

生杉 佳弘*

Effect of the Calcium hypochlorite on the
rice young seedlings

Yoshihiro IKESUGI

はしがき

水稻の機械移植栽培は、ここ十年間で急速な普及をみた。機械移植栽培に伴う育苗法としては、2葉苗を用いる稚苗方式と、3.5～4.5葉苗を用いる中苗方式が実用化されているが、特に稚苗育苗においては、出芽を揃えるために電熱育苗器を使用して出芽期に加温する育苗方法が一般的におこなわれている。さらに、稚苗育苗は、従来の保温折衷苗代に代表される成苗育苗に比べて十数倍という極端な厚まきがなされている。このように、高温かつ多湿の環境下において密播される稚苗育苗では、出芽期間や緑化期間に種々の病害に侵されやすい。最近では、育苗施設や育苗資材が古くなってきていることもあって、リゾプス属菌による苗立枯れ病の発生の多いことが全国的に問題になっている。

リゾプス属菌による苗立枯れ病の防除対策として、TPN剤の育苗床土灌注が主要な技術として普及しているが、それだけでは不十分で、育苗施設や育苗資材の消毒が不可欠とまで言われている。このための薬剤として「次亜塩素酸カルシウム」の使用が農林水産省⁶⁾からも指導され、その防除効果に期待するところが大きい。

一方、1977年度三重県内のN農協育苗センターにおいて稲苗が矮化する育苗障害が発生し、その原因が「次亜塩素酸カルシウム」に関連するとみられたので、2～3の実験を試み、その因果関係を概ね明らかにし得たのでここにその結果を報告する。

実験 I 次亜塩素酸カルシウム溶液濃度と水稻の
発芽ならびに初期生育

実験方法

第1表に示したごとく、50倍から1500倍までの8濃度の次亜塩素酸カルシウム溶液を用い、濃度の違いが水稻の発芽ならびに初期生育に及ぼす影響について検討した。

第1表 試験区の構成(実験I)

区No	溶液濃度(倍液)	塩素濃度(g/l)
1	50	14.00
2	100	7.00
3	200	3.50
4	300	2.33
5	400	1.75
6	500	1.40
7	800	0.88
8	1500	0.47
9	無処理	0

直径10cmのシャーレにろ紙を2枚重ねて敷き、その上に水稻品種「コシヒカリ」の乾燥種子を1区30粒あて置床し、おのおの濃度別に次亜塩素酸カルシウム液15ccを注入した。シャーレを32°Cに設定した定温器内にランダムに入れ、6日間経過後20°Cガラス定温器内に移し、育苗した。播種7日後の1980年9月15日に全個体について草丈と種子根長を測定した。なお、使用した次亜塩素酸カルシウムはCl含量70%のものである。

実験結果

次亜塩素酸カルシウム液浸漬7日後の稲の生育状況を第2表に示した。水稻の発芽時における次亜塩素酸カル

第2表 次亜塩素酸カルシウム濃度が稲の初期生育に及ぼす影響
(播種7日後)

区No	溶液濃度	苗長 (cm)	同左標準偏差 (cm)	最長根長 (cm)	同左標準偏差 (cm)	冠根数 (本)	不発芽粒数 (粒/30粒)
1	50倍	0.3	0.2	0	—	0	0 (9)
2	100倍	0.8	0.3	0	—	0	4 (0)
3	200倍	1.6	0.3	1.4	0.4	0	2 (0)
4	300倍	1.9	0.4	1.7	0.7	0	1 (0)
5	400倍	2.3	0.6	2.1	0.8	0	1 (0)
6	500倍	2.5	0.6	2.3	1.0	1.9	1 (0)
7	800倍	2.8	0.5	2.9	1.0	(データ欠測)	1 (0)
8	1500倍	2.8	0.8	4.0	1.3	2.3	1 (0)
9	無処理	3.5	1.4	8.2	3.4	4.6	1 (0)

