

水稻稚苗育苗の施肥法について

三宅 信・小川昭夫・大村裕顕

I 緒 言

近年田植機が急速に実用化され、1970年における本県内の田植機台数は約4,300台、その利用は水稻作付面積の10%にあたる10,400haにおよんでいる。今後さらに稲作の省力化の面から田植機利用が増加の傾向にある。

現在用いられているものの多くは稚苗用田植機で、育苗の安定化が望まれているため、著者らは1967～1970年にわたって活着の良い苗の育苗法について試験し、その成果をえたので報告する。

試験の実施にあたりご指導いただいた崔見晏伺前土壌肥料部長（現肥飼料検査所長）および土山豊土壌肥料部長に厚く謝意を表する。

II 試験方法

1 試験方法

(1) 育苗試験

対照区の施肥量は1箱（幅30cm、長さ60cm、

高さ3cm）あたり窒素、リン酸、加里をそれぞれ1gあて硫酸、過石、硫酸で施用した。これに対し無肥料区、各要素の欠除区または2、3倍量区を設けた。黒ボク水田作土（埴壤土）を用い、乾燥糶で200gあて催芽して播種した。一般の方法に準じて土つめ、播種、灌水、覆土後育苗器内で30～32℃に加温し、2日間おいて出芽させた後、昼間20～30℃夜温15℃に4日間管理して緑化し、その後はビニールトンネル内で硬化を行なった。育苗終了後生育調査および分析を行なった。

(2) 活着判定試験

表面積100cm²、深さ10cmの樹脂製ポットに黒ボク水田作土をつめ、窒素、リン酸、加里各50mgあて施肥して、1株5本あて4株計20本を移植した。網室において管理し、2週間後に抜取り、生育調査ならびに分析を行なった。

2 結果および考察

(1) 育苗試験

第 1 表 苗の生育および養分含量（乾物中）

区 名	葉 数	草 丈 cm	茎葉重 mg/本	根 重 mg/本	根 重 mg/本	茎 葉 中 %			同 吸 収 量 mg/本		
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	KO
無 肥 料	1.5	5.2	6.8	5.0	9.7	2.43	1.19	1.12	0.17	0.08	0.08
無 窒 素	1.8	8.0	8.1	3.9	8.7	2.66	1.22	2.28	0.22	0.10	0.18
無 磷 酸	2.1	10.8	8.9	3.3	8.2	3.81	1.18	2.50	0.34	0.11	0.22
無 加 里	2.0	9.8	9.4	3.2	6.7	4.07	1.53	1.56	0.38	0.14	0.15
対 照	2.1	10.2	9.3	5.1	6.4	3.83	1.38	2.56	0.36	0.14	0.24
窒 素 倍 量	2.2	12.9	11.0	6.0	6.1	4.61	1.38	2.63	0.51	0.15	0.29
磷 酸 3 倍 量	2.0	10.7	10.6	4.5	6.1	3.56	1.63	2.56	0.38	0.17	0.27
加 里 倍 量	2.0	10.5	9.9	4.5	6.1	4.10	1.44	3.50	0.41	0.14	0.35
窒 素, 加里倍量 磷 酸 3 倍 量	2.2	12.7	11.7	4.8	5.8	4.38	1.68	3.35	0.51	0.20	0.39

第2表 移植後の生育および養分含量(乾物中%, mg/本)

