

育苗時におけるキトサン含有溶液の施用が水稻苗の生育に及ぼす影響

大西政夫

(島根大学生物資源科学部)

要旨：水稻の育苗時にキトサン含有溶液を施用した場合の窒素成分以外の生育促進効果があるかどうかを調査した。キトサン含有溶液施用区は、キトサン溶液を吸水させて催芽処理した種子浸漬区、発芽後にキトサン溶液を2回散布した散布区、育苗全期間にわたりキトサン溶液に浸漬した苗浸漬区を設けた。各キトサン含有溶液施用区とも、対照区より苗の生育がわずかに促進される傾向を示したものの、有意差はあまり認められなかった。しかし、全ての施用区をこみにして、キトサン含有溶液の施用の有無のみでその効果をみると、キトサン含有溶液の施用により葉齢ならびに葉身、葉鞘+稈および全植物体乾物重、そして葉身および全植物体窒素含有量の計6つの苗形質が有意に大きくなった。これらの形質では、生育期間の平均気温が上昇するとともに促進効果が大きくなり、20~22℃以上では促進効果が認められない事例数が減少する傾向が明らかになった。以上より、今回用いたキトサン含有溶液を水稻育苗時に施用すると、苗の生育をわずかに促進する効果が期待でき、特に生育期間の平均気温が20~22℃以上では、促進効果を示す場合が多いと考えられる。

キーワード：乾物重、キトサン、水稻、生育、窒素含有量、苗

キトサンやキチンの土壌混和、その溶液の直接散布、あるいは溶液中への種子浸漬により、作物の生育促進を図る研究が数多く行われている。なかでも、10000~24000粒 ml^{-1} と種子が極めて小さく、播種後6~13週目の1苗当たりの全乾物重が2mg~23mgと播種後の生育が遅い花卉類(トレニア、エキザカム、ベコニア、グロキシニア、ロベニア、ミムラス、カルセオラリア、カンパニュウラおよびトルコギキョウ)では、キトサンを1%混和した土壌へ播種した場合の播種後6~13週目の全乾物重は、キトサンに含まれる窒素量と同量の窒素肥料を施用した区(対照区)の2.1倍~29.3倍に増大したことが、およびその苗をキトサン無施用の土壌に定植した場合の一番花開花日は、トレニア、エキザカム、ベコニア、グロキシニア、ロベニア、ミムラスおよびトルコギキョウの7種で、2日~40日早くなったことが報告されている(Ohtaら1999, 2000, 2001, 2004a, 2004b)。

一方、圃場作物であるイネやダイズでは、上記の9種の花弁類と比較すると種子が大きく、種子中の養分が多いため、播種後の生育は極めて速く、播種後8週目の1苗当たりの地上部乾物重は、水ストレスと夜間の低温にさらされるオーストラリアの乾田直播条件下のイネでも約600mg(大西1995)、水ストレスを受けやすい砂丘畑のダイズでも約25g(中野ら2005)に達する。このように生育の速いイネにおいても、無窒素もしくは低窒素肥料条件下でキトサンやキチンを土壌に施用すると、無施用区より草丈、葉齢、分けつ数、SPAD値(葉色)およびキチナーゼ活性(千布ら2002a, 2002b)が有意に増加し、また乾物重と収量(山本ら1998)が化成肥料区と同程度となったことが報告されている。同様に、ダイズでもキトサンやキチンを土壌に施

用すると生育後期の根粒菌形成、窒素固定能、乾物重、窒素吸収量および収量(Aliら1997)やキチナーゼ活性(千布ら2002b)が有意に増加したことが報告されている。しかし、これらの促進効果は最大でも無窒素区の1.5倍程度であり、また、必ずしも一定した促進効果を得られていない。さらに、土壌中の窒素量が少ないほど、キトサンやキチン中の窒素成分による窒素肥料効果の影響が大きい可能性が指摘されている(千布ら2002a)。

これらのことより、貯蔵養分が多く生育速度が速い、すなわち種子や植物体大きい作物は小さい作物より、キトサンやキチン中の窒素成分以外の効果が極めて小さいと考えられる。このキトサンやキチン中の窒素成分以外の効果には、キトサンやキチンの施用に起因する植物病原菌の生育阻害等による土壌微生物相の変化(孫工・野村1988)やエリシター効果(渋谷ら1996, 鈴木・進士1998)といわれる病原体の細胞壁を加水分解する生体防御酵素のキチナーゼ(古賀1995)活性の向上による根(Ohtaら2001)や細胞の活性化などが報告されている。