(注) 不発芽粒数の()内は芽長1mm以下のもの

シウムの影響は、100～200倍の濃度で10%の個体に強い発芽抑制を生じ、特に50倍液中では30%の個体の発芽が抑制された。この発芽抑制は完全に発芽を阻害するものではなく、1mm程度胚器官が伸長した後生育が強く抑制される形として現われた。

発芽した個体についてその後の生育をみると、無処理区(No9区)の草丈は最長6.7cmから最短0.4cmで、大部分の個体は2～5cmの範囲に分布し、その平均値は3.5cmであった。それに対して、1500倍液区(No8区)の平均値は2.8cmで、2.0～3.5cmの範囲に約2/3の個体が分布していた。以下、溶液濃度が濃くなるにつれて苗の伸長は抑制され、100倍液区の苗長は0.8cm、50倍液区では0.3cmであった。このように地上部(苗長)の生育は、500～800倍以上の高濃度で強い生育抑制がみられた。

種子根長について濃度との関係をみると、無処理区の8.2cmに対して1500倍液区は4.0cm、800倍区は2.9cmで、100倍液ならびに50倍液区では根の伸長は全く認められなかった。伸長阻害を受けた種子根の先端部は褐変し、葉鞘基部も同様に褐変を呈した。また、冠根は500倍以下の低濃度で伸長していたものの、無処理区に比較してその数は少なく、500倍液区では冠根の発育していない個体が25%を占めた。

以上の結果から、次亜塩素酸カルシウム液が水稻の初期生育に及ぼす影響は、1500倍という比較的薄い濃度で苗の生育を抑制し、特に地上部より地下部の生育に強く作用するものと考えられた。

実験Ⅱ 育苗箱資材による「次亜塩素酸カルシウム」 吸水量の差異

実験方法

育苗箱消毒の際に箱に吸水される次亜塩素酸カルシウム溶液の量は育苗箱の材質によって異なると考えられたので、箱の材質と吸水性の関係について検討した。

供試材料として、タテ6cm、ヨコ14cm、厚さ0.8cmの松板および杉板を用いた。次亜塩素酸カルシウム1000倍液に両材料を24時間浸漬した後重量を測定し最大含水量とした。その後30°C通風乾燥器内に置き、各材料について含水量の変化を重量によって求めた。なお実験中の湿度は44%であった。

実験結果

次亜塩素酸カルシウム1000倍液浸漬24時間後の含水量は松材の534mg/cm²に対し、杉材は223mg/cm²で、松材は杉材の約2.4倍の吸水量を示した。通風乾燥時における含有水分量の経時変化を第1図に示した。松材の場合、乾燥時間の経過に伴ない直線的に含水量が減少したが8時間経過後でも材の含水量は117mg/cm²で、杉材の場合の3時間後の含水量122mg/cm²と同程度であった。含水量の減少曲線として以下の回帰式が近似した。

