

水稻の収量向上に関する実証的研究

第2報 稚苗栽培について

奥山隆治, 栃木喜八郎, 外山宏樹

I 緒言

稚苗栽培においては、aあたり50kg内外の収量段階までは比較的安定しているが、県内の成苗移植で示された70kg台の高位収量は困難視されている。一方、稚苗栽培の欠点として過剰分けつと過繁茂が倒伏とむすびつき、或いは受光態勢を乱して登熟歩合を低下させている。とくに穎花数の増加と登熟歩合向上の両者を結びつけることは困難とされている。

そこで第1報¹⁾において確立した成苗移植栽培の技術(循環灌がい方式の理論の上に本県独特の長期中干し方式を組合せた技術)を基に、一・二の想定される技術を組み入れ、追肥重点の施肥方式、中干しによる生育調節を中心とした水管理技術を稚苗栽培に導入すればこの問題は解決できるのではないかと考え、1969年から2ケ年にわたって実証試験を試みた。その結果、1・2の知見をえることができると共に、実証試験の目的を達することができたので報告する。

本研究の遂行にあたって、永島五郎前場長には懇切なるご指導と激励をたまわり、中山保場長補佐ならびに高野久作物部長には有益な助言と協力をいただいた。ここに深甚なる謝意を表す。

II 試験方法

目標収量は第1報¹⁾の結果および県内の多収穫事例などからaあたり70kgとした。収量構成要素は m^2 あたり穂数600本、平均1穂穎花数65粒、登熟歩合85%、玄米千粒重21.0gとし、穂数と登熟歩合の均衡に重点をおいて設計した。

試験田は農試水田で、1969年は宇都宮市今泉町の黒色土壌粘土火山腐植型の乾田、1970年は宇都宮市瓦谷町の灰褐色土壌、壤土マンガン型の乾田で耕深12~14cmとした。稚苗区の移植はK式人力一条用を用い、試験圃場は長さ40m、巾25m、面積が10aで、栽植密度は23.6株/ m^2 とし4月23日に19日苗を移植した。品種は日本晴(穂数型・中生種)を用いた。施肥量は1969年の結果にもとずき、1970年は追肥回数を少なくし、晩期追肥1回とした。1969年は窒素が元肥を全層と表層に分け、aあたり施肥量を全層0.6kg、植代施肥0.2kgとし、移植後10日に磷硝安加里(硫酸10、アンモニア6、磷酸10、加里14)0.2kg、減数分裂期にNK化成を窒素で0.2kg追肥した。磷酸はaあたり3.6kg、加里は2.4kgを主に元肥に施用した。1970年は元肥をaあたり窒素0.8kg、磷酸3.8kg(溶磷3.0kg)、加里1.5kgで、追肥は出穂期に窒素および加里をaあたりで0.2kg施用した。なお、両年次ともに完熟推肥をaあたり200kg、硅酸石灰10kg施用した。

水管理は1969年が6~7月の中干しが強すぎたので1970年は中干しをやや弱めに、間断灌水は灌水日数を長めることにした。この他は両年次ともほぼ大差ない管理を行なった。すなわち、移植後10~12日間は水深1~3cmとし、活着後は夕方灌水し夜間止水、5月下旬は有効茎数確保の2~3日前から6~12時間灌水し1~3日落水の間断灌水を開始し、生育に応じてこの範囲内で落水時間を長めることとし、6月は

水田を漏潤状態とし田面に軽い中程度の亀裂を入れた(1969年は落水時間が長く田面が中～強の亀裂であった)。7月上旬から下旬にかけて中干しを行ない1～2日おきの走水とし(1969年は2～3日おきに走水)、その後は間断灌水をくりかえした。出穂前後の10日間は1～2cm湛水し9月第1半月以降は落水した。

雑草防除はCNP+ひろい草の体系であり、葉剤散布はメイチュウ、ウンカ防除を3回、いもち病防除3回、紋枯病防除を3回行なった。

標準区はビニール畑苗の成苗苗(50日苗)を用い、5月6日に栽植密度が23.8株/㎡の1株4本に手植した。品種は稚苗区と同じく日本晴を用いた。1969年の施肥量は元肥に窒素0.8kg、リン酸および加里を1.0kg施用し、減数分裂期に窒素を0.2kg追肥した。1970年は元肥に窒素を1.1kg施用した他は同じで、両年次ともに推肥はaあたり75kg、珪酸石灰20kg施用した。水管理は6月下旬から間断灌水と中干しを行なった他は乳熟期まで2～4cm湛水した。その他の管理は稚苗区と同じようにした。