このように、生育速度の速いイネやダイズのような作物におけるキトサンやキチン施用による窒素成分以外の生育促進効果の有無を確認するとともに、その効果の大きさを定量化するためには、花卉類等の園芸作物で既に効果が確認されているキトサン含有資材を少量施用して、生育量自体の小さな生育初期に繰り返して試験を行い、試験回数を増加させて統計処理による検定精度をあげる必要があると考えられる。

そこで、本研究では、花卉類等の園芸作物で既に効果が確認されている市販品のキトサン含有溶液を水稻育苗時に施用した場合の初期生育に及ぼす影響を6年間にわたり調

第1表 2002年から2007年におけるキトサン含有資材の施用実験における試験区と水稻育苗の概要.

年	作期	対照区	キトサン施用区 (キトサンの種類; 散水区は散水处理日 月/日)	播種量 (箱 ⁻¹)	播種日 月 日	出芽日 月 日	温度 処理	平均 気温	調査日 月 日
2002	作期 1	無処理	散水 (A液; 5/24, 5/31)	130 g	5 20	5 23	外気温	20.0	6 7
2002	作期 2	無処理	散水 (A液; 6/12, 6/19)	50 g	6 8	6 11	外気温	21.9	6 25
2003	作期 3	無処理	散水 (A液; 4/4, 4/11) 種子浸漬 (A液)	684 粒	4 1	4 4	高温 外気温	17.0 14.0	5 3 5 12
2003	作期 4	無処理	散水 (A液; 5/12, 5/20) 種子浸漬 (A液) 土壌混和 (粉末)	684 粒	5 9	5 12	高温 外気温	21.8 18.3	5 30 6 4
2003	作期 5	無処理	散水 (A液; 6/6, 6/13) 種子浸漬 (A液) 土壌混和 (粉末)	684 粒	6 4	6 6	高温 外気温	26.8 22.1	6 20 6 23
2004	作期 6	無処理	散水 (A液; 4/15, 4/22) 種子浸漬 (A液) 土壌混和 (粉末)	684 粒	4 12	4 14	高温 外気温	19.2 16.7	5 3 5 18
2004	作期 7	無処理	散水 (A液; 5/22, 5/29) 種子浸漬 (A液) 土壌混和 (粉末)	684 粒	5 20	5 22	高温 外気温	24.9 19.9	6 9 6 15
2004	作期 8	無処理	散水 (A液; 6/3, 6/11) 種子浸漬 (A液) 土壌混和 (粉末)	684 粒	6 1	6 3	高温 外気温	27.5 21.8	6 23 6 25
2005	作期 9	無処理	散水 (B液; 4/15, 4/22)	684 粒	4 11	4 13	高温 外気温	19.6 15.7	5 6 5 18
2005	作期 10	無処理	苗浸漬 2000 倍 (B液) 苗浸漬 4000 倍 (B液) 苗浸漬 2000 倍 (A液)	684 粒	5 24	5 26	高温 外気温	24.4 20.6	6 15 6 20
2005	作期 11	無処理	苗浸漬 2000 倍 (B液) 苗浸漬 4000 倍 (B液) 苗浸漬 2000 倍 (A液)	684 粒	6 27	6 30	高温 外気温	28.3 25.0	7 22 7 26
2006	作期 12	無処理	苗浸漬 2000 倍 (B液) 苗浸漬 4000 倍 (B液)	684 粒	4 11	4 14	高温 外気温	19.6 14.7	5 8 5 15
2006	作期 13	無処理	苗浸漬 2000 倍 (B液) 苗浸漬 4000 倍 (B液)	684 粒	5 8	5 11	高温 外気温	24.9 18.8	5 31 6 5
2006	作期 14	無処理	苗浸漬 2000 倍 (B液) 苗浸漬 4000 倍 (B液)	684 粒	5 25	5 27	高温 外気温	26.3 20.8	6 12 6 19
2007	作期 15	無処理	苗浸漬 2000 倍 (B液) 苗浸漬 4000 倍 (B液)	684 粒	4 13	4 15	高温	16.2	5 15

A液: キトサン含有率 10% (商品名 バイオキトサン G-1, 株式会社モア・フレッシュ製).

その他の成分含有率 (注: 生物系特定産業技術研究推進機構 新技術開発部 ウルグアイラウンド対策研究開発成果技術資料集 (未定稿))

N: 1700 mgL⁻¹, P: 100 mgL⁻¹, K: 120 mgL⁻¹.