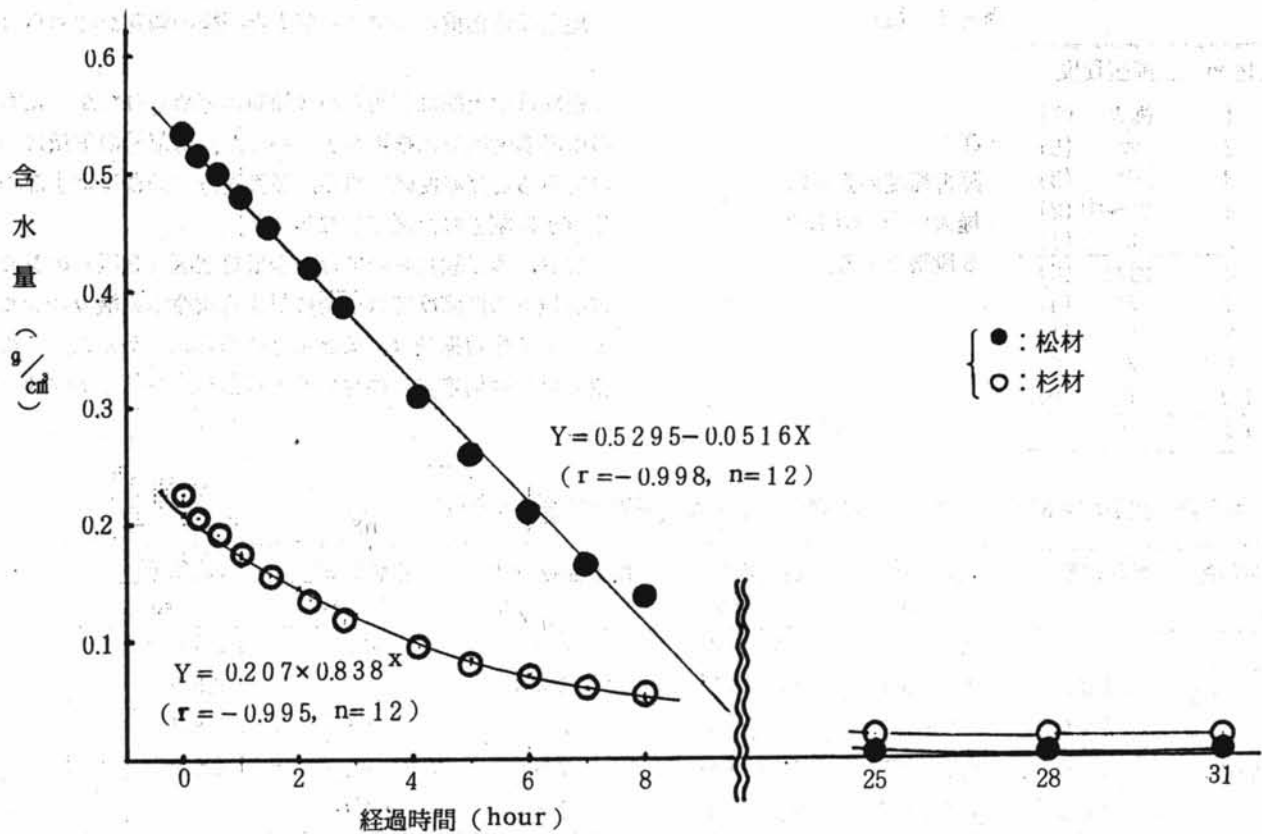
$$\text{松材: } Y = 0.5295 - 0.0516X, r = -0.998$$

$$\text{杉材: } Y = 0.207 \times 0.838^X, r = -0.995$$

実験Ⅲ 育苗箱底板の次亜塩素酸カルシウム濃度と 水稻の初期生育

実験方法

本試験は次亜塩素酸カルシウム溶液が箱育苗された水稻稚苗に障害をもたらす限界濃度について、育苗箱底板



第1図 育苗箱の材質と含水量の経時変化 (30°C通風乾燥の場合)

の吸水量の差異と関連させて検討するために実施した。

第3表に示した試験区を設定し、所定濃度の次亜塩素酸カルシウム液に浸した新聞紙をA区は4枚重ね、B区は2枚重ねて発泡スチロール製育苗箱の底に敷き、ただちに床土を入れた。無処理区は井戸水に浸した新聞紙を2枚重ねた後、同様に床土を入れた。A区の次亜塩素酸カルシウム液の処理量は、育苗箱(タテ30cm, ヨコ60cm 深さ3cm) 当り88cc, B区のそれは44ccであった。なお次亜塩素酸カルシウムは有効塩素70%含有のものを用いた。

第3表 試験区の構成 (実験Ⅲ)

区No	溶液濃度 (倍液)	処理量 (cc/箱)
1	50	
2	100	
3	200	88
4	300	
5	400	
6	50	
7	100	
8	200	44
9	300	
10	400	
11	無処理	—

20mmの深さに床土を入れた育苗箱に1箱当り1000ccの水を灌水し、360ccの催芽粃(品種:大空)を播種した。覆土後、蒸気式出芽器内で出芽し、その後ビニールハウス内で緑化・硬化した。その他の管理は三重県の育苗基準⁴⁾によった。