III 試験経過の概要

苗は草丈10～11cmでやや短かいが予定日に移植した。両年次ともに4月下旬から5月上旬は平年に比し高温がつづいたので、活着および初期生育は比較的順調で、分けつの開始は1969年移植後10日、1970年は同12日とかなり早かった。6～7月にかけては水管理による生育調節が行なわれ、生育中期から後期の草型は良好となり、台風の影響も少なく、倒伏および病虫害の被害も軽く経過することができたので登熟が高まり、1969年は目標収量に達することができなかったが一応の水準に達し、1970年は前年の栽培管理の改善により目標を上廻る好結果がえられ、試験の目的を達することができた。

IV 試験結果

2ヶ年の成績のうち、1970年は前年の結果にもとずき問題点を改善することができたので、主に1970年の成績を中心に述べる。

1. 生育調査

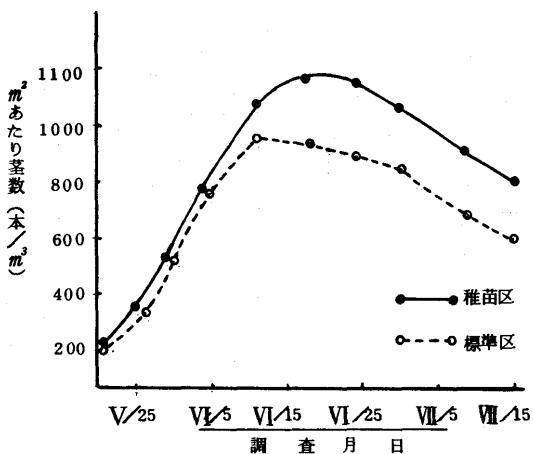
稚苗は乾物重歩合18%で、乾物重歩合は成苗と大差ないが、成苗に比し草丈は10～12cm短かく、茎が細く葉数は2.2葉で4～4.5葉少なく、稚苗は分けつ茎がなく分けつ数も劣った。地上部の乾物重は成苗の7～10%しかなく、したがって、苗丈率が小さく成苗に比し15～16%と極めて小さかった。

草丈の伸長は、5月中は苗による差がつづいたが、6月に入ってから稚苗区の生育が旺盛となり、その差が接近し、6月第6半月か7月第1半月には大差がなくなった。㎡あたり茎数の推移は第1図であるが、稚苗区は移植後10～12日から分けつが開始し、同20日頃から分けつがゆるやかに行なわれ同25～27日頃からは急速に茎数が増加する。とくに、移植後30日以降の茎数増加は標準区と同じ急カーブを画いた。

最高分けつ期は稚苗区が標準区より7～10日おくれの6月18～20日であったが最高茎数は12～21%多かった。穂数から逆算した有効茎数決定日は移植後35～37日で5月第6半月であった。これは標準区と比較すると、目標茎数600本/㎡に達するのは時期的に約8日早い移植後日数では逆に5日のおくれとなった。

稚苗区の葉色は有効茎が確保される頃は濃く、最高分けつ期をすぎると標準区に比しやや淡緑となり、7月上旬には淡緑となり、出穂期には標準区より濃くやや濃緑の程度となり、これが成熟期まで持続した。

稚苗区の出穂期は標準区より2日おくれの8月8日であり、成熟期は9月23日で7日おくれとなり、結実日数が5日長まった。病虫害の発生は全般に少なく、紋枯・縞葉枯病が軽微に発



第1図 茎数の増加曲線

生したにとどまり、倒伏は軽くなびく程度で標準区と大差なかった。

2. 根の調査

最高分けつ期から成熟期にかけて根の抜取り調査、出穂期には改良モノリス法で根系調査を行なった。標準区は幼穂形成期から乳熟期にかけて黒色根が5~10%発生したが、稚苗区は出穂期に黒色根が1~2%観察されたにとどまり稚苗区の根色がまざっていた。しかし、根の太さは稚苗区がやや細く、しかも表層に多く分布しており、根数は多いが根長はやや短いようであった。