Entrobactor sp G-1 培養液 30%, 木酢酸 10%, 乳酸 10%, 水 40%, キトサン 10%.

B液: キトサン含有率 5% (商品名 北海グリーン, 椿原商店製).

その他の成分含有率 (注: 島根県肥飼料検査所の肥料成分結果通知書).

N: 0.4768%, 可溶性 Si: 0.1516%, Mg: 0.0097%, Ca: 0.0556%, Na: 0.0065%, Fe: 0.0017%, 粗繊維: 0.03%, 粗灰分: 0.19%.

粉末: キトサンとキチン粉末 (混合比 1:10, 商品名 ピオキトサン, 株式会社モア・フレッシュ製).

査し, キトサン含有溶液の施用による窒素成分以外の生育促進効果の有無とその効果の大きさを明らかにしようとした.

材料及び方法

2002年~2007年の各年3月から7月にかけて, 島根大学生物資源科学部附属生物資源研究センター本庄総合農場において計15作期を設けて, 水稻の育苗試験を行った.

水温20°Cで4~5日吸水させる催芽処理を行った水稻品種コシヒカリの種子を供試し, 2002年は育苗箱1箱当たり乾粉130gもしくは50g, 2003年~2007年は, 育苗箱にペーパーポット (水稻用 R-7, 日本甜菜甘藷株式会社製, 18列

×38列の計684ペーパーポット, 1.5cm角×深さ3cm)を装着し, 1ポット1粒で播種した. 育苗用培土は, 全年次とも, 水稻育苗培土 (商品名 グリーンソイル中間地用および覆土用, 出雲グリーンエポック株式会社製, 育苗箱1箱当たり土壌4kg, N0.9g, P₂O₅1.1g, K₂O1.0g)を用いた.

キトサン含有溶液としては, 2002年~2005年にはキトサン含有率10%のA溶液 (商品名 バイオキトサン G-1, 株式会社モア・フレッシュ製, 窒素含有率1.7g L⁻¹, 第1表脚注参照)を, 2005年~2007年にはキトサン含有率5%のB溶液 (商品名 北海グリーン, 椿原商店製, 窒素含有率0.4768%, 第1表脚注参照)をそれぞれ用いた. また,

第2表 水稻品種コシヒカリの育苗時にキトサン含有資材を施用した場合の苗形質に及ぼす影響.

	種子浸漬区		散水区		散水区		散水区		苗浸漬4000倍区		苗浸漬2000倍区		苗浸漬2000倍区		土壤混和区		土壤混和区以外	
	対照	キトサン	対照	キトサン	対照	キトサン	対照	キトサン	対照	キトサン	対照	キトサン	対照	キトサン	対照	キトサン	対照	キトサン
草丈 (cm)	20.08	19.61 (98)	19.47	19.32 (99)	15.58	15.98 (103)	19.34	19.65 (102)	27.48	28.69 (104)	19.34	19.09 (99)	20.91	22.06 (106)	20.00	19.98 (100)		
分げつ数	1.14	1.22 (107)	1.12	1.17 (104)	1.46	1.48 (101)	1.09	1.07 (98)	1.00	1.00 (100)	1.09	1.05 (97)	1.06	1.21 (113)	1.12	1.13 (102)		
葉齡	4.93	5.03 (102)	4.79	4.92 (103)	5.01	5.07 (101)**	4.85	4.94 (102)	5.14	5.14 (100)	4.85	4.91 (101)	4.88	5.04 (103)	4.88	4.97 (102)**		
1 苗当たりの乾物重 (mg)																		
葉身	20.4	21.7 (106)	18.8	19.9 (106)	19.8	20.7 (105)	19.9	20.2 (102)	27.6	28.3 (103)	19.9	20.6 (104)	20.4	23.5 (115)**	20.3	21.2 (104)*		
葉鞘+稈	22.6	23.2 (102)	20.9	21.5 (103)	23.5	25.7 (109)	24.7	25.7 (104)	36.3	36.6 (101)	24.7	26.0 (105)	22.1	23.1 (104)	24.1	24.9 (104)*		
根	15.3	15.7 (103)	14.2	15.0 (105)	20.2	20.9 (104)	17.3	17.1 (99)	19.3	19.7 (102)	17.3	17.1 (99)	14.6	13.6 (94)	16.3	16.6 (102)		
全植物体	58.3	60.6 (104)	51.0	53.5 (105)	63.5	67.3 (106)	61.8	62.9 (102)	83.2	84.5 (102)	61.8	63.7 (103)	57.1	60.2 (105)	59.9	61.9 (103)*		
窒素含有率 (%)																		
葉身	3.64	3.63 (100)	3.70	3.69 (100)	3.60	3.61 (100)	2.88	3.02 (105)	2.42	2.62 (108)	2.88	3.01 (105)	3.71	3.89 (105)	3.25	3.32 (102)		
葉鞘+稈	2.43	2.40 (99)	2.33	2.27 (98)	1.75	1.80 (103)	1.34	1.40 (104)	1.10	1.27 (116)	1.34	1.42 (106)	2.28	2.49 (109)*	1.84	1.86 (101)		
根	1.87	1.86 (100)	1.83	1.81 (99)	1.72	1.57 (91)	1.48	1.58 (107)	1.32	1.39 (106)	1.48	1.55 (105)	1.91	1.94 (101)	1.65	1.68 (102)		
1 苗当たりの窒素含有量 (mg)																		
葉身	0.73	0.77 (106)	0.68	0.72 (106)	0.71	0.75 (105)	0.54	0.56 (104)	0.64	0.71 (111)	0.54	0.57 (106)	0.74	0.90 (121)**	0.63	0.67 (106)**		
葉鞘+稈	0.53	0.54 (101)	0.48	0.48 (100)	0.41	0.46 (112)	0.30	0.31 (104)	0.37	0.42 (113)*	0.30	0.32 (106)	0.48	0.55 (114)*	0.41	0.42 (103)		
根	0.27	0.28 (103)	0.25	0.27 (105)	0.34	0.33 (96)	0.25	0.25 (102)	0.25	0.27 (105)	0.25	0.25 (100)	0.27	0.25 (93)	0.26	0.27 (103)		
全植物体	1.53	1.59 (104)	1.41	1.46 (104)	1.47	1.54 (105)	1.09	1.13 (104)	1.27	1.40 (110)*	1.09	1.14 (105)	1.49	1.69 (114)*	1.30	1.36 (104)**		