播種11日後の6月17日に生育中庸部の苗をサンプリングし、20個体について草丈と種子根長を測定後、地上部・根部・初部分けて60°C通風乾燥器で乾燥し秤量した。

実験結果

播種3日後の出芽揃い期には、各処理区とも地上部にに関して外観上の異常は認められなかった。しかし、その後徐々に生育差がみられるようになり、播種6日後の緑化終了時では処理区間に顕著な差異が認められた。観察による生育障害程度は第4表のごとくで、次亜塩素酸カルシウムの濃度が高くなるにつれて苗長は短くなり、100倍区と50倍区では鞘葉および葉鞘が湾曲し奇形となった。

播種後11日目の苗形質調査結果を第5表に示したが、次亜塩素酸カルシウム濃度が濃くなるにしたがって、苗の草丈は短くなった。特に処理量の多いA区では、200倍以上の高濃度区で、処理量の少ないB区では100倍以

第4表 溶液濃度と障害程度
(播種6日後)

区No	障害程度
1	極大 (7)
2	大 (5)
3	中 (3)
4	少~中 (2)
5	ビ (1)
6	極大 (6)
7	大 (4)
8	ビ (1)
9	ム (0)
10	ム (0)
11	—

(注) 障害程度の表示は極大(7)~ム(0)の8段階である。

上の高濃度区において、苗の伸長が極度に抑制された。地上部乾物重についても草丈と同様の傾向が認められた。

根部は地上部ほど明らかな傾向が認められなかったものの高濃度区では根重が少なかった。初部分の重量についてみると高濃度区で重く、胚乳養分の消費は地上部の生育が抑制された区で少なかった。

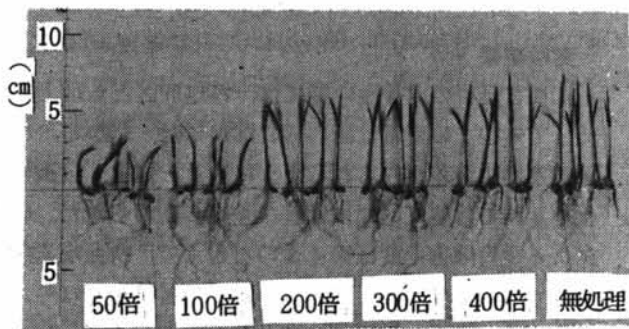
なお、本試験においては、少量処理区(B区)の300倍区以下の低濃度では稲苗に対する次亜塩素酸カルシウムによる生育抑制は、ほとんど認められなかった。この濃度は有効塩素量に換算すると育苗箱当り101 mgであった。

第5表 次亜塩素酸カルシウムの処理濃度と苗生育の関係(播種11日後)

処理量	稀尺倍数	苗長 cm	最長根長 cm	地上部乾物重 mg	根乾物重 mg	籾乾物重 mg
88 cc/箱 (A区)	50	2.8±0.1	6.4±0.4	3.55	1.05	12.40
	100	4.0±0.1	7.2±0.5	5.00	2.25	9.50
	200	4.7±0.1	6.3±0.5	6.15	2.15	7.85
	300	6.1±0.2	7.1±0.6	7.05	3.15	9.00
	400	6.3±0.2	6.1±0.4	7.35	2.45	7.85
44 cc/箱 (B区)	50	3.5±0.1	9.0±0.7	4.15	1.70	10.70
	100	3.8±0.1	7.5±0.4	4.75	2.05	9.70
	200	6.1±0.2	5.8±0.5	6.35	2.25	7.50
	300	7.2±0.3	6.2±0.4	6.55	2.35	7.85
	400	7.4±0.2	6.2±0.3	7.20	2.35	8.10
無処理		7.4±0.2	5.6±0.3	7.40	2.25	7.60

本試験において観察された次亜塩素酸カルシウムによる生育障害の症状は以下のとおりであった。(第2図)

- 1) 苗の草丈が短くなり、葉の展開が遅れる。鞘葉ならびに不完全葉の葉鞘は、ほぼ正常に伸長するが、



第2図 次亜塩素酸カルシウム濃度と水稻苗の生育
(少量処理区)