3. 形態調査

出穂期調査におけるm²あたりの葉面積は標準区より7~10%大きく、1970年は葉面積指数が6.6であり、止葉およびそれ以外の各葉は一樣に葉面積が大きかった。止葉と止葉以外の各葉

との葉面積比は栽培型による影響が少なく、稚苗および標準区における止葉の葉面積は全葉面積の21~25%の範囲であった。

葉身長、葉巾、節間長について調査したのが第1表であるが、1969年と1970年の結果が異なっていた。1969年は葉身長が標準区より2~3cm短かく止葉長が33cm、止葉の下位葉であるn-1、n-2葉は41~45cmであった。葉巾は10~12mmであり標準区に比し3~10%狭く、節間長は1~4節間が標準区より0.5~4cm短かった。これに比し、1970年は稚苗区の葉身長が各葉ともに1~4cm長く、葉巾および節間長は標準区と大差なかった。

下葉の枯上りは稚苗区が全般に少なく、生葉数が多かった。1穂あたりの生葉数は稚苗区が0.4~0.8葉多く、m²あたりでは稚苗区が9~67%生葉が多く、標準区は乳熟から成熟期にかけて急速に枯死葉がでたのに比し、稚苗区はこの時期においても生葉数の減少は比較的少なかった。

第2表は各節間における稈の太さを示している。稚苗区は短径、長径ともに標準区より全般にやや細く、とくに下位節間である第3、4、5節間は7~12%細かった。

水稻群落内における日射量の透過状態について出穂期に測定したが、草丈60、80cmの部位は(田面からの高さ)標準区と大差ないが、過繁茂部位や株ぎわは明らかに稚苗区の透過率が大きく、草丈40cmでは標準区の透過率が27%に比し稚苗区が46~55%とまざっていた。1970年は

第1表 葉身長と節間長

項 目	葉身長 (cm)			節間長 (cm)					葉巾 (mm)			
	n	n-1	n-2	1	2	3	4	5	n	n-1	n-2	
1969年	稚苗区	33.1	41.8	45.7	35.8	18.5	12.6	7.3	2.2	12.0	10.7	9.8
	標準区	32.7	44.6	47.5	37.0	22.4	13.8	7.7	2.1	13.1	12.0	9.5
1970年	稚苗区	32.9	44.4	44.4	36.1	20.7	13.0	8.3	1.9	12.4	11.5	10.3
	標準区	30.7	39.6	43.7	36.1	20.4	12.8	8.4	2.4	12.8	11.8	10.6

注) 節間長1は穂首節間である。

第2表 稈の直径 (1970)

項目		節間 (m.m)				
		1	2	3	4	5
稚苗区	短径	1.5	2.6	2.8	2.9	3.3
	長径	1.7	2.9	3.1	3.4	3.8
標準区	短径	1.6	2.7	3.0	3.3	3.7
	長径	1.7	3.0	3.4	3.7	4.1