* および ** は対応のある場合の平均値間の差の検定でそれぞれ5%および1%水準で有意差あり.

() 内の数字は対照区を100とした時の相対値.

n はキトサン施用区数.

A 液, B 液および粉末は第1表参照.

2004年にはキチン・キトサン粉末（混合比10:1, 商品名モア・フレッシュ製, ビオキトサン）を用いた土壌混和処理も行った。

キトサン含有溶液の使用量が少なく、窒素成分以外の生育促進効果の有無を検証する施用区として、以下の4試験区を設けた。第1に、700倍希釈したキトサン溶液で催芽処理を行った種子浸漬区、第2に、700倍希釈したキトサン溶液320 mL箱⁻¹を出芽0~2日後および7~9日後の2回、ジョウロで与えた散水区、第3に、出芽直後から育苗箱を4000倍希釈したキトサン溶液に浸漬した苗浸漬4000倍区、および第4に、出芽直後から育苗箱を2000倍希釈したキトサン溶液に浸漬した苗浸漬2000倍区である。そして、キトサン資材の使用量が多く、その窒素成分を含めた生育促進効果の有無を検証する施用区として土壌重量の0.11%のキチン・キトサン粉末（混合比10:1）を育苗培土に混和した土壌混和区を設けた。これらの種子浸漬区、散水区、苗浸漬4000倍区、苗浸漬2000倍区および土壌混和区の1箱当たりのキトサン資材の使用量は、それぞれ約0.05 mL, 0.9 mL, 1.2~2.5 mL, 2.5~5 mL および4.4 gであった。また、キトサン資材無使用の対照区を設けた。上記の試験区はいずれも、播種後32℃の育苗器内で出芽させた後、育苗箱を温度傾斜型温室 (TGC) (Horieら1995) の外気入口から0 m付近 (外気温区) あるいは入口から12.5 m付近 (高温区) に搬入して、温度処理を行い、調査時まで生育させた。搬入した育苗箱は、幅60 cm, 長さ80 cm, 深さ6 cmのバット内にいれ、その水深を3~5 cmに保った。これらの作期、温度処理およびキトサン施用方法を組み合わせた64施用区とその対照区の27区の計91区で実験を行った (第1表)。なお、散水処理は、育苗箱をバットの外に出してからジョウロで与え、散水後、再び、育苗箱をバット内に入れた。