区名	葉数	草丈 cm	根長 cm	茎葉重 mg/本	根量 mg/本	茎葉中%			同吸収量			茎葉重 増加割合
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
無肥料	4.2	19.7	8.1	13.0	3.0	3.88	1.08	3.65	0.51	0.48	0.48	1.9
無窒素	4.2	20.5	9.0	18.9	4.3	4.31	0.93	4.02	0.93	0.20	0.87	2.3
無磷酸	4.3	21.7	9.4	21.6	4.5	3.97	0.83	3.65	0.86	0.18	0.79	2.4
無加里	4.2	18.3	7.8	15.5	4.1	4.30	0.90	3.28	0.67	0.14	0.51	1.7
対照	4.2	22.7	10.5	28.6	6.6	4.26	0.93	3.80	1.22	0.26	1.09	3.1
窒素倍量	4.3	28.0	11.2	35.0	8.0	3.80	0.72	3.98	1.34	0.25	1.39	3.2
磷酸3倍量	4.5	24.9	10.4	37.9	8.0	3.46	0.80	3.77	1.31	0.30	1.43	3.6
加里倍量	4.2	23.3	9.6	27.4	6.2	4.28	0.87	4.22	1.17	0.24	1.16	2.8
窒素加里倍量	4.4	25.1	10.0	37.0	7.8	3.85	0.90	3.70	1.42	0.33	1.37	3.2

(註) 茎葉重増加割合: 移植後の茎葉重/移植時苗の茎葉重

窒素の施用は草丈の伸長と茎葉重の増加を促進し、磷酸施用は茎葉重を増加させるが、草丈の伸長には影響しなかった。加里の施用は草丈および茎葉重ともに影響をあたえなかった。

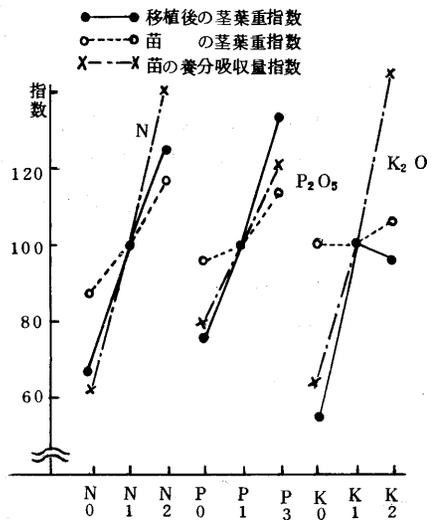
茎葉中の養分含有率および吸収量に対して各処理が顕著に影響した。窒素欠除は窒素およびその他の養分の吸収も抑制し、苗の生育の制限因子となったが、磷酸、加里ではこの傾向は明らかでない。(第1表)

(2) 活着判定試験

移植後の茎葉重 a と、移植時苗の茎葉重 b との相関は密で、 a/b は生育の小さいものから大きいものへ1.9から3.6の範囲に分布する。つまり苗の茎葉重の重いものほど移植後の茎葉重の増加速度が早いことになる。

移植後の茎葉重は苗の処理要素の吸収量と、それに相関は密となることから、苗の養分吸収量を増加させることが良苗の条件となる。ただし茎葉重指数では無加里区が例外となり、苗の処理要素(加里)の吸収量指数では加里倍量区が例外となった。(第1図)

木根測による稚苗の窒素と磷酸施肥の重要性についての報告があるが、本試験においても苗の生育および移植後の生育から、窒素と磷酸の



第1図 苗質と移植後の茎葉重の比較

吸収量を増加させる必要のあることが明らかである。すなわち窒素は苗の生育を促進し、移植後の活着と生育を促進する。苗の窒素含有率は無窒素区の2.32%では明らかに少なく、窒素倍量区の4.61%は移植後の茎葉重指数がこれにもなわなかったことから3~4%であることが適範囲と考える。

磷酸は苗の生育に影響するばかりでなく、移植後の活着と生育を促進する。これは施肥した

第3表 種籾および苗の養分含量 (mg/粒, 本)

部 位	種 籾			無 肥 料 苗			施 肥 (対 照) 苗		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
茎 葉				0.17	0.08	0.08	0.36	0.14	0.24
根				0.05	0.03	0.01	0.07	0.05	0.03
籾	0.26	0.16	0.07	0.09	0.06	0.01	0.04	0.02	0.01
計	0.26	0.16	0.07	0.31	0.17	0.10	0.47	0.21	0.28

