ハードニング処理したコムギと水稻種子における乾燥土壌下の 出芽およびアミラーゼ活性の促進

安藤秀俊*・小葉田亨

(島根大学)

要旨: コムギと数品種の水稻種子に播種前吸水と乾燥を経験させるハードニング処理を行い、乾燥土壌下における出芽率、吸水力を示す種子の水ポテンシャル、貯蔵デンプンの低分子化と成長基質としての可給態化に重要な種子 α -アミラーゼ活性を調査した。処理したコムギ、水稻種子では圃場容水量 24% の乾燥土壌下での発芽が向上した。コムギ農林 61 号の種子の水ポテンシャルは、ハードニング処理区では -7.2 MPa、対照区では -4.8 MPa で、処理により有意に低下した。また、浸透ポテンシャルは、乾燥土壌に播種 12 時間後において、処理区では -12.7 MPa、対照区では -7.8 MPa で、処理により有意に低下した。しかし、水稻日本晴では処理による種子の両ポテンシャルへの明確な影響はなかった。ハードニング処理種子の α -アミラーゼ活性は、乾燥土壌への播種後 12 時間までに、農林 61 号では非処理種子の 2.7 倍、日本晴では 2.8 倍となり、コムギと水稻の両植物でハードニングにより α -アミラーゼ活性の増加が認められた。また、その他の日本産水稻および乾稻を含む朝鮮半島在来品種種子をハードニング処理したところ、乾燥土壌下での出芽率が高まると共に、播種前 α -アミラーゼ活性も非処理種子に比べ増大し、最大 8.3 倍に達した。これらのことから、ハードニング処理による乾燥下の発芽・出芽の向上には、播種前吸水による α -アミラーゼ発現の早期活性化が関与していると推察された。コムギにおけるハードニング種子の播種後の浸透ポテンシャルの低下は、この α -アミラーゼの早期活性化と関連があると思われたが、水稻のハードニング種子では浸透ポテンシャルの低下は起こらないことより、それ以外のメカニズムで α -アミラーゼがハードニング効果に貢献している可能性が考えられた。ハードニング処理による吸水と再乾燥によって酵素活性が発芽直前の状態に保留されているために、播種後の吸水によって発芽が促進されると考察した。

キーワード: α -アミラーゼ、コムギ、出芽、浸透ポテンシャル、水稻、ハードニング、発芽、水ポテンシャル。

発芽、出芽などの植物の初期生育過程における環境条件は、その後の生育や収量を左右する要因の一つとして極めて重要である (McDonald 1994)。中でも土壤乾燥は種子への発芽、出芽に大きな影響を及ぼす重要な要因の一つである (Steponkus ら 1980)。我国は夏作物、冬作物とも播種時の降雨量は比較的多いにもかかわらず、播種後の土壤乾燥によって作物の発芽・出芽が悪くなることはしばしば見受けられ、例えばコムギでは土中で幼芽がとぐろを巻く現象が指摘されている (瀬古 1981)。また、水稻では省力化の観点から乾田直播栽培が見直されつつあるが、播種後の土壤乾燥によって出芽・苗立ちの不安定さが問題となっている (中村 1983, 本城ら 2000)。

乾燥土壌下での発芽促進技術として、種子にあらかじめ吸水と乾燥を経験させて種子発芽率を増進させ、収量を増加させようとした試みがあり、この処理は乾燥に対する種子の播種前ハードニングと呼ばれる (中村 1985)。ハードニングはロシア (Henckel 1964)、パキスタン (Idris and Aslam 1974)、オーストラリア (Lush ら 1981)、インド (Jaiswal ら 1997) 等の半乾燥地帯においてコムギを中心に試みられてきた。Andoh and Kobata (2000, 2001) は、日本産のコムギと日本産および朝鮮半島在来の水稻種子にハードニング処理を行い、温帯湿潤地域由来の品種においても一定の条件下で発芽・出芽能力が向上することを明らかにした。種子段階での土壤の乾燥に対するハ

