

岩手県南地方における ササニシキの窒素施肥法に関する研究

千葉満男・清原悦郎^{*}

Michio CHIBA¹ and Etsuro KIYOHARA : Studies on the nitrogen fertilizer application of the paddy rice, Sasanishiki, in the southern area of Iwate.

目次

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| I 緒言 | IV 窒素施肥法による稲体の栄養生理特性と栄養診断 |
| II 稚苗移植栽培における窒素施肥法の要因解析 | V 基盤改善にともなうササニシキの窒素施肥法 |
| III ササニシキおよびトヨニシキの作期と窒素施肥法の総合効果 | VI 摘要 |
| | 引用文献 |

I 緒言

本県における稲作の主要生産地帯は、県内の水稲作付面積の80%以上にも達する北上川流域平坦部といってよく、農業粗生産額に占める稲作部門の割合でみても60%(1974年現在)と、県内で最も高い地域に属する。

一方、これらの地域は、最近の米の供給過剰のなかにあっても、消費者の嗜好に対応した品種選定を基本に良質米の適地適産化がはかられているとともに、農業の地域指標を具体化するための稲作生産団地化計画も樹立され、良質米省力安定生産体制が確立しつつある。このような情勢を背景として、当該地域における機械移植栽培の普及にはめざましいものがあり、育苗センターを中心とした稚苗移植が、栽培面積72%(1975年現在)にも及んでいる現状にある。

これらの北上川流域のなかでも、とくに良質米生産地帯と考えられる地域の土壌基盤は、沖積層に属するグライ土、灰色および褐色低地土が主な

ほか、重粘のため透水性が悪く、反面、地下水位の高いことが特徴である。気象的にみても、概して寡照であり、とくに水稻の受光態勢の決定に重要な6月末から7月中旬にかけてと、出穂以降の日照不足とが登熟形質を不良にするため、収量水準は停滞傾向にあるとともに、年次間の変動も大きいといってよい。

このように不順な気象に対応する生産技術体系については、すでに多くの報告^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)}がなされ、収量向上に一つの指針を与えているものの、品種、土壌、施肥法等の細密的な各種栽培条件との連関をみると、十分に解明されているとは言い難い。とくに、当該地域で作付の多い銘柄品種ササニシキとトヨニシキについて、稚苗移植での品種ごとの施肥反応や栄養生理特性を究明することは、良質米の省力安定生産体制の確立のために急務と考えられる。本研究は、このような観点から1972~1974年までの3ヶ年、総合助成課題として実施された「良質米の省力安定生産技術確立に関する研究」(主査県：岩手、協力県：

^{*} 現在岩手県農産普及課
1978年3月30日受領

青森)のうち、当該県南分場での成果を中心に取りまとめたものである。

本文に先だち、試験の実施にあたり多くのご配慮をいただいた東北農業試験場の関係官各位、試験設計と統計解析についてご指導いただいた農業技術研究所前物理統計部長奥野忠一博士、同広崎昭太室長、同塩見正衛主任研究官に深謝する。また、試験の過程において貴重な示唆とご激励をいただいた同吉田武彦室長をはじめ関係官各位に心からお礼申し上げる。さらに、当該内にあるは藤巻竹千代元場長、黒沢順平前場長、小沢栄二前県南分場長、高野文夫県南分場長、佐々木信夫同次長からは、試験の遂行にあたって多くのご配慮をいただくとともに、米沢確主任専門研究員、田中義一、平野裕、佐々木忠勝、伊藤吉郎の各専門研究員からは、ご指導のほか調査に際してのご協力もいただいた。また、場外にあるは、江刺農業改良普及所および稲瀬農業協同組合の関係者各位には、担当農家高橋久志氏とともに現地試験でのご協力をいただいた。銘記して感謝する。

II 稚苗移植栽培における窒素施肥法の要因解析

稚苗移植水稻の収量を構成する主要形質は、穂数の増加である。そのための窒素の元肥量は成苗移植水稻と同量でよい¹¹、としながらも稚苗移植水稻における栄養生長期間の増大に対する養分吸収パターンの解明を収量性の関連で整理し、合理的施肥体系を確立した例は少なく、成苗手植で得られた栄養生理、生態的成果がそのまま雑苗の対応技術として組立てられている場合が多い。

水稻の窒素施肥法については、今まで数多くの成果が報告され、V字稲作^{12,13}、深層追肥¹⁴、晩期追肥¹⁵、施肥配分方式^{16,17}、止葉期追肥¹⁸などの技術が展開されてきた。これらは形態的、栄養生理的にも水稻の後期の生育段階に重点を置いた点に共通点のみいだが、現実の施肥技術にはいくつかの相違点もある。このことは窒素の施肥法が気象、土壌、栽培技術などのもとで総合的評価され、技術の体系化がなされた結果であると思われる。

この試験を実施した県南地方は、稲作期間の日照時数が東北各地に比較して明らかに低く、とくに稲の受光態勢が決まる6月末から7月上旬にか

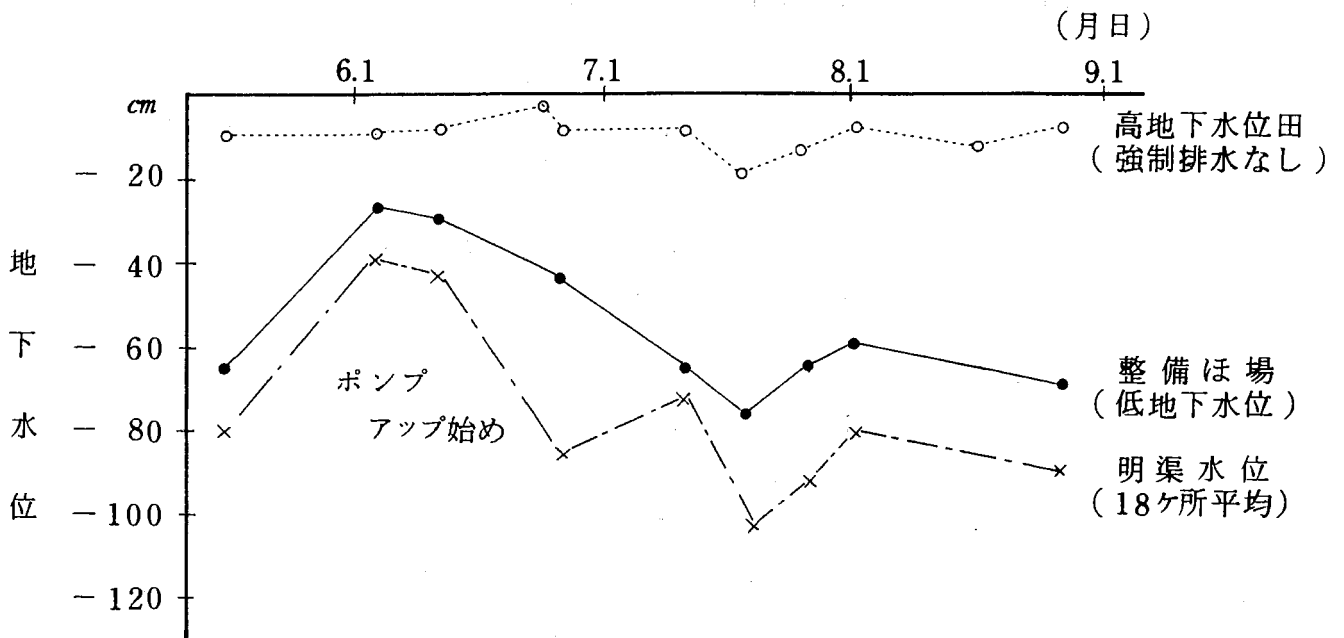
けての日照は著しく少なく、さらに出穂後の登熟期間にあたる8月で140時間、9月110時間と急激に低下する。このため水稻の生育収量は元肥窒素量の過多によって変動しやすく、とくに倒伏やいもち病の多発によって登熟は不良となり、収量は停滞して来た。一方穂肥の効果についても、その効果を認めながら登熟期間の日照不足によってひかえざるを得ない場合が多く、それがまた後期の窒素栄養面で欠陥をまねく結果となっている。このような表東北の気象生産性について、山本¹⁹は登熟期の気温較差が少ないこと、村田²⁰、羽生等²¹は日射量が少ないこと、村上²²は登熟期間の気象生産力示数が県南地方は低いことを指摘している。また高橋²³は、穎花数と収量曲線からササニシキは表東北で現在、最適穎花数に近いところに達し、最適穎花数は登熟期の気象条件が良好な程多しとしながらも、これに対応する収量と登熟期の気象条件との関連はかなり変異があることからみて、表東北においても技術水準の向上によって増収の可能性が大きいことを示唆している。

これら表東北の寡照で透水不良の沖積平坦地水田における稲作の収量向上について、筆者らも基盤改善を軸とする透水性の附与による好適条件と対応技術を明らかにして、寡照条件下での登熟向上の可能性を実証して来た。しかし基盤整備圃場の収量水準と一般農家圃場のそれらにはかなりの差異が認められることから、稚苗移植水稻でのササニシキについて、窒素施肥法を中心とした栽培技術因子相互の関連をみるために、直交表を用いた因子計画法によって解析を行った。

1. 試験方法

1) 供試圃場および土壌条件

試験は、当該県南分場で1967～1968年に3ha圃場に強制排水機能をもつ明渠を施設し、用排水路、農道を整備した圃場で実施した。基盤整備圃場は、沖積平坦地に深さ150cm傾斜度1:1の素掘りの明渠を掘り、ポンプによる強制排水機能を附設して明渠の水位を自由に制御できるようにした。この明渠水位の推移と整備圃場内の地下水位の動きは第1図に示すように、明渠未施工の高地下水位圃場で田面下10cm以内にほとんど停滞しているのに対し、灌漑初期は明渠水位の上昇に伴って地下水位も上昇する。6月下旬からの強制排水による明渠水位の低下に伴って、地下水位も60～80cmにまで低下している。



第1図 灌がい期間の地下水位の推移(1971)

本試験は、整備圃場造成後4年目にあたる1972年より実施した。この時点での整備圃場は透水も附与され、地下水位の連動性も速やかになっていた。

供試水田の土壌統は、黄褐色土壌壤土マンガノ型に属し、非灌漑期は地下水位も低下するが、灌漑期には上昇して0～-25 cmまで上昇停滞する表面水型地下水圃場で作土層のみにグライ層が進

行する。供試土壌の理化学性は第1表の通りである。供試土壌の粘土フラクシオンは多量の結晶性粘土を含んでおり、その内容は1:1型より、2:1型の方が多く、2:1型の粘土鉱物は主としてモンモリロナイトである。またバーミキュライと少量のイライト、クロライトの存在が認められる。1:1型の鉱物種は7Åのメタハロイサイトかカオリナイトである。

第1表 供試土壌の化学性

土層	土性	PH		腐植%	T-C%	T-N%	C/N	塩基置換容量	置換性塩基		
		H ₂ O	KCL						Ca	Mg	K
1層	CL	5.9	4.6	3.32	1.93	0.18	10.7	me 21.0	me 10.0	me 1.9	me 0.3
2層	SiC	6.7	5.4	1.58	0.92	0.13	7.1	23.3	11.2	2.5	0.3

2) 栽培試験の要因と水準

稚苗移植水稻のササニシキを供試して元肥窒素量(B)、穂肥量(Q)、穂肥時期(T)、の因子間のみならず、栽植密度(D)、水管理(M)の関連で効果を求めるため直交表による多因子計画の一部実施法を用いて検討した^{24,25,26}。求める情報は因子の主効果と2因子の交互作用の全てを得るため試験規模は32区とした。因子と水準は

第2表に示した。

生育、収量および分析測定値の計算は奥野²⁷のプログラムを用い、農林研究計算センターのコンピューターにより分散分析ならびに主要因の各水準の平均値と、F値2以上の2因子交互作用に対応する水準組合せ別平均値(2元表)をそれぞれ計算した。

第2表 試験圃場における因子と水準および直交表のわりつけ(1972)

L 32

水準 因子	水準 1	水準 2	水準 3	水準 4
R:ブロック	1	2		
B:元肥量	2 Kg/10 a	4 Kg/10 a	6 Kg/10 a	8 Kg/10 a
D:栽植密度	32 株/m ²	25 株/m ²		
M:中干し	あ り	な し		
T:追肥回数	2 回	1 回		
Q:追肥量	4 Kg/10 a	2 Kg/10 a		

(備考) ○ P₂O₅ 12 Kg, K₂O 10 Kg/10 a, 珪カル120 Kg, 堆肥1,200 Kg

○ 品 種 ササニシキ, 移植5月8日

○ 中干し 7月1日~7月18日

○ 追 肥 7月17日, 7月25日

2. 試験結果および考察

1) 要因解析結果

A 元肥量の効果

第3表の分散分析結果, 第4表の主要形質の要

因効果でみても元肥窒素量の主効果は明らかに高く, 水稻の生育収量は窒素栄養と深いかかわりをもっていることが分かる。第2図に元肥窒素量の水準別草丈の推移を示した。

第3表 主要形質の分散分析(1972)

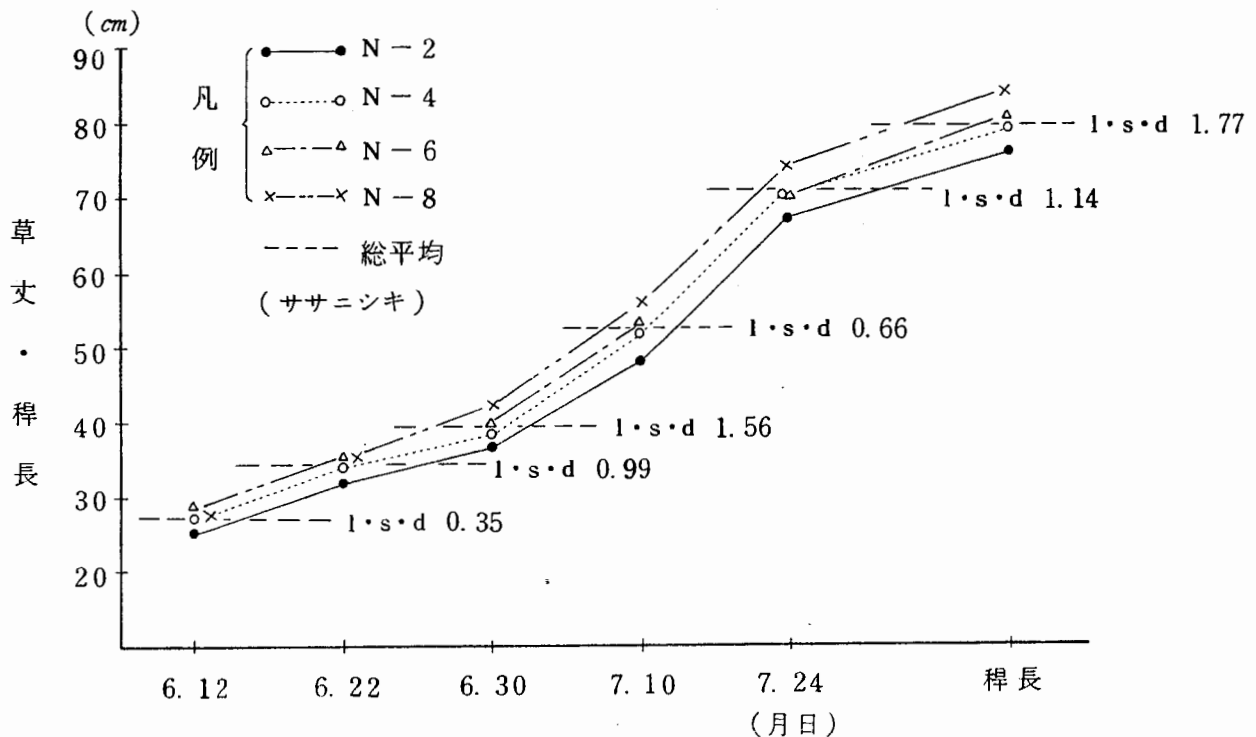
(F値省略1%**, 5%*, 10%+)

要 因	自由度	稈 長 cm	m ² 当穂数 本	一 穂 穎花数 粒	m ² 当 穎花数 ×10 ³	登熟歩合 %	玄米重 Kg/a	千粒重 g
R:ブロック	1	9.0	136	53.1*	20.3	31.8	7.5*	0.02
B:元肥窒素量	3	53.9**	13,691**	18.5	79.3**	47.3*	72.7**	0.24 ⁺
D:栽植密度	1	42.8*	24,642**	91.8**	2.3	1.8	38.1**	0.04
M:中干し	1	34.0*	545	17.1	24.7	22.6	169.7**	0.34*
T:追肥回数	1	34.0*	613	41.9*	4.9	<1	10.7*	0.14
Q:追肥量	1	5.3	6,328 ⁺	7.2	8.9	18.5	41.6*	0.04
D × B	3	2.1	881	6.8	4.3	4.8	7.4*	0.06
M × B	3	4.7	1,757	4.9	4.6	7.3	5.1 ⁺	0.01
T × B	3	5.4	698	22.6 ⁺	2.3	11.4	11.4*	0.10
Q × B	3	4.0	144	6.7	<1	9.4	6.8*	0.02
D × T	1	7.0	496	66.7*	4.3	<1	<1	0.02
D × Q	1	<1	421	7.6	9.1	1.1	5.5 ⁺	0.09
M × D	1	<1	300	1.2	1.9	7.5	28.7**	0.14
M × T	1	1.5	741	15.9	<1	<1	<1	0.3 ⁻³
M × Q	1	<1	113	<1	<1	13.1	3.2	0.3 ⁻³
T × Q	1	<1	18	<1	<1	<1	<1	0.03
e : 誤 差	5	3.8	1,044	5.3	6.5	9.8	1.1	0.05
CV :		2.5	6.0	3.4	7.2	4.1	1.4	1.0

第4表 主要形質の要因効果

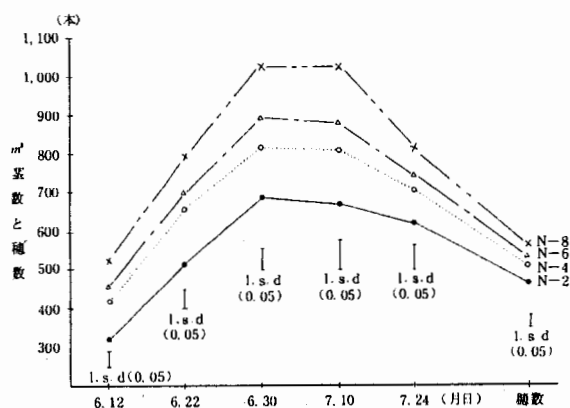
(** 1%, * 5%, + 10%)