(註) 第1表の無肥料区と対照区の苗について調査した。

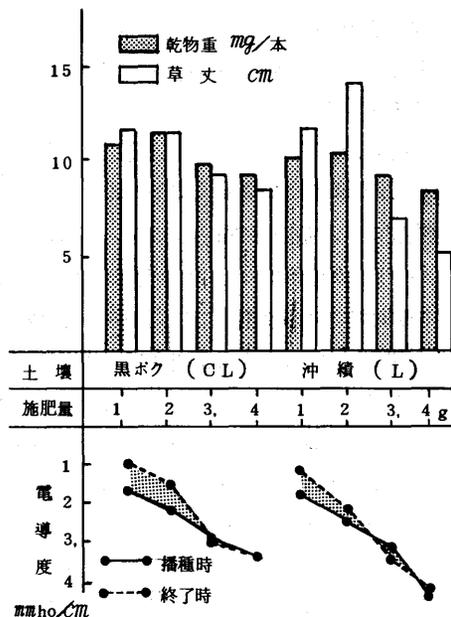
磷酸が育苗期間中に苗に吸収されるばかりでなく床土中に残存し、本田移植後活着するまで継続的に吸収されるためであろう。磷酸含有率は多いほうがよいが、施肥の影響ばかりでなく育苗温度の影響を強くうけるため、育苗条件によって磷酸含量は異なる。本試験の結果から1.5%以上を目標にする必要がある。

種子中の加里含量は少なく、2葉期の籾中にはほとんど残存しない。(第3表)しかし他の養分が施肥されて生育が進むと、土壌中の加里が吸収されるため、無加里区の生育は根重が少ないほかは茎葉重は対照区と変わらないが、移植後の生育は著しく劣る。加里が低レベルの場合は移植後の茎葉重指数は加里含量と比例し、苗の茎葉重指数とは一致しない。一方加里倍量区の苗の加里含量は明らかに増加するが、移植後の生育は対照区と変わらない。この段階では移植後の茎葉重指数は苗の茎葉重指数に近く、加里含量とは一致しない。つまり加里はぜいたく吸収されたものとする。このことから苗の加里含有率は2~3%であることが必要とみることが出来る。

III 施肥量と苗の生育

前記の試験により初期生育を促進するには苗の養分含量を高める必要があり、また一方で肥料濃度障害が発生しているため、施肥量と苗の生育の関係を検討した。

1 試験方法



第2図 施肥量と苗の生育および床土の電導度との関係

前記の育苗箱に三要素の施肥量を各1g, 2g, 3g, 4gとなるように硫酸, 過石, 硫酸を用いて床土と混合施用した。土壌は黒ボク水田作土(埴壤土)と沖積水田作土(壤土)を用いた。その他の管理はII-(1)試験に準じた。床土の電気伝導度(以下ECと略)は1:5浸出法と飽和浸出液をPF4までの水分を遠心法で採取する方法とによって測定した。

2 結果および考察

稚苗の育苗は播種時および生育中に十分に灌水するため、比較的濃度障害があらわれにくい。

しかし基肥量が増すと出芽勢が低下し、生育特に根の発達が悪くなった。

黒ボク土壌では3 g以上施肥すると出芽勢が低下し、草丈の伸長が悪く、茎葉重と根量が低下した。1 g施肥は1.5葉期までの生育は最もよいが、その後の葉色淡く生育が停滞した。2 g施肥は生育順調で最もよい苗がえられた。このことを床土のECと対比させると、播種時のECは2 m mho/cm以下がよく3 m mho/cmでは出芽勢が低下する。生育中は1.5 m mho/cm以下がよく2 m mho/cmでは生育が抑制されるとみられる。

沖積土壌では出芽勢は2 g施肥で低下し、3 g以上の施肥では著しく低下した。生育は1 g施肥で1.2葉期まで最もよいが、その後の葉色淡く生育が停滞した。2 g施肥は初期生育がやや抑制されたが後期まで生育が進み、特に草丈が伸長した。3 g以上の施肥では生育著しく劣り根量も少なかった。ECと対比させると播種時は1.5 m mho/cm以下がよく、2 m mho/cmでは出芽勢が低下する。生育中は1 m mho/cm以下がよいようである。