調査は、2002年は葉齢がおよそ4.0に達した時に、直径6.5 cmのコアで1箱当たり3カ所打ち抜いて、その全個体の草丈、葉齢、分げつ数を測定した。そして、葉身、葉鞘+稈および根の器官別に分けて、採取した箇所ごとに通風乾燥機内で80℃で7日間以上乾燥後、乾物重を測定した。2003年~2007年は、葉齢がおよそ5.0に達した時に、1箱当たり2列×10列の計20個体を3カ所できり、2002年と同様の方法で調査を行った。1処理区1~3枚の育苗箱を用いた。

器官別乾物重を測定後、処理区別にコーヒールで粉砕し、チャック付きのビニール袋に入れて、窒素分析を行うまで保管した。窒素は、セミマイクロケルダール法により測定した。

統計処理は、対照区とそのキトサン施用区という対応のある場合の平均値間の差の検定を行った (鐵1986)。

なお、今回、温度処理に用いたTGCは、本庄総合農場に設置した全長17.5 m, 幅4.8 m, その内部に1.8 m×15 m, 深さ1.0 mの模擬水田とその水田の横に2.8 mの

第3表 水稲品種コシヒカリの育苗時にキトサン含有溶液を施用した場合の育苗中の平均気温と苗形質 (対照区を100とした苗形質の相対値) との間の単回帰係数、回帰定数および相関係数。

苗形質	回帰係数	回帰定数	相関係数
草丈	-0.02	100.3	0.009 ns
分げつ	0.95	82.4	0.302 *
葉齢	0.44	92.5	0.366 **
1 苗当たりの乾物重			
葉身	1.59	70.1	0.483 **
葉鞘+稈	1.61	69.3	0.506 **
根	2.22	56.1	0.510 **
全植物体	1.80	64.9	0.549 **
窒素含有率			
葉身	-0.39	111.0	0.153 ns
葉鞘+稈	-0.77	118.1	0.230 ns
根	-0.43	111.1	0.128 ns
1 苗当たりの窒素含有量			
葉身	1.25	79.5	0.360 **
葉鞘+稈	0.88	85.6	0.267 *
根	2.03	61.1	0.437 **
全植物体	1.39	75.0	0.478 **

* および ** はそれぞれ5%および1%水準で有意差あり。

通路を有するもので、温度制御は温度センサーにより、TGCの奥に設置した排気ファンの回転速度を制御することで行っている。本実験はバットをこの通路に置いてその中に育苗箱を入れて行った。

結 果

対照区と各キトサン施用区における各苗形質の平均値と対応のある場合の平均値間の差の検定結果を第2表に示す。キトサンの施用方法別にみると、有意差が認められた苗形質は、窒素成分以外の生育促進効果の有無を検証する区であるB液の散水区の葉齢、A液の苗浸漬2000倍区の葉身および全植物体窒素含有量の3つの苗形質、そしてキトサン資材中の窒素成分による生育促進効果を含む土壌混和区である5つの苗形質 (葉身乾物重、葉鞘+稈窒素含有率ならびに葉身、葉鞘+稈および全植物体窒素含有量) のみであった。しかし、施用方法に関わらず、ほとんど全ての苗形質において、キトサン施用区の方が対照区より大きくなる傾向が認められた。その生育促進率である対照区を100とした時の相対値はキトサン資材の使用量の多い土壌混和区では、最大121、キトサン含有溶液の使用量の少ない土壌混和区以外の施用区では最大116であった。

次に、キトサン含有溶液の種類とそのキトサン含有率や施用方法の違いを込みとして、今回用いたキトサン含有溶液の施用による窒素成分以外の生育促進効果の有無を調べるため、土壌混和区を除く全てのキトサン含有溶液施用区と対照区との間で有意差検定を行った。その結果、葉齢ならびに葉身、葉鞘+稈および全植物体乾物重、そして葉身