要因	水準	稈長 cm	穂長 cm	m ² 当 穂数 本	全重 Kg	玄米重 Kg	m ² 当 穎花数 ×10 ³	一穂 粉数 粒	干粉 当収量 g	粗玄米%	
										被害粒 歩合	死米 歩合
B:元肥窒素量 (Kg/10a)	(1) 2	** 76.0	18.2	** 469	** 125	** 57.1	** 31.9	** 54.2	** 18.2	+	3.78
	(2) 4	79.3	18.2	522	137	62.1	34.2	51.7	18.2	3.3	3.79
	(3) 6	80.5	18.2	536	141	62.3	36.6	51.7	17.3	2.0	4.28
	(4) 8	82.1	18.0	569	147	63.8	39.2	51.3	16.3	4.1	4.39
D:栽植密度 (株/m ²)	(1) 32	* 78.3	18.1	** 552	+	** 62.2	36.4	* 50.0	17.3	3.2	+
	(2) 25	80.6	18.2	471	135	60.8	34.5	54.4	17.7	3.0	3.76
M:中干し	(1) あり	78.4	18.1	520	* 133	** 59.8	34.6	52.0	17.5	3.1	*
	(2) なし	80.6	18.3	528	142	63.3	36.3	52.4	17.5	3.1	3.66
T:追肥回数	(1) 2回	* 80.5	* 18.4	519	140	* 62.1	35.9	54.0	17.5	3.1	*
	(2) 1回	78.4	17.9	528	135	61.0	35.1	50.4	17.5	3.1	3.66
Q:追肥量 (Kg/10a)	(1) 4	79.9	* 18.5	+	140	* 62.3	36.0	51.2	17.4	*	4.31
	(2) 2	79.1	17.9	510	135	60.8	34.9	53.3	17.6	2.6	3.80
総平均 (G.M)		79.5	18.2	524	138	61.5	35.5	52.2	17.5	3.1	4.05
l.s.d.(主効果)		1.77	0.45	29.4	6.1	0.77	2.33	2.1	0.75	1.0	0.74



第2図 元肥窒素施用量が草丈、稈長におよぼす影響('72)

分けつ初期の6月12日は、元肥窒素2Kg<窒素4Kg(各10a当り成分量、以下とくにことわらない限りこれに準ずる)で有意差が認められるが、分けつ盛期の6月22日は、元肥窒素2Kg<4Kg<6Kgで有意となり、生育段階がすすむにつれて施肥窒素に対応し草丈は増大した。とくに施肥窒素が消失したと思われる6月30日の最高分けつ期と7月10日の幼穂形成期では、施肥量水準間の有意差は明らかとなり、この傾向は稈長でも同様の結果を示した。元肥窒素量と単位面積当たりの茎数の推移を第3図に示した。従来の成苗移植栽培にお



第3図 元肥窒素施用量が茎数、穂数におよぼす影響('72)

いても、元肥窒素の収量構成要素におよぼす効果は、初期生育促進による穂数確保が主であるとされていたが、ササニシキによる稚苗移植水稻でも、元肥窒素量の増加と穂数増加は初期より大きく、有意差が認められる。最高分けつ期での最高茎数は、元肥窒素量2~8Kgで670~1,032本/m²と施用量の相違に対する応答幅の広いことが特徴的である。このことは、稚苗移植水稻の特異性もさることながら、ササニシキの品種特性にも起因している。

草丈、茎数の元肥窒素量水準間のl.s.d.(5%)は、各生育段階ともに窒素量を2Kgから4Kgに増肥した場合と6Kgから8Kgに増肥した場合に有意差が認められることから、元肥窒素の多少でササニシキの生育量は大きく変動することを意味している。とくに元肥窒素の多施用は茎数増となりやすく、過繁茂の生育相となって、稈長、上位

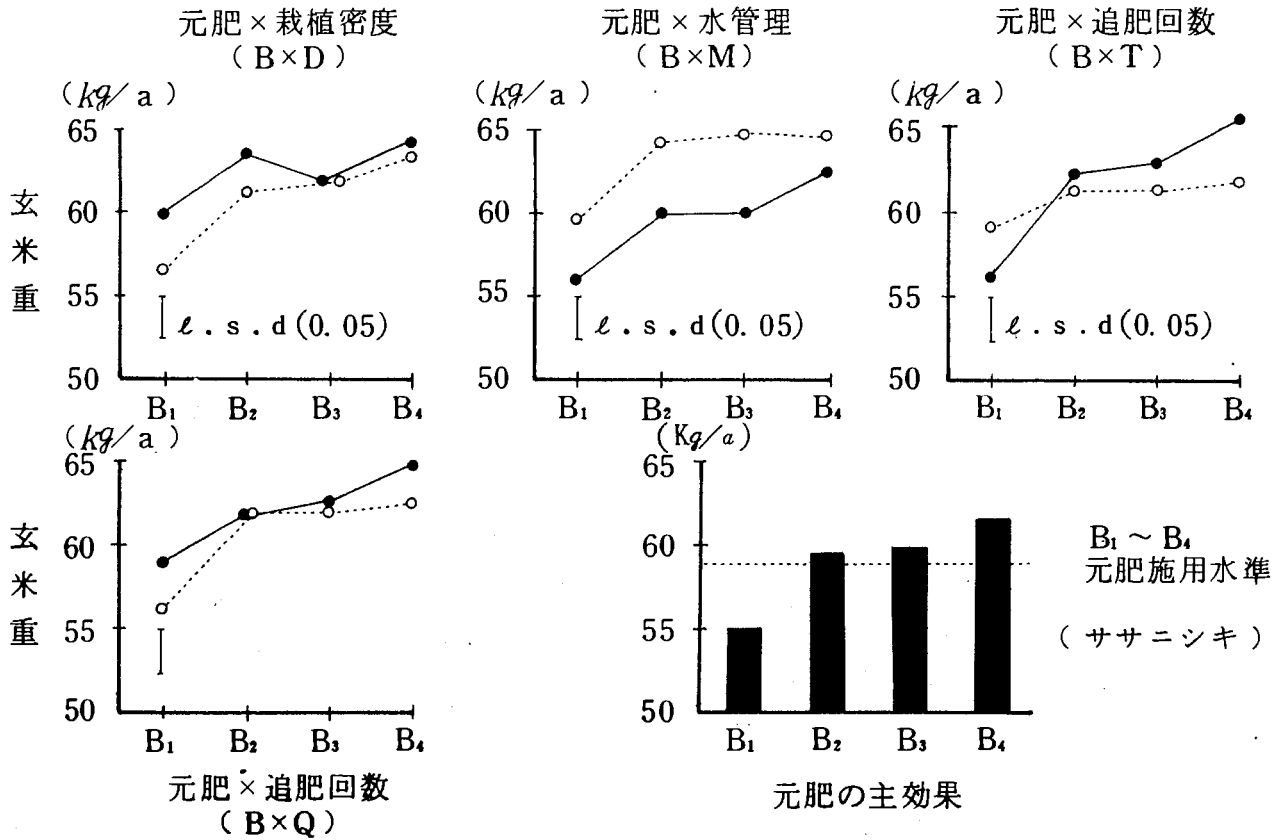
葉身の伸長によって受光態勢を悪化させ、下位節間の伸長にともなう倒伏の危険性が増大することを意味している。反面、元肥窒素量4~6Kg施用では、時期別の有意差は認められず、変動の少ない安定した生育経過を示した。以上のように元肥窒素量の主効果は、初期の草丈、茎数増加とあらわれ、他の要因との交互作用はほとんど認められないことから、初期の生育量は元肥窒素量と栽植密度の主効果のみで説明が可能であろう。

元肥窒素量因子と全重、わら重、精もみ重、玄米重は元肥窒素量が多いほど増加した。すなわち基盤整備圃場で、1972年のような好適気象条件にあっては、生育量の確保がそのまま収量に結びついている。玄米収量は、第4表の分散分析結果から元肥窒素量(B)、水管理(M)、栽植密度(D); 穂肥の時期と量(TとQ)、いずれの主効果も5%水準以上で有意となっている。一方二因子交互作用では、元肥窒素量×穂肥時期(B×T)、栽植密度×水管理(D×M)、元肥窒素量×栽植密度(B×D)、元肥窒素量×穂肥の時期と量(B×TとB×Q)、にそれぞれ有意差が認められ、元肥窒素量の効果は、栽植密度、水管理、穂肥の時期と量の相互関連で評価しなければならないことを示している(第4図)。元肥窒素量と栽植密度の関係では、窒素2~4Kgでは密植条件で増収するが、6Kg以上では栽植密度の効果は消失する。元肥窒素量と穂肥時期は穂肥量と関連があつて、元肥窒素量2Kgの場合穂肥時期が幼穂形成期1回(T₂)で増収している例は、元肥窒素量と穂肥量(B×Q)2元表で見られるように穂肥量4Kg(Q₁)とした場合に限られる。元肥窒素量4Kg以上では、穂肥時期を幼穂形成期と減数分裂期(T₁)の組合せ効果が高い。この時期の穂肥量としては2Kg+2Kg(Q₂)と1Kg+1Kg(Q₁)であるが、穂肥量(Q)の主効果は4Kg>2Kgになっていることから、穂肥は幼穂形成期2Kg+減数分裂期2Kgの施肥体系がのぞまれる。

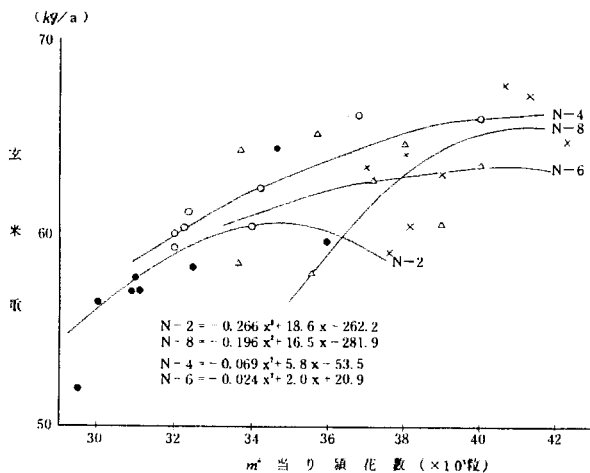
これら元肥窒素量の水準別の穎花数-収量曲線(第5図)をみると、各元肥窒素量による最適穎花数と最高収量値は異なっており、元肥窒素量2~4Kgでは、いずれも密植条件で穎花数が多く、とくにm²当たり35×10³粒以上の穎花数が確保された状態で増収に結びついている。同一穎花数では、穂肥量を多くした場合に収量が高まる傾向

にある。元肥窒素量6~8 Kgでも密植条件で早期に穂数を確保した場合に穎花数も多いが、この場合の最高収量値は穂肥の時期を幼穂形成期と減数分裂期(T₁)を組合せた場合でみられる。これらの結果からみて、稚苗移植でのササ

ニシキは、元肥窒素量と穎花数の反応は大きく、元肥窒素量間でも栽植密度、穂肥の時期、量によって変動することから、適正な窒素施肥法と栽培技術の対応によって期待生育量に近づくと予測されるので、増収の可能性は高い。



第4図 元肥窒素施用量因子の玄米重に対する主効果，交互作用('72)



第5図 元肥窒素施用量別穎花数と収量('72)

一方単位面積当たりの穎花数と千穎花当たり収量との間には負の相関があり^{12,13}、元肥窒素量と千穎花当たり収量の関係では、元肥窒素多施用によって千穎花当たり収量は明らかに低下していることから、元肥窒素多施用による穎花数の増大は登熟歩合の低下をまねくことを示している。しかし、本試験の元肥窒素量8 Kgの場合、m²当たり40 × 10³粒以上の穎花数で650 Kg/10 a以上の多収が得られているが、このことは透水性が附与されるような条件であれば密植の結果上位葉身が短くなり、受光態勢が良くなり、根系の活力増大とあいまって登熟を向上させた結果と思われる。

る。

元肥窒素量と稲体窒素栄養の関係は、最高分けつ期の稲体窒素含有率で元肥窒素量と栽植密度の主効果が有意となり、二因子交互作用の元肥窒素×水管理(B×M)、元肥窒素量×栽植密度(B×D)にも有意差が認められる(第5表)。

第5表 最高分けつ期養分吸収の分散分析

(F値省略 **1%, *5%, +10%)

要因	自由度	窒素含有率(%)		乾物重 (g/m ²)	窒素 吸収量 (g/m ²)
		葉身	茎		
B元肥窒素量	3	23.6*	3.9*	141*	4.6*
D栽植密度	1	2.6+	1.0	21+	0.35 ⁻⁴
M中干し	1	1.0	0.6	<1	0.12 ⁻³
B×D	3	2.7+	0.1	9.7	0.25 ⁻³
B×M	3	5.4**	0.2	5.6	0.38 ⁻³
M×D	1	0.7	2.6+	1.4	0.8 ⁻⁵
e: 誤差	3	0.4	0.4	3.7	0.17

(分析はL32の内16区のみL16に組入れ分散分析)

元肥窒素量別の稲体窒素含有量は、施用量段階に対応した値を示した。元肥窒素量と水管理の関係では、元肥窒素量2Kgにおいて水管理による濃度低下が著しい。

出穂期の稲体窒素含有率の要因効果は、水管理(M)と穂肥量(Q)、および元肥窒素量(B)の主効果でだけ認められ、元肥窒素量と他因子の交互作用は認められず、最高分けつ期の元肥窒素量と水管理、栽植密度の交互作用も消失する(第6表)。このことは、出穂期の稲体窒素含有率は水管理の分散が著しく大きくなっていることから、整備圃場の水管理は出穂期の窒素含有率に強く関与していることを示している。さらに出穂期の窒素吸収量に1%水準で有意差が認められ、元肥窒素量段階にいずれも0.46g/m²(l.s.d, 0.5%)以上の値を示した。

これら稲体の窒素栄養と穂数、穎花数の関係は、第6図に示すように、稲体の窒素含有率と単位面積当たり穂数の関係は深く、最高分けつ期の茎数は広い範囲にわたって体内の窒素含有率と密接な関係を示すという報告^{28, 29}に一致する。

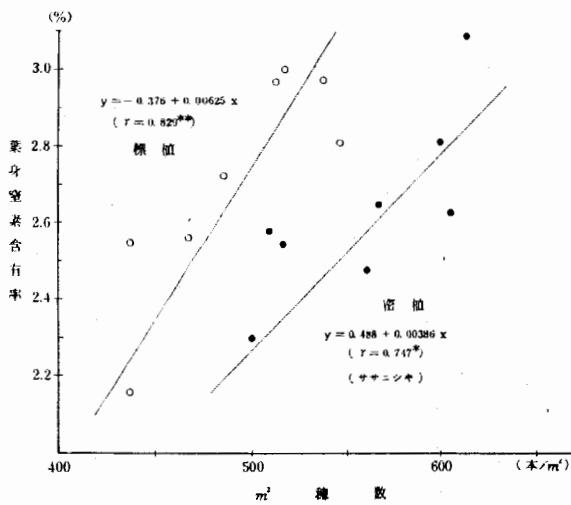
第6表 出穂期後の稲体窒素栄養の要因効果

(**1%, *5%, +10%)

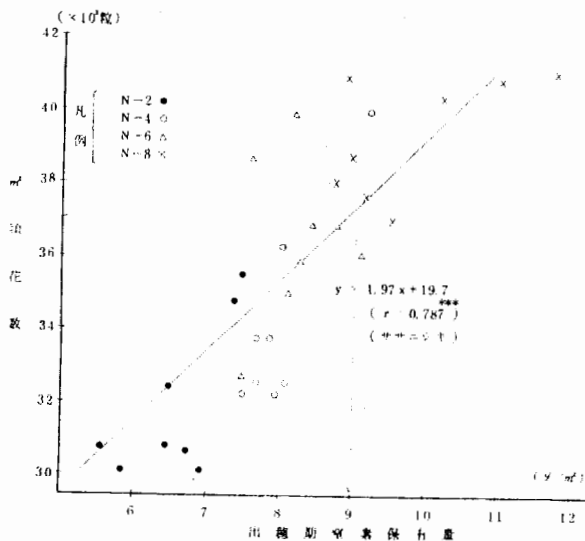
要因	水準	出穂期N含有率(8/10)			成熟期N含有率(9/21)			N吸収量(g/m ²)		N 移行率 %	N玄米生 産能率 Kg/Ng
		葉身	葉鞘 +稈	穂	葉身	葉鞘 +稈	穂	出穂期	成熟期		
B:元肥窒素量	(1) 2	**	**	**	*	*	*	**	**	**	*
	(2) 4	1.83	0.49	0.98	0.85	0.36	0.93	6.47	9.1	73.3	6.4
	(3) 6	2.14	0.56	1.00	0.91	0.39	1.01	8.01	10.6	72.6	5.9
	(4) 8	2.10	0.56	1.03	0.93	0.38	0.99	8.52	10.4	72.1	6.0
D:栽植密度	(1) 3 2	2.11	0.54	1.05	0.96	0.41	1.00	9.33	11.3	69.7	5.7
	(2) 2 5	2.08	0.54	1.00	0.90	0.38	0.97	8.32	10.4	71.5	6.1
M:中干し	(1) あり	2.01	0.54	1.04	0.92	0.39	1.00	7.84	10.3	72.3	6.0
	(2) なし	*	**	*	*	*	*	*	**	*	*
T:追肥回数	(1) 2回	1.94	0.52	0.98	0.87	0.36	0.97	7.68	9.9	72.4	6.1
	(2) 1回	2.14	0.55	1.05	0.95	0.40	0.99	8.48	10.9	71.4	5.9
Q:追肥量	(1) 4	2.07	0.55	1.02	0.95	0.41	1.02	8.40	10.9	71.1	5.7
	(2) 2	2.03	0.53	1.02	0.87	0.36	0.95	7.77	9.8	72.7	6.3
総平均 l.s.d(主効果)	(1) 4	2.12	0.56	1.03	0.91	0.40	0.99	8.17	10.6	71.9	5.9
	(2) 2	1.96	0.51	1.00	0.91	0.37	0.98	8.00	10.1	71.9	6.1

(含有率は乾物%)

また第7図に示すように出穂期の窒素吸収量と単位面積当たり穎花数の相関、および出穂期の1株もみ数と1株窒素吸収量の間にはきわめて高い相関が認められることは、穎花分化終期までの m^2 当たり窒素吸収量により m^2 当たりもみ数が決定されるという報告^{13,30}に一致する。村山は³¹ m^2 当たりもみ数と出穂期までの窒素吸収量との関係は地域によって異り、吸収窒素のもみ生産効率は寒地で高く、暖地で低いことを明らかにしているが、本試験の結果も、出穂期窒素吸収量が栽植密度、水管理、追肥時期の主効果が有意となっているほか、窒素吸収量ともみ数の関係には変動がみられ、とくに同一元肥窒素量でも穂肥によって変動が大きいことから、吸収窒素のもみ生産効率は栽培条件で変わり得ることを示唆している。



第6図 幼穂形成期葉身窒素含有率と m^2 穂数('72)