²⁾ 米田らは塩害地の土壌溶液のEC（飽和浸出液）と水稻収量との間に相関があり、収量の高い水田のECは8 m mho/cm以下であったが、

低収田ではほとんどが4 m mho/cm以上で8 m mho/cm以上が半分以上を占めると報告している。

³⁾ RUSSELL は米国の地域塩害研究所の研究結果を引用して、土壌に水を加えて粘着性をしめす程度にしたものから、吸引により分離した溶液のECが4 m mho/cm以下なら塩害をうけるような作物は一般に見当たらないが、8 m mho/cm以上であれば耐塩性の作物のみが生育し、一般作物は生育を続けたとしても多分減収するであろうという。ここでいう水分状態はほぼ飽和浸出液に相当するであろう。

本試験において1:5浸出液と飽和浸出液のECを比較すると、両土壌とも発芽時の限界濃度である2 m mho/cmおよび1.5 m mho/cmは飽和浸出液では7 m mho/cmに、生育時のそれは5.5 m mho/cmに相当していることから、上記の報告と同様な結果となっている。

濃度障害は発芽および生育初期に最も強く影響を受けやすいが、稚苗の育苗にあっては吸水させた催芽籾を十分灌水した状態で短時間のうちに発芽させるために、比較的高い濃度においても出芽勢が低下しないものであろう。またその後も十分な給水と通気が繰り返される土壌環境に生育するためであろう。

第4表 施肥法および肥料の種類と苗の生育(乾物中)

基 肥	追 肥	草 丈 cm	茎葉重 mg/本	根 量	茎 葉 中 %			同 吸 収 量 mg/本		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無 肥 料	無 追 肥	8.1	7.7	中	3.52	1.52	1.27	0.27	0.11	0.10
	発芽前期 NPK追肥	11.3	9.6	多	4.11	1.92	2.89	0.39	0.17	0.28
硫安・過石・硫加	無 追 肥	13.8	13.3	多	3.78	1.35	2.43	0.50	0.18	0.32
	発芽前期 NK追肥	15.7	13.5	多	4.16	1.29	2.90	0.56	0.17	0.39
	2 葉 期 NK追肥	14.1	13.9	多	3.90	1.30	3.01	0.54	0.18	0.42
	2 葉 期 NPK追肥	13.6	12.9	多	4.07	1.83	3.02	0.53	0.24	0.39
硝安・過石・硫加	発芽前期 NK追肥	12.9	11.7	多	4.04	1.45	2.86	0.48	0.17	0.33
硫安・磷加 標肥 増肥	無 追 肥	14.2	14.3	多	3.69	1.47	2.30	0.53	0.22	0.33
	無 追 肥	15.5	14.8	中	4.26	1.74	3.29	0.63	0.28	0.41

第5表 コーティング肥料の施用効果(乾物中)

肥料の種類・量	草丈 cm	茎葉重 mg/本	根量	茎葉中%			同吸収量mg/本			移植後 の茎葉重
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
単肥標肥	13.8	13.9	多	2.96	1.38	2.47	0.41	0.19	0.34	29.1
コーティング肥料 3倍量	16.3	16.0	中	3.65	1.57	3.92	0.58	0.25	0.63	34.5

藤沼⁴⁾は高濃度塩類によって作物が生育障害をおこす機構を3種類にわけ、多くの場合土壤溶液の浸透圧増加が障害の一次的な原因となっているとしている。本試験においても発芽から生育の初期にかけ発生し、飽和浸出液のECが濃度障害をおこしうる値に達していること、および後述の硫酸と磷酸1加里を使用してECを低下させると、増肥しても障害がでないことから、塩の種類より土壤溶液の浸透圧の増加が原因であると考えられる。