葉身長がやや長く節間長が標準区と大差ないので日射の透過率が大きいのは稚苗区の葉が直立的に密集しており、草型が良好であったことを示している。

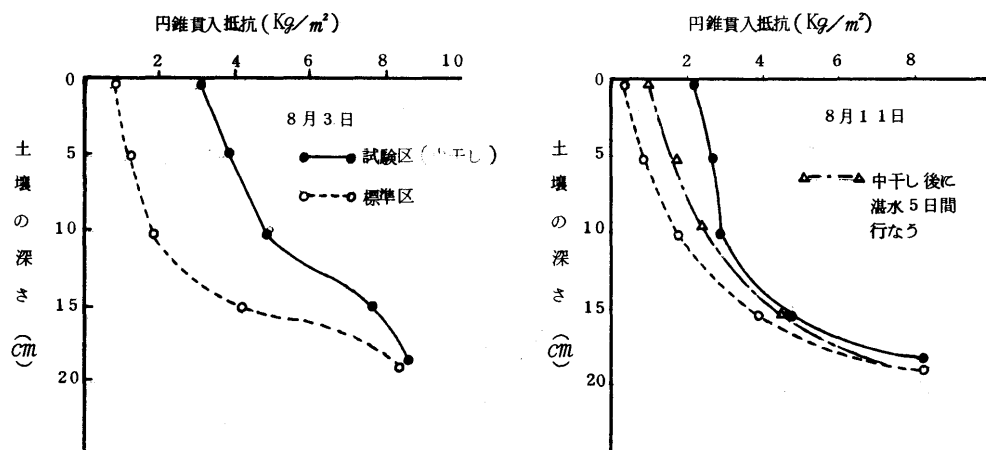
4. 土壌硬度の変化

水管理にともなう土壌硬度の変化を円錐貫入抵抗で測定した。第2図のように8月3日の調査では稚苗区(足あとがつかない、P F1.4~17)が標準区(足あとが1~3cmつく) 比べ明らかに硬度が大で、稚苗区の水田表面が標準区の作土深12~15cmとほぼ同じ硬さで貫入抵抗が2.5~3.3kg/m²であった。中干し後に再湛水すると硬度は低下するか標準区と同じ硬さまで軟くならず、いぜんとして硬度は大きかった。P F (表省略)は中干し後4日で1.5, 6日で

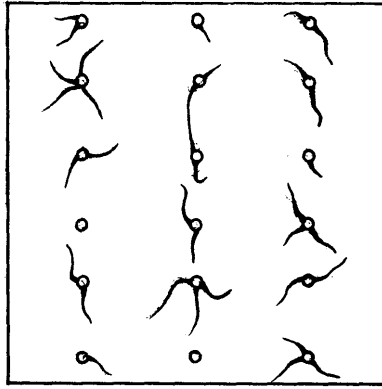
1.7に上昇し、10~12日後には2.0となった。また7月中下旬における稚苗区のP Fは1.3~1.8の範囲でかなり高かった。

5. 中干しによる田面の亀裂

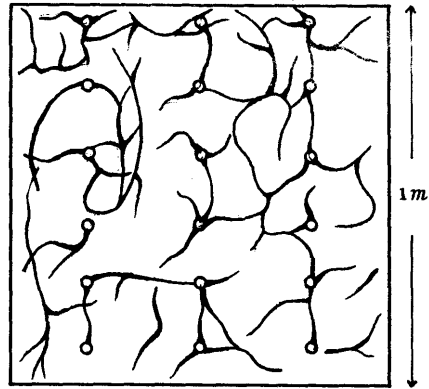
6月上旬に湿潤状態の後に落水を行なうと1~2日で田面に亀裂が生じ始め、3日後には中程度の状態となり、5~6日後にはかなり強度の中干しとなった。亀裂の発生する状態は始めが畦間の低めの個所から畦方向に亀裂が生じ、中程度の場合は稲株を中心に放射線状に亀裂が生じ亀裂巾が最大値では約1cm位となり、亀裂深が6~7cmとなり、作土深の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ の深さに達した。さらに強度になると亀裂の長さ、巾、深さが増大し畦間の亀裂と株元からの放射線状の亀裂がつながり、株と株が亀裂で連続した。このさい、稲株に密着していた土壌に変化がみ



第2図 水管理による土壌貫入抵抗の変化



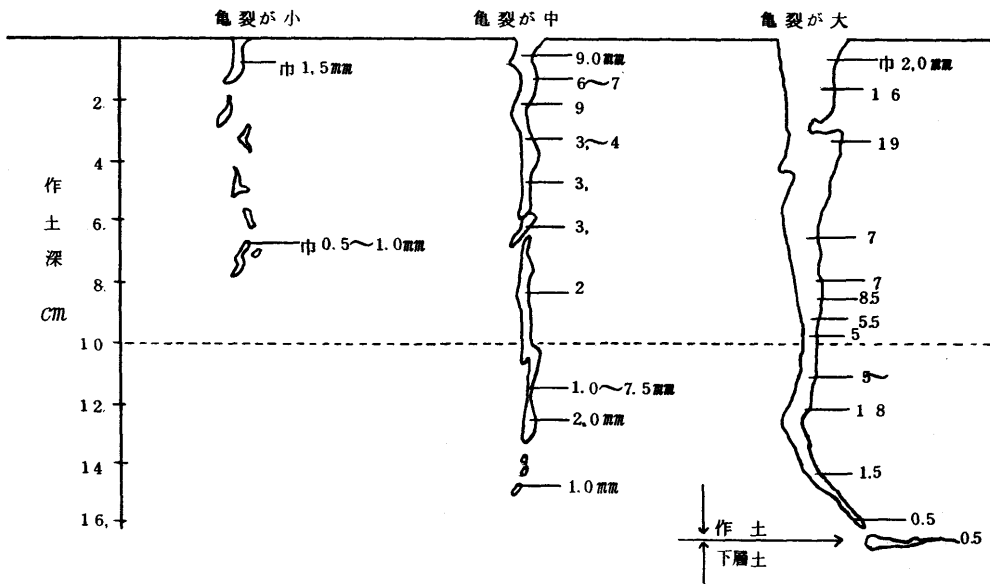
中干しが弱(亀裂小)