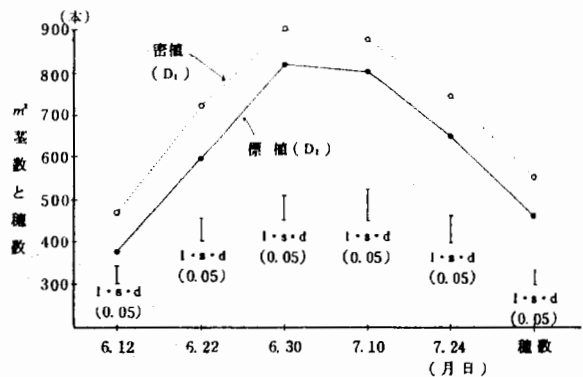


第7図 出穂期窒素保有量と m^2 穎花数('72)

一方元肥窒素の吸収率については、近年重窒素利用による報告^{32,33,34}が多くなされ、地域栽培条件で変動も多いが、平均で30~40%の利用率になっている。第7図よりササニシキの好適穎花数と思われる m^2 当たり 37×10^3 粒穎花数を確保するためには $9g/m^2$ の窒素吸収量となるので、施肥由来窒素を30~40%とみて計算すると、 $2.7 \sim 3.6g/m^2$ の指標が得られる。本試験の元肥窒素量と m^2 当たり穎花数要因効果でも、元肥窒素量4Kgは $34 \pm 2.3 \times 10^3$ 粒、6Kgは $36 \pm 2.3 \times 10^3$ 粒で得られ、最適穎花数からみた元肥窒素量は4~6Kgになる。

B 栽植密度の効果

草丈は最高分けつ期に普通植>密植の関係になり、稈長においても同様の結果となった。単位面積当たりの茎数および穂数は第8図に示すように明らかに密植がまさり、最終穂数も同様であった。

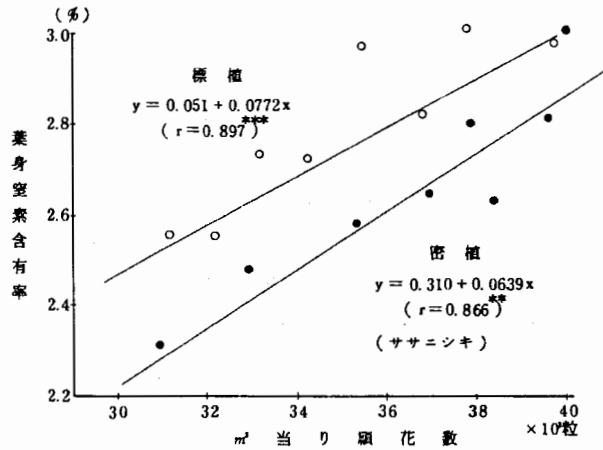


第8図 栽植密度と穂数('72)

密植では、1株当たりの穂数および穎花数は明らかに減少するが、株数が多いことから単位面積当たり必要な穂数や穎花数の絶体量は確保されている。また稲体の窒素含有率は、生育全期間中に標植と密植に有意差が認められるので、栽植密度の効果は稲体の窒素吸収に対する競合^{35,36}が強いことを示している。とくに密植は栽植株数が多く、初期の単位面積当たり生育量が増大し、乾物生産も高く稲体窒素含量が低い段階で穂数、穎花数を確保するのに対し、標植は逆の関係になっている(第9図)。したがって栽植密度の違いは、乾物生産様式の差異にあるといってもよいと思われる。

精もみ重、玄米重の栽植密度効果は、明らかに密植が標植を上廻る。しかし栽植密度×元肥窒素量(D×B)、栽植密度×水管理(D×M)、栽

植密度×穂肥量 (D×Q) の交互作用が認められるので、栽植密度と元肥窒素の関係は、元肥窒素少肥水準で密植が標植を上廻るが、元肥窒素多水準では密植と標植とが等しく、栽植密度のちがいによる差は消失する。とくに密植は元肥 2 Kg 施用でも、穂肥対応によって増収の可能性が見いだせる。



第9図 幼穂形成期の葉身窒素含有率と m^2 当り穎花数 ('72)

C 水管理の効果

水管理(中干し処理)による玄米重(主効果)は中干し処理をしない場合に増収となった。交互作用の水管理×栽植密度(M×D)、水管理×元肥窒素量(M×B)も有意になっているが、水管理の主効果は交互作用の9~10倍の分散値となっていることから、中干し処理による反応が顕著である。とくに第6表の葉身窒素含有率の時期別要因効果にみられるように、幼穂形成期以後中干し処理によって、稲体の窒素含有率は著しく低下している。したがって、基盤整備圃場における水管理の技術効果判定については、今後さらに検討する必要がある。

D 穂肥時期と量の効果

穂肥時期 T_1 の追肥は、同量の窒素量を幼穂形成期(出穂 25 日前)と減数分裂期(出穂 15 日前)に分けて施用する場合と T_2 の1回追肥は、幼穂形成期だけに 2 Kg と 4 Kg の追肥を指す。

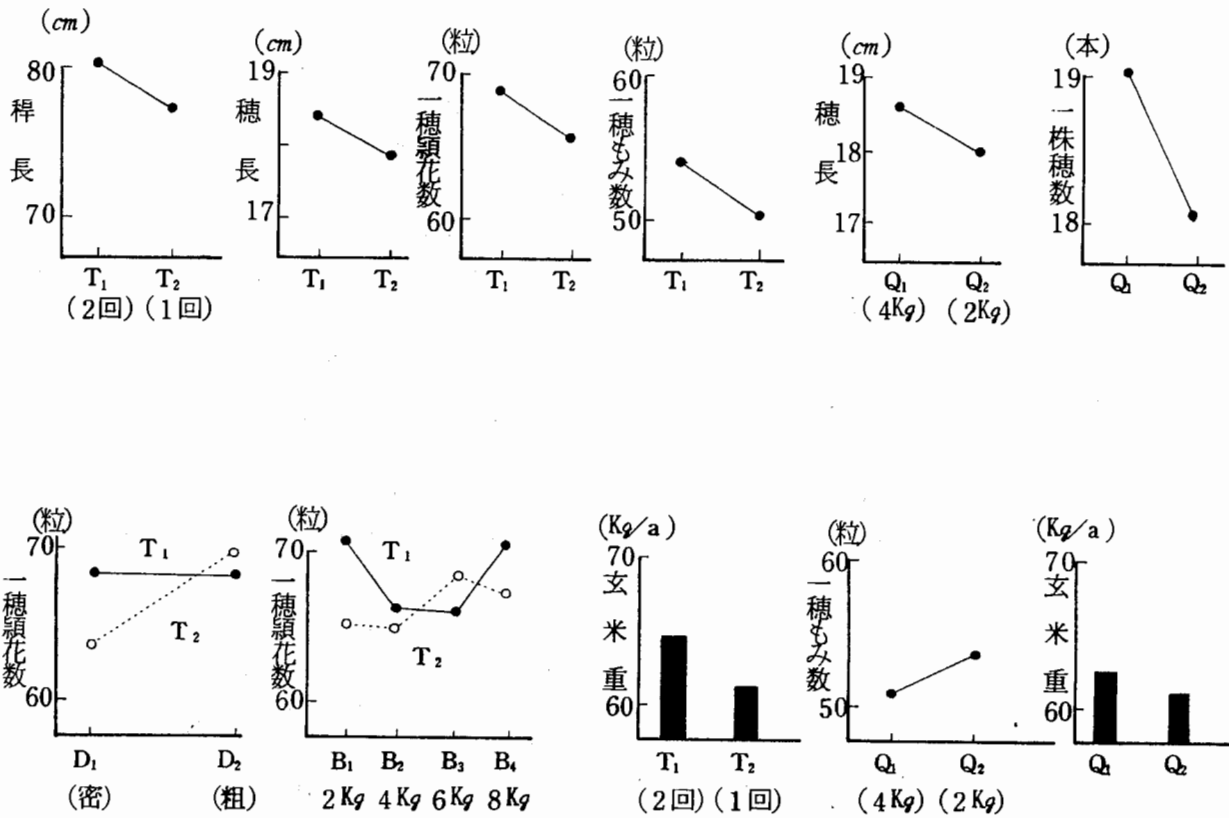
穂肥時期(T)の要因効果は、稈長で幼穂形成期と減数分裂期の連続追肥は、追肥量の多少にかかわらず長稈化した。穂長は元肥窒素量、栽植密度の主効果にほとんど有意差が認められないの

に対し、穂肥時期、量ともに有意となった。つまり幼穂形成期と減数分裂期の穂肥と穂肥量多施用が長穂となって、1穂の穎花数も増加していることから、2次枝梗の増大が懸念される。登熟歩合の良否は、主に2次枝梗の稔実良否に支配されるという報告もあるが^{12,13}、単位面積当たり穎花数が少ない場合には必ずしも明らかでなく、単位面積当たり穎花数が多い場合に2次枝梗数と登熟歩合の関係が強い。しかし本試験の単位面積当たり穎花数は、元肥窒素量の要因効果が高く、元肥窒素量が多いほど単位面積当たり穎花数が多く、穂数の増加によって単位面積穎花数を確保しており、和田³⁰が指摘しているように穎花数が多い場合で、穂数、1次枝梗の多い稲は、貯蔵炭水化物量が多く、受光態勢もよく出穂後の乾物生産が増大することから、基盤整備とあいまって、稲の群落構造が改善され、玄米重に対する穂肥時期(T_1)の効果と穂肥量(Q_1)の効果が高くなったと思われる。また玄米重の穂肥時期と元肥窒素量($T \times B$)、穂肥量と元肥窒素量($Q \times B$)、穂肥量と栽植密度($Q \times D$)の関係では穂肥時期の幼穂形成期1回追肥(Q_2)で増収しているのは元肥窒素量 2 Kg の場合のみであり、穂肥時期を幼穂形成期と減数分裂期に分けて施用して増収しているのは、元肥窒素量 6 Kg と 8 Kg の場合である。この時穂肥量と元肥窒素量の関係は、穂肥量 4 Kg 施用で増収しているのは元肥窒素量 2 Kg と 8 Kg の場合である。穂肥量と栽植密度の関係は、標準株数に穂肥量 2 Kg の組合せより密植で穂肥量 4 Kg の増収効果が高い(第10図)。

穂肥時期と量の稲体窒素吸収量、吸収窒素の穂部への移行率、吸収窒素 1 g の玄米生産量での穂肥時期(T)だけに有意差が認められる。

2) 期待収量の試算

稚苗移植水稲における窒素施肥法を中心とした要因解析の結果、水稲の生育収量と窒素栄養が深いかわりであることを示した。しかし、窒素施肥法の効果は栽培上の他の諸条件との関連で評価される相対的なものであることから、単純な因子間みの効果判定は困難な場合が多い。したがって本報告における期待収量は元肥窒素量因子の水準ごとに栽植密度、水管理、穂肥の時期と量、それぞれの因子間で検討した結果をもとに、以下のように試算した。



第 10 図 穂肥回数 (T) , 穂肥量 (Q) の要因効果

A, 元肥窒素量 2 Kg の場合 : 主効果 B . D . M .
 T . Q と交互作用 (B × D) (B × M) (B × T)
 (B × Q) (M × D) (Q × D)
 $B . D . M_2 . T_2 . Q_1 =$ 総平均 + ($B_1 D_1$ の効果)
 + ($B_1 M_2$) + ($B_1 T_2$) +
 ($B_1 Q_1$) + ($M_2 D_1$) + (Q_2
 D_1) - 3 (B_1) - 2 (D_1)
 - (Q_1)
 $= 61.5 + (59.8 - 61.5) + (56.0 - 61.5) + (57.0 - 61.5) +$
 $(59.5 - 61.5) + (64.7 - 61.5) + (62.6 - 61.5) - 3(57.9)$
 $- 2(62.2 - 61.5) - (62.3 - 61.5)$
 $= 61.5 - 1.7 - 5.5 - 4.9 - 2.0$

+ 3.2 + 1.1 + 10.8 - 1.6 - 0.8 = 59.9
 誤差分散 $Se^2 = \frac{1+5+6}{32} \times 0.72$
 信 頼 巾 $= 2.57 (t, 0.05) \times 0.27$
 $= 2.57 \times 0.52 = 1.34$
 $= 59.9 \pm 1.34 = 61.2 \sim 58.6 \text{ Kg/a}$
 B, 元肥窒素量 4 Kg の場合 : 主効果 B . D . M .
 と交互作用 (B × D) (D × M)
 $B_2 . D_1 . M_2 =$ 総平均 + ($B_2 D_1$) + ($D_1 M_2$) -
 (D_1)
 $= 61.5 + (63.2 - 61.5) + (64.7 - 61.5) -$
 $(62.2 - 61.5)$
 $= 61.5 + 1.7 + 3.2 - 0.7$
 $= 65.7$
 $Se^2 = \frac{1+3+2}{32} \times 0.72 = 0.03$

$$\begin{aligned} \text{信 頼 巾} &= 2.57(t, 0.05) \times 0.03 = 0.44 \\ &= 65.7 \pm 0.44 = 66.1 \sim 65.3 \text{ Kg/a} \end{aligned}$$

C, 元肥窒素量 6 Kg の場合: 主効果 B・M・T
と交互作用 (B×M) (B×T)

$$\begin{aligned} B_3, M_2, T_1 &= \text{総平均} + (B_3 M_2) + (B_3 T_1) - \\ &\quad (B_3) \\ &= 61.5 + (64.5 - 61.5) + (63.2 - 61.5) \\ &\quad - (62.3 - 61.5) \\ &= 61.5 + 3.0 + 1.7 - 0.8 \\ &= 65.4 \\ \text{Se}^2 &= \frac{1+3+2}{32} \times 0.72 = 0.14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{信 頼 巾} &= 2.57(t, 0.05) \times 0.14 = 0.95 \\ &= 65.4 \pm 0.95 = 66.4 \sim 64.5 \text{ Kg/a} \end{aligned}$$

D, 元肥窒素量 8 Kg の場合: 主効果 M・T・Q
と交互作用 (B×M) (B×T) (B×Q)

$$\begin{aligned} B_4, M_2, T_1, Q_1 &= \text{総平均} + (B_4 M_2) + (B_4 T_1) + \\ &\quad (B_4 Q_1) - 2(B_4) \\ &= 61.5 + (64.9 - 61.5) + (65.7 - 61.5) \\ &\quad + (64.9 - 61.5) - 2(63.8 - 61.5) \\ &= 61.5 + 3.4 + 4.2 + 3.4 - 4.6 \\ &= 67.9 \\ \text{Se}^2 &= \frac{1+4+3}{32} \times 0.72 = 0.18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{信 頼 巾} &= 2.57(t, 0.05) \times 0.18 = 2.99 \\ &= 67.9 \pm 2.99 = 70.9 \sim 64.9 \text{ Kg/a} \end{aligned}$$

元肥窒素量 2 Kg 水準では、穂数および単位面積当たりの穎花数が不足ぎみで、乾物生産も少ないことから、密植条件によって収量構成要素を確保し、幼穂形成期の穂肥量 4 Kg が必要である。このことは元肥窒素少肥+密植条件では、移植後からの窒素吸収速度がはやいため、土壤中における元肥施肥窒素の消失が早められ、穂首分化期項の窒素吸収速度は比較的遅くなることを示している。この時期に整備圃場では一次的な土壌窒素の放出もなく、短稈で穂数、穎花数が減少していることから、穂肥は分施するより幼穂形成期の多施用を行い、穎花数の増大をはかることが増収の可能性のあることを示すものである。

元肥窒素量 4 Kg の元肥窒素量と栽植密度 (B×D) の 2 元表からは、密植の効果が高い。元肥窒素量と穂肥時期と量 (B×T, B×Q) ではいずれも有意でないことから、元肥窒素量 4 Kg+密植条件での穂肥対応は、いずれの組合せでもよいことになる。このことはササニシキの稚苗移植条件

では、元肥窒素量 4 Kg でも容易に最適穎花数に接近することを示しているといつてよい。穂肥の増収機作については、施用によって登熟歩合は増加しなければ低下もしないという報告^{12,13}もあるが、本試験でみる限り穂肥によって、干穎花当たり収量は元肥窒素量 2 Kg と同等であることから、登熟面では影響は少なく、穂肥時期と量の要因効果 (主効果) 穂肥時期 $T_1 > T_2$, 穂肥量 $Q_1 > Q_2$ から、幼穂形成期 2 Kg と減数分裂期 2 Kg の組合せを最適条件とした。

元肥窒素量 6 Kg では、元肥窒素量と栽植密度 (B×D) の効果は消失するのでことさら密植の必要はなく、生育量、単位面積当たり穎花数の確保は標植で対応が可能であることを示している。しかし栽植密度の違いは、乾物生産様式に差異が認められるので、全乾物中に占める葉鞘、稈の割合が高いという密植の特異性からみて、元肥窒素多水準での密植は、出穂前の蓄積養分の確保に有利に作用すると考えられる。これらのことから元肥窒素量 6 Kg でも、密植条件を組合せて最適条件とした。穂肥については、幼穂形成期と減数分裂期の分施が有意であり穂肥量 4 Kg と 2 Kg の関係は有意ではないことから、元肥窒素量 6 Kg の場合、穂首分化期項の窒素吸収量も多く穎花数を充分確保、 $(36 \pm 2.3 \times 10^3 \text{ 粒})$ した段階では、穂肥の量を増すよりも穂肥時期をきめこまかにして、後期の葉面積当たりの同化能を高めるとともに、根の活性維持をはかる意味から、幼穂形成期 1 Kg と減数分裂期 1 Kg で充分と考えられる。

元肥窒素量 8 Kg では、初期から生育量が增大して、元肥窒素量 6 Kg 水準と同様栽植密度間の差はみられない。穂肥の施用効果は、幼穂形成期と減数分裂期に 2 Kg + 2 Kg の組合せによって増収した。元肥窒素を多量に施用して、収量キャパシティの増大をはかったとしても、日射量が少ない場合には内容物の生産が不足して登熟歩合の低下から減収する^{35,36}。この試験において得られた高収量水準は、試験当年の好適気象条件と地下水管理の透水附与条件が大きく作用したと推察され、ササニシキの稚苗移植に対する一般施肥体系としては、適用範囲がかなり限定されるものと考えられる。

これら要因解析より求めた期待収量および信頼区間は異なる気象条件、土壌環境、栽培技術にまで保証されるものではないことを明記したい。し

かし各因子間の要因効果は相対的なものであるので、各種の異なる条件下においては、それぞれの場面での技術的解析には充分役立つと考えられる。

Ⅲ ササニシキおよびトヨニシキの品種別作期と窒素施肥法の総合効果

前項(Ⅱ)においては、主としてササニシキに対する窒素の元肥水準と栽植密度、水管理、穂肥の時期と量の効果等について検討を行ったが、実際の農業生産の場にあっては、つねに前記した最適条件をとり得るとは限らず、経営的、栽培的に制限を受けることが多い。とくに稚苗移植栽培の場合には、作期と収量との関係を定量的にあきらかにするとともに、作期の変化に対応して品種別に施肥の時期や量を変える必要の有無が現実の問題として重要である。この試験は、当県南分場に施設された整備圃場（地下水位低下圃場）と未整備圃場（地下水位高、現地試験）とで、1973年に実施したものである。