高濃度になるにしたがって第1葉の葉身長は短小化し、第1葉鞘が極端に短くなる。障害程度が重度の場合には鞘葉ならびに葉鞘が湾曲し、鞘葉基部が褐変する。

- 2) 根部は地上部に比べて影響が少ない。しかし、葉液に触れた根の先端は褐変し伸長を停止する。冠根および側根の生育が劣り根量は少なくなる。

考 察

実験I~IIIを実施する素因となった現地育苗センターにおいて発生した生育障害の経過と実態は以下のとおりである。

1) 育苗経過

三重県内N育苗センターでは1976年度リゾプス属菌による苗障害が多発したため、翌1977年度にはTPN剤の土壌灌注を実施すると共に育苗箱の消毒を計画した。育

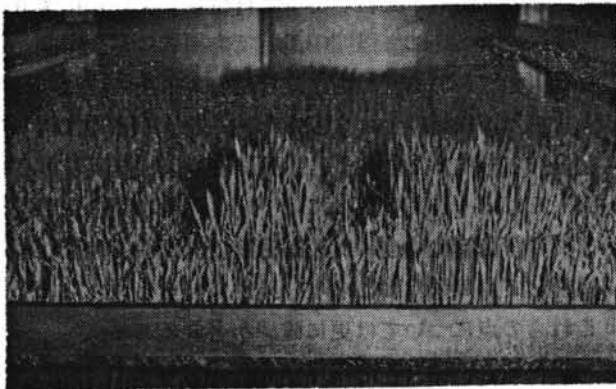
苗箱消毒はコンクリート製水槽（2000ℓ容）に水道水を1000ℓ入れて次亜塩素酸カルシウム1000倍液を作り、その中に育苗箱を浸漬した。消毒済みの育苗箱は天日乾燥後使用することになっていたが、育苗作業の切迫により途中から箱の乾燥作業が追いつかなくなり、消毒後箱が湿っている状態のまま使用せざるを得なくなった。

3月下旬から播種作業を始め、5月上旬まで19回に及ぶ播種時期が計画され作業が進められた。消毒回数17回目の苗箱から草丈抑制が認められるようになり、18回目以降顕著な育苗障害が発生した。これら障害苗は、同一時期に使用したPP（ポリプロピレン）箱では全く認められず、木箱を使用した一部の苗に特異的に発生したものであるが、総箱数は3000箱という大きな被害となった。なお、消毒液は各回全液交換せず、毎回消毒により減少した水量分について水道水（1回：100ℓ）と薬剤（次亜塩素酸カルシウム：2kg）を補充していた。

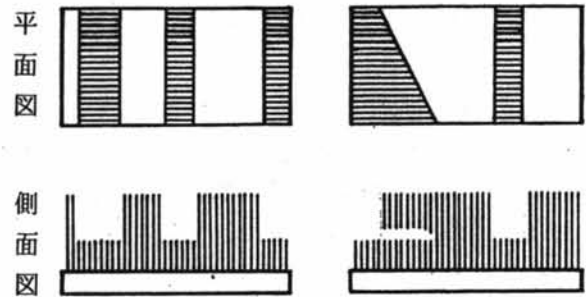
2) 生育障害の症状

第3本葉抽出時期の稚苗の草丈は通常12～13cmであるが、障害苗の苗長は5cm程度で顕著な矮化症状を呈した。鞘葉ならびに不完全葉の葉鞘は、ほぼ正常な長さであったが、湾曲が認められ、茎基部が褐変していた。特に強く障害症状のあらわれた第1葉鞘長と第2葉身長は極端に短かった。根部の形態は正常苗とほぼ同じであったが、冠根先端部は褐変し、伸長を停止していた。

障害発生様相を箱単位に観察した結果は、次のとおりである。矮化症状が育苗箱全体にみられた箱も散見されたが、大部分の箱は帯状に矮化し、その幅は箱によって異なっていた（第3図）。また、箱周辺部分にも抑制のみられるものもあった。正常部分と障害を受けた部分の境界は、比較的明瞭でかつ直線的であった。障害発生部分の育苗箱の材質は松材であり、正常苗部分の材質は杉材で、育苗箱の底板材との関係が深かった。



