秋・冬期まき水稻の出芽性に関する研究

第4報 吸水種子の長期低温処理が幼植物生育に及ぼす影響*

姫 田 正 美

(農林省農事試験場)

筆者は乾田において秋・冬まきされた水稻種子の出芽性について研究³⁾を進めているが、幼植物の形態的特徴については、播種期が早い程わずかながら葉令が進むこと、第2および第3葉身長が短くなること、さらに、3～4葉期における生育の停滞、弱小苗の枯死などを加えて報告した⁴⁾。これらの点について基礎的に究明するため、1969年に若干の小試験を実施し、長期間低温処理した種子の幼植物生育の生理的および形態的検討を行つたので、その結果を報告する。

実 験 1

試験方法 1.13 比重選を行つた水稻品種 マンリョウの種子を用いた。水銀剤およびアンチフォルミン5%液による短時間消毒後、滅菌した1lまたは0.5l三角フラスコ内の滅菌水中に種子約150gを浸漬し、5°C冷蔵庫に保存した。1か月後に滅菌水の大半を除去し、さらに1か月おきに滅菌水で数回洗滌し、微生物の繁殖防止に努めた。このような処理によつて5°C処理期間135日区(I区)、75日区(II区)を設けた。無処理区(III区)には30°Cで1日浸漬した種子を供した。幼植物の生育には7cm径、高さ9cmの深型シャーレを用い、無肥料の砂耕(乾砂150g、含水率約20%)によつた。1シャーレ20個体の苗立を目標として、I区は55粒、II区は28粒、III区は22粒を6月2日に播種し、室温で出芽せしめた。出芽始は6月6日であつたが、III、II、I区の順で出芽がおくれたので、区間の温度条件をかえて出芽をおおむねそろえた後、6月7日に人工気象箱に入れた。初期7日間を、20～17°C、以後は16°Cに保ち、播種後33日間生育せしめた。

幼植物の採取を2～3日おきに行い、茎葉部、根部、種子を切り離し、形態、乾物重の調査に供した。

1回3反復で調査したが、途中より、I、II区では幼植物生育の個体差が大きくなつたので、3連のシャーレの幼植物を合せて大苗、小苗に肉眼識別した。

試験結果と考察 シャーレ平均の出芽率はI区45%、II区84%、III区95で、成苗の中、小苗の比率はI区37%、II区24%であつた。第1図に播種後日数と種子乾物重(以下種子重)、茎葉乾物重と根乾物重の和(以下茎葉+根重)、葉数および根数の関係を示す。種子重の経時的な減少は胚乳養分の減少を示すとみなされるが、III区では15日までI、II区に比して急激に、以後ゆるやかに減少した。I区は全般にゆるやかな減少を示し、II区はI区とIII区の間を示したが、終期にはIII区とほぼ等のかつた。I区でも大苗のみをとつてみると、10日にはII区にほぼ等しく、終期にはIII区と等しくなつた。

茎葉+根重はほぼ種子重の推移に対応した関係を示し、III区は15日まで急速に増加し、以後はややゆるやかに増加した。I区は全般的にゆるやかに増加し、II区はI区とIII区の間を示した。ただし、I区でも大苗についてみると、27日にはIII区と等しくなり、終期にはIII区を凌駕する程になつた。

根数は初期はIII区がもつとも多く、II区、I区の順であつたが、21日には逆にI区がもつとも多くなり、以後、I区、II区、III区の順となつた。葉数は初期はI区が他区より劣つたが、15日にはI区がもつとも多くなり、II区、III区の順を示した。終期にはI区では第5葉の抽出した個体が認められたが、他区では認められなかつた。

第2図には種子重と茎葉+根重の関係を示す。終期の2回の調査結果を除き、I区は $r=-0.995^{**}$ 、II区は $r=-0.989^{**}$ 、III区は $r=-0.991^{**}$ できわめて高い相関が認められたが、回帰直線は各区ともほぼ等しかつた。30、33日の結果は上記の回帰とはずれるが、これは本実験の範囲では胚乳養分が消失あるいはきわめて少なくなつた後も、かなりの生長が行われたためである。上記のIII区の種子重減少、茎葉+根重増加のパターンは壇上²⁾の報告に類似している。

第1表には数回の調査時における草丈、葉身長その他とそれらの変異係数(CV)を示す。草丈はIII区がもつとも長く、II区、I区の順で経過したが、次第に

* 昭和44年12月31日受理

第148回講演会(昭和44年10月)にて発表

第1図 生育日数と種子重，茎葉＋根重，根数，葉数の関係

差が減少し，終期には区間の差がほとんどなくなった。

葉身長についてみると，第2註），第3葉身長はⅢ区がもつとも長く，Ⅱ区，Ⅰ区の順で，Ⅰ区の大苗でもⅡ区，Ⅲ区より劣つた。Ⅰ区においては第2葉身が肉眼ではほとんど欠除したものの観察されたことは興味深い。第4葉身は完全展開に至っていないので，最終的には不明であるが，Ⅰ区がもつとも伸長し，Ⅱ区，Ⅲ区の順であつた。これは本実験の終期における