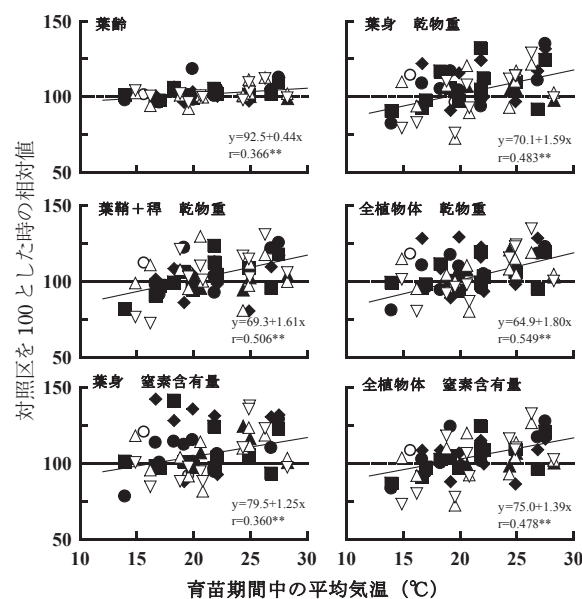
および全植物体窒素含有量の計6つの苗形質において、キトサン含有溶液施用区の方が有意に高いことが認められ、対照区を100とした時の相対値は最大で106であった。また、有意差が認められなかった残りの8つの苗形質（草丈、分けつ数、根乾物重、葉身、葉鞘+稈および根窒素含有率、そして葉鞘+稈および根窒素含有量）も、キトサン施用区の方が対照区よりもわずかに大きくなる傾向を示した。

土壌混和区を除く少量のキトサン含有溶液を施用した区について、対照区を100とした時の各苗形質と育苗期間中の平均気温との間の単回帰係数、回帰定数および相関係数を第3表に示す。草丈と窒素含有率（葉身、葉鞘+稈および根）を除く10の苗形質で、その相関係数は0.265~0.549と小さいものの、有意な正の相関関係が認められ、生育期間中の平均気温が上昇するとともに促進効果が大きくなった。有意な相関が認められなかった草丈と3つの部位の窒素含有率では、回帰係数が負もしくは0となった。キトサン含有溶液施用区の方が対照区より有意に高いことが認められた6つの苗形質について、生育期間中の平均気温との関係を見ると、その相対値が100以下を示す事例があるものの、20~22℃以上ではその事例数が減少した（第1図）。

考 察

水稻の育苗時にキトサン資材を施用した場合、その施用方法にかかわらず、各苗形質の平均値は対照区よりも大きくなる傾向を示したものの、サンプル数14以下では、有意差はほとんど認められなかった。しかし、キチンとキトサン粉末を用いた土壌混和区を除く全てのキトサン含有溶液施用区（サンプル数54）で、キトサン含有溶液の施用による窒素成分以外の生育促進効果の有無をみると、測定した全14の苗形質のうち葉齢ならびに葉身、葉鞘+稈、全植物体乾物重、葉身および全植物体窒素含有量の計6つの苗形質で有意差が認められ、その促進効果は、対照区を100とした場合の相対値で最大で106であった。すなわち、今回用いた2種類のキトサン含有溶液はそのキトサン含有率や他の溶液成分は異なるものの、これらを何らかの方法で水稻苗に少量施用すると、その生育をわずかに促進する効果があるといえる。

Ohtaら（2000）は、キトサンには約8.7%の窒素が含まれており、その窒素肥料効果がキトサンの生育促進効果につながる可能性を指摘している。本実験の場合、1箱当たりのキトサン施用の最大使用量は土壌混和区のキトサン・キチン粉末4.4g、次いでキトサン含有率5%のB溶液を使用した苗浸漬2000倍区の約5mlであった。本研究で用いたキトサン・キチン粉末の窒素含有率は測定していないもののキトサン中の窒素含有率8.7%を用いて試算すると土壌混和区で約0.38g（キトサン・キチン粉末4.4g×窒素含有率8.7%）となり、苗浸漬2000倍区で最大約0.0239g（B溶液使用量5mL×窒素含有率0.4768%）となる。この窒素量は育苗培土4kg中に含まれる窒素0.9gの2.7%



第1図 キトサン施用により有意差が認められた苗形質における育苗期間中の平均気温とキトサンの施用による促進効果との関係。
●：散水区 (A 剤), ○：散水区 (B 剤), ■：種子浸漬区 (A 剤), ◆：土壌混和区 (粉末), ▲：苗浸漬 2000 倍区 (A 剤), △：苗浸漬 4000 倍区 (B 剤), ▽：苗浸漬 4000 倍区 (B 剤)。

未満であり、また、育苗箱に充填する育苗培土量に換算すると約106g（土壌4kg×0.0239g÷0.9g）という土壌充填時に生じる実験誤差程度の量であることより、キトサンの窒素肥料効果は無視できるほど小さいと考えられる。また、キトサンを種子に吸水させただけの種子浸漬区でも、有意差は認められなかったものの水稻生育を促進する傾向があった。このことより、土壌混和区を除く全キトサン含有溶液施用区において認められた促進効果は、キトサン含有溶液中に含まれる窒素成分以外の促進効果であり、その促進効果は対照区を100とした場合の相対値で最大で106であるといえるであろう。