障害苗の症状



第3図 苗障害の育苗箱での症状

（平面図の横線部分が生育抑制した部分）

なお、出芽して間もない苗には生育差が認められず、障害が確認された時期は第1葉展開期頃（緑化期後半）であった。

以上の実態から、当該生育障害の発生は次亜塩素酸カルシウムに起因すると仮定して実験を行ない、その結果を考察すると以下のとおりである。

（機作—1）

育苗箱の消毒剤である次亜塩素酸カルシウム溶液が、消毒回数の増加に伴う薬剤の追加混入により、所定濃度（1000倍液）よりも徐々に高濃度となっていた。

次亜塩素酸カルシウム溶液に含有されている有効塩素の量は経時変化が著しく、特に日照下での減少率が高いとされている。神納ら¹⁾は「日照下では1時間後で1/5量以下、室内でも1日後で1/2量以下に減少した」と報告している。本報告事例の育苗センターの場合には、17回目の育苗で軽度な苗障害がみられ、18回目以降の育苗で顕著な障害が発生していることから推察すると、2000ℓという多容量の液槽であったことに加えて薬液を交換せず薬剤を追加し続けたため、徐々に高濃度の溶液になったものと考えられる。有効塩素の減少率は容器の大きさ、環境条件などによっては必ずしも速くない場合も考えられるので、この点についてはさらに検討する必要がある。

（機作—2）

底板部分に松材が使われていた育苗箱は、杉材で出来た育苗箱より多量の次亜塩素酸カルシウム溶液を含んでいた。

N育苗センターにおける障害発生の程度は、育苗箱の材質の違いにより顕著に異なっていた。ポリプロピレン製の育苗箱や杉材で作られた育苗箱にはほとんど障害の発

生が認められなかったのに対して、松材で作られた育苗箱を使った苗に特異的に発生した。

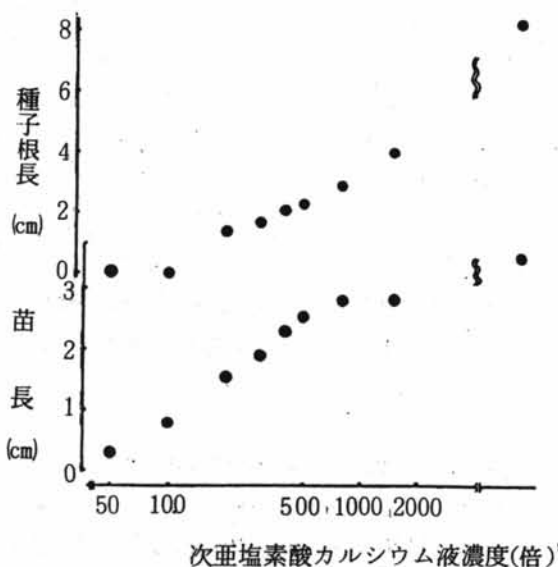
育苗箱の材質の違いと材の吸水量の関係について実験した結果は第1図のとおりであるが、松材は杉材に比べて2.4倍もの吸水量を示した。乾燥させた場合には、含水量は直線的に減少するが、それでも30°C通風乾燥の場合には5~6時間経過後でようやく杉材の最大含水量と同量であった。

これらのことを考え合わせると、育苗箱の材質により箱の吸水量が異なり、松材は杉材の2倍以上吸水することに加えて、育苗作業の切迫から脱塩素のための箱の乾燥行程が省略されたため処定濃度以上の次亜塩素酸カルシウム溶液が育苗箱の松材部分に含水されたままの状態ですべて床土が入れられ、播種されたものと考えられる。

(機作-3)