1. 品種別作期と窒素施肥法が収量および品質におよぼす影響（1973. 整備圃場）

1) 試験方法

ササニシキおよびトヨニシキの移植時期早晩による生育相の差の明確化と、これにともなう施肥対応を明らかにし、収量、品質におよぼす影響をみるため第7表に示した因子と水準をL32直交表にわりつけ、試験を実施した。

第7表 試験圃場における因子と水準および直交表のわりつけ（1973）

L 32		
因子	水準 1	水準 2
T: 作 期	早植（5月4日）	晩植（5月20日）
V: 品 種	ササニシキ	トヨニシキ
D: 耕 深	普通耕（12cm）	深耕（20cm）
B: 元 肥 量 (Kg/10a)	3Kg/10a 4Kg/10a	6Kg/10a(ササニシキ) 8Kg/10a(トヨニシキ)
A: 分けつ追肥量	2Kg/10a	4Kg/10a
E: 穂 肥 量	0	2Kg/10a

（備考）・P₂O₅ 12Kg, K₂O 10Kg, 珪カル 120Kg, 堆肥 1,200Kg
 ・分けつ追肥 6月12日（早）、6月20日（晩）
 ・穂 肥 7月16日（早）、7月20日（晩）

生育、収量および分析測定値の計算は、前項と同様に分散分析ならびに主要因の各水準の平均値、F値2以上の2因子交互作用に対応する水準別組合せ平均値（2元表）を求めた。

2) 試験結果および考察

(1) 要因解析結果

A 作期の効果

草丈、茎数の推移は早植程早く、最高分け時期は6月下旬であったが、晩植はこれよりおくれ7月上旬となった。以後の生育ではむしろ晩植がまさり、この傾向は成熟期まで明らかに認められ、とくにササニシキでは元肥窒素の多少にかかわらず目標穂数が確保された。しかし晩植では元肥窒素水準によって明らかに差が認められ、元肥窒素6Kgで急激に生育量が增大するため、後期の窒素栄養いかんにより草型が多様化する。このような生育相を換言すれば後期凋落型といつてよく、長稈化→倒伏→収量減となる。これら作期の早晩による主効果の要因効果を第8表に、作期の早晩と二因子交互作用を第9表にそれぞれ示した。

全重、玄米重、m²当たり穎花数、登熟歩合、玄米等級のいづれにも作期と耕深（T×D）の交互作用が有意となっており、作期の早晩と耕深のちがいがよる土壤養分供給能と生育相は相互に関係が深いことを意味している。とくに早植条件で、すみやかに有効穂数が確保された場合、普通耕でも増収している。しかし深耕によって、下層土混入のために一次的に養分供給強度が弱まり、初期の生育抑制、乾物生産が停滞した場合は、単位面積当たり穎花数がやや減少して、収量も減収する傾向にある。晩植のように中～後期の生育が急激に増大してくるときは、深耕によって供給養分を制御した方が増収に結びつくようである。さらに玄米収量は、作期と穂肥（T×E）に有意差がみられ、穂肥の主効果は不明であるが、作期との交互作用でみる限り早植によって穂肥の効果が期待される。

作期の玄米等級におよぼす影響は、主効果に有意差はないものの、3等級上にランクされた。しかし粗玄米中の整粒歩合は早植が高く、死米歩合は少ない。これらのことから晩植は早植に劣らない収量構成要素を確保できるが、登熟形質の低下による収量減と粗玄米中の青未熟、死米の増加がみられる点で良質米生産上問題点を残している。

第8表 品種別作期と窒素施肥法の主効果

(** 1%, * 5%, +10%)

要因	水準	稈長 cm	m ² 当穂数 本/m ²	全重 Kg	わら重 Kg	玄米重 Kg	下位節長 (4+5cm)
T:作期	1. 早植	81.5	501	150	63.7	58.1	15.0
	2. 晩植	83.6	507	152	66.1	56.1	14.1
V:品種	1. ササニシキ	82.7	535 ^{**}	149	63.0 ⁺	55.2 ^{**}	15.6 ^{**}
	2. トヨニシキ	83.8	472	154	66.8	58.9	13.5
D:耕深	1. 12 cm	83.7	507	151	64.6	57.0	14.6
	2. 20 cm	82.8	501	151	65.2	57.2	14.5
B:元肥	1. 3. 4	81.0 ^{**}	479 ^{**}	143 ^{**}	60.5 ^{**}	56.0 [*]	14.2
	2. 6. 8	85.5	528	159	69.3	58.2	14.9
A:分けつ期追肥	1. 2	81.4 ^{**}	490 ^{**}	147 [*]	62.7 [*]	56.9	13.9 [*]
	2. 4	85.1	518	156	67.1	57.3	15.2
E:穂肥	1. 0	81.3 ^{**}	486 ^{**}	146 ^{**}	63.4	56.4	14.9
	2. 2	85.3	522	156	66.4	57.8	14.2
総平均 l . s . d (主効果)		83.3	504	151	64.9	57.1	14.5
		2.0	22	6.6	3.9	1.8	1.1

要因	水準	m ² 当 穎花数 ×10 ³	登歩 熟合 %	千粒重 千当収量 g	千粒重 g	玄米等級 ※米級	整歩 粒合 %	死歩 米合 %
T:作期	1. 早植	36.8	71.6	16.0	22.3	4.7	74	14.7
	2. 晩植	37.1	67.7	15.4	22.5	4.7	71	17.9
V:品種	1. ササニシキ	39.3 ^{**}	64.0 ^{**}	14.2 ^{**}	21.9 ^{**}	6.0 ^{**}	66 ^{**}	21.2 ^{**}
	2. トヨニシキ	34.6	75.3	17.2	22.9	3.4	78	11.4
D:耕深	1. 12 cm	36.8	70.0	15.8	22.5	5.1 ⁺	73	15.7
	2. 20 cm	37.1	69.0	15.6	22.3	4.3	72	16.9
B:元肥	1. 3. 4	34.3 ^{**}	72.6 ^{**}	16.5 [*]	22.7 [*]	4.5	76 ^{**}	13.8 ^{**}
	2. 6. 8	39.6	66.7	14.9	22.1	4.9	68	18.8
A:分けつ期追肥	1. 2	35.6 [*]	72.4 ^{**}	16.3 ^{**}	22.4	4.8	74 [*]	14.4 ^{**}
	2. 4	38.2	66.9	15.1	22.5	4.6	70	18.2
E:穂肥	1. 0	34.9 ^{**}	72.9 ^{**}	16.4 ^{**}	22.5	4.4	74 ^{**}	13.7 ^{**}
	2. 2	39.0	66.4	15.0	22.3	5.0	70	18.9
総平均 l . s . d (主効果)		36.9	69.6	15.7	22.4	4.7	72	16.3
		2.0	2.7	0.6	0.5	0.86	2.7	1.9

注1 (作期は一次誤差で検定)

2 玄米等級※は2等級

1
2
3

3等級
4
5
6

4等級
7
8
9

第9表 作期の早晩と交互作用

(**1%, *5%, +10%)

要因	稈長 (cm)			穂長 (cm)			下位節間長 (4 + 5) cm				
	V ₁	V ₂	平均	V ₁	V ₂	平均	E ₁	E ₂	B ₁	B ₂	平均
T ₁ 早 植	80.3	82.7	81.5	18.1	17.9 ⁺	18.3	14.9	15.2	14.2	15.8	15.0
T ₂ 晩 植	85.1	84.9	83.6	18.5	18.9	18.4	14.9	13.3	14.2	14.0	14.1
l. s. d.	2.85		12.7	0.44		0.31	1.61				1.14
要因	全重 (Kg/a)			わら重 (Kg/a)			玄米重 (Kg/a)				
	D ₁	D ₂	平均	D ₁	D ₂	平均	E ₁	E ₂	D ₁	D ₂	平均
T ₁ 早 植	152.4	147.1 ⁺	149.7	64.9	62.5	63.7	56.5	59.7 [*]	60.0	56.2 ^{**}	58.1
T ₂ 晩 植	149.4	155.4	152.4	64.3	67.9	66.1	56.3	55.9	54.1	58.1	56.1
l. s. d.	9.27		17.9	5.55		3.9	2.25				15.0
要因	一穂穎花数 (粒)					m ² 当穎花数(×10 ³)			登熟歩合 (%)		
	E ₁	E ₂	V ₁	V ₂	平均	D ₁	D ₂	平均	D ₁	D ₂	平均
T ₁ 早 植	70.7	77.1	73.1	74.8	73.9	37.4	36.2	36.8	73.3	69.8	71.6
T ₂ 晩 植	72.5	73.5	74.6	71.3	73.0	36.2	37.9	37.1	71.5	64.0	67.7
l. s. d.	5.28				26.4	2.89		2.0	3.8		10.3
要因	m ² 当もみ数 (×10 ³)					玄米等級 (1.8mm)					
	D ₁	D ₂	E ₁	E ₂	平均	D ₁	V ₂	D ₁	D ₂	平均	
T ₁ 早 植	26.9	25.2 ^{**}	25.3	26.8 ⁺	26.1	5.6	3.8 ⁺	4.8	4.6 ⁺	4.7	
T ₂ 晩 植	23.7	25.7	24.9	24.6	24.7	6.4	3.0	5.5	3.9	4.7	
l. s. d.	1.49				5.4	1.21				0.86	

B 品種の効果

ササニシキとトヨニシキの栽培上における品種間差は、すでに多くの知見があり多言を要しないが、本試験の要因効果は、トヨニシキに比して、ササニシキでは茎数の増加が多く、倒伏と関連する下位節間が伸長しやすいことを指摘できよう。さらにササニシキは穂数の多いわりにわら重が軽い反面、一穂穎花数はトヨニシキと差がないことから、単位面積当たり穎花数は、穂数によって確保している。しかしササニシキの一穂当たりの登熟もみ数は著しく低下するので、トヨニシキに比し登熟歩合の減少が特徴的である。

登熟歩合の品種間差でみると、ササニシキ 64 ± 2.7% に対しトヨニシキ 75 ± 2.7% になり、ササニシキの千穎花当たり収量は明らかに低く、

千粒重も劣った。玄米の検査等級もトヨニシキより劣っている。これは死米と未熟粒の多いことによる。しかしトヨニシキは収量、玄米等級ともササニシキを上廻っているものの、被害粒(胴割米)の発生が多いのが特徴的である。

品種間の主要な交互作用を第10表に示した。稈長は品種と耕深(V×D)に有意差がみられ、ササニシキは深耕によって短稈となっている。穂数の品種と穂肥(V×E)ではササニシキの穂肥施用で穂数増が著しい。玄米重の品種と元肥窒素量(V×B)は、ササニシキの元肥窒素多少で玄米収量に有意差が認められず、元肥少肥水準でトヨニシキと収量差はない。しかしトヨニシキは多肥条件で増収となっていて、品種間の耐肥性は成苗で得られた特性を再確認し得た。

第 11 表 ササニシキの交互作用と品種間差

(**1%, *5%, +10%)

要因	水 準			m ² 穂 数			有 効 茎 歩 合				
	D ₁	D ₂	平 均	E ₁	E ₂	平 均	T ₁	T ₂	D ₁	D ₂	平 均
V ₁ ササニシキ	84.1	81.3 ⁺	82.7	509	562	535 ^{**}	55.5	55.0	55.0	55.4	55.2
V ₂ トヨニシキ	83.3	84.4	83.8	462	482	472	58.2	54.1	57.7	54.8	56.1
l. s. d.	2.85		2.0	31		22	3.87			2.7	
要因	水 準			玄 米 重					一 穂 穎 花 数		
	B ₁	B ₂	平 均	B ₁	B ₂	D ₁	D ₂	平 均	T ₁	T ₂	平 均
V ₁ ササニシキ	15.7	15.5	15.6 ^{**}	55.4	55.1 [*]	55.9	54.6	55.2 ^{**}	73.1	74.6	73.9
V ₂ トヨニシキ	12.7	14.3	13.5	56.5	61.3	58.2	59.7	58.9	74.8	71.3	73.0
l. s. d.	1.61		1.14	2.55			1.8		5.28		3.7
要因	水 準			粗玄米整粒歩合			粗玄米死米粒数歩合				
	B ₁	B ₂	平 均	A ₁	A ₂	平 均	B ₁	B ₂	A ₁	A ₂	平 均
V ₁ ササニシキ	24.8	25.2 [*]	24.9	67.0	65.6 ⁺	66.3 ^{**}	19.6	22.8 [*]	20.4	22.0 ⁺	21.2 ^{**}
V ₂ トヨニシキ	24.5	27.2	25.8	80.9	74.6	77.8	7.6	14.9	8.5	14.4	11.4
l. s. d.	1.49		1.1	3.76		2.7	2.7			1.9	
要因	水 準										
	T ₁	T ₂	A ₁	A ₂	平 均						
V ₁ ササニシキ	5.6	6.4 ⁺	6.5	5.5 ⁺	6.0 ^{**}						
V ₂ トヨニシキ	3.8	3.0	3.1	3.6	3.4						
l. s. d.	1.21				0.86						

C 耕深の効果

耕深 12 cm と 20 cm との生育および収量、品質におよぼす主効果の要因効果には、有意差がみられず、耕深の技術効果は、短年度の評価のみでなく土壌肥沃度、透水性等との関連でさらに検討を要しよう。深耕と他の因子との交互作用は多くの因子でみるべき効果があり、とくに作期と耕深(T×D)、品種と耕深(V×D)、元肥窒素量と耕深(B×D)において有意差が認められるので、耕深の効果は主効果のみでなく、他の技術因子間の相互関連で評価する必要があると考えられる。

D 元肥窒素量の効果

生育、収量、各収量構成要素ともあきらかに元肥窒素多水準がまさり、各時期の乾物生産、窒素含有率、窒素吸収量とも同様であった(第 11 表、

第 11 図)。しかし登熟歩合、千穎花当たり収量は低下し、品質においても元肥窒素量が多いほど整粒歩合が減少して死米が増加した。これらの傾向は、とくにササニシキで著しいことから、良質米生産上、元肥窒素の適正な施用量が重要なことを示唆するものである。

元肥窒素量多少水準と他因子の交互作用は第 12 表に示した。元肥窒素多少と倒伏に関係の深い下位節間の伸長度合は、元肥窒素量と耕深(B×D)、元肥窒素量と品種(B×V)で有意となり、元肥窒素が少肥の場合で深耕は普通耕にまさり、元肥窒素多肥では耕深の差は認められない。また普通耕(浅耕)は元肥窒素が多水準になるほど下位節間におよぼす影響は、ササニシキ>トヨニシキの関係となるが、ササニシキでは元肥の多少にかか

わりなく下位節間が伸長してしまうのに対し、トヨニシキは元肥窒素多肥条件で伸長がみられる。

玄米重の交互作用は、元肥窒素と品種(B×V)の分散が大きく、元肥窒素多肥条件で多収となるのはトヨニシキで、ササニシキは元肥窒素3Kgから6Kgと増肥しても収量に有意差は認められず、収量の頭打現象がみられる(第12表)。これら品種の元肥窒素に対する反応は、基本的には、個体群の光合成能力と栄養体の生長能力の比によって決定されるものであり、耐肥性の強いトヨニシキはこの比が高いために、多肥条件下でも光合成と呼吸のバランスが良く、増収したと思われる。さらに元肥窒素と耕深(B×D)にも玄米重の交

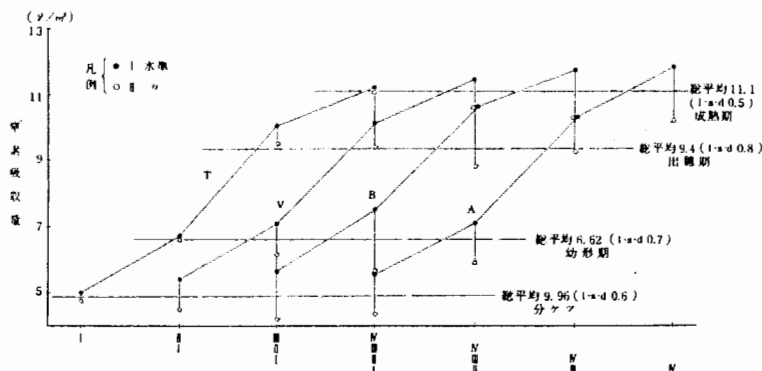
互作用がみられ、耕深は施肥窒素および土壌窒素の持続性と関係が深く、元肥窒素少肥水準は、深耕によって後期まで養分供給を維持した場合に増収となる。しかし元肥窒素多水準では、深耕によって過剰窒素による過大生育の抑制や穎花数の抑制効果がみられるが、深耕での元肥窒素多少の収量差はなく、むしろ普通耕で元肥窒素多>元肥窒素少の収量性を示した。このように深耕に多肥条件が加わっても増収に結びついていないのは、深耕+元肥窒素多肥で登熟歩合が向上しないことである。したがって窒素の供給様式のみでなく、珪酸、りん酸、加里の肥効と高登熟維持、向上の機作についての検討も必要である。

第11表 作期と品種別施肥法の稲体窒素栄養要因効果

(**1%, *5%, +10%)

要因	水準	分けつ期 (L.S)	幼形期 (L.S)	出穂期		成熟期	
				茎葉 (L.S)	穂 (E)	茎葉 (L.S)	穂 (E)
T: 作期	1. 早植	3.00*	1.29	0.83	1.00	0.45	0.94
	2. 晩植	2.79	1.31	0.89	0.96	0.47	0.94
V: 品種	1. ササニシキ	2.80**	1.28	0.85	0.98	0.44+	0.90**
	2. トヨニシキ	2.96	1.32	0.87	0.98	0.48	1.00
D: 耕深	1. 12cm	2.81**	1.32	0.88	0.98	0.45	0.93
	2. 20cm	2.98	1.29	0.85	0.98	0.47	0.95
B: 元肥	1. 3, 4	2.74**	1.20+	0.84	0.95**	0.45	0.93
	2. 6, 8	3.05	1.40	0.88	1.00	0.47	0.95
A: 分けつ期追肥	1. 2	2.77+	1.20+	0.83+	0.95*	0.45	0.92*
	2. 4	3.02	1.40	0.89	1.00	0.47	0.93
E: 穂肥	1. 0	2.89*	1.31	0.81**	0.95*	0.42**	0.92
	2. 2	2.90	1.29	0.91	1.00	0.49	0.96
総平均 l.s.d(2次)		2.90	1.30	0.90	0.98	0.46	0.94
		0.09	0.12	0.06	0.03	0.04	0.05

(乾物%)



第11図 要因別窒素吸収量の効果(1973)

第12表 元肥多少水準の交互作用

(**1%, *5%, +10%)