それに対して、土壌混和区ではキトサン資材中に含まれる窒素が、育苗培土中に含まれる窒素0.9gの約42%と多いことより、5つの苗形質（葉身乾物重、葉鞘+稈窒素含有率、葉身、葉鞘+稈および全植物体窒素含有量）で対照区を100とした場合の相対値で最大121という有意な促進効果が認められた。これは窒素成分の効果を含めたキトサン施用効果であると考えられる。

水稻に比べ極めて種子が小さく（10000~24000粒 mL⁻¹）、種子の養分量が極めて少ない花卉類（Ohtaら2004b）では、全乾物重（対照区2~28mg）が2.1~29.3倍（Ohtaら1999, 2001, 2004b）に増大し、水稻より種子は小さいものの、花卉類よりは種子の大きなハツカダイコンでは、葉乾物重（対照区約27mg）が約1.4~2.1倍に増大したという報告もある（千布ら1999）。そして、イネでは、キトサン土壌混和施用により、草丈、分けつ数および葉齢、SPAD値が有意に増加するものの、無窒素区や

低窒素区(対照区)との絶対値の差は小さいという報告がある(千布ら 2002a)。これらのことと本研究の結果より、種子の養分に依存した従属生長量が小さいほど、キトサンの施用による生育促進量が相対的に大きくなり、水稻のように従属生長量が大きいものについては、キトサンの生育促進効果は、比較的小さいものになると考えられる。

少量のキトサン含有溶液施用による生育促進効果は、草丈と窒素含有率を除く10の苗形質で、育苗期間中の生育温度が上昇するにつれて、有意に大きくなった。そして、少量のキトサン含有溶液施用区の方が対照区より有意に大きくなった6つの苗形質では、生育期間の平均気温20~22℃以上では、対照区を100とした時の相対値が100以下となる事例数が減少した(第1図)。これらの結果は、キトサン含有溶液による生育促進効果は、気温が高い方が発現しやすいことを示唆している。また、鉢植えの果樹(ムラサキクダモノトケイソウ)に、窒素施用量を対照区の3倍量とともにキトサンを施用した方が、対照区と同量の窒素とともに施用するより促進効果が顕著に発現したという報告(宇都宮ら 1998)があることを考えあわせると、生育を促進する条件の方が、キトサンの施用効果が発現しやすいと推察される。窒素含有率と平均気温との間に有意ではないものの負の相関があったのは、温度上昇に伴う促進効果の向上割合が、乾物重より窒素吸収量の方が小さいため生じた窒素濃度の希釈効果であると考えられる。

以上のことより、今回用いたキトサン含有溶液を水稻育苗時に施用した場合、キトサンによる土壤微生物相の変化(孫工・野村 1988)やエリシター効果(渋谷ら 1996, 鈴木・進士 1998)のような窒素肥料効果以外の効果により、対照区を100とした場合の相対値で106以下と小さいものの有意な生育促進が期待でき、特に育苗期間の気温が20~22℃以上でこの生育促進効果が発現しやすいと考えられる。

本研究は、水稻に対するキトサン含有溶液の施用による窒素成分以外の生育促進効果の有無とその効果の大きさを明らかにすることを目的としたため、育苗終了時で調査を終了した。そのため育苗時のキトサン含有溶液の施用が移植後の生育や収量に及ぼす影響の解明は今後の課題である。しかし、寒冷地のように移植後の初期生育が停滞しやすい地域では、育苗時のキトサン施用により苗の生育を促進することで、収量の向上や安定化に貢献できる可能性があるかと推察される。

謝辞: 本研究の一部は、株式会社モア・フレッシュおよび椿原商店の研究助成金で実施した。また、株式会社モア・フレッシュよりキトサン溶液およびキチン・キトサン粉末の提供を、椿原商店よりキトサン溶液の提供をいただいた。ここに、厚く謝意を表します。

引用文献

Ali, M., T. Horiuchi and S. Miyagawa 1997. Nodulation, nitrogen fixation

and growth of soybean plant (*Glycine max.* Merr.) in soil supplemented with chitin or chitosan. *Jpn. J. Crop Sci.* 66: 100-107.

千布寛子・芝山秀次郎・有馬進 1999. キトサン粉末の土壌混和がハツカダイコンの成長に及ぼす影響. *日作紀* 68: 199-205.