ードニングが有効性を持つならば我国でも栽培上その効果が大きいことが期待される。また、このような抵抗性の機構、発現の生理を明らかにすることは極めて有意義といえる (田口 1984) が、現象は確認されてもそのメカニズムについては充分明らかにされているとはいえない (Kramer 1980)。

種子の発芽過程は、一般に I 期 (急激な物理的吸水)、II 期 (一時停止)、III 期 (再吸水と発芽) があるとされる (増田 1988, 高橋 1990)。I 期において乾燥種子が水と接触して吸水を開始するのは、乾燥した細胞壁や細胞質がもたらす低いマトリックスポテンシャルである (三宅 1995)。すなわち、種子の吸水力の増加は発芽力を促進させる。さらに、I 期での吸水によって、II 期では種子内でさまざまな生化学的反応が開始されるが、 α -アミラーゼは禾穀類の種子内貯蔵物質のデンプン顆粒を直接分解する唯一の分解酵素で、発芽時の重要な生化学反応を担っている (山口 1995)。したがって、種子中の α -アミラーゼの活性は発芽過程の成長基質であるグルコースの初期生成に重要である。ハードニング効果が高くなる処理時の種子の吸水率は、発芽最適水分含有率に近いことが明らかにされている (Andoh and Kobata 2000, 2001)。すなわち、ハードニング処理による種子への吸水は種子中の初期酵素活性を発現させ、再び乾燥することでその過程を停止させている可能性がある。

そこで、本研究ではこれまでの研究でハードニングの効果が見られたコムギと水稻の種子を用いて、ハードニング処理直後の種子内の水分状態と α -ミラーゼの活性を調査し、ハードニング処理によってこれらがどのように発芽・出芽と関わっているのかを明らかにすることを目的とした。

材料と方法

1. 供試品種

コムギは、既報 (Andoh and Kobata 2001) においてハードニングの効果が認められた農林 61 号を用いた。日本産水稻は既報 (Andoh and Kobata 2000) で効果が認められた日本晴と、新たにコシヒカリを用い、朝鮮産水稻は白租、多々稲および直播きが多く乾燥土壌下において発芽が良好とされる乾稲の龍川、愛達 (永井・中嶋 1930) を用いた。これらの種子のうち、コムギ農林 61 号と日本産水稻日本晴については、ハードニング処理した種子を土壌に播種し、種子の出芽率、水ポテンシャル、浸透ポテンシャル、 α -ミラーゼ活性を経時的に調査した。コシヒカリと朝鮮産の 4 品種については、ハードニング処理した種子を土壌に播種し、種子の出芽率を調査し、また播種せずにハードニング処理した種子と非処理種子の α -ミラーゼの活性を測定した。

2. ハードニング処理

ハードニングは、種子を一定の条件で吸水・乾燥させる処理であるが、既報と同様 (Andoh and Kobata 2000, 2001)、最適発芽温度 (コムギ 23°C、水稻 34°C) において、ハードニングの効果が最も表れた条件、すなわちコムギでは 24 時間、水稻種子は 12 時間浸水・吸水させた後、もとの含水率になるまで自然乾燥させる方法で行った。種子を播種する際、土壌は 0.5 mm 目の篩を通した園芸用黒ボク土を用い、農学会法の容水量測定基準 (川口 1974) に従い飽和容水量を定め、既報において生育が低下し、処理差が明確になる圃場容水量の 24% に相当する土壌を作出した。これらの土壌を直径 6 cm、深さ 6 cm のプラスチック容器に 2 cm 入れ床土とし、その上に種子 10 粒を置床し覆土 2 cm をかけ、土壌水分の損失を防ぐためサララップ (旭化成) で覆った。これらを予め調査した最適発芽温度に設定した人工気象器で生育させ (3 反復)、播種後 6, 12, 24, 48 時間後にそれぞれ容器から種子を傷つけないように掘り起こし試料とした。なお、浸透ポテンシャルおよび α -ミラーゼ活性測定のために、試料は直ちに凍結し-83°Cで保存した。