水準 要因	稈長(cm)			下位節間長(cm)					全重(Kg/a)		
	T ₁	T ₂	平均	D ₁	D ₂	V ₁	V ₂	平均	D ₁	D ₂	平均
B ₁ 元肥少肥	78.6	83.4	81.0 ^{**}	13.6	14.8 [*]	15.7	12.7 ⁺	14.2	141	146	143.4 ^{**}
B ₂ 元肥多肥	84.4	86.6	85.5	15.6	14.2	15.5	14.3	14.9	161	157	158.7
l.s.d.	2.85		2.0	1.61				1.1	9.27		6.6
水準 要因	わら重(Kg/a)			玄米重(Kg/a)					m ² 穎花数×10 ³		
	D ₁	D ₂	平均	V ₁	V ₂	D ₁	D ₂	平均	D ₁	D ₂	平均
B ₁ 元肥少肥	58.9	62.1	60.5	55.4	56.6 [*]	55.1	56.8 ⁺	56.0 [*]	33.3	35.3 ⁺	34.3 ^{**}
B ₂ 元肥多肥	70.2	68.3	69.3	55.1	61.3	58.9	57.5	58.2	40.4	38.8	39.6
l.s.d.	5.55		3.92	2.55				1.8	5.28		3.73
水準 要因	m ² 当もみ数(×10 ³)			登熟歩合(%)							
	V ₁	V ₂	平均	D ₁	D ₂	平均					
B ₁ 元肥少肥	24.8	24.5	24.6 ^{**}	73.8	71.2	72.6 ^{**}					
B ₂ 元肥多肥	25.2	27.2	26.2	66.1	67.2	66.7					
l.s.d.	1.49		1.1	3.8		2.7					

E 分けつ期追肥および穂肥の効果

分けつ期追肥は、早植で6月12日、晩植で6月20日の各6.5葉に追肥した。その結果、窒素2Kgと4Kgの間では、稈長、m²穂数、全重、わら重等で明らかに4Kg追肥区がまさり、元肥窒素

水準と同等の要因効果を示したが、登熟歩合の低下や青米の増加等の現象が認められ結果的には玄米収量の有意差はなく、分けつ期に窒素2Kg、4Kg追肥しても、元肥窒素少肥水準と同程度の収量にとどまった(第13表)。

第13表 分けつ期追肥および穂肥の交互作用(主要形質)

その1 (**1%, +5%, +10%)

水準 要因	稈長(%)			穂数(本/m ²)			全重(Kg/a)				
	E ₁	E ₂	平均	E ₁	E ₂	平均	D ₁	D ₂	平均		
A ₁ 分けつ追肥少	78.6	84.4	81.4	463	517	490	144	149	147		
A ₂ 分けつ追肥多	83.9	86.4	85.1	509	527	518	158	153	156		
l.s.d.	2.85		2.0	31.3		22	9.3		6.6		
水準 要因	わら重(Kg/a)			m ² 当もみ数(×10 ³)			千穎花当収量(g)				
	D ₁	D ₂	平均	T ₁	T ₂	平均	V ₁	V ₂	平均		
A ₁ 分けつ追肥少	61.0	64.4	62.7	25.8	25.1	25.5	14.5	18.0	16.3		
A ₂ 分けつ追肥多	68.2	65.9	67.1	26.3	24.3	25.3	13.8	16.5	15.1		
l.s.d.	5.6		3.9	1.49		1.1	0.8		0.6		
水準 要因	玄米等級			粗玄米整粒歩合(%)					死米粒歩合(%)		
	E ₁	E ₂	平均	D ₁	D ₂	V ₁	V ₂	平均	V ₁	V ₂	平均
A ₁ 分けつ追肥少	4.1	5.1	4.8	75.5	72.4	67.0	80.9	73.9	20.4	8.5	14.4
A ₂ 分けつ追肥多	4.6	4.5	4.6	69.4	70.9	65.6	74.6	70.1	22.0	14.4	18.2
l.s.d.	1.2		0.9	3.8				2.7	2.7		1.9

その2 (**1%, *5%, +10%)

要因	穂長 (cm)			穂数 (本/m ²)			下位節間長 (cm)		
	T ₁	T ₂	平均	V ₁	V ₂	平均	T ₁	T ₂	平均
E ₁ 穂肥 0	17.5	18.4	17.9	509	462	486	14.9	14.9	14.9
E ₂ 穂肥 2	18.6	18.9	18.8	561	482	522	15.2	13.3	14.2
l. s. d.	0.4		0.3	31.3		22	1.6		1.1

要因	有効茎歩合 (%)					一穂穎花数 (粒)				
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	平均	T ₁	T ₂	V ₁	V ₂	平均
E ₁ 穂肥 0	52.6	55.8	54.0	55.6	54.2	70.7	72.5	73.4	69.9	71.6
E ₂ 穂肥 2	58.2	56.1	58.9	54.4	57.2	77.1	73.5	74.3	76.2	75.3
l. s. d.	3.9				2.7	5.28				3.7

要因	玄米等級				
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	平均
E ₁ 穂肥 0	4.1	4.6	3.9	4.9	4.4
E ₂ 穂肥 2	5.3	4.5	5.1	4.9	5.0
l. s. d.	1.2				0.9

穂肥の施用および無施用の比較は、稈長、穂長、 m^2 穂数、全重、粗もみ重、 m^2 当たり穎花数、穂肥後の乾物生産、窒素含有率、窒素吸収量であきらかに施用区がまさったが、登熟歩合、千穎花当たり収量、玄米等級、整粒歩合は無施用がまさった。しかし玄米収量に穂肥の有無による有意差が認められない原因は、穎花数形成要因と登熟のバランスが問題だったと考えられる。これら穂肥の効果について、前項の穂肥による増収機作と異なる点が多いことから、寡照条件下の登熟は年次によって大きく変動することを示唆している。

(2) 品種別作期と施肥法による期待収量

A 穎花数と収量

水稻の収量は、単位面積当たり穎花数と千穎花当たり収量の積で示される。高橋らは²³、水稻の収量を高めようとする場合、穎花数と千穎花当たり収量のいづれかあるいは、両者を増大させる必要があり、単位面積当たり穎花数と千穎花当たり収量との間には負の相関が認められることが多く、穎花数が多すぎても登熟歩合が低下し減少するとしている。また千穎花当たり収量 (Y) と単位面積当たり穎花数 (X) との間には (1) 式が成立する。

$$Y = a + b x \cdots \cdots (1) \quad (a, b \text{ は常数})$$

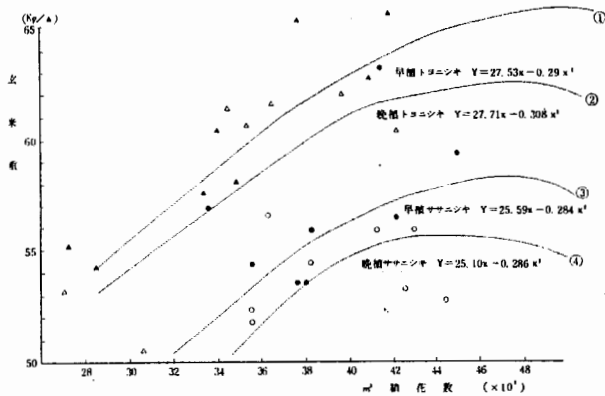
一方、収量 (Y) は千穎花当たり収量と単位面積当たり穎花数の積で表わされるから (2) 式が成立する。

$$Y = a x + b x^2 \cdots \cdots (2)$$

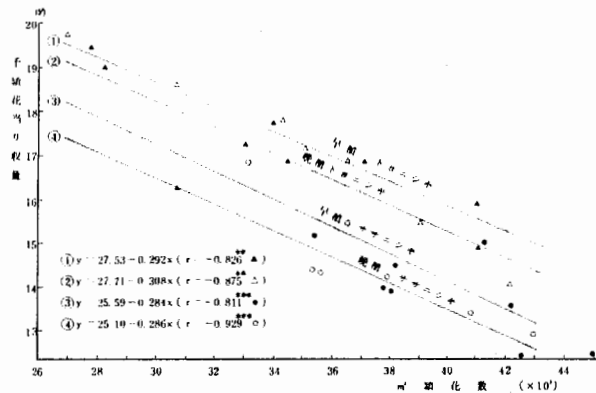
この方法により 1 a 当たり収量と m^2 当たり穎花数との関係式を求め、作期、品種間の差をみたのが第 12 図、および第 13 図である。この図の中のササニシキの分は高橋²³らの結果と同様で、これから算出した最適穎花数と収量の関係は第 14 表のようになる。したがって気象不良年においては、良好年より m^2 当たり穎花数が約 30% 程度多く確保することにより、豊作年と同じ収量水準となることはあきらかで、作期では早植ほど収量が高く、品種ではトヨニシキ > ササニシキの関係がみられる。このことから稚苗移植においても、穎花数の増加にともなう千穎花当たり収量の低下を小さくするような栽培法が効率の高いことが推定される。

B 最高収量を得るための要因の粗合せ効果

本試験で用いた因子と水準をもとに、最高収量を得るためのモデルについて推定し、期待収量を以下に求めてみた。



第 12 図 m^2 当り穎花数—収量曲線 ('73)



第 13 図 m^2 当り穎花数と千穎花当り収量 ('73)

第 14 表 作期、品種と最適穎花数および最高収量 (1973)

要 因 別	最適穎花数 ($\times 10^3/m^2$)	最高収量 (Kg/a)
① 早 トヨニシキ	47.1	64.9
② 晩 トヨニシキ	45.0	62.3
③ 早 ササニシキ	45.0	57.6
④ 晩 ササニシキ	44.2	55.5
参考 早 ササニシキ (現地)	47.7	51.5

(注) 数字は計算式よりの推定値である。

・トヨニシキ早植の場合 (V_2, T_1): トヨニシキ早植に關与する要因効果は、作期 (T)、品種 (V)、元肥窒素 (B) の主効果、作期と穂肥量 ($T \times E$) である。

・トヨニシキ早植 = 普通耕 (T_1, D_1) + 元肥窒素量 (V_2, B_2) + 穂肥量 (T_1, V_2)、分けつ期追肥は、主効果も明らかでなく交互作用も有意でないことからどちらの水準でもよいことになる。したがって

期待収量: 総平均 + T_1, D_1 の効果 + V_2, B_2 の効果 + T_1, E_2 の効果 - T_1 の効果 = $57.1 + (60.6 - 57.1) + (59.7 - 57.1) - (58.1 - 57.1) = 65.8$

誤差分散: $Se^2 = \frac{1+5+3}{32} \times 16.04 = 4.51$

信頼幅: $t(9: 0.05) 2.26 \times 4.51 = 4.8$, よって $65.8 \pm 4.8 = 70.6 \sim 61.0 Kg/a$ が得られる。

・トヨニシキ晩植の場合 (V_2, T_2): 晩植の場合、元肥窒素量は減量の必要がなく、分けつ期追肥量は早植同様どの水準でもよく、穂肥は晩植で減収傾向が認められるため穂肥なしとした。要因の組合せは $V_2, T_2 = T_2, D_2 + V_2, B_2$ となる。したがって

期待収量: 総平均 + T_2, D_2 の効果 + V_2, B_2 の効果 = $57.1 + (58.1 - 57.1) + (61.3 - 57.1) = 62.3$

誤差分散: $Se^2 = \frac{1+4+2}{32} \times 16.04 = 3.51$

信頼幅: $t(9: 0.05) 2.26 \times 3.51 = 4.3$, よって $62.3 \pm 4.3 = 66.6 \sim 58.0 Kg/a$ が得られる。

・ササニシキ早植の場合 (V_1, T_1): ササニシキの場合、元肥窒素量が $3 Kg$ と $6 Kg$ では差がみられないので、肥沃度の高いことを前提にすれば耐倒伏、耐病性などの安全性から $3 Kg$ でもよいと思われる。他の因子は、トヨニシキ早植と同様であり最高収量の要因組合せは $T_1, V_1 = T_1, D_1 + T_1, E_2$ になる。したがって

期待収量: 総平均 + T_1, D_1 の効果 + T_1, E_2 の効果 - $(58.1 - 57.1) = 61.6$

誤差分散: $Se^2 = \frac{1+3+2}{32} \times 16.04 = 3.01$

信頼幅: $t(9: 0.05) 2.26 \times 3.01 = 3.92$ よって $61.6 \pm 3.9 = 65.5 \sim 57.7 Kg/a$ が得られる。

・ササニシキ晩植の場合 (V_1, T_2): ササニシキ晩植の場合、元肥窒素量と品種 ($B \times V$) では、早植同様差はみられないことから $3 Kg$ を採用した方が安全である。穂肥量、分けつ期追肥はトヨニ

シキ晩植と同様の傾向にあることから、要因効果は $T_2 D_2$ のみである。したがって

期待収量：総平均+ $T_2 D_2$ の効果=57.1+(58.1-57.1)=58.1

誤差分散： $Se^2 = \frac{1+2+1}{32} \times 16.04 = 2.01$

信頼幅： $t(9:0.05) 2.26 \times 2.01 = 3.2$ 、よって58.1±3.2=61.3~54.9 Kg/a が得られる。

(3) 米の品質におよぼす影響

玄米の1次品質について、作期、品種、施肥法がどのような影響をうけるかをあきらかにしようとして、粗玄米1.7 mm, 1.8 mm以上のそれぞれの玄米整粒、未熟粒、被害粒、死米粒歩合(粒数と粒重歩合)を調査した。その結果有意差がみられたのは、粗玄米の整粒、死米粒歩合であった。すなわち早植、元肥窒素量少、分けつ期追肥量少、穂肥無施用ほど整粒歩合が高く、死米粒歩合が少ないことが明らかで、品種間ではトヨニシキがササニシキよりまさった。粒重歩合の各形質についての有意差はあきらかでなかった。また粒厚別(1.7 mm, 1.8 mm以上)の各形質では、品種間での差だけみられその他の各形質間の差は判然としなかった。これは調整法等により2次的品質(品位)は変動することを示しているが、品種間の特性は固定的であることを意味している。

検査等級についての等級間推定値を求めれば、トヨニシキは早植が晩植より1階級上位に格付されるが、ササニシキではその差が認められなかった。これは晩植により未熟粒、死米粒が多くなるが、篩別により2次的品位が早植と差がなくなったためと思われる。ササニシキの品質の年次変動がはげしいのは、年により篩別できない未熟粒、死米ができることが原因と思われる、この原因は別途究明されなければならない。

米の品質は品種の特性から発現する1次的品質と乾燥調整等取扱上からくる2次的品質とがあるが、ここでは客観的な判定法として1次、2次を総合した検査等級をもとに施肥法との関係のみをみた。ここで設定した検査等級をもとに施肥法との関係のみをみた。ここで設定した6因子2水準のみで、適確な品質要因の答えを出すことは困難であるが、得られた成果のなかから等級の期待値を計算してみると次のようになる。

・トヨニシキ早植の場合($V_2 T_1$)

等級推定値：総平均+ $V_1 V_2 + A_1 V_2 - V_2$

$$= 4.7 + (3.8 - 4.7) + (3.1 - 4.7) - (3.7 - 4.7) = 3.8$$

$$\text{誤差分散：} Se^2 = \frac{1+3+2}{32} \times 2.2 = 0.41$$

信頼幅： $t(9:0.05) 2.26 \times 0.41 = 1.45$ よって3.8±1.5=5.2~2.2(3中~2中)

・トヨニシキ晩植の場合($V_2 T_2$)

等級推定値：総平均+ $T_2 D_2 + T_2 V_2 + V_2 A_1 - T_2$ の効果- V_2 の効果

$$= 4.7 + (3.9 - 4.7) + (3.0 - 4.7) + (3.1 - 4.7) - (4.7 - 4.7) - (3.4 - 4.7) = 4.5$$

$$\text{誤差分散：} Se^2 = \frac{1+4+3}{32} \times 2.26 = 0.41$$

信頼幅： $t(9:0.05) 2.26 \times 0.41 = 1.45$ よって4.5±1.5=6.5~3.0(3下~2下)

・ササニシキ早植の場合($V_1 T_1$)

等級推定値：総平均+ $V_1 T_1 + V_1 A_1 - V_1$ の効果=4.7+(5.6-4.7)+(6.5-4.7)-(6.0-4.7)=6.1

$$\text{誤差分散：} Se^2 = \frac{1+3+2}{32} \times 2.20 = 0.41$$

信頼幅： $t(9:0.05) 2.26 \times 0.41 = 1.45$ よって6.1±1.5=7.6~4.6(4上~3上)

・ササニシキ晩植の場合($V_1 T_2$)

等級推定値：総平均+ $T_2 D_2 + T_2 V_1 + V_1 A_1 - T_2$ の効果- V_1 の効果

$$= 4.7 + (3.9 - 4.7) + (6.4 - 4.7) + (6.5 - 4.7) - (4.7 - 4.7) - (6.0 - 4.7) = 8.7$$

$$\text{誤差分散：} Se^2 = \frac{1+4+3}{32} \times 2.20 = 0.5$$

信頼幅： $t(9:0.05) 2.26 \times 0.5 = 1.6$ よって8.7±1.6=10.3~7.1(5上~4上)

上記の結果から、最高収量を得るための最適要因の組合せとその場合の期待収量、検査等級はつぎのようになる。

・トヨニシキ早植=元肥窒素量8 Kg+分けつ期窒素量2 Kg+穂肥量2 Kg：期待玄米収量70.6~61.0 Kg/a, 検査等級：2等中~3等中

・トヨニシキ晩植=元肥窒素量8 Kg+分けつ期窒素量2 Kg+穂肥無施用：期待玄米収量66.6~58.0 Kg/a, 検査等級：2等下~3等下

・ササニシキ早植=元肥窒素量3 Kg+分けつ期窒素量2 Kg+穂肥量2 Kg：期待玄米収量65.5~58.0 Kg/a, 検査等級：3等上~4等上

・ササニシキ晩植=元肥窒素量3 Kg+分けつ期窒素量2 Kg+穂肥無施用：期待玄米収量61.3~54.9 Kg/a, 検査等級：4等上~5等上

これらの結果は、ある条件下での期待収量を求

めるためのものではなく、特性値相互間の関係から最適水準を技術的に類推することが主なる目的である。前述のようにササニシキの元肥窒素量を3Kgとしたのは、県南地方の肥沃地では元肥窒素量6Kgで窒素多水準に相当する場面もあるため少水準のモデルを採用しているの、現実の施肥量はこれより多い水準で行われている。したがって要因と環境条件の変化によりかなりこの傾向も異って来ると思われるが、これらの結果から品種による元肥窒素施肥水準が明らかに異なること、晩植では穂肥の必要がないこと、晩植で検査等級の低下や、玄米形質の低下がみられるので充分肥培管理に注意する必要があることなどを指摘できよう。

2. 現地におけるササニシキの窒素施肥反応

1) 試験方法

県南地方の銘柄米産地である江刺市稲瀬の現地未整備圃場（地下水位高）において、ササニシキの窒素施肥法の要因解析と現地実証を行った。因子と水準は第15表に示した。本試験は当場の整備圃場（地下水位低）と同時に行った。分散分析、要因効果は手計算による。

第15表 因子と水準（1973）

		現地未整備圃場	
		L 16	
要因	水準	水準 1	水準 2
	T:作 期		早植(5月4日)
B:元肥窒素量		3Kg/10a	6Kg/10a
A:分けつ期追肥		2Kg/10a	4Kg/10a
E:穂 肥		0	2Kg/10a