註）不完全葉を第1葉とする。

第2図 種子重と茎葉＋根重の関係

各区の葉令の差を示すもので，Ⅰ区とⅢ区の差は約0.5葉とみられる。葉数，根数については第1図に詳細に示してあるが，種子根重はⅢ区がもつとも重く，Ⅱ区，Ⅰ区の順であつた。各形質のCVは第4葉身長を除いては，おおむねⅠ区がもつとも大きく，Ⅱ区，Ⅲ区の順となつており，種子の低温処理によつて生育の個体差が拡大することを示している。

第2表にはT/R比および種子根重と冠根重の比（SR/CR比とする）を示す。T/R比は初期においてはⅠ区がⅡ区，Ⅲ区よりわずかながら高かつたが，中，後期にはほとんど区間の差がなかつた。SR/CR比は経時的に低くなつたが，つねにⅢ区がもつとも高く，Ⅱ区，Ⅰ区の順で，低温処理種子では根重における種子根の比重が軽いことを示している。長期低温処理によつて種子根の伸長が抑制されることは既に報じた³⁾ところであるが，SR/CR比の低下はこれと関連するものと思われる。

実 験 2

試験方法 水稻品種マンリョウの種子を用い，実験1と同様な処理方法によつて，5℃処理期間130日区（A区），60日区（B区），および無処理区（C区）を設けた。各区の種子を30℃で催芽せしめ，おおむね同じ発芽程度の種子25粒を選び，実験1と同じシャーレに濾紙上置床して，30℃暗黒条件で12日間生育せしめた。アミラーゼ活性の調査は9月27日より開始し，発芽時を第1回（0日）として1日おきに行つた。20個体を供試し，幼芽，幼根および種子全体に0.5% CaCl₂ 20mlを加えて乳鉢ですりつぶし，42℃30分放置したものの上澄液を酵素液とした。アミラーゼ活性度の測定はBlue value法^註により，2連

第1表 幼植物の生育状況

播種後日数				I	I 大苗	II	III
草	mm	丈	11	45 (33)	—	49 (20)	59 (15)
			17	76 (17)	86 (9)	90 (14)	97 (8)
			24	93 (11)	102 (7)	103 (11)	113 (7)
			30	115 (11)	119 (7)	110 (14)	114 (8)
葉身長mm	第	2	10 (31)	10 (30)	14 (24)	20 (13)	
		3	41 (29)	42 (27)	53 (27)	70 (12)	
		4	64 (21)	71 (20)	56 (27)	27 (52)	
		5	4 (-)	4 (-)	0	0	
葉	数	11	2.7 (19)	—	2.9 (3)	3.0 (17)	
		17	3.4 (18)	3.5 (20)	3.2 (13)	3.0 (0)	
根	数	11	4.7 (23)	—	5.2 (15)	5.6 (13)	
		30	7.7 (20)	7.9 (19)	6.7 (21)	6.0 (16)	
種子重 (個 体 当)	根 mg	11	0.93	—	1.45	2.27	
		17	1.79	2.20	2.77	3.25	
		30	2.49	3.02	2.90	3.85	

註 1) () は CV %

第2表 T/R比および種子根重/冠根重 (SR/CR) の推移

播種後日数		I	I 大苗	II	III
T/R	12	2.18	—	1.92	1.96
	17	1.71	1.58	1.52	1.55
	24	1.63	1.52	1.87	1.70
	30	1.80	1.65	1.77	1.80
SR/CR	12	0.87	—	1.31	1.75
	17	0.68	0.67	0.86	1.19
	24	0.63	0.60	0.72	1.15
	30	0.50	0.51	0.64	1.08

制で行った。なお、本実験では幼芽、幼根および種子を分離せずに酵素液を調整したので、別に無処理種子を本実験と同様に生育せしめ、茎葉および根と種子を分離して同じ方法でアミラーゼ活性を測定したが、茎