3. 種子の含水率と出芽率の測定

種子の含水率は、吸水前または吸水後の種子の重量と 130°C で乾燥させた時の乾物重との差を求め、平均値を算出した。また、プラスチック容器に播種した種子が容器の

土壌表面から 2 mm 以上突出したものを発芽とみなし 24 時間ごとに調査した。

4. 水ポテンシャル、浸透ポテンシャルの測定

コムギ農林 61 号および水稻日本晴は、播種後 6, 12, 24, 48 時間後に掘り起こし、露点マイクロボルトメーターおよびサンプルチャンパー (Wescor Ltd. HR-33 T & C-52, Logan, Utah) で種子の水ポテンシャルを測定した (3 反復)。また、浸透ポテンシャルは、-83°C で凍結・保存した種子に蒸留水 0.1 mL を加え磨砕し、懸濁液をろ紙にしみこませて測定し、希釈分を補正して求めた。

5. α -ミラーゼの抽出と活性の測定

コムギ種子については手で脱穀し、水稻種子については穎を取り除いた後、種子を粉砕し 0.5 mm 目の篩に通し、Megazyme 社製の測定キットを用いて抽出した。すなわち、試料 0.5 g を 50 mM リンゴ酸ナトリウム、50 mM 塩化ナトリウム、2 mM 塩化カルシウムからなる 5 mL 緩衝液に入れ 3000 rpm で 10 分間遠心分離し、上澄み液を測定に供した。抽出液の α -ミラーゼ活性は、 α -ミラーゼにより特異的に分解されて色素を遊離する基質 (オリゴ誘導体: Blocked *p*-nitrophenyl maltoheptaoside) から遊離する色素量を分光光度計により測定し、McCleary and Sheehan (1987) の方法に従い、あらかじめ活性がわかっている既知の試料 (麦芽粉末) との比によって求め、乾物 1 g 当たりの活性 (mU g^{-1}) の対数値で示した。

結 果

1. 乾燥土壌下での出芽率と水・浸透ポテンシャル

吸水前の種子の平均含水率はコムギでは 14.4%、水稻では 12~14% であった (第 1 表)。ハードニング処理効果の最も高い吸水時間が適用された時の吸水後の含水率は、コムギ農林 61 号では 64.4% (24 時間吸水)、水稻では

第 1 表 コムギおよび水稻種子のハードニング処理による含水率の変化。

	吸水前の含水率 (%)	吸水後の含水率 (%)
コムギ		
農林 61 号	14.4±0.0	64.4±0.3
水稻		
日本晴	13.4±0.0	36.4±0.3
コシヒカリ	13.2±0.0	35.6±0.4
愛達	12.4±0.0	32.2±0.8
龍川	12.3±0.0	37.5±1.2
白租	13.2±0.1	31.8±1.2
多々稲	12.3±0.0	32.1±1.2

吸収時間は、コムギ種子では 24 時間、水稻種子では 12 時間とした。

各値は種子 10 粒ごと 8 反復の平均値±標準誤差。

第2表 コムギおよび水稻の播種後の出芽率。

	72時間後または84時間後(%) 1)			96時間後(%)			120時間後(%)		
	処理区	対照区	処理区/対照区	処理区	対照区	処理区/対照区	処理区	対照区	処理区/対照区
コムギ									
農林61号	67.1±3.2 a	17.1±1.8 b	3.9	82.1±1.8 a	41.3±3.1 b	2.0	89.1±2.7 a	73.3±1.5 b	1.2
水稻									
日本晴	0	0	—	26.7±5.2 a	10.8±1.8 b	2.5	75.0±6.2 a	43.3±3.6 b	1.7
愛達	5.0±2.0 a	3.33±1.9 a	1.5	87.5±4.2 a	37.5±13.9 b	2.3	100±0.0 a	85.0±3.5 b	1.2
龍川	6.67±3.0 a	13.33±5.1 b	0.5	62.5±13.4 a	92.5±6.5 b	0.7	100±0.0 a	92.5±6.5 b	1.1
白租	0	0	—	27.5±5.4 a	25.0±8.3 a	1.1	60.0±7.1 a	85.0±3.5 b	0.7
多々稲	0	0	—	0	0	—	35.0±3.5 a	5.0±0.0 b	7.0

