸収し、その利用率は30%と計算された。

一方、水稻が吸収した窒素量は基肥7gの場合12.9g、基肥10gの場合15gで、土壌窒素由来の窒素(かんがい水や空中窒素も若干含まれる)の割合が70%と大きな重みをもっており、西垣⁸⁾や関矢¹⁵⁾が指摘しているように、稲わら連用水田でも水稻が吸収する窒素中に占める土壌由来の窒素が非常に重要であるという結果が得られた。

稲わら連用田に対する窒素の施肥法については一様に論ずることは困難である。しかし、有機化、無機化との関連や窒素中断という考えから判断すると、基肥窒素の減少と早期茎肥施用が一つの方向を示すと考えるので、今後さらに検討を進める所存である。

V 摘 要

1. 稲わら施用水田の施肥窒素の吸収利用

を明らかにするため、1977年ほ場条件下で標識窒素を用いて検討した。

2. 基肥窒素の利用率は、水稻生育の進行とともに高くなった。7g全層施用で26%、同表層施用で23%、10gで30%であった。基肥7、穂肥3gの場合、水稻の初期生育は抑制された。

3. 基肥施用量の多少にかかわらず、早期茎肥の施用により、水稻の初期生育は良くなった。水稻が吸収した窒素のうち早期茎肥に由来する窒素は、基肥の多少で若干違ったが、基肥7gの場合田植後1か月目で20%を占め、基肥由来の40%と比べると早期茎肥の寄与が大きかった。しかしながら、水稻の生育が進むにつれて減少して収穫期では3.5%となり、その利用率も15%程度であった。

4. 基肥の表層施用は、水稻生育の関連で見ると初期から出穂期頃までは、基肥全層施用と同程度の生育を示したが、その後のちよう落で穂重では最低であった。

5. 基肥の水稻による時期別吸収では、分げつ初期から分げつ盛期までと、最高分げつ期から出穂期までが他の時期よりも多く、出穂期以降の吸収利用は少なかった。早期茎肥の場合は、分げつ初期までと出穂期以降の吸収利用が多く、基肥と違った様相を示し、早期茎肥の有機化と後期における再無機化の可能性を示した。

6. 穂肥の利用率は46%で、施肥後出穂期までの期間に大部分吸収利用され、それ以降の吸収は少なかった。

7. 基肥、早期茎肥、穂肥を含めた施肥全体での利用率は28~30%であり、水稻に吸収された窒素の70%は地力窒素由来のもので、水稻作における地力窒素の意義の大きいことを示した。

本研究の遂行にあたり、終始有益なご助言をいただいた当場の中野土壌肥料部長に深謝いたします。

引用文献

1. 久末 勉. 蓬田 宏. 西村征夫: 泥炭水田の排水効果ならびに施肥合理化に関する試験, 総括検討会議資料, 34-74 (1977)
2. 井手一浩他: 稲わらの肥効並びに地力に及ぼす影響 (第3報-第6報), 佐賀農試報, 8, 99-124 (1968)
3. 南 松雄. 前田 要: 寒地水田における稲わら連用の影響について, 北海道立農試報, 23, 67-79 (1971)
4. 茂木惣治. 古野昭一郎. 中野政行: 稲, 麦わら施用水田の土壤肥料的研究 (第1報), 土肥要旨集, 23, 91 (1977)
5. ————. ————. 鶴野慶吉: ———— (第2報), 土肥要旨集, 23, 96 (1977)
6. 農林水産技術会議事務局調査官編: 水田における稲わら施用法と施用基準, 1-199 (1968)
7. 仲谷紀男. 鬼鞍 豊 (1974) 稲わら施用水田におけるアンモニア態窒素消長の一例, 土肥誌45: 546-548.
8. 西垣 晋他 (1961) 窒素施用法の研究, アイソトープ
9. 大野猛郎. 山根義敏. 西尾一雄 (1966) 水田における素わら並びに熟成度を異にする堆厩肥施用の効果に関する研究, 鳥取農試報6: 8-17.
10. 大山信雄. 吉沢孝之. 坂井 弘 (1973) 暖地水田の水稲生育期間中における土壤窒素の有効化の推移 (第1報), 有機物の施用および土壤管理の影響. 中国農研46: 16-19
11. ————. ————. ———— (1973) ———— (第2報), 水稲の生育および土壤中のアンモニア態窒素の推移, 中国農研46: 20-23.
12. 小山雄生 (1975) ¹⁵N 利用による水田肥沃度測定の実際と生産力, 土肥誌46: 265-269.
13. 鬼鞍 豊. 吉野 喬. 前田乾一 (1975) 稲作期における土壤窒素の有効化過程, 土肥誌46: 255-259.
14. 斉藤 胖. 高坂 巖. 鎌田健造 (1975) 寒地水田における稲わら連用の影響について (第1報) 稲わら連用による水田土壤の化学的变化, 青森農試報20: 45-51.
15. 関矢信一郎. 本谷耕一 (1968) 窒素供給型に及ぼす添加有機物の影響, 東北農試報36: 1-26.
16. 和田源七. 庄子貞雄. 高橋重郎 (1971) 水田における窒素の動態と水稲による窒素吸収について (第1報) 基肥窒素の吸収, 日作紀40: 275-280.
17. ———— 他 (1971) ———— (第3報) 追肥窒素の土壤中における行動ならびに水稲による吸収, 日作紀40: 287-293.
18. 吉沢孝之 (1971) 水田における稲, 麦わら施用とその効果, 農業技術26: 407-413.
19. ———— (1971) ————, ————, ———— 26: 456-461.
20. 全農肥料農薬部 (1977) 地域別稲わら施用の技術特集, 肥料農薬レポート No. 75: 1-40.