IV 施肥法および肥料の種類

基肥を増施すると障害がみられるので、追肥によって体内養分含量を高められないか。あるいは肥料の形態を変えることによって濃度障害を回避できないかを検討した。

1 試験方法

(1) 肥料の種類と追肥の試験

標肥区の基肥量は窒素、磷酸、加里を1.5, 1.5, 2.0g(硫酸, 磷酸加区の磷酸のみ3.0), 三要素増区は2.5, 4.5, 3.0gとし、追肥量は窒素と加里は1.0, 磷酸は1.5g, ただし基肥無肥料出芽前期追肥区のみ追肥量を1.5, 1.5, 2.0gとした。追肥の肥料の種類は三要素追肥区は尿素と磷酸1加里を、硝安区は硝安と硫酸を、その他の区は硫酸, 過石, 硫酸加を使用した。黒ボク水田作土を用い、種籾160gを催芽して播種した。その他の管理はII-(1)試験に準じた。

(2) コーティング肥料の試験

単肥区は窒素, 磷酸, 加里を各1.5gあて硫酸, 過石, 硫酸加で施用した。コーティング肥料

区は合成樹脂によるコーティング肥料の大粒(平均直径5.9mm)と小粒(平均直径3.6mm)製品を用い、大粒区の施肥量は単肥区の9倍量, 小粒区は3倍量とした。粒径が大きいため施肥ムラしないように最初に肥料を施用し、その後土づめおよび播種作業を行なった。

2 結果および考察

(1) 肥料の種類と追肥の試験

基肥無肥料区は出芽が遅れ、出芽前期に三要素を追肥しても生育の遅れをとりもどせなかった。これは、追肥によって基肥全量を代替することは不可能であることを示している。

基肥を施用して出芽期に追肥をすると、生育は促進し窒素濃度も高まるが、灌水が多い場合または気温が高いと草丈が伸長し、徒長しやすかった。2葉期追肥は生育は促進されませんが窒素濃度が高まり、とくに三要素追肥区の磷酸濃度が高まった。このことは育苗期間中に追肥により生育の調節が可能であることを示すものである。

硝安区は葉色淡く生育が停滞してムラでし⁵⁾た。山崎らにより成苗に対する硝酸態窒素の施用効果の-highいことが報告されているが、稚苗の育苗では灌水の回数が多く硝酸態窒素が死亡したためと考えられ、硝酸態窒素は追肥にかぎって使用すべきであろう。

硫酸と磷酸1加里の施用により基肥の増肥が可能であり、生育が促進して窒素と磷酸濃度が高¹⁾ま⁶⁾った。木根¹⁾および前⁶⁾重らは過石の増肥は根の発育障害と立枯れ症状を呈する場合があることを報告しているが、磷酸1加里の施用はこ

第6表 育苗温度と苗の養分吸収(乾物中)

区名	草丈 cm	茎葉重 mg/本	根量	茎葉中%				同吸収量 mg/本				移植後の 乾物重	乾物重 増加率
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂		
対照区	15.5	14.8	中	4.26	1.92	2.88	3.33	0.63	0.28	0.43	0.49	30.7	2.1
促成区	16.2	12.9	多	4.49	2.70	4.16	6.19	0.57	0.35	0.54	0.80	33.5	2.6

これらの障害があらわれなかった。この原因として磷酸I加里は増施しても電気伝導度の増加は僅少で、濃度障害の限界に達しないことと、石灰が含まれていないことによるものであろう。

(2) コーティング肥料の試験

コーティング肥料の増施により苗質の良化と、本田移植後本田の養分を吸収しはじまるまでの間、床土中に含まれる養分を吸収し続けて、活着の初期生育の促進を計るためのいわゆる弁当肥の役目を兼ねさせる目的で数種のコーティング肥料を施用した。その結果の一部を第5表に示した。すなわち苗の生育は促進し養分含量が著しく高まった。しかし温度により肥料の溶出速度が異なるため、低温時と高温時では生育タイプを異にし、またいずれの場合も育苗終了時には肥料がほとんど溶出していたため、弁当肥として期待はできなかった。