1) コムギのデータは播種 84 時間後の値で、水稻のデータは播種 72 時間後の値である。

処理区間で同一文字を付した値の間には、LSD 法で 5% 水準で有意差がないことを示す。

出芽率はコムギ農林 61 号では種子 10 粒の平均値±標準誤差で、播種 84 時間後では 12 反復、96 時間後では 9 反復、120 時間後は 6 反復。

同様に、水稻では種子 10 粒の平均値±標準誤差で、播種 72 時間後は 6 反復、96 時間後は 4 反復、120 時間後は 2 反復。

第1図 ハードニング処理したコムギ農林 61 号および水稻日本晴種子における播種後の水ポテンシャルと浸透ポテンシャルの推移。

●: ハードニング処理区, ○: 対照区。それぞれの値は、種子の平均値±標準誤差 (3 反復) で示した。

**, * は LSD 法でそれぞれ 1%, 5% 水準で有意差があることを示す。

31.8%~37.5% (12 時間吸水) であった。吸水前の含水率に戻るまでの自然乾燥に要した時間は、コムギでは 48 時間、水稻では 24 時間であった。これらの種子を圃場容水量の 24% の乾燥土壌に播種し、人工気象器で生育させた。その結果、コムギでは播種 84 時間後から出芽が見られ、水稻では龍川と愛達が 72 時間後から見られた。コムギ、水稻とも播種 120 時間後までにおいて、ハードニング処理区の出芽率が対照区よりほとんどの品種で有意に向上した (第 2 表)。

第2図 コムギ農林 61 号および水稻日本晴種子における播種後の α -アミラーゼ活性に及ぼすハードニング処理の影響。●: ハードニング処理区, ○: 対照区。 α -アミラーゼ活性は、種子乾物 1 g 当たりの対数値±標準誤差 (3 反復) で示した。

**, * は LSD 法でそれぞれ 1%, 5% 水準で有意差があることを示す。

コムギ農林 61 号の播種前の種子の水ポテンシャルは、ハードニング処理区では -7.2 MPa で、対照区の -4.8 MPa より有意に低かった。しかし、播種 6 時間後以降は処理区、対照区とも同程度で推移した (第 1 図)。播種前の種子の浸透ポテンシャルは、ハードニング処理区では -12.3 MPa、対照区では -9.9 MPa であり、播種 24 時間後まではハードニング処理区が対照区より低い値を示したが、12 時間後のみ有意であった。日本晴の種子では、播種前の水ポテンシャルは、ハードニング処理区で -5.3 MPa、対照区で -4.8 MPa とほぼ等しく、播種 12 時間後以降は、両区ともほぼ同程度で推移した (第 1 図)。

2. α -アミラーゼ活性

農林 61 号と日本晴における、乾燥土壌に播種した種子の α -アミラーゼ活性は、農林 61 では播種 6 時間後において、日本晴では播種 24 時間後までハードニング処理区が対照区を有意に上回った (第 2 図)。その他の水稻品種の種子では、播種前の α -アミラーゼ活性は、いずれの品種でもハードニング処理によって活性が高まり、その程度

第3表 コムギおよび水稻種子のハードニング処理前後の α -ミラーゼ活性。

	処理前 ($\text{mU} \cdot \text{g}^{-1}$)	処理後	処理後/処理前
コムギ			
農林61号	26.93 $\pm$ 3.29 a	30.84 $\pm$ 2.03 a	1.15
水稻			
日本晴	27.07 $\pm$ 0.87 a	75.21 $\pm$ 0.87 b	2.78
コシヒカリ	10.92 $\pm$ 0.50 a	49.43 $\pm$ 1.05 b	4.53
愛達	10.87 $\pm$ 0.58 a	90.43 $\pm$ 3.00 b	8.32
龍川	10.72 $\pm$ 0.71 a	33.02 $\pm$ 2.79 b	3.08
白租	11.63 $\pm$ 0.05 a	78.09 $\pm$ 3.35 b	6.71
多々稲	40.54 $\pm$ 2.55 a	75.39 $\pm$ 2.31 b	1.86