播種された種扱は整一に出芽したが、種子根が育苗箱底板に接した時、板に含まれていた葉液に触れ、次亜塩素酸カルシウム液(塩素)を吸収したために苗障害を呈した。

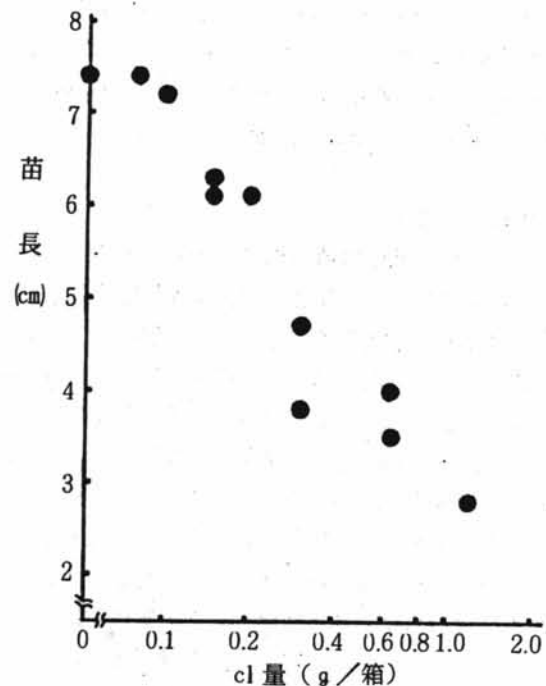
「種扱の胚が膨らみ、外殻を突き破って白い幼芽が抽出してくる時期を“発芽した”と定義する」²⁾と、実験I(シャーレ試験)の結果では、次亜塩素酸カルシウム50倍液中でも約70%の個体が、100~200倍液中では90%の個体が発芽したことから、水稻の発芽過程においては次亜塩素酸カルシウムの影響は比較的少ないといえる。しかしながら、発芽後幼芽・幼根の伸長に伴ない根がシャーレ内の塩素を吸収するため第4図のごとく次亜塩素酸カルシウム溶液濃度によって抑制程度の異なる生育を示したものと考えられる。



第4図 次亜塩素酸カルシウム液濃度と水稻苗の生育(シャーレ試験)

一方、土育苗試験(実験III)では、正常に出芽(稚苗機械育苗では、催芽扱を播種するため覆土上に精葉が出てくる時期を出芽と呼んでいる)したが、緑化期に入ってから障害が現われはじめた。これは種子根が伸長して育苗箱の底板に接触した際、底板に含まれている塩素を吸収し、この時点から生育抑制が始まったためと考えられる。

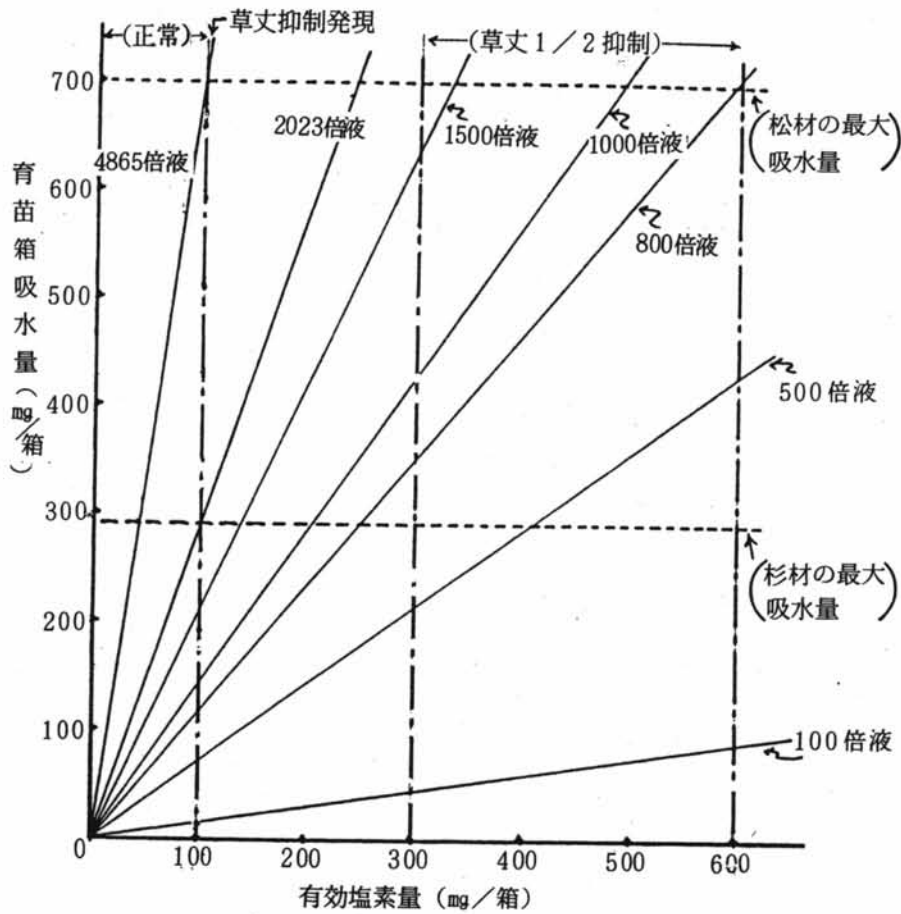
育苗センターにおいて障害を呈した際の葉液濃度及び育苗箱に含まれた葉量は不明であるが、実験IIIの結果から育苗箱1箱当り300~600mgの塩素量で草丈は1/2に抑制され(第5図)、草丈抑制を生じる最低濃度は100mg/箱とみられる。そこで、次亜塩素酸カルシウム溶液