備考 ・ 品種ササニシキ、供試条件は
1 試験に同じ
・ 現地圃場=江刺市稲瀬字鶴羽衣
・ 圃場条件=灰色グライ土壌

2) 試験結果および考察

(1) 要因解析結果

A 作期の効果

現地の作期別ササニシキ窒素施肥反応の要因効果を第16表に示した。現地圃場においても初期の窒素吸収反応は明らかで生育量も整備圃場並に推移した。作期の早晩による草丈、茎数はいづれも早植がまさった。

第16表 現地圃場のササニシキ施肥法と要因効果

(**1%, *5%, +10%)

要 因	水 準	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	m ² 当 穂 数 (本/m ²)	倒伏度	全 重 (Kg)	玄米重 (Kg)	m ² 当 穎花数 ×10 ³	登 熟 合 歩 合 (%)	千 粒 当 収 量 (g)
T:作 期	1 早 植	81	17.1	515	1.2	134	51.8	35.3	+	14.8
	2 晩 植	86	17.6	528	2.3	134	47.6	36.3	+	13.0
B:元 肥	1 3Kg/10a	82	17.4	519	*	138	51.2	35.4	+	*14.5
	2 6Kg/10a	85	17.4	525	2.2	132	48.2	36.2	+	13.3
A:分けつ追肥	1 2Kg/10a	82	*17.1	517	+	134	50.9	34.9	*	**14.6
	2 4Kg/10a	85	17.6	526	2.1	134	48.5	36.7	+	13.2
E:穂 肥	1 0	81	*17.0	518	*	131	48.7	34.4	+	+
	2 2Kg	86	17.8	526	2.1	138	50.8	37.2	+	13.6
総 平 均		83.5	17.4	522	1.76	135	49.7	35.8	65.7	13.9
l.s.d(主効果)		5.8	0.5	35	0.47	12	4.2	2.9	3.0	0.9
l.s.d(交互作用)		8.1	0.7	50	0.67	17	5.9	4.0	4.2	1.2

全重 $B \times A$ ⁺	
	A ₁ A ₂
B ₁	132 143
B ₂	138 126

玄米重 $T \times A$ ⁺	
	A ₁ A ₂
T ₁	51.6 52.0
T ₂	50.6 44.6

玄米重 $B \times A$ ⁺	
	A ₁ A ₂
B ₁	50.9 51.5
B ₂	50.9 45.5

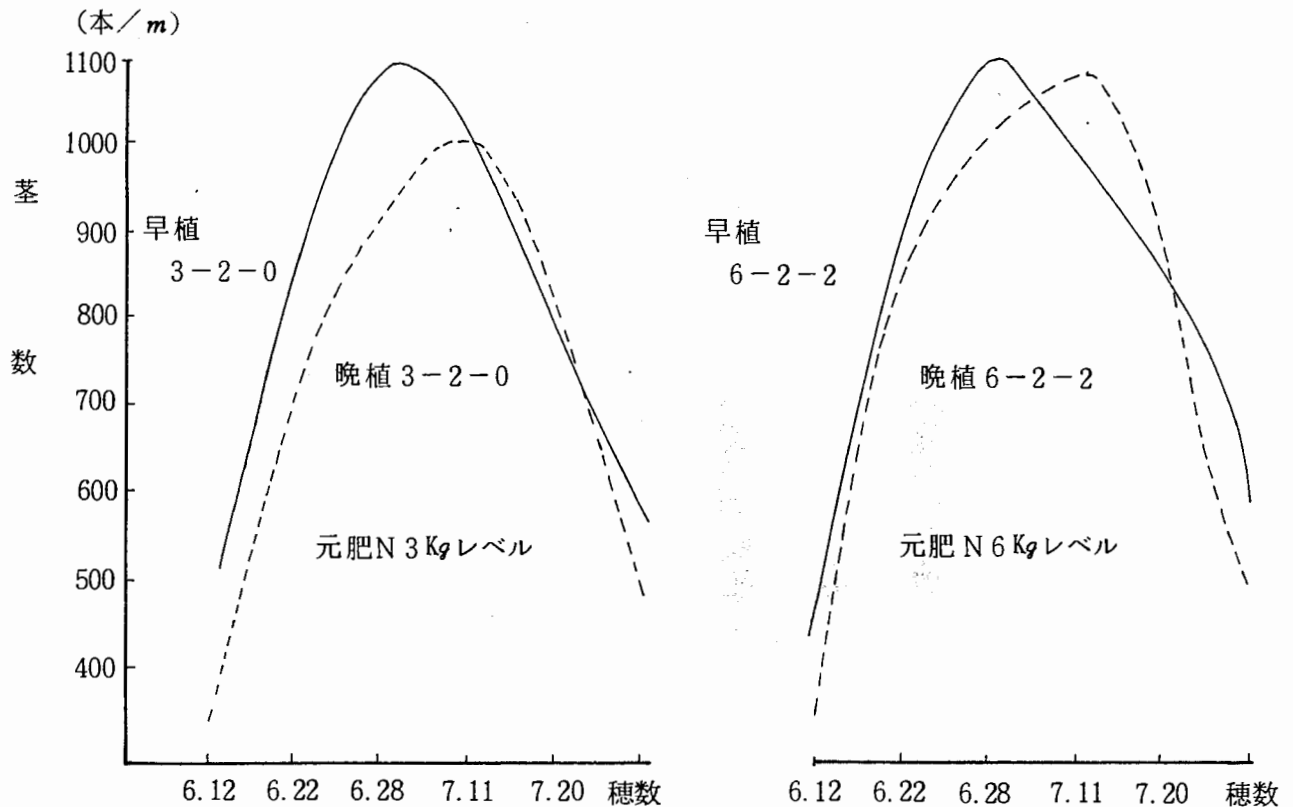
m^2 穎花数 $T \times E$ ⁺	
	E ₁ E ₂
T ₁	32.3 38.3
T ₂	36.1 36.5

登熟歩合 $T \times E$ ⁺	
	E ₁ E ₂
T ₁	72.5 65.9
T ₂	62.1 62.3

千粒当収量 $T \times E$ ^{**}	
	E ₁ E ₂
T ₁	15.5 14.1
T ₂	12.9 13.1

しかし7月下旬以降茎数に差がみられなくなる。窒素施用量別茎数の推移は第14図のとうりであり、最高茎数は早植が6月下旬、晩植が7月中旬

にみられ、晩植ほど茎数の減少が激しく有効茎歩合も早植より劣った。成熟期の稈長、穂数とも晩植で増加している。



第14図 作期、窒素施肥レベルと茎数(ササニシキ現地、地下水高73)

玄米重は早植>晩植となり、作期と分けつ期追肥($T \times A$)に交互作用がみられ、晩植と分けつ期の多量追肥は著しい減収となった。作期の早晩による単位面積当たり穎花数に差は認められないが、登熟歩合、千穎花当たり収量、千粒重には有意差が認められ、早植がまさった。また千穎花当

たり収量に作期と穂肥量($T \times E$)の交互作用が有意となって、早植の場合は穂肥によって著しく穎花数が増大し、晩植は穂肥の有無によって穎花数の増減はなく晩植の生育相を反映している。とくに晩植の登熟歩合は、同一穎花数で穂肥の有無で作用されないのに反して、早植では穂肥による

穎花数の増大が登熟不良に結びつく結果になっている。

B 元肥窒素量と分けつ期追肥の効果

草丈は明らかに元肥窒素 3 Kg よりも 6 Kg がまさるが、茎数、穂数には有意差がみられなかった。これはササニシキの品種特性によるものと思われ、現地の地下水位高圃場で強粘質の潜在窒素が高い条件では、元肥窒素 3 Kg (少肥) でも充分茎数確保ができることを意味している。

全重、わら重には元肥窒素量と分けつ期追肥量 (B × A) の交互作用が有意となり、元肥窒素量 3 Kg では分けつ期追肥によって全重増加が認められる。しかし元肥窒素 6 Kg と分けつ期追肥窒素量 4 Kg の組合せはササニシキの全重が低下し、乾物生産の頭打ち現象が認められる。その結果、玄米重においても元肥窒素量 3 Kg > 6 Kg となり、玄米重の元肥窒素量と分けつ期追肥窒素量の交互作用は、元肥窒素量 6 Kg と分けつ期追肥窒素量 4 Kg の組合せが著しく減収となっている。

分けつ期の窒素追肥量 2 Kg と 4 Kg の差は草丈、茎数に差は認められない。倒伏度は 4 Kg > 2 Kg、登熟歩合は 2 Kg > 4 Kg の関係になった。玄米重の作期と分けつ期追肥窒素量 (B × A) の交互作用からも、元肥窒素 6 Kg では、分けつ期追肥の効果

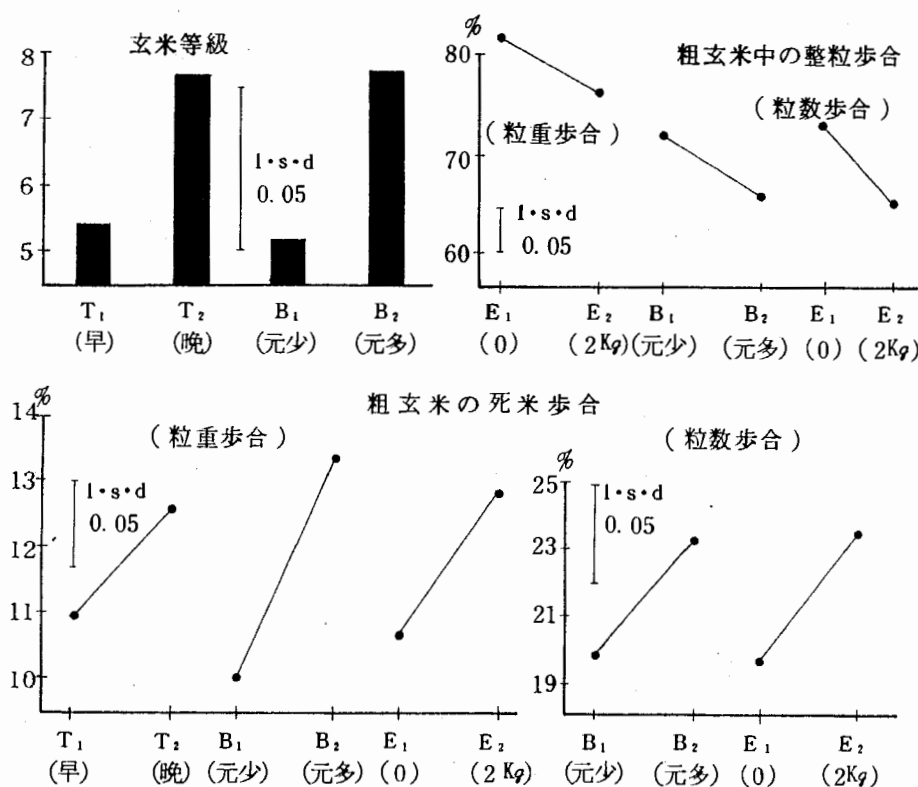
はまったく消失し、元肥窒素だけの場合と同一の傾向となり、地下水位高の現地圃場では分けつ期の窒素多施用は避けるべきである。

C 穂肥の効果

本試験は、元肥窒素量多少水準に分けつ追肥量の多少が組合せられているため、施肥窒素の絶対量が多くなっているため穂肥量の玄米収量効果は判然としなかった。稈長、穂長、 m^2 当たり穎花数、倒伏度は穂肥 2 Kg > 無施用となった。登熟歩合、千穎花当たり収量は穂肥無施用と高まった。また m^2 当たり穎花数、登熟歩合、千穎花当たり収量には、作期と穂肥 (T × E) の交互作用がみられ、早植で分けつ期から幼穂形成期までに積極的に養分吸収をして、乾物生産がすみやかな場合に限って、穂肥による穎花数の増加がみられる。しかし穂肥効果としての単位面積当たりの穂数増は僅少で 1 穂当たりの穎花数増となっているため、登熟歩合は低下している。とくに現地圃場における、いもち病の多発、倒伏、がひどく、ササニシキに対する穂肥対応の困難性を示している。

(2) 米の品質におよぼす影響

現地ササニシキの施肥法別米の品質におよぼす要因効果を第 15 図に示した。



第 15 図 玄米等級および品質の要因効果 (1973)

玄米検査等級では粒厚 1.7 mm以上の整粒は作期(T)と元肥窒素量(B)の主効果に有意差がみられ、交互作用は認められなかった。作期では早植：3等下>晩植：4等中，元肥窒素量 3 Kg：3等下>6 Kg：4等中の傾向を再確認できた。また粒厚 1.8 mm以上では有意差が認められなかった。これは粒厚のうすい死米や未熟粒が篩別されたためであり、調整方法により等級向上が期待されるためである。

玄米形質で特徴的なのは、死米で作期(T)，元肥窒素量，穂肥(E)に有意差が認められ、死米粒数歩合では、晩植>早植，元肥窒素量 6 Kg>3 Kg，穂肥量 2 Kg>0となっていることである。これはササニシキの品種特性が品質に反映しているものと考えられ、良質米生産上注意を要しよう。

(3) 要因効果より求めた期待収量

現地圃場におけるササニシキの作期別窒素施肥法は、施肥改善による収量増と米質を両立させる方策は見出し得なかった。しかし水稻の窒素吸収様式と生育反応は相互に関連していることから、目的に応じた収量と米質の調和は窒素施用の多少により制御し得ると思われ、広汎な諸要因を組入れてさらに究明する必要がある。本試験で得られた結果より、作期ごとの期待収量を推定すれば次のようになる。

早植(T₁)：早植条件での玄米重における主効果に有意差が認められるのは、元肥窒素量(B)のみで、交互作用は作期と分けつ期追肥量(T×A)，元肥窒素量と分けつ期追肥量(B×A)のみである。これらの要因効果から、

早植=元肥窒素量 3 Kg(B₁) + 分けつ期追肥量(A₁)となり、穂肥量は各水準間に有意差が認められないのでどちらでもよいと思われるが、早植との関係から穂肥量 2 Kg(E₂)を採用した。期待収量の組合せはT₁ B₁ A₁ E₂となる。

期待値：総平均+T₁ A₁の効果+B₁ A₁の効果+T₁におけE₂の効果-A₁の効果

$$= 49.7 + (51.6 - 49.7) + (50.9 - 49.7) + (53.8 - 50.8) + (50.9 - 49.7) = 54.0 \text{ Kg/a}$$

誤差分散：Se² = $\frac{1+4+3}{32} \times 10.21 = 5.11$
 信頼幅：t(4:0.05) = 2.78 × 5.11 = 6.3
 よって 54.0 ± 5.9 Kg/a = 60.3 ~ 47.7 Kg/a

晩植(T₂)：晩植の場合は、元肥窒素量の主効果、交互作用は早植条件と同一である。穂肥量は

施用に伴う玄米等級低下と死米増加の品質を考慮して穂肥(E₁)無施用とした。期待収量の組合せはT₂ B₁ A₁となる。

期待値：総平均+T₂ A₁の効果+B₁ A₁の効果-A₁の効果

$$T_2 B_1 A_1 = 49.7 + (50.6 - 49.7) + (50.9 - 49.7) - (50.9 - 49.7) = 50.6 \text{ Kg/a}$$

誤差分散：Se² = $\frac{1+3+2}{32} \times 10.21 = 3.83$

信頼幅：t(4:0.05) = 2.78 × 3.83 = 5.4、
 よって 50.6 ± 5.4 = 56.0 ~ 45.2 Kg/aが得られる。

以上の結果から最高収量をあげるための最適要因組合せとその期待収量はつぎのようになる。

・ササニシキ早植(現地圃場)

元肥窒素量 3 Kg + 分けつ期窒素量 2 Kg + 穂肥量 2 Kg：期待玄米収量 60 ~ 48 Kg/a

・ササニシキ晩植(現地圃場)

元肥窒素量 3 Kg + 分けつ期窒素量 2 Kg + 穂肥 0：期待玄米収量 56 ~ 48 Kg/a

現地圃場のササニシキ収量水準は、同一作期で場内の整備圃場(地下水位低)と同一施肥体系でも減収となった。とくに現地圃場は晩植した場合に減収率が高いことから、晩植条件で適切な施肥管理がなされない場合はさらに収量低下の危険性を示唆している。

Ⅳ 窒素施肥法による稲体の栄養生理特性と栄養診断

高能率稲作下での良質米生産を確立するためには、水稻の収量形質に最も強く関与する窒素栄養について、変動の大きい気象、土壌、品種の諸条件との関連で、安定多収を得るための期待される栄養状態を整理し、適切な栽培管理の技術対応が重要と思われる。これら、水稻の窒素栄養生理期待値を前述の要因解析結果より求めようとした。

稲体の窒素栄養は、とくに穂首分化、穎花分化期頃の吸収、含有率が重要で、窒素の過多は倒伏や登熟不良の原因になり、窒素の不足は、穂数や穎花数の減少につながって、収量に直接影響する。したがって水稻窒素栄養のあり方は、幼穂形成期を中心とした窒素の過不足の栄養診断が重要であり、それにもとづいた具体的な技術予測、指標が得られなければならない。そこで県南地方の水稻主要品種について、簡易な栄養診断法、つまり、

葉色帳を使用した稲体窒素栄養の診断さらに葉鞘染色率のスターチテストによって、稲体の窒素栄養状態を予測し葉色値とスターチテスト法を組合せ、穂肥要否判定の技術対策を試みた。

1. 試験方法

1) 品種別栄養生理の期待値は、第Ⅱ項の稚苗移植水稻の窒素施肥の要因解析(1972)と第Ⅲ項-1、品種別作期と施肥法試験(1973)の稲体窒素栄養を中心とした要因解析の結果と上記試験の10 a 当たり600 Kg以上の高収事例の相互関連でまとめた。

2) 栄養診断と技術予測は、第Ⅱ項および第Ⅲ項-1の試験より、試料を採取して、調査、分析に供した。

A 葉色値は、各試験の穂首分化期、穎花分化期の時期に葉色帳(農業技術研究所監修)^{37, 38, 39}を用い、色相(GY)、明度、彩度を表示した。

B 葉身のクロロフィルの分析⁴⁰は、80%アセトン溶液のArnon法によった。一部ササニシキについては、80%熱エタノール抽出を行い、いずれも次式によってクロロフィル含量を求めた。

$$\text{クロロフィル a} (\mu\text{g/ml}) = 12.7 \text{ E } 663 - 25.9 \text{ E } 645$$

$$\text{クロロフィル b} (\mu\text{g/ml}) = 22.9 \text{ E } 645 - 46.7 \text{ E } 663$$

C スターチテストの方法

針葉を含めた上位4葉目の葉鞘を肉厚の部分より縦に切断し、I:20.2, KI:0.5 gを水100mlにとかした。ヨード・ヨードカリ液に浸し次式で葉鞘の染色率を求めた。