各値は3反復の平均値 $\pm$ 標準誤差。

処理前後で同一文字を付した値の間には、LSD法で5%水準で有意差がないことを示す。

は品種間で異なった(第3表)。特に白租、愛達は対照区に比べ6.7~8.3倍もの高い活性を示した。

考 察

ハードニング処理では、播種前に吸収した水分はその後、もとの含水率まで乾燥させているので、播種時の水分量は処理区、対照区で同じである。すなわち、播種時の種子の水分含量の違いが発芽率の違いをもたらしたとは考えられない。ハードニング処理した種子では、水稻においては播種前から、あるいはコムギにおいては播種後6時間から α -ミラーゼ活性の増加が見られた。これは、水稻の場合は播種前の吸水処理によって種子の発芽に不可欠な α -ミラーゼ活性に関する代謝過程が活性化し、再乾燥後も保持された状態で播種され、コムギの場合は吸水処理によってそれらが活性化されるが、再乾燥によって活性が停止した状態で播種されたことを示唆する。このため、ハードニング処理したコムギ種子では播種後の吸水によって α -ミラーゼ活性が増大したと見なされる。 α -ミラーゼの活性化は吸水による貯蔵デンプンの分解を促進するので、いち早く発芽器官に対し成長基質を供給できたと考えられる。ただし、ハードニング処理効果の見られた農林61号と日本晴では播種後20~30時間までの α -ミラーゼ活性は高いのに対し、実際に出芽率に効果の見られたのは播種後72時間以降であった。従来、掘り出して確認された幼芽や種子根伸長におけるハードニング効果は少なくとも播種後40時間以降に認められたこと(Andoh and Kobata 2000, 2001)からも、 α -ミラーゼ活性の効果が植物器官の成長に効果を及ぼすまでには時間がかかると見なされる。種子のアリューロン層や胚盤上皮細胞から合成・分泌される α -ミラーゼの活性には、ジベレリンが関わっていることが知られている(山口・光永 1992)。このようなことから、コムギと水稻の生育初期ハードニング効果の発現には、播種前の吸水による α -ミラーゼ活性発現のための前段階であるジベレリンなどのホルモンの活性化、さらに播種後の α -ミラーゼの活性の早期増加が

もたらす発芽器官への成長基質の供給増加が大きく関与している可能性がある。

ただし、中津(1998)は北海道産コムギ種子に20~45%吸水させ発芽程度と α -ミラーゼ活性を調査し、発芽の有無と α -ミラーゼの活性とは必ずしも一致しないことを明らかにしている。また、Lushら(1981)はコムギとイタリアンライグラスで、Austinら(1969)もニンジンでハードニング処理の効果を認めているが、いずれも処理による胚の肥大が原因であるとし、ハードニングの効果は、胚の成長、すなわち大粒種子を用いた場合と同じ効果ではないかと指摘している。しかし、秋田ら(1998)は、低温・湛水条件下で水稻の出芽速度と胚重の関係を調査し、出芽速度の品種間差は胚重のみによって決定されるわけではなく、 α -ミラーゼやアルコール脱水素酵素の関与等が大きい可能性を指摘している。本実験においても、単に種子重当たりの α -ミラーゼの含有量のみならず、胚重の差、あるいは胚当たりの α -ミラーゼ量が、発芽に影響している可能性についても更に検討が必要である。

また、播種後の α -ミラーゼの活性増加は、胚乳のデンプン等の炭水化物分解を促進し、溶質(低分子物質)の種子内蓄積が行われた結果、細胞内の浸透ポテンシャルの低下を引き起こした可能性がある。こうした浸透ポテンシャルの低下は、水ポテンシャルの低下にともなう吸水力の増加をもたらす、低い水ポテンシャルの土壌からの水吸収を可能とすることが考えられる。ハードニング処理の効果発現には溶質の蓄積にもとづく浸透調節作用による種子の吸水力の増加があげられる。コムギ農林61号におけるハードニング処理後の浸透ポテンシャルの低下はこのことを示唆している。ただし、水稻日本晴ではハードニング処理によっても種子の浸透ポテンシャルの系統的な低下は見られなかったため、異なる種における共通のハードニング効果の作用発現機構とは見なされなかった。