中干しが強(亀裂大)

(注) ○印は稲株 ~印は亀裂

第3図 中干しによる亀裂の状態(俯瞰図)



第4図 水管理にともなう亀裂の断面図

られ、稲株と表層2—4 cmの土壤の間に2—5 mmの空隙が生じた。

第3図の右図は7月下旬の強度の中干しについて図示したものである。株と株が亀裂で連続しており、株間の亀裂が結合した個所は三又以上となっていた。m²あたり亀裂の長さの総和は

11.77 mとなり株あたりでは約60cmの長さとなった。稲株を中心に発生する亀裂数は3—5本であり、亀裂巾の最大値は15—20mmであった。

亀裂に石膏をながし入れ採掘し観察したのが第4図である。亀裂巾が10—15mm以上の場合

亀裂深が下層土面まで達しており、亀裂が三つ以上の結合で亀裂巾が15mm以上の個所は亀裂深が下層土面（16cm）まで達し、さらに水平に亀裂が延長（4～6cm）していた。しかし、下層土には耕土と同じような縦の亀裂はなかった。亀裂により根が切断されるか否かについて観察したが、根のほとんどは切断されないようで穂揃期に根系調査したが同じことが確認された。

亀裂が生ずると減水深が極めて大となり、普通は50～60mm/日の減水深であるが、亀裂が生じた7～8月の減水深は115～210mm/日で、測定位置によって差があるが、直播田の減水深と大差ないものになった。

6. 収量構成要素と収量

(a) 1969年の結果

成熟期における稈長は稚苗区が標準区より5cm短く、穂長は1cm短く、 m^2 あたり穂数は518本で標準区より4%多かった。有効茎歩合は43%で標準区と大差ないが絶対値としては極めて低かった（表省略）。1穂穎花数は標準区より20%少なく、枝梗調査によれば第1次枝梗数は穂首節からの発生割合が少ない以外は大差なく、主に第2次枝梗数の減少により1穂穎花数が少なくなった（表省略）。総穎花数は1穂穎花数

と穂数が少なかったので目標の27%減となり m^2 あたり穎花数が28,600粒にとどまったので登熟歩合が93.1%と極めて高く玄米千粒重も目標の21.0%に達したが、収量は標準区より多収であったがaあたり62.1kgにとどまった。

(b) 1970年の結果

成熟期における生育は、標準区に比較して稈長は大差なく85cmであり、穂長も大差ないが m^2 あたり穂数は21%多い。しかし、有効茎歩合は1969年よりやや高まり標準区と同じとなったが46%と低い値を示した。1穂穎花数は標準区より6%多く、目標より9%多いが m^2 あたり穂数は536本で目標より12%少ないので総穎花数は目標の39,000粒にやや少ない38,000粒となった。しかし、登熟歩合は91%と著しく高く、目標より6%高まったので登熟穎花数は34,800粒となり、目標を上廻る結果となり、しかも玄米千粒重は20.9gで標準区と同じとなり、収量は第3および4表のようにわら重、精糲重ともに稚苗区が高く、aあたり玄米重量が五斜線刈りで72.97kg、全刈りで72.47kgとなり、目標収量を上廻った。収量指数は標準区に比し132%であり、目標収量に比しては104%であった。