V 育苗温度と苗の養分吸収

1 試験方法

緑化期以降の育苗温度を対照区はII-(1)試験に準じて育苗し、日中の温度18~22℃、夜温10℃前後に管理した。促成区は野菜の育苗ハウ中で育苗したもので、日中の温度25~30℃夜温15℃となるよう管理した。施肥は硫酸と燐加により窒素、燐酸、加里を2.5, 4.5, 3.0 g施用した。その他の管理はII-(1)試験に、移植調査はII-(2)試験に準じた。

2 結果および考察

対照区の育苗は20日間を要したが促成区は12日間で2葉に達した。したがって苗は軟弱で苗

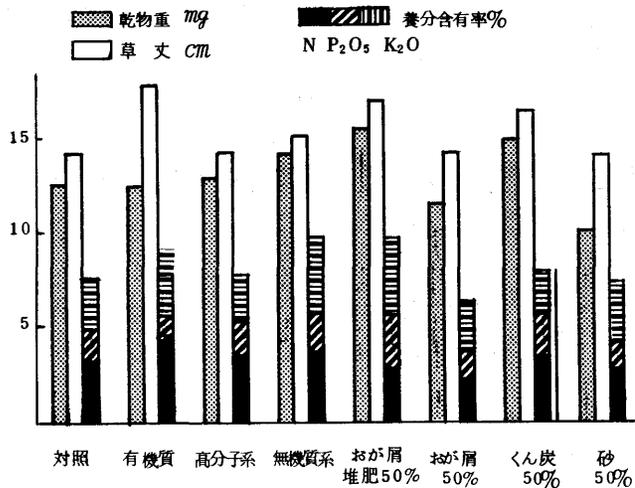
丈率が小さくなった。しかし葉色は濃緑で根の発達よく、体内養分含量が著しく増大した。促成区の苗は形態的素質は劣るが移植後の活着および初期生育は明らかに優れ、寺中の報告と同様な結果をえた。

高橋らは生育温度が養分吸収におよぼす影響を検討し、窒素、燐酸、加里の吸収が強く影響をうけると報告している。本試験においては育苗温度を上げることにより珪酸、燐酸、加里の吸収が増大したが、窒素の含有率および吸収量は大差なかった。しかし葉色は濃緑に生育していたことから窒素濃度は高く経過したものと考えられ、育苗終了時には培地の可給態窒素をほとんど吸収したため、窒素含量に明らかな差があらわれなかったものと思われる。本試験の育苗中の日照は多く経過したが、促成苗と日照との関係は今後検討する必要がある。

VI 土壌改良資材等の施用試験

1 試験方法

土壌改良剤は有機質系としつつミゾール(主成分フミン酸)を1箱当り10gと30gを、合成高分子系としてEB-a(陽荷電合成高分子系)5mlと15mlを、無機質系として大谷石石粉を容積比で20%を供試した。その他床土の代替資材としておが屑、おが屑堆肥、もみがらくん炭および砂を土壌と容積で等量混合使用した。第三紀層頁岩風化物(シルト質堆積土)、黒ボク水田作土(堆積土)および沖積水田作土(壤土)の3種の床土を用い、三要素施用量は各1.5g、播種量は200gとした。その他の管理はII-(1)



第3図 土壤改良資材等の効果

試験に準じた。

2 結果および考察

第三紀頁岩風化物を供試した成績の一部を第3図に示した。育苗期間が長かったため各処理ともうっぺいし区間差が小さくなったが、有機質系土壤改良剤の施用により葉色が濃緑となり、窒素含量が著しく高まり生育は促進した。この傾向はいずれの土壤でもまた10g施用でも明らかであった。また床土の保水性が増加したが、施用量が多いため資材中の窒素の肥効もあらわれたものと思われる。

合成高分子系土壤改良剤の施用によっても生育は促進した。しかし黒ボク土壤はいずれの場合でも、また他の土壤でも含水量が多い場合には効果が劣り、横井の指摘と一致している。