葉鞘の染色率 (%)

$$= \frac{\text{葉鞘染色長}}{\text{葉鞘の全長}} \times 100$$

D 稲体の窒素分析

部位別の稲体窒素分析は、採取した試料を80~100℃で2~4時間処理し、60℃で48時間以上通風乾燥し、硫酸分解後セミマイクロケルダール法で定量した。

2. 試験結果および考察

1) 品種別栄養生理の期待値

一般的にみて、水稻の収量は窒素栄養と密接な関係にあることが知られており、稚苗移植水稻の窒素反応について、前記の第Ⅱ項および第Ⅲ項で、その要因相互の関連を明らかにした。一方、水稻の収量限界向上を目的に農林水産技術会議で取りまとめた研究成果⁴¹でも、窒素の重要性が指摘されており、とくに高収条件の一つとして、幼穂形成期の茎葉窒素含有率の期待値を1.8~2.0%、葉身窒素含有率の期待値を2.5~3.0%としている。しかし、東北地方で高収を示す水稻の栄養生理的な特徴としては、これらの窒素含有率が比較的高い値で推移することがあげられる^{42, 43}。すなわち、茎葉の窒素含有率をみると幼穂形成期で2%前後、出穂期1.5%、成熟期0.6~0.7%、また葉身では、幼穂形成期3.0%、出穂期2.0~2.2%、成熟期1.6%となっている。

したがって、ここではこれまでの試験結果をもとに、10アール当たり600 Kg以上を高収とした場合の期待生育から求めた生育段階ごとの窒素含有率を第17表に示した。

第17表 品種別期待生育の栄養生理条件(要因解析より)

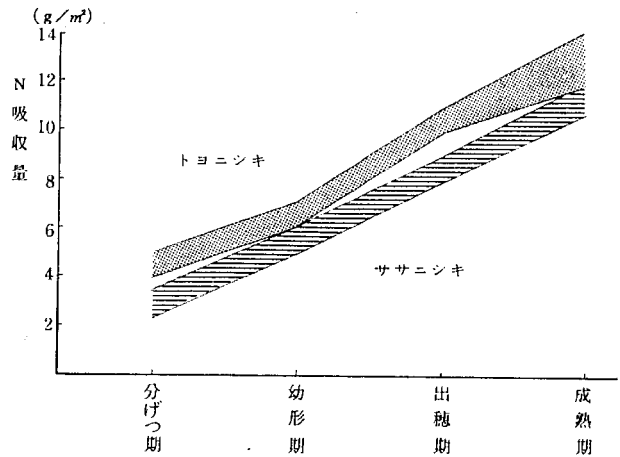
項目	品種 stage	ササニシキ				トヨニシキ			
		分けつ期	幼形期	出穂期	成熟期	分けつ期	幼形期	出穂期	成熟期
乾物重(g/m ²)		80~120	300~350	800~900	1,300~1,400	70~100	350~450	900~1,000	1,500~1,700
N濃度	葉身(%)	—	2.5~2.8	2.0~2.2	0.9~1.0	4.0~4.5	2.5~3.0	2.0~2.5	0.8~1.0
	茎(%)	—	0.8~1.0	0.5~0.6	0.4~0.5	1.5~2.5	1.0~1.1	0.6~0.7	0.4~0.5
	茎葉(%)	3.0~3.5	1.5~1.8	1.0~1.1	0.5~0.6	3.5~4.0	~		
N吸収量(g/m ²)		2.5~3.5	5~6	8~9	11~12	4~5	6~7	10~11	12~14

ササニシキの期待値は、茎葉では分けつ期 3.0～3.5%，幼穂形成期 1.5～1.8%，出穂期 1.0～1.1%，葉身では幼穂形成期 2.5～2.8%，出穂期 2.0～2.2%となるが、ササニシキに比し耐肥性がまさるトヨニシキの場合、生育段階全般にわたって、ササニシキよりも期待値はやや高い傾向にある。ちなみに第Ⅱ項でのササニシキを供試しての幼穂形成期の葉身窒素含有率は、L 32の全平均値 $2.64 \pm 0.27\%$ (l. s. d, 5%), 出穂期 $2.04 \pm 0.19\%$, 成熟期 $0.91 \pm 0.05\%$ であり、上表の期待値とも一致する。また第Ⅲ項でのササニシキとトヨニシキの窒素含有率は、分けつ期茎葉でササニシキ $2.80 < \text{トヨニシキ } 3.00\%$ (l. s. d, 5%, 0.09) となり品種間に有意差が認められるが、出穂期の茎葉でみるとササニシキ $1.29\% < \text{トヨニシキ } 1.32\%$ (l. s. d, 5%, 0.12) となっている。したがってササニシキとトヨニシキの窒素含有率は、生育前期ほど差は大きいものの、出穂期項になると穂肥の多量追肥がない場合その差は小さくなるというよい。

さらに、幼穂形成期の稲体窒素含有率と穎花数の関係を見ると、ササニシキの安定多収と思われる m^2 当たり穎花数 $37 \sim 38 \times 10^3$ 粒は、葉身窒素 $2.5 \sim 2.8\%$ の範囲で得られているが、トヨニシキの同一穎花数は、 3.0% 前後のことが多い。登熟歩合と出穂期葉身窒素含有率との関係を東北各県農試の成績をもとに検討すると、品種間にかなり差があるものの、登熟歩合 80% 以上を確保している葉身窒素含有率は、同一年の青森のレイメイで $3.0 \sim 3.2\%$ 、山形のフジミノリで 2.6% 以下、ササニシキで 2.4% 以下、宮城のササニシキで 2.0% 以下となっている。登熟歩合は、単位面積当たりの穎花数とも相互に関連するため、稲体の窒素含量のみで評価するのは困難であるが、筆者等⁴⁴ の行った水稻の後期栄養試験を見る限りトヨニシキの出穂期の葉身窒素含有率が 2.5% 以上になると、明らかに登熟歩合は低下するので、トヨニシキでの出穂期の葉身窒素含有率の上限は 2.5% 附近に存在すると思われる。しかし耐肥性で劣るササニシキでは $2.0 \sim 2.2\%$ の範囲に期待値は存在するようであり、これらの結果をまとめて第 16 図に示した。

両品種とも、生育段階を分けつ期、出穂期までおよび出穂以後の 3 段階に分けた場合の窒素吸収

割合は $3 : 4 : 3$ の吸収パターンとなり、多収穫ほど後期にいたるまで養分吸収のできる条件が重要であるとする本谷等⁴³ の報告と一致する。



第 16 図 品種別稲体窒素吸収パターンの期待値 ('72 ~ '74)

しかし稲体が吸収する窒素には、施肥由来の窒素と土壌由来窒素とがあり、水稻に対する土壌養分の供給は、土壌養分の強度因子と容量因子のバランスが重要であることから、水田における透水附与を目的とした基盤整備は、その目的のみならず稲体窒素含量を期待値に近づけるうえで重要な役割をはたしている。

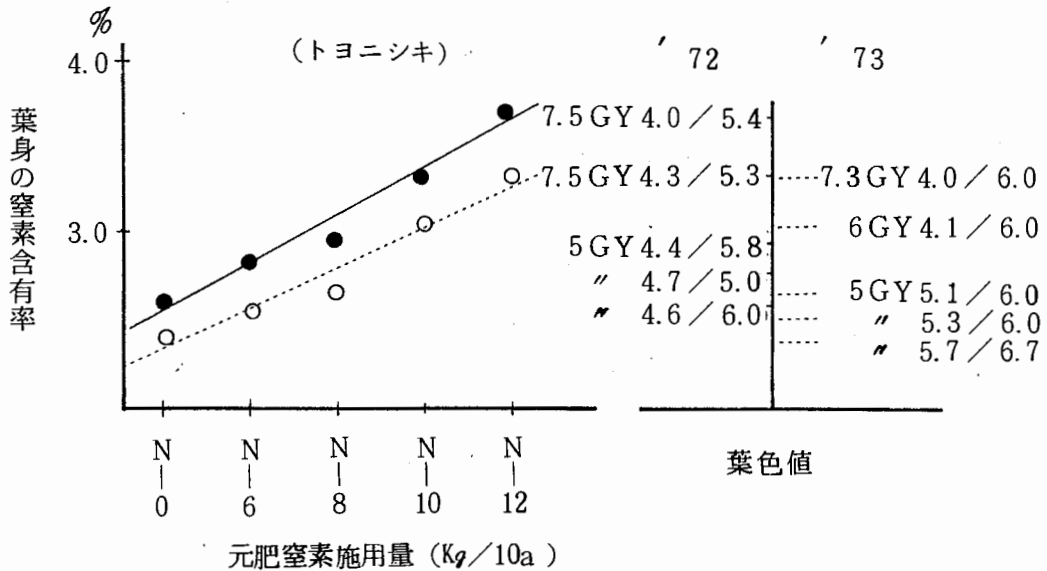
2) 栄養診断と技術予測

水稻の生育時期ごとに、稲体の窒素栄養状態を診断することは、期待生育に接近させる方策の一つとして、稲作技術の合理化に役立つというよい。栄養診断の方法として、葉色は古くから関心を持たれながら、その判定や表現に際しては、多くの場合、葉面構造に由来する反射光の複雑さ、葉色の持つ意味や内容の多様性などを無視して、主観的になされていることから、科学的根拠に立脚した簡便かつ客観的な葉色表示法の確立が強く望まれてきた。最近、松島等^{12,13}は、理想稲体の窒素吸収制限程度を葉色から判定する目的で、葉色と葉身の窒素含有率の関係をもとに、簡易な葉色板を作成したが、それによれば、生育時期や品種が同一な場合のみならず、異品種や異なる栽培条件の場合であっても、葉色値は葉身の窒素濃度を表現する一指標として利用価値が高いという。また、木内・矢沢^{37,38}は、色差計を利用して、色

を色相・明度・彩度の3属性に分解し、ほぼ全ての植物葉色に適用し得る標準葉色帳を作成したが、この葉色帳は、個々の葉色を標準色で正確に表示できることを報じていることから、この項においては、穂肥の要否判定を行う場合の葉色値と稲体の窒素含有率およびクロロフィル含量との関係について検討した。

第17図は、トヨニシキの幼穂形成期葉色値と

葉身窒素含有率を、元肥窒素量との関連で示したものである。トヨニシキの幼穂形成期の葉身窒素含有率期待値3.0%はほぼ色相6GYに相当し、3.0%以上になると7.5GY、3.0%以下になると5GYに低下する。これらの結果から、トヨニシキの幼穂形成期の葉身窒素3.0%指標は、色相6GYとなるが、明度、彩度は年次による変動もみられ、さらに検討が必要である。



第17図 幼穂形成期の葉色値と葉身窒素含有率('72~'73)

一方、ササニシキの幼穂形成期を中心とした葉色値と葉身窒素含有率は、第18表に示すように、同一窒素含有率でも測定葉位によって変動がみら

れ、葉身の窒素含有率と葉色値、さらにクロロフィル含量の関係は、針葉を含めたn-2葉位で判定する必要があるように思われる。

第18表 幼穂形成期を中心とした葉色と稲体N濃度の予測(1972)
(色相・明度/彩度表示)

(ササニシキ)

区名	葉身N%	葉色			葉位別chl(ug/F.w.g)		
		n-1	n-2	n-3	n-1	n-2	n-3
1 N-0	2.55	5. 4.7 / 5.6	5. 4.8 / 5.6	4.5 4.6 / 5.2	1,334	1,556	1,958
2 N-2	2.73	5. 4.9 / 5.8	5. 4.7 / 5.9	5. 4.6 / 5.9	1,757	1,967	2,013
3 N-4	2.82	5. 4.7 / 5.8	6. 4.5 / 5.3	5. 4.8 / 5.9	1,495	2,033	2,368
4 N-8	2.97	5. 4.4 / 5.4	6. 4.1 / 5.7	5. 4.5 / 5.2	2,051	2,510	2,618

ササニシキの幼穂形成期の葉身窒素含有率の期待値2.7%前後では、色相5GY 4.6 / 5.9、が相当し、トヨニシキの色相6GY、4.4 / 5.8、

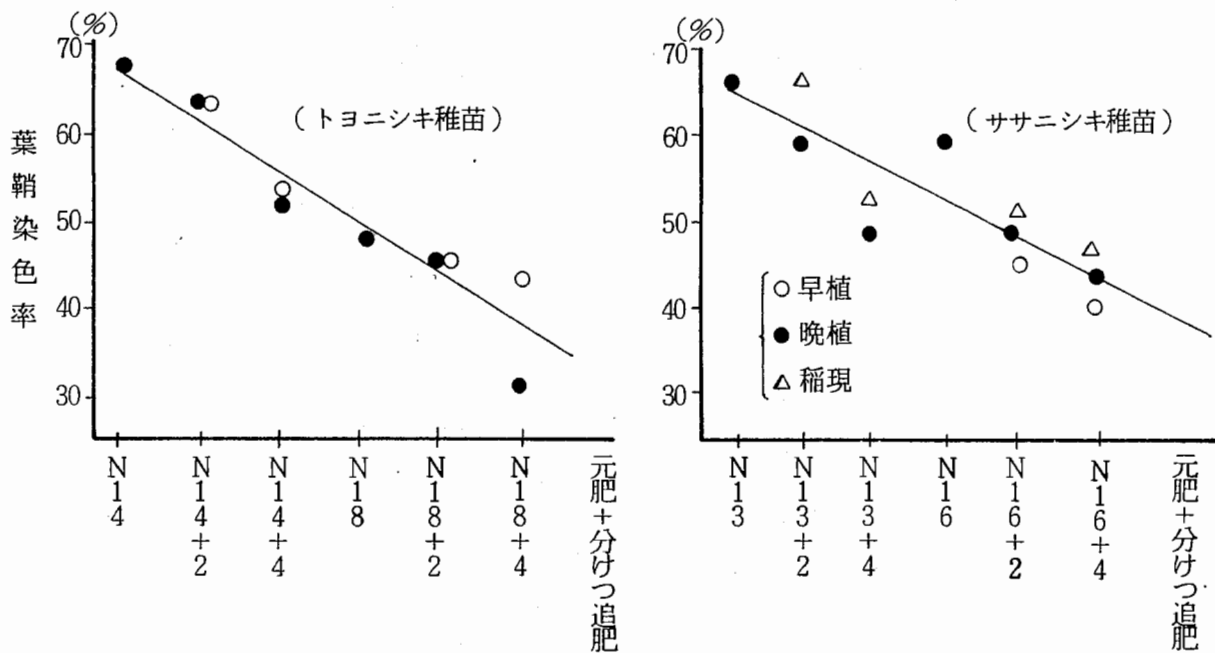
に対しイランク下廻る結果となっているが、両品種ともに葉色値と葉身窒素含有率は、色相(GY)を中心に簡易に診断できそうである。なお、葉色

診断として葉色帳を使用する場合、一定葉位 $n-2$ および $n-3$ 枚目の葉を対象とするが、判定する部位は、葉の中央部に近い表面で葉脈間の部分が判定しやすい。さらに判定に際しては、光の条件に充分注意する必要がある。すなわち明るいムラのない自然光が望ましく、人工光、早朝、夕暮れの光、直射光での判定は誤差が大きくなることを附記したい。

栄養診断にもとづく技術対応、とくに穂肥の要否判定を行う場合、窒素栄養状態と炭水化物代謝との間には密接な関係があり、窒素含有率と澱粉含有率は負の相関を示すことから、直接稲の窒素含有率を測定しなくても、葉の澱粉含量を相対的に

知ることによって、稲体の窒素含有率を予測することができる。したがって葉色値のみでなく、穂肥前の葉鞘の澱粉含量をヨード染色法により測定すれば、穂肥の要否判定はより正確さをますであろう^{45, 46}。

このようにしてササニシキとトヨニシキについて、同一年次で求めた窒素施肥量と葉鞘染色率の関係を第18図に示した。両品種ともに、施肥量と染色率に負の関係が認められるが、窒素の施用量の増加に伴う葉鞘の染色率の低下は、少肥性のササニシキよりも多肥性のトヨニシキで著しい傾向がうかがわれる。



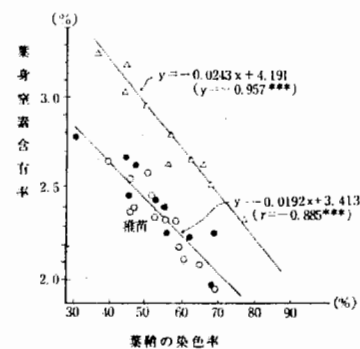
第18図 幼穂形成期葉鞘染色率と窒素施用量の関係('73)

同様に葉鞘染色率と葉身窒素含有率との関係を第19図に示したが、この場合も染色率と窒素含有率は負の関係にあって相関も高い。また、両品種を込みにした稚苗移植で、染色率(x)と葉身窒素含有率(y)の間には下式が成立する。

$$y = -0.0192x + 3.41 \quad (r = -0.885^{**})$$

したがって、期待生育からみた幼穂形成期の葉身窒素含有率2.5%の場合の染色率は、約50%となる。しかし稚苗移植と成苗移植との比較では、同一品種を供試しても若干傾向が異なり、染色率が等しい場合であっても、窒素含有率は成苗移植

でいく分高くなる傾向にある。



第19図 葉鞘の染色率による稲体の窒素含有率予測('73)

葉色値と葉鞘染色率をもとに穂肥施用による増収率を求めたのが第19表である。この結果から、穂肥の要否判定は、葉色帳値6GY(色相)で葉鞘染色率が50%前後を基準として行ってよく、換言すれば葉色値6GY以下で葉鞘染色率50%以上の場合に穂肥の効果が期待される。しかし、穂肥の効果は単位面積当たりの穎花数に大きく支配される面が多く、トヨニシキでは m^2 当たり穎花数 39×10^3 粒以上になると穂肥の増収率はのぞめないのに対し、フジミノリのようなさらに耐肥性の強い品種では単位面積当たりの穎花数多少にかかわらず増収率が高まっていることから⁴⁴簡易診断による穂肥要否の判定には、穎花数の成因と葉色値を併用することが重要と思われる。

第19表 簡易診断による穂肥の増収率 (1973)

施肥量	葉色帳値	染色率 %	幼形期N追肥		2 / 0 ×100
			0	2	
N-4	6GY以下	68	*55.2	—	109
N-4+2		63	55.1	60.2	
N-4+4		51	54.2	58.1	
N-8	6GY以上	48	63.4	—	101
N-8+2		45	64.5	65.1	
N-8+4		30	65.4	62.0	

(*玄米重Kg/a)

V 基盤改善にともなうササニシキの窒素施肥法

前項までの試験において、ササニシキの安定多収を目標に、窒素施肥法を中心とした検討を行ってきた。その結果、地下水位を制御し得るような圃場(以下整備圃場と略記する)では、元肥窒素多施用と早植かつ密植を組合せることによって、概して高収が期待されることを明らかにした。しかし、地下水位の制御が困難な多くの一般圃場(以下未整備圃場と略記する)においては、同一条件でありながら、元肥窒素の多施用はむしろ登熟不良の原因となることが多いため収量水準も低く、また年次間の収量の変動も大きいといつてよい。