第5図 塩素量と苗障害の関係(土育苗)

が育苗箱に吸水された場合の塩素量と育苗箱の吸水量、及び苗の障害程度を図示すると第6図のようになる。この図から、松材を使った育苗箱では最大に葉液を含水させると1500倍程度の濃度でも顕著な草丈抑制を呈する可能性がある。しかし、杉材の育苗箱の場合には最大含水量が松材の1/2以下であるので障害発生はかなり軽減される。湿度44%、温度30°Cの条件(実験IIの結果)では、4時間乾燥後には1/2の含水量になるので杉材の育苗箱の場合には1000倍液で消毒後4時間たてば播種しても障害はおこらない条件になると考えられるが、これらの点については更に確認が必要である。

稿を終るに当たり、現地調査に協力いただいた宮田利彦主査(当時)と本稿作成に終始御助言をいただいた片岡一男作物部長に深く感謝の意を表す。



第6図 塩素量・箱吸水量と生育抑制程度との関係

摘要

現地育苗センターで発生した水稲箱育苗稚苗の苗障害原因を究明するため、次亜塩素酸カルシウム溶液が水稲の生育に及ぼす影響と育苗箱資材の含水量について検討し、苗障害の発生機作を推察した。

- 1) 次亜塩素酸カルシウム溶液中における水稲種子の発芽率は、50倍液中で70%、100倍液中では90%であった。しかし、発芽後の生育抑制は顕著で、1500倍液中でも根長と冠根数は50%抑制され、草丈は20%抑制された。
- 2) 箱育苗においては、育苗箱底板に含まれる有効塩素量 100 mg/箱で生育抑制がみられ、300～600 mg/箱で草丈が50%抑制された。
- 3) 育苗箱の吸水量は、材質の違いにより異なり、松材は杉材の2.4倍量吸水した。
- 4) 以上の結果から、現地育苗センターにおいて発生

した苗障害は、育苗箱の松材部分に100 mg/箱以上の塩素が含まれていたため生じた苗障害であると推察できる。

文献

- 1) 神納 浄, 松尾綾男, 林佐百合 (1974) : 昭和49年度日植病大会講演要旨予稿集
- 2) 星川清親 (1979) : 農業技術体系作物編1, 農山漁村文化協会
- 3) 木曾 皓, 手塚信夫 (1974) : 種子消毒剤としてのケミクロンの適用, 農薬時代 第122号
- 4) 三重県農業技術センター (1979) : 田植機による稲作栽培技術 (改訂版)
- 5) 中山 包 (1976) : 発芽生理学, 内田老鶴園
- 6) 農林省農蚕園芸局農産課 (1976) : 水稲の機械移植栽培の指導について