葉および根には微弱な活性しか認められなかつたので、本実験の結果は主に種子部におけるアミラーゼ活性を示したものとみられる。

試験結果と考察 第3表にアミラーゼ活性度の推移および生育経過を示す。活性度は発芽時にわずかながらA区がB区、C区より高かつたが、幼芽が伸長を開始した後はC区は急速に高まり、B区、A区の順となつた。しかし、区間の差は次第に減少し、第4葉抽出開始期で胚乳養分の大半が消失したと思われる最終調査時にはA区とC区の間には差がなくなつた。本実験においても幼植物の生育状況は実験1に類似し、草丈、種子根長ともに A区<B区<C区 であつたが、葉令は、C区<B区<A区であつた。幼芽の伸長とともにC区のアミラーゼ活性が急速に高まり、A区ではC区にくらべてゆるやかな活性の増加を示し、次第にC区に接近する様相は実験1において示した生長速度の区

第3表 アミラーゼ活性および生育の推移

試験区	アミラーゼ活性度						4 日		8 日		10日	12日
	0日	2日	4日	6日	8日	10日	草丈	根長	草丈	根長	草丈	葉数
A (A大苗)	74	380	970	1390	1560	1830	21mm	43mm	69mm	86mm	83mm	3.9
B	58	500	1180	1660	1690	1700	32	87	75	107	94	3.9
C	56	580	1340	1710	1630	1740	35	113	73	117	105	3.2

註 1) アミラーゼ活性度¹⁾……酵素液 1 cc が 40°C, 30 分間に Blue value (700m μ 吸光係数) を 10%低下せしめたアミロース (基質) の mg 数

註) Blue value 法は α -アミラーゼの澱粉糊精化力測定法である¹⁾。

間の傾向に対応している。このことから、長期低温処理種子の幼植物がゆるやかな生長を示す一因はアミラーゼ活性の低下にあるといえよう。なお、発芽時にはA区の活性度が他区よりまさつたが、これは既に菅原⁵⁾が指摘したところであり、低温下においても長期間の吸水状態によつてアミラーゼ活性の微弱な促進のあることを示すものと思われる。

実 験 3

試験方法 水稻品種マンリョウおよびコシヒカリの種子を供し、実験1と同様な方法によつて5°C 処理期間105日区（a区）、45日区（b区）、15日区（c区）を設けた。c区は対照区に相当する。実験1と同様に深型シャーレを用い、無肥料の砂耕によつて1シャーレ当り20～27個体の幼植物を生育せしめた。

ただし、人工気象箱の温度を20°Cに調節した。幼植物の生育は4月1日より開始したが、第3葉抽出期（4月14日～14日）、胚乳養分の大半が消失した時期（4月22日～23日）、胚乳養分が完全に消失した時期（4月29日）の3回にわたつて、幼植物根の呼吸および α -ナフチルアミン酸化力を測定した。1シャーレより約20個体の幼植物を採取し、根を長さ約2cmに切断し、直ちに実験に供した。呼吸の測定はパークロフト型のモノメーターを用い、30ml容器に生根約1gを入れ、0.1M 磷酸緩衝液（pH 7）を5cc加えて20°Cで行つた。 α -ナフチルアミン酸化力の測定は山田の方法⁶⁾により、生根約1gを供試し、浸とう時を時間として行つた。これらの測定は2回反復とした。なお、本実験においては実験1と異なり、a区においては生育弱少な苗を除外した。

試験結果と考察 マンリョウ、コシヒカリともにほぼ同様な結果を得たので、第4表には両品種の平均値を示す。呼吸速度は経時的に低下したが、とくに4月29日にはいちぢるしく低下した。各測定時においてわずかながらa区はb区、c区にくらべて低い呼吸速度を示した。 α -ナフチルアミン酸化力もおおむね経時的な低下の傾向がみとめられたが、区間の傾向は呼吸速度と同様にa区はb区、c区よりも劣つた。b区は呼

吸速度、 α -ナフチルアミン酸化力ともにc区と大差がないか、やや劣つた。種子に対する低温処理がこのようなわずかながら根の活力低下をもたらした機作は現在のところ明らかでない。

総 括

以上の一連の実験結果から、無肥料、砂耕条件下における長期低温処理種子の幼植物生育について次のような特徴を要約することができる。

1) 初期における生長速度の低下。第1図にみられるように低温処理種子では無処理種子に比し、胚乳養分の減少速度および茎葉部・根部の増加速度は緩慢である。しかし、種子重と茎葉+根重の相関にみられる回帰直線は処理にかかわらず同一であることから考えると、生長速度の差には胚乳養分の分解、移行が密接に関与していることが指摘される。この点を明らかにするために、胚乳養分の分解に関与する酵素としてアミラーゼの活性をみたが、低温処理種子におけるアミラーゼの活性は初期には劣り、次第に無処理種子に近づくという経過を示し、幼植物生育の経過と対応しており、長期低温処理によつて発芽後の胚乳養分分解酵素の活性が低下し、これが生長速度に影響することが明らかとなつた。