千布寛子・芝山秀次郎・光富勝・有馬進 2002a. キトサン処理がイネおよびダイズ茎葉部の生育に及ぼす影響. *日作紀* 71: 206-211.

千布寛子・芝山秀次郎・光富勝・有馬進 2002b. キトサン処理がイネおよびダイズ茎葉部のキチナーゼ活性に及ぼす影響. *日作紀* 71: 212-219.

Horie, T., H. Nakagawa, J. Nakano, K. Hamotani and H.Y. Kim 1995. Temperature gradient chamber for research on global environmental change. 2. A system designed for rice in Kyoto, Japan. *Plant Cell Environ.*, 18: 1064-1069.

古賀大三 1995. 基礎編第1章 キチン, キトサンの生物学. キチン, キトサン研究会編, キチン, キトサンハンドブック. 技報堂出版, 東京. 15-30.

中野尚夫・泉拓史・大西政夫 2005. 砂丘畑栽培ダイズに対する灌水の効果. *日作紀* 74: 404-409.

大西政夫 1995. 第13章 海外の試作状況 第2節 オーストラリア. 日本作物学会北陸支部・北陸育種談話会編. コシヒカリ. 農文協, 東京. 612-616.

Ohta, K., A. Taniguchi, K. Konishi and T. Hosoki 1999. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. *HortScience* 34: 233-234.

Ohta, K., H. Atarashi, Y. Shimatani, S. Matsumoto, T. Asao and T. Hosoki 2000. Effect of chitosan with or without nitrogen treatments on seedling growth in *Eustoma grandiflorum* (REF) cv. Shinn. 'Kairyuu Wakamurasaki'. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 63-65.

Ohta, K., T. Asao and T. Hosoki 2001. Effect of chitosan treatments on seedling growth, chitinase activity and flower quality in *Eustoma grandiflorum* (REF) Shinn. 'Kairyuu Wakamurasaki'. *J. Hort. Sci. Biotech.* 76: 612-614.

Ohta, K., M. Suzuki, S. Matsumoto, and T. Hosoki 2004a. Effect of nitrogenous organic compounds on growth and flowering in *Eustoma grandiflorum* (REF) Shinn. *HortScience* 39: 1438-1440.

Ohta, K., S. Morishita, K. Suda, N. Kobayashi and T. Hosoki 2004b. Effect of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 73: 66-68.

渋谷直人・伊藤ユキ・賀来華江 1996. イネのキチン系エリシター受容体. *植物の化学調節* 31: 125-133.

孫工弥寿雄・野村良邦 1988. キチン質有機物の土壌施用によるキャベツ萎黄病の防除効果と拮抗微生物による効果発現機構. *農及園* 63: 867-872.

鈴木馨・進士秀明 1998. エリシターとエチレンによるキチナーゼ遺伝子発現制御. *植物の化学調節* 33: 44-54.

宇都宮直樹・木内宏彰・松井美徳・竹林晃男 1998. キトサンオリゴ糖を主成分とする土壌改良材と窒素施用がムラサキクダモノトケイソウの開花および果実生長に及ぼす影響. *園学雑* 67: 567-571.

山本晴彦・古賀大三・早川誠而・大方保祐・倉崎友和・遠山宏一 1998. キチンの土壌施用がイネの生育および収量に及ぼす影響. *日作紀* 67: 452-456.

鐵健司 1986. 第1章 3.3 平均値に関する検定と推定. *応用統計ハンドブック編集委員会編. 応用統計ハンドブック. 養賢堂, 東京. 47-59.*

Effects of Application of Chitosan Solutions on the Growth of Rice Seedlings : Masao OHNISHI (*Fac. of Life and Environmental Science, Shimane Univ. , Matsue 690-1102, Japan*)

Abstract : The effects of application of chitosan solutions on the growth of rice seedling was investigated. Chitosan solutions were applied by germinating the seed in the solution, spraying the seedlings with the solution or immersing the seedlings in the solution during the nursery period. The rice seedlings were grown under submerged condition in the temperature-gradient chamber. Although each chitosan treatment slightly promoted seedling growth, a significant difference by the paired t-test was seldom found. However, when all application treatments were tested together, significant differences were found statistically in leaf number, dry weight and the amount of nitrogen absorption. The promotive effect of chitosan increased with increasing mean temperature during seedling growth period. These results indicated that chitosan application slightly promoted the growth of rice seedlings, especially at mean air temperature higher than 20–22°C during the seedling growth period.

Key words : Chitosan, Dry weight, Growth, Nitrogen, Rice, Seedling