ハードニング処理による播種前種子の α -ミラーゼの活性には水稻品種間で差が見られた(第3表)。愛達および多々稲のハードニング処理種子の成育初期における出芽率は、日本晴や龍川、白租に比べ向上が見られ(第2表)、また既報では幼芽長、幼根長の伸長でも高い効果が認められた(Andoh and Kobata 2000)。しかし、 α -ミラーゼ活性は、多々稲、日本晴、白租、コシヒカリ、愛達、龍川の順になり、播種前の α -ミラーゼ活性の強さは必ずしも発芽初期のハードニング効果とは一致しなかった。また、 α -ミラーゼ活性のハードニング種子/非ハードニング種子の比は、愛達が8.32倍と最大であるのに対して、多々稲は、 α -ミラーゼ活性も他の品種に比べて高いわりには、ハードニング種子/非ハードニング種子の比は1.86にとどまった(第3表)。このことは α -ミラーゼ活性が品種によって異なり、また発芽に影響する α -ミラーゼ活性そのものも品種で異なっていることを示唆す

る。

水稻種子の発芽制御メカニズムについては、近年、Mitsui and Itoh (1997), 三ツ井 (1999) によって発芽水稻種子にはイノシトール 1,4,5-3 リン酸- Ca^{2+} 情報伝達系が存在し、発芽と α -アミラーゼの発現に深く関わっていることが明らかにされている。こうした知見も踏まえて、 α -アミラーゼ活性化のハードニング効果への寄与に関して、発現機作を更に研究する必要がある。