第3表 五斜線法刈取による収量構成要素と収量

項 目		m^2 あたり	一穂平均	m^2 あたり	m^2 あたり	登 熟	精 糲	aあたり	同左標
		穂 数	穎 花 数	総穎花数	登熟穎花数	歩 合	千粒重	玄米重量	準比率
		本	粒	粒	粒	%	g	kg	%
1969年	稚苗区	518	58.8	30,400	28,588	93.8	27.0	62.06	103
	標準区	500	70.7	36,000	28,860	80.0	25.7	60.03	100
1970年	稚苗区	536	71.1	38,090	34,834	91.4	28.5	72.97	133
	標準区	442	67.0	29,614	26,208	88.5	28.2	55.04	100

第4表 全刈による収量（1970）

項 目	aあたり	aあたり	玄 米	品 質	登 熟
	わら重量	玄米重量	千粒重		
	kg	kg	g		%
稚 苗 区	106.53	72.47	20.9	中	91.1
標 準 区	72.90	55.07	20.9	上 下	89.0

7. 乾物重調査

乾物重の推移について分けつ期から成熟期まで調査した結果が第5表である。稚苗区の乾物重は標準区に比して幼穂形成期は軽いが、減数分裂期から成熟期にかけては全般に重く、とくに乳熟期以降はその傾向が大きくあらわれ、乳熟期には21%、成熟期には37%重かった。

V 考 察

高い段階の収量向上は穎花数と登熟歩合をいかに均衡をもたせるかにあるが、第1報¹⁾では m^2 あたり穎花数を40,000粒とし登熟歩合を79%に維持することでaあたり玄米重量が75.9kgという高収量をあげることができた。これは循環灌がい方式²⁾の上に長期中干しを中心とした水管理と施肥技術を組み入れることで、初期生育を旺盛にしその後の生育を抑制して草型をよくし、穎花数40,000粒といえば普通栽培では過繁茂的な生育型とみられる条件下で穎花数と登熟歩合の均衡を維持することができたからである。

一方、稚苗栽培は2—2.5葉の胚乳養分に依存する土付き苗を移植するために慣行栽培とは相異点はいくつかある。稚苗栽培は下位節位から分けつするので分けつは旺盛で穂数は多いが過剰分けつになりやすく穂数に依存する収量構成要素となる、出穂・成熟期は同じ移植では5—7日おくれとなる。また、過剰分けつは草型を乱し登熟をも低下させるなどの特徴がある。一般的には m^2 あたり穎花数30,000粒前後では登

熟歩合が安定しているが、 m^2 あたり穎花数が35,000粒以上に増加する場合には穎花数の増加が登熟と均衡を保たせることができず、草型が乱れ倒伏し減収するのが実情である。したがって、稚苗栽培の長所である穂数増加をいかにして登熟歩合向上と均衡させるかが重要課題であり、これらについての報告は少なく実用的な面から収量向上の実証を試みた報告はみあたらない。本試験では第1報¹⁾の結果にもとずき草型をよくすることが登熟を高めやすいと考え、水管理で生育を調節し受光態勢のすぐれた草型をつくろうとした。

また、穎花数を確保する場合に穂数と着粒数のいずれかに重点をおくかは慣行栽培では論議のあるところだが、稚苗栽培においては生態の特徴から穂数に中心をおくことにした。穂数増加は初期生育を旺盛にし有効茎数を速やかに確保することが大切であり、松島ら³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾は有効茎数の確保は移植後25日前後に目標茎数に達すべきであると述べているが、稚苗栽培においてこれらの点について述べた報告はない。さらに本試験ではこれらの目的に健苗育成と水温上昇に重点をおき、基本的な水管理である夕方灌水—夜間止水—日中浅水方式を行なった。両年次ともに目標茎数に達したのは移植後35—37日であった。第1報¹⁾では移植後24日で目標茎数に達し、これに比べると11—13日おくれることになるが循環灌がい方式²⁾では30—35日要しており、稚苗栽培の移植が4月第5半旬の早期であり分けつ期間の水温が低いことを考慮すれ

第5表 乾物重調査(1970)

(g/ m^2)

項 目	幼穂形成期			穂 朶 期			成 熟 期			
	稈	葉	計	稈	葉	計	稈	葉	穂	計
稚 苗 区	345	248	593	458	283	741	525	175	948	1,647
標 準 区	375	242	617	398	211	609	381	107	716	1,204