無機質系土壤改良剤の施用により生育は促進し、養分含有率が高まり良苗がえられた。坪田らは大谷石石粉の施用により窒素と加里の溶脱を防止し、磷酸の肥効を増進すると報告しているが、本試験においてもこれらの効果が顕著であった。また大谷石石粉は塩基性を示すが、20%施用程度であれば酸性肥料の使用により床土のPHの上昇を防ぐことができた。

おが屑の施用は茎葉中の窒素濃度が低下し、葉色は黄化して生育が劣った。植村はおが屑の多量施用は作物に対してしばしば著しい窒素飢餓をおこさせ、とくに幼植物の生長を著しく害する場合があるという。本試験においては根量は減少せずに窒素含量が著しく低下したことから、窒素飢餓の影響が大きかったものと考えられる。

おが屑堆肥の施用により生育が著しく促進し、特に磷酸含量が著しく増加した。これは床土の物理性の改善と資材中の磷酸が吸収されて効果をあらわしたものと思われるが、その反面に保水性が低下し透水性が増加するため、窒素の流亡をきたす場合がある。

渡辺、木根はらもみはらくん炭の実用性の高いことを報告しているが、地上部および根の生育がよく、特に茎葉中の磷酸、加里および珪酸含量が高まった。またもみはらくん炭は床土全体の半量をこれで施用すると床土のPHが上昇したが、育苗終了時にはその程度は僅少であった。ライスセンターで生産されるものは破碎されているため保水性がよく、高温時の育苗には灌水を制限して徒長を防ぐ必要があった。

砂の混合は地上部および地下部とも生育が劣り、窒素の吸収量も少なかった。これは砂の混合により保水性と保肥力が低下し窒素の流亡が激しかったためと考えられる。

VII 摘 要

水稻稚苗の活着と初期生育のよい苗をうるための育苗法について施肥面より検討した。

1 窒素と磷酸の増施は苗の乾物重と養分含量を増加させるとともに、移植後の活着と初期生育を促進した。

2 床土の濃度障害の限界は電気伝導度で示すと黒ボク土壌で播種時 2 m mho/cm 、生育中 1.5 m mho/cm 、沖積土壌で播種時 1.5 m mho/cm 、生育中 1 m mho/cm 附近にあった。

3 硫安と磷酸 I 加里の施用により基肥の増施が可能であり、乾物重が大きく養分含量の高い苗がえられた。

4 コーティング肥料の施用により養分含量の高い苗がえられたが、肥料成分は育苗中にほとんど溶出してしまったため弁当肥の効果は期待できなかった。

5 育苗温度を昼 $25 \sim 30^\circ\text{C}$ 、夜 15°C に保温することにより、苗の養分吸収量が増加し、本田における活着と初期生育が優れた。

6 数種の土壌改良剤について検討し、その効果の高いことを確認した。

7 床土代替資材と土の混合試験では、おが屑堆肥ともみがらくん炭の生育が優れ、好結果をえた。

10 坪田五郎他：栃木農試研究報告 4. 35 (1960)

11 植村誠次：オガ屑堆肥の製造と施用効果 10 (1965)

12 渡辺正二他：農業技術 22. 427 (1967)

VIII 引用文献

1 木根渕旨光：東北農試研究報告 38. 1 (1969)

2 米田茂男他：岡山大農学術報告 11. 1 (1958)

3 RUSSELL, E. J. : 植物生育と土壌 (藤原彰夫他訳) 669 朝倉書店 (1956)

4 藤沼善亮：土壌肥料新技術 315 (1969)

5 山崎伝他：日本土肥学雑誌 36. 153 (1965)

6 前重道雅：第 3 回広島農試研究発表会資料 3-1. (1970)

7 寺中吉造：農業および園芸 45. 631 (1970)

8 高橋治助他：農技研報告 B 4. 12 (1955)

9 横井肇：農業および園芸 40. 11 15 (1965)