引用文献

- 秋田重誠・尹炳星・柁木信幸 1998. 低温・湛水土壌中下でのイネの出芽速度と胚重の関係. 日作紀 67: 318—322.
- Andoh, H. and T. Kobata 2000. Does wetting and redrying the seed before sowing improve rice germination and emergence under low soil moisture conditions? Plant Prod. Sci. 3: 161—163.
- Andoh, H. and T. Kobata 2001. Effect of seed hardening, wetting and redrying before sowing, on germination and seedling emergence of a Japanese wheat variety Norin 61 in desiccated soil. Plant Prod. Sci. 4: 50—55.
- Austin, R.B., P.C. Longden and J. Hutchinson 1969. Some effects of 'Hardening' carrot seed. Ann. Bot. 33: 883—895.
- Henckel, P.A. 1964. Physiology of plants under drought. Annu. Rev. Plant Physiol. 15: 363—386.
- 本城淳子・安藤豊・角田憲一 2000. 水稻の乾田直播栽培における湛水開始時期の違いが種子の苗立ちに及ぼす影響. 土肥誌. 71: 480—487.
- Idris, M. and M. Aslam 1974. The effect of soaking and drying seeds before planting on the germination and growth of *Triticum vulgare* under normal and saline conditions. Can. J. Bot. 53: 1328—1332.
- Jaiswal, A.K., U.K. Pandey., A.P., Sharma and R.S. Yadav 1997. Effect of presowing hardening on germination and seedling growth of wheat grain (*Triticum aestivum* L.). Indian J. Plant Physiol. 2: 21—25.
- 川口桂三郎 1974. 土壌水と土壌空気. 川口桂三郎・熊田恭一・青峰重範・古坂澄石・岡島秀夫・佐々木清一・高井康雄・山根一郎・船引真吾編, 土壌学. 朝倉書店, 東京. 82—97.
- Kramer, P.J 1980. Drought stress and the origin of adaptations. In N.C Turner and P.J Kramer eds., Adaptation of plants to water and high temperature stress. A wiley-interscience publication, New York. 7—18.
- Lush, W.M., R.H. Groves and P.E. Kaye 1981. Presowing hydration-dehydration treatments in relation to seed germination and early seedling growth of wheat and rye grass. Aust. J. Plant Physiol. 8: 409—425.
- 増田芳雄 1988. 発芽. 植物生理学. 培風館, 東京. 51—64.
- McCleary, B.V and H. Sheehan 1987. Measurement of cereal α -amylase: A new assay procedure. J. Cereal Sci. 6: 237—251.
- McDonald, M.B. 1994. Seed germination and seedling establishment. In K.J. Boote, J.M., Bennett, T.R. Sinclair and G.M. Paulsen eds., Physiology and determination of crop yield. American Society of Agronomy, Inc., Crop science society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison. 37—60.
- Mitsui, T. and K. Itoh 1997. The α -amylase multigene family. Trends Plant Sci. 2: 255—261.
- 三ツ井敏明 1999. イネ種子発芽制御の分子メカニズム. 日本農芸化学会誌. 73. 1273—1281.
- 三宅博 1995. 発芽. 種子生理生化学研究会編, 種子のバイオサイエンス. 学会出版センター, 東京. 40—45.
- 永井威三郎・中嶋三郎 1930. 水稻陸稲及び乾稲の発芽に就て. 朝鮮総督府農事試験場集報 第5巻 第5号. 305—314.
- 中津智史 1998. コムギ子実吸収における吸水時間と子実水分が発芽および α -アミラーゼ活性に及ぼす影響. 日作紀 67: 165—169.
- 中村喜彰 1983. 乾田直播栽培の長所・短所. 低コスト増収の米作り. 家の光協会. 東京. 20—22.
- 中村俊一郎 1985. 発芽. 農林種子学総論. 養賢堂, 東京. 15—145.
- 瀬古秀文 1981. 中間地のムギ栽培. 農文協編, 畑作全書 ムギ類編 基礎生理と応用技術. 農文協, 東京. 705—726.
- Steponkus, P.L., J.M. Cutler and J.C. O'Toole 1980. In N.C. Turner and P. J. Kramer eds., Adaptation of plant to water and high temperature stress. John Wiley & Sons, New York. 401—418.
- 田口亮平 1984. 異常環境に対する抵抗性. 植物生理学大要 基礎と応用. 養賢堂, 東京. 334—358.
- 高橋成人 1990. 発芽と休眠. 松尾孝嶺編, 稲学大成2 発芽の生理. 農文協, 東京. 3—27.
- 山口淳二・光永伸一郎 1992. 発芽過程—ジベレリンによって発現される遺伝子群—. 蛋白質 核酸 酵素 37: 1239—1248.
- 山口淳二 1995. 種子デンプン (炭水化物) の合成と分解. 種子生理生化学研究会編, 種子のバイオサイエンス. 学会出版センター, 東京. 87—93.

Effect of Seed Hardening on the Seedling Emergence and α -amylase Activity in the Grains of Wheat and Rice Sown in Dry Soil: Hidetoshi ANDOH and Tohru KOBATA (*Fac. of Life and Environ. Sci., Shimane Univ., Matsue 690-8504, Japan*)
Abstract: Seed hardening, wetting and redrying of the seed before sowing, increases the rates of germination and seedling emergence of wheat and rice sown in dry soil. We examined the effect of the seed hardening on the water potential of seed, a driving force of water absorption from soil, and the activity of α -amylase, a key enzyme for soluble carbohydrate supply. In wheat variety Norin-61, the water and osmotic potentials at the time of sowing were -7.2 and -12.3 MPa, respectively, in the hardened seed, and was -4.8 and -9.9 MPa, respectively, in non-hardened seed. However, in rice variety Nipponbare, neither water nor osmotic potential was clearly affected by seed hardening. In hardened seeds, the activity of α -amylase at 12 hours after sowing in dry soil was 2.7 and 2.8 times as high as that in non-hardened seeds in both Norin-61 and Nipponbare, respectively. In several other Japanese varieties and Korean native varieties also, seedling emergence rate in dry soil and α -amylase activity before sowing were increased by hardening treatment, and α -amylase activity of hardened seeds

before sowing was 1.9~8.3 times as high as that of non-hardened seeds. It was assumed that the rates of germination and seedling emergence in dry soil were increased by seed hardening through the increase of soluble carbohydrate supply owing to increased α -amylase activity. However, hardening treatment did not decrease osmotic potential of rice seed. Redrying during the hardening treatment may have kept the activities of some enzymes in addition to α -amylase at the levels just before germination, and thus promoted germination.