ば、標準区に比しやや長い日数を必要とし移植後35~40日であったのは妥当なものであると考えられた。初期の分けつ促進のため1969年は活着後に追肥したが、効果の程度は小さく不可決な施肥技術ではなかった。したがって、稚苗栽培における初期生育の促進は一つの対策では大きな効果をあげえる技術はなく、その中でも健苗育成と水地温の上昇が重要であると考えられた。

登熟歩合については和田ら⁸⁾ 炭水化物生産量のほぼ等しい場合には登熟歩合が80~85%で最高収量をあげる場合が多いと報告しているが、本県のような登熟期間が日照条件となりやすいところでは第1報¹⁾で示したように多収穫栽培ではいちじるしく不利である。本試験の結果では出穂がおくれ、さらに分けつが多く草型が乱れやすい、茎が細く下位節は標準区に比し茎が7~14%細くなっている、などで登熟の面では稚苗栽培が劣っているといえる。登熟を高めるために第1報¹⁾では止葉分化期から幼穂形或期に窒素の供給制限を行ない草型をよくした上で実肥を行なうことであるとしたが、この試験においてもこの期間の生育調節を間断灌水および中干しによる水管理で受光態勢のよいイネをつくることのできた。本試験では、1969年は長期の中干しを実施したので草型は良好となったが、幼穂形成期頃の体内窒素濃度が低くなり葉面積指数は5.3で、 m^2 あたり穎花数が30,500粒にとどまる結果となった。1970年はこれにもとずき草型をよくするには最高茎数をおさえて有効茎歩合を高めることが一方法であると考え、目標茎数に達する2~3日前からゆるやかな間断灌水を行ない、茎数の増加を抑制し最高茎数を減ずることとした。このことが目標茎数の確保が1~3日おくれでも有利であると判断した。その結果、有効茎歩合は低かったが、標準区と大差ない程度に高まり、間断灌水を早めに実施し

たので穂数がいちじるしく減少するような極端な中干しを長期にわたって行なう必要がなかった。葉身長がやや長まり葉面積が大きく、形態調査では1969年のようなすぐれた草型ではなかったが、群落内における日射量から判断すれば生育調節がなされ葉身が直立しており受光態勢がすぐれていたといえる。したがって、稚苗栽培においては慣行栽培よりやや早めに間断灌水を行なうことが大切である。本試験では m^2 あたり穎花数が38,000粒と多かったのかかわらず出穂期に効果的に追肥したので登熟歩合を91%と高めることができた。「これは日照時間が平年並であったのにもかかわらず倒伏は軽微で1969年よりも登熟が高く、穎花数と登熟歩合が適切に均衡が保たれていたことを実証しえた。

VI 摘 要

1. 本試験は第1報で報告した成苗による多収穫技術に想定される技術水準(aあたり収量70kg, m^2 あたり穎花数39,000粒, 登熟歩合85%を設定し、水管理と施肥法を組み入れて場内で1969-1970年にわたって稚苗栽培における収量向上の実証を試みた。

2. 早めの間断灌水と中干しによって稲は、有効茎数が確保され、葉面積が多く、生葉数多く、葉身は直立し受光態勢のよい草姿となり、根の機能がまさる草型に調節された。

3. また強度の中干しにより亀裂は作土深で12-15cm以下に達し、さらに水平に広がることが認められた。さらに亀裂は巾15-20mmと増大しても根が切断されないことが確認された。

3. 玄米の収量は穎花数の増加と高い登熟歩合の均衡によってaあたり72.97kgと標準区より33%も増収し、目標を上廻り、想定した技術水準が適切であったことを実証しえた。

Ⅶ 引用文献

1. 奥山隆治・栃木喜八郎・外山宏樹 (1969)
栃木農試研究報告 13, 1—7
2. 鈴木英男・阿部秀男・奥山隆治・栃木喜
八郎 (1967) 栃木農試研究報告 10, 1—7
3. 松島省三 (1966) 農業及園芸 41 (2)
4. ——— (1966) 農業及園芸 41 (3)
5. ——— (1966) 農業及園芸 41 (4)
6. ——— (1966) 農業及園芸 41 (5)
7. ——— (1966) 農業及園芸 41 (6)
8. 和田源七・松島省三 (1969) 日本作物学
会記事 38 (2), 294—297