2) 発育の促進。実験1の範囲では低温処理種子（I区）と無処理種子（III区）の間の葉令の差は約0.5葉で明らかな差異が認められる。葉令の若干の促進は圃場においても認められた⁴⁾ところであるが、生長速度が低下するにも拘らず、発育の促進がみられることは興味深い。また、根数の増加は発育の促進に伴つて発根節が増加したためと推察されるが、幼芽、幼根の形成に関しては内部形態的な検討を要しよう。

3) 茎葉および根にみられる形態的特徴。低温処理種子の幼植物生育は生育相の進行とともに個体差が増大し、弱勢個体が出現する。既に報じたように³⁾低温処理によつて種子の活力の個体差が増大するが、活力の弱い種子は発芽力は保持しても幼植物の伸長生長に入ると弱勢個体となるものであろう。したがつて平均的にみると、常に低温処理種子の幼植物の生長は劣るが、弱勢個体を除くと、その生長は無処理種子に劣らなくなることは注目すべきであらう。ただし、強勢個体についてみても、第2、第3葉身長の短縮、種子根の伸長抑制などの特徴をもっている。

低温処理種子の幼植物における第2、第3葉身長の短縮は葉令の促進とともに圃場における秋、冬まき幼植物の生育の特徴が再現されたものであると思われる。

第4表 呼吸速度および α -ナフチルアミン酸化力

試験区	QO ₂ (ml/g. hr)			α -ナフチルアミン酸化量 (mg/g. hr)		
	14/IV	22/IV	29/IV	15/IV	23/IV	29/IV
a	1.41	1.02	0.56	1.30	1.26	1.05
b	—	1.11	0.62	1.51	1.15	1.29
c	1.52	1.33	0.63	1.59	1.35	1.32

る。根数の増加については2)でふれたが、低温処理種子では種子根重/冠根重比が小さい値を示し、根重において種子根の占める比重が軽減している。これは種子根の伸長抑制と相互関係をもつものと考えられ、発根と合せてさらに究明すべきところである。

4) 幼植物根の活力低下、圃場において胚乳養分消失期に近づくと出現する弱勢苗の枯死、第4葉鞘長の伸長抑制⁴⁾などに関連して、幼植物根の活力に着目して実験3を行つたが、低温処理種子の幼植物根の活力が若干低下していることがわかつた。このことは養分吸収系の転換期における生育抑制の一因となると考えられる。

引用文献

1. 赤堀四郎・池中徳治・萩原久二 1956. α -Amylase の澱粉糊精化力測定法. 酵素研究 2: 108—110. 朝倉書店 東京.
2. 檀上勉 1951. 禾穀類の発芽における胚乳貯蔵養分消費に関する研究. 第1報 水稻の初期生育との関係. 日作紀 19: 251—254.
3. 姫田正美 1969. 秋・冬期まき水稻の出芽性に関する研究. 第2報 長期低温下における吸水種子の二三の生理的特性. 日作紀 38: 111—115.
4. ——— 1969. 秋・冬期まき直播水稻の出芽性に関する研究. 第4報 初期生育について(講演要旨) 日作紀 38: 206.
5. 菅原清康 1954. 水稻の寒水浸に関する研究. 第1報 浸漬中における種子の変化について. 日作紀 22: 113—114.
6. 山田登 1964. 水稻根の活力診断. 戸刈・天辰編 最新稲作診断法, 下 18—54. 農業技術協会. 東京.

Studies on the Emergence of Rice Seedlings Seeded in Autumn and Winter

IV. The effect of low temperature treatment to soaking seeds on the growth of young seedlings

Masami HIMEDA

(Central Agricultural Experiment Station, Konosu, Saitama)

Summary

The present experiments were made to clarify the characteristics of the growth of young seedling from seeds soaked and kept under 5°C over a long term (45-135 days). Young seedlings were grown under un-fertilized condition until the foods-exhausted period of seeds. Results are as follows. (1) In comparison of the treated plots with the control one, the growth rate of young seedlings was slow in the early stage, which was caused by the decreased activity of the foods-decomposing enzyme (as Amylase) in seeds. On the contrary, the leaf-number was increased and this fact shows the promotion in the development of seedlings. (2) The plant height, the length of the second and the third leaf blade were shortened. The elongation of seminal roots was also suppressed, resulting in the lowered ratio of seminal roots to crown roots in weight. Coefficients of variation in these characters were increased, as the individual difference was enlarged with the growth of young seedlings. However the increased number of roots was observed, being assumably brought about by the increase of rooting nodes accompanied with that of leaf-number. (3) The physiological activity of roots was decreased and this may be related to the growth suppression of young seedlings observed at the foods-exhausted period of seeds in case of autumn and winter sowing.