このような未整備圃場での安定多収技術の確立は急務であり、著者等も目下試験を実施中である

が、その前提となる整備有無での期待生育と窒素施用との関係をここでは検討した。

1. 試験方法

この試験は、前述の第Ⅲ項-1(L₃₂, 整備圃場)および第Ⅲ項-2(L₁₆, 未整備圃場)で得られた成績をそれぞれ分解して、ササニシキの窒素施用についてだけ、作期(T)、元肥窒素量(B)、分けつ期追肥量(A)、穂肥量(E)の関係を見るため、新たに直交表による多因子計画に組替えたものである。なお、直交表のわりつけに際しては、場所(P)の主効果を評価できるよう、場所と元肥窒素量(P×B)、場所と作期(P×T)、場所と分けつ期追肥量(P×A)、と穂肥量(P×E)の交互作用を中心に検定した。

2. 試験結果および考察

整備圃場と未整備圃場における窒素施用の主要形質の分散分析結果を第20表に示した。場所(P)の主効果は全重、精もみ重、玄米重、穎花数、登熟歩合に有意差が認められる。交互作用は、各形質ともに場所と元肥窒素量(P×B)との間で有意差が認められることが多いのに対し、他の場所と作期(P×T)、分けつ期追肥量(P×A)、穂肥量(P×E)との有意差があることは稀である。

同一栽培条件、施肥量による場所(P)の要因効果を第20図に示したが、玄米収量でみると整備圃場は $56 \pm 3.62 \text{ Kg/a}$ 、未整備圃場で $49 \pm 3.62 \text{ Kg/a}$ となるので、収量水準は整備圃場が明らかに高くなっている。さらに玄米収量は場所×元肥窒素量(P×B)に交互作用が認められるので、整備圃場と未整備圃場では、ササニシキに対する元肥窒素量の反応が異なることを示している。この試験の元肥窒素量は3Kgと6Kg水準のため、最適水準を求めるには問題があるが、要因相互の関係から推定は可能であると思われる。第21図の場所(P)と各因子の二元表からも、玄米重の場所と元肥窒素量(P×B)の関係は未整備圃場の元肥窒素を3Kgから6Kgに増肥した場合に著しく減収した。整備圃場では、試験当年の不良気象条件でも、元肥窒素の増肥によって減収はなく、平年よりもややまさる傾向を示した。しかしこの成績はいずれも分けつ期追肥を組合せているため、分けつ期追肥量を元肥量の範囲に含めると、元肥

窒素3 Kg水準は約倍量に近い値となり、実際の窒素施用量は少肥水準5~7 Kg, 多肥水準では8 Kg~10 Kgになっている。

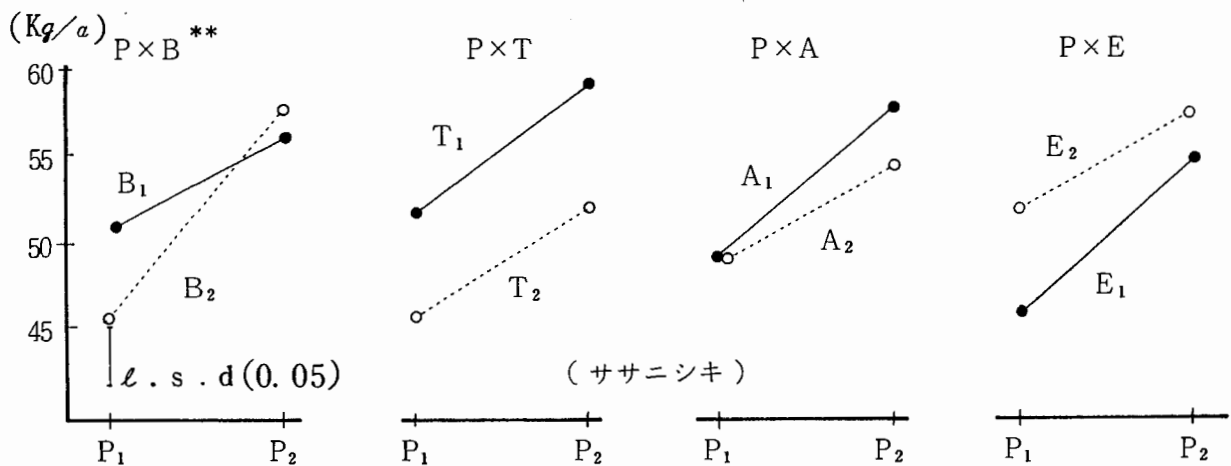
分けつ期追肥量の主効果に有意差は認められな

い。未整備圃場では分けつ期追肥量での収量差はなく整備圃場においても分けつ期追肥少肥水準でいく分効果が認められるにすぎない。

第20表 主要形質の分散分析(1973)

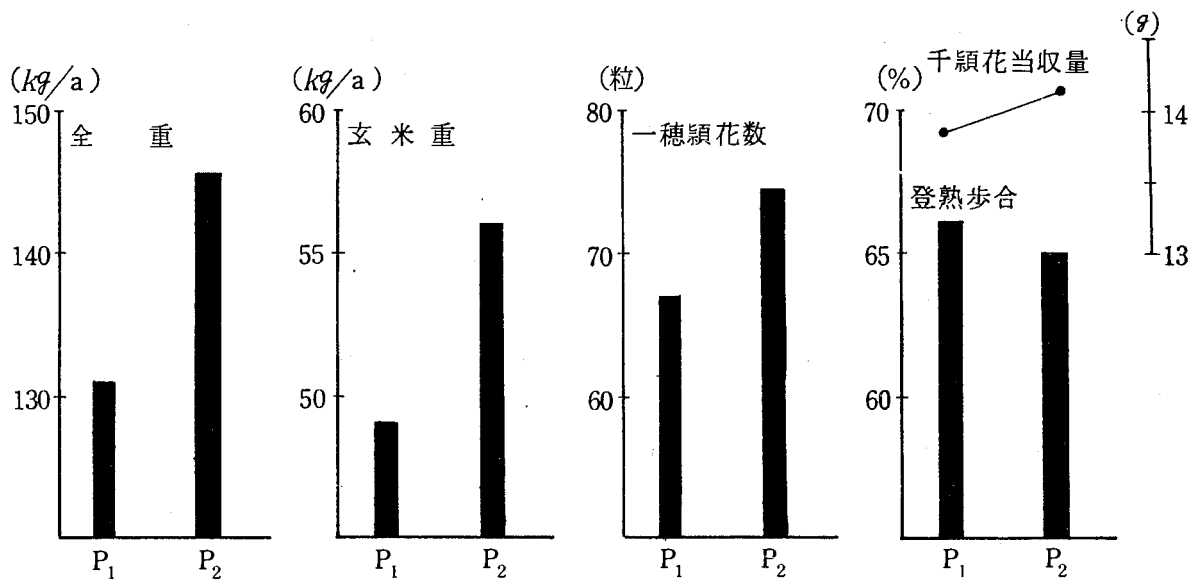
F値省略(**1%, *5%, +10%)

要因	自由度	m ² 当穂数 (本)	全重 (Kg)	玄米重 (Kg)	一穎花穂数 (粒)	登熟歩合 (%)	千穎花 当収量 (g)
P: 場所	1	1.4	131.0*	214**	179*	29.4*	0.3
T: 作期	1	<1	7.6	158*	17	192.5**	11.1*
B: 元肥	1	7.9 ⁺	1.5	25 ⁺	1	108.7**	11.1*
A: 分けつ期追肥	1	<1	26.0	6	188*	137.5**	9.5*
E: 穂肥	1	1.4	45.9 ⁺	56*	176*	63.6*	1.8
P × B	1	4.8 ⁺	121.0*	27*	7	45.9*	0.9
P × T	1	<1	1.4	2	3	<1	0.7
P × A	1	<1	<1	13	9	11.7*	2.2 ⁺
P × E	1	1.4	2.7	14	21	2.6	0.8
B × T	1	1.2	4.8	3	7	1.9	0.4
B × A	1	1.2	14.9	10	1	8.6 ⁺	0.03
B × E	1	<1	3.0	1	3	2.6	0.03
e: 誤差	3	1.1	10.8	5.2	9.4	2.4	0.66



P₁: 現地圃場(地下水高), P₂: 整備圃場(地下水低)

第20図 場所(P)を異にした場合の要因効果('73)



P₁: 現地圃場 (地下水高), P₂: 整備圃場 (地下水低)

第 21 図 場所 (P) 別の玄米重交互作用 ('73)

全般に未整備圃場では窒素増肥による生育経過は、最高分けつ期から穂首分化期にかけて生育停滞が見られ、乾物生産もともなわず有効茎歩合が低下し、一穂の穎花数も減少していることから、土壌条件の悪化による根の活力低下と地上部の同化機能の減退が懸念される。同一施肥量における整備圃場では、単位面積当たり穎花数を多くしても登熟歩合の低下はみられず収量はまさっている。これらの要因効果の解析から場所 (P) ごとの期待収量は次のように求められる。

- 未整備圃場 (P₁): 主効果 P・B・T・E と交互作用 P×B

$$P_1 B_1 T_1 E_2 = \text{総平均} + P_1 B_1 \text{の効果} + T_1 \text{の効果} + E_2 \text{の効果}$$

$$= 52.2 + (48.6 - 52.2) + 3.1 - 1.9$$

$$= 49.8$$

$$\text{誤差分散: } Se^2 = \frac{1 + 4 + 1}{16} \times 5.24 = 1.97$$

$$\text{信頼幅: } t(3:0.05) \times 1.97 = 3.18 \times 1.40 = 4.5$$

$$= 49.8 \pm 4.5 \text{ Kg/a} = 54.3 \sim 45.3 \text{ Kg/a}$$

- 整備圃場 (P₂): 主効果 P・B・T・E と交互作用 P×B

$$P_2 B_2 T_1 E_2 = \text{総平均} + P_2 B_2 \text{の効果} + T_1 \text{の効果} + E_2 \text{の効果}$$

$$= 52.2 + (55.8 - 52.2) + 3.1 - 1.9$$

$$= 57.0$$

$$\text{誤差分散: } Se^2 = \frac{1 + 4 + 1}{16} \times 5.24 = 1.97$$

$$\text{信頼幅: } t(3:0.05) 3.18 \times 1.97 = 4.5$$

$$= 57.0 \pm 4.5 = 61.5 \sim 52.5 \text{ Kg/a}$$

県南地方の稲作は、寡照条件と透水不良条件のため登熟が低下して収量向上をはばんでいる。このことは未整備圃場の期待収量水準からも容易に理解できよう。これらのことから一般農家圃場(地下水水位高、透水不良)における元肥窒素量は少肥水準が安全で、施用法は従来の元肥中心より生育段階に応じた分施がよいと考えられる。一方整備圃場でも栽培上の基本技術は未整備圃場とかわりないが、透水性が附与される結果として土壌養分の供給状態に差を生じ、未整備圃場よりも良好な生育経過となり、多肥条件下でも穂首分化期頃まで積極的に窒素の吸収、利用をはかるとともに、受光態勢を改善し、根の活力の増大と相俟って地上部の同化能が高まる。したがって後期の栄養を充実する施肥対応によって増収効果が期待される。

これらの結果からみて、透水不良地帯における広域的な基盤改善は、従来の水管理を改善するため、窒素施肥量を多水準とすることが可能であると同時に、期待収量(高収)に結びつける対応技術の組立てが容易になることを示唆している。

否判定を検討した結果、葉色値で6GY（色相）が一つの基準値になりうると推定した。葉色帳を使用する場合は、各生育段階とも一定葉位（ $n-2$ ， $n-3$ ）を採取し、判定する部位は葉位の中央部表面の葉脈間が判定し易い。またスターチテストを試み、葉鞘染色率による稲体窒素濃度の予測が可能であることもあわせてあきらかにした。これら簡易診断によると、葉色値6GY（色相）以下、葉鞘染色率50%以上で穂肥の効果がみられる。

8. ササニシキの窒素施肥法と安定多収に関して、地下水を制御した基盤整備圃場と稲作期間中地下水位が高い一般農家圃場において同一施肥法で比較検討した結果登熟、収量とも整備圃場がまさった。とくに未整備の農家圃場は元肥窒素3Kg

水準で $520 \pm 55 \text{ Kg}/10a$ の玄米収量に対し元肥窒素6Kg水準は $483 \pm 55 \text{ Kg}/10a$ にとどまり、元肥量少肥水準が安全で、施用法は従来の元肥重点より生育に応じた分施が良い。

このように基盤整備圃場と一般農家圃場の施肥反応および収量水準が異なるので、良質米の安定多収をめざすためには、県南地方の透水不良地帯では、広域的な基盤改善が望まれる。

9. ササニシキの施肥法を中心とした要因解析で得られた結果をもとに、ある時期の期待生育、収量を固定し、従来説明変数として扱ったものを目的変数として求める手法により、良質米の安定多収を確立し、予測結果に基づいた技術体系を県内の地域ごとに立てるべくさらに研究を進める必要がある。

文 献

- 1) 佐々木信夫，千葉満男，平野裕：透水不良水田の生産技術解明に関する研究（第1報），土肥講要17（1971）
- 2) ————，—————，—————：透水不良水田の生産技術解明に関する研究（第8報），土肥講要20（1974）
- 3) 千葉満男，平野裕，佐々木信夫：沖積水田における地下水位の高低と堆肥，生わら連用に関する研究，土肥講要20（1974）
- 4) 清原悦郎，千葉満男：岩手県南地方における産米改善，東北農業研究第15号（1974）
- 5) 佐々木信夫，千葉満男，平野裕，清原悦郎，高野文夫，小沢栄二，黒沢順平：水田利用の近代化に関する研究，岩手農試報，第19号（1975）
- 6) 高野文夫，米沢確，佐々木忠勝：寡照条件下における水稻生育相，農業気象東北支部第18号，（1973）
- 7) 高野文夫：岩手県における良質品種の栽培法をめぐって，日作紀東北支部，第17号（1974）
- 8) 佐々木信夫，清原悦郎，千葉満男，平野裕：沖積水田における透水性附与，東北農業研究第15号（1974）
- 9) 平野裕，岡島正昭：地下水位低下による水稻
- 生育相と土壤の物理性，日作紀東北支部，第15号（1972）
- 10) 小沢栄二：水稻の近代化，農業技術31，6，7号（1976）
- 11) 木根淵旨光：水稻稚苗栽培技術の確立ならびに機械化技術における実証的研究，東北農試報第38号（1969）
- 12) 松島省三：稲作の理論と技術，養賢堂（1959）
- 13) 松島省三：稲作の改善と技術，養賢堂（1973）
- 14) 島田晃雄，青森県における深層追肥，土壤肥料の研究，養賢堂P145～152（1970）
- 15) 青柳栄助：良質米の生産に関する土壤肥料学的研究，山形農試報，第13号，（1976）
- 16) 御子紫稗：水稻の施肥法に関する研究（その1）施肥配分による安定多収技術の解明，長野農試報，第36号（1971）
- 17) ————：窒素施肥による水稻の生育収量の制御に関する土壤肥料学的研究，長野農試報，第36号（1974）
- 18) 志賀一一：止葉期追肥の栄養生理的意義，土壤肥料の研究，養賢堂，P153～158（1970）
- 19) 山本健吾：夜温の高低と水稻の登熟について，東北大農研報，4（1952）
- 20) 村田吉男：稲作技術発展の論理と方向，1.日本稲作の特徴と課題，東北大学農研編，

- 農文協 (1966)
- 21) HANYU, J : Studis on the agsoch-
imatological method for expressing
the padday rice products , part I,
Bull Tohoku , Agy, Exp, sta, 34:27
36 (1966)
- 22) 村上利男外 : 寒冷地における水稲生育の気象
反応に関する定量的研究, 東北農試報,
45, (1973)
- 23) 高橋重郎 : 宮城県農業センター研究報告第45
号 (1974)
- 24) 奥野忠一, 広崎昭太, 塩見正衛外 : 農学実験
のための試験設計法, 農及園, 44, 6号, 47,
1号 (1969~1972)
- 25) 農林水産技術会議事務局 : 農林水産試験研究
のための統計的, 数学的方法, (1972)
- 26) 塩見正衛, 奥野忠一 : $2m \times 4m$ 計画の一部
実施の直交表へのわりつけ, 農技研報, A 18
(1971)
- 27) 奥野千恵子 : $2m$ 型直交表実験の解析, 農林
研究計算センター報告, A 1 (1967)
- 28) 玖村敦彦 : 水稲における葉身の窒素濃度が収
量構成要素におよぼす影響, 日作紀,
24 (1956 a b)
- 29) 津野幸人 : イネの科学, 多収技術の見方考え
方, 農文協 (1970)
- 30) 和田源七 : 水稲収量成立におよぼす窒素栄養
の影響, 農技研報, A 16, (1969)
- 31) 村山登 : 水稲の施肥と登熟に関する栄養生理,
農業技術, 24 - (5,6,7,8,) (1969)
- 32) 吉野喬 : 水田窒素肥沃度の研究における¹⁵N利
用, 土肥要旨, 20 (1974)
- 33) 和田源七, 庄子貞雄外 : 水田における窒素の
動態と水稲の窒素吸収について, 日作紀 40
(1, 2, 3,) (1971)
- 34) 小山雄生 : ¹⁵N 利用による水田土壌窒素肥沃度
測定の実際と生産力, 土肥誌 46,
7 (1975)
- 35) 戸刈義次編 : 「作物生産の光合成と物質生産」
養賢堂 (1971)
- 36) 村田吉男 : 作物の光合成と生態, 農文協
(1976)
- 37) 木内知美, 矢沢文雄 : 標準葉色帖, 財団法人
日本色彩研究所, (1972)
- 38) ———, ——— : 水稲の葉色帖について
土肥要旨, (1973)
- 39) 矢沢文雄 : 植物の葉色に関する研究 (1~3)
土肥要旨, 20, 21, 22, (1974~1976)
- 40) 水落勁美 : 色素分析法, クロロフィル, 栽培
植物分析測定法, 作物分析法委員会編, 養賢堂,
(1975)
- 41) 農林水産技術会議 : 「水稲の収量限界向上に
関する研究」 (1971)
- 42) 東北農試編 : 土壌肥料ブロック会議資料, 主
なる成果成績概要 (1970~1974)
- 43) 本谷耕一 : 稲作多収の基礎条件, 農文協
(1967)
- 44) 岩手農試県南分場 : 水稲の簡易な栄養診断
(普及参考事項) 未発表, (1975)
- 45) 川原崎裕司, 村山登 : 沃度澱粉反応による穂
肥の要否判定 (1~3) 土肥要旨 6 (1960),
7 (1961), 8 (1962)
- 46) 大島正男 : 水稲の穂肥要否の簡易判定法, 農
及園, 41 (1966)
- 47) 小野充, 山口邦夫, 本谷耕一 : 水稲生育の計
数化とコンピューター調節, 農業技術
30 - 7 (1974)
- 48) 広崎昭太 : 重回帰モデルによる水稲生育制御
の一方法, 農技研報, A 20 (1973)
- 49) 谷藤雄二外 : 水稲の生育および収量予測と制
禦に関する研究, 山形農試報, 10, (1976) .