Key words : Emergence, Germination, Hardening, Osmotic potential, Rice, Water potential, Wheat, α -amylase.

書 評

「大潟村の新しい水田農法」 庄子貞雄 監修, 新しい水田農法編集委員会 編. 農文協, 東京. 2001 年 12 月, 265 頁, 1800 円.

本書は、海面下 4 m の秋田県大潟村で厄介なヘドロ土壤と向き合い、減反という重荷を背負いながら新しい水田農法を構築した農民と農業技術者の物語「プロジェクト X」である（某テレビ番組を真似てみました）。

大潟村は秋田県西部の八郎潟干拓地に、食料増産を目的に米単作大規模機械化農業のモデルとして、1965 年に全国の注目を集めて入植が開始された。しかし、1970 年に減反政策が始まりその後強化されるに従いヤミ米事件がマスコミを騒がせた。大潟村を取り巻く情勢は、1990 年代にコメの自由化、食管法廃止、自由競争と米価低落に拍車をかける反面、良質安全で美味しい、環境にやさしいコメ作りへの消費者ニーズの変化と高付加価値化への対応が迫られていた。そんな中、転作ダイズの麦跡不耕起栽培に取り組む山崎政弘がいた。1989 年には不耕起田植機を製作し、OLISA（大潟村低投入持続型農業）研究会とともに水稻不耕起移植栽培法を産官学一体となって開発し、実践した。

第 I 章「我が家の農法」は、OLISA 研究会員による不耕起移植、無代かき移植、有機栽培、苗箱全量施肥、転作、農業機械の開発と、入植以来ヘドロ土壤と戦い続け、新しい農法を模索し続けた会員たちの、田んぼの匂いと稲作に対する頑固な情熱を感じさせる自叙伝的な物語となっている。特に代かきが赤とんぼの生活史にこれほど攪乱を与えているとは驚きであった。第 II 章「大潟村の農業と自然」では入植 20 年後に県短大に奉職した著者により、大潟村農業の歴史が自らの歩みとして語られている。また、ヘドロ土壤の特徴と残存湖の水質について既往の研究成果が取りまとめられている。第 III 章「新農業技術の生い立ち」では苗箱全量施肥、水稻不耕起移植、水稻有機栽培、ダイズ不耕起播種、不耕起水田の畑転換後の生育促進について、技術の組み立てと検証の過程が試験結果を基に解説され、開発にかかわった技術者にしか分からない工夫や苦労話が語られている。また、不耕起・無代かき栽培によって派生する残存湖の水質浄化や前述した生物相の多様化などの影響を解説している。最後にこれら新技術の普及と課題について、導入効果と周辺地域への波及効果を中心に経営的評価がなされている。

大潟村で新しい農法が生まれる産声は、ヘドロ土壤にあったのかもしれない。しかし、その起爆剤となったのはやはりチッソ（株）開発の高機能シグモイド型 LP コート（製品名：苗箱まかせ）であろう。水稻による利用率は 80 % で世界的記録が得られ、これにより環境負荷が軽減でき、かつ不耕起・無代かき移植に適する。この技術の評価は、大潟村における苗箱まかせの普及率が平成 12 年で 37 % と急速に伸びたことが如実に示している。これに対して、不耕起栽培はいまだ 0.5 % にとどまっている。本書は新技術のメリットとデメリットを経済的評価も含めて客観的に記述しており、今後日本稲作が生き残りを賭けるうえで、必要不可欠な情報を提供してくれている。久しぶりに、元氣はつらつとした稲作農家、地域と密着した情熱のある技術者、地域の未来を創る研究者に会うことができたことに感謝したい。

（岡山大学 斉藤邦行）