

## 乾畚直播에서 土壤水分條件에 따른 벼品種의 出芽特性\*\*

李洙雨\* · 明乙在\*

### Seedling Emergence of Dry-seeded Rice Varieties under Two Soil Moisture Regimes

Byun Woo Lee\* and Eul Jae Myung\*

**ABSTRACT** : Investigated were the relationships between plumule elongation characteristics and seedling emergence of 98 varieties including native, improved and red rice varieties of Korea, and varieties from U.S.A., Italy, Japan, etc. under proper and excess soil moisture regimes. Under excess soil moisture condition the seedling emergence and establishment rates were much lower in most of the varieties and the seedling emergence rates were delayed substantially in all varieties employed. The seedling emergence rates were lowest in dwarf and some semi-dwarf varieties showing poor plumule elongation under proper soil moisture condition. The seedling emergence and establishment rates were significantly correlated with the length of mesocotyl, coleoptile and incomplete leaf under both soil moisture regimes, and with the lower first and second internode length under excess soil moisture condition. Average emergence duration showed significant negative correlation with the length of mesocotyl, coleoptile and incomplete leaf under both soil moisture regimes and significant positive correlations with the first and third lower internode length. Based on the standardized partial regression analysis only the variations of mesocotyl and coleoptile length contributed significantly to the varietal difference in seedling establishment rate, and so did the variations of mesocotyl and incomplete leaf length to the varietal differences in emergence speed. In conclusion varieties with greater elongation characteristics of mesocotyl, coleoptile and incomplete leaf are desirable for higher and speedy seedling establishment in dry-direct seeding.

**Key word** : Rice, Plumule elongation, Mesocotyl, Coleoptile, Incomplete leaf, Seedling emergence, Seedling establishment, Emergence speed

벼 栽培의 低費用化 및 省力化에 대한 社會的 要請에 따라 直播栽培는 장차 主要한 栽培양식이 될 것으로 기대된다. 그러나 直播栽培가 農家에서 安

定된 벼 生産技術로 정착되기 위해서는 많은 문제점들이 해결되어야 한다. 그중에서도 立毛率의 安定적 확보가 우선적으로 해결되어야 할 과제이다.

\* 서울대학교 農業生命科學大學 農學科(College of Agriculture and Life Sciences, SNU, Suwon 441-744, Korea)

\*\* 本 研究는 韓國科學財團 '93核心專門研究課題(931-600-039-2) 研究費 支援에 의하여 遂行된 연구중 일부임.

〈'94. 8. 18. 接受〉

乾畝直播에서 立毛에 影響하는 要因은 토양온도, 토양수분, 복토심, 토양의 경도 등 종자의 發芽와 出芽에 影響하는 토양의 물리적 환경<sup>1,3,9,12,13,14,16</sup>과, 이들 물리적 환경과의 상호작용에 의해서 發現程度가 달라지는 品種의 遺傳的 特性이다. 건답직파는 저온기에 파종이 되므로 出芽·立毛가 不安定하다. 따라서 直播適應品種은 低溫發芽性이 높고 출아소요일수가 짧아야 한다. 또한 파종이 깊게 될 경우 中胚軸과 鞘葉의 伸長이 잘 안되는 품종은 토중에서 본엽이 추출 전개되는데<sup>1,3,12</sup> 본엽은 추출력이 약하여<sup>2)</sup> 표토가 건조되어 土膜(crust)이 약하게 형성되는 경우에도 출아가 불량하여지므로 中胚軸<sup>6,7,15,18</sup>, 低立節間<sup>8,9</sup>, 鞘葉<sup>7,9,15,18</sup>의 伸張度가 큰 품종이 出芽, 立毛에 유리한 것으로 보고되고 있다. 中胚軸, 低立節間 및 鞘葉의 伸長程度는 品種에 따라서 다양한 변이를 보이는데<sup>8,10,11,18</sup> 일반적으로 Japonica 品種은 통일계나 Indica 品種보다 中胚軸 신장이 잘 안되어<sup>11,12</sup> 우리나라와 일본의 Japonica 재배품종은 파종심이 3cm 이상이 되면 출아율이 현저하게 저하한다<sup>9,12</sup>). 따라서 직파적응성 품종을 육성하기 위해서는 다양한 유전적 배경을 가진 품종들을 대상으로 幼芽의 신장특성과 출아·입모와의 관계가 우선적으로 평가되어야 하기에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구는 우리나라의 在來稻와 육성품종을 비롯하여 미국, 이태리, 일본, 중국 등에서 유래한 유전적 배경이 다양한 품종들을 대상으로 적습과 과습상태의 건답직파조건에서 立毛와 幼芽의 신장특성의 변이, 이들 특성간의 상호관계를 검토하여 직파재배 적응품종육성, 건답직파재배에서 안정적인 입모를 확보하기 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

## 材料 및 方法

본 실험은 1993년에 양주변을 터서 통풍이 되도록 한 비닐하우스에서 低面에 구멍이 뚫린 플라스틱 상자(40cm×60cm×15cm)를 이용하여 실시하였다. 공시 품종은 표 1에서 보는 바와 같이 우리나라에서 수집된 사래벼, 앵미, 재래도, 국내육성 통일계 및 Japonica 품종, 미국품종, IRRI 육성품

종, 인도품종, 이태리품종, 소련품종 등 98개 품종으로 종자는 전년도에 서울대 농생대 육종연구실과 작물시험장으로부터 분양받아 포장에서 증식한 후 밀봉하여 냉장고에 저장하였다가 실험에 사용하였다.

파종은 플라스틱 상자에 식양토를 5cm 충전한 후 포트당 16품종(약 2cm 간격)을 50립씩 파종한 다음 4.5cm 복토하였다. 모든 품종에 대하여 적습과 과습 두 처리를 하였는데 적습은 파종 후 상자를 물에 담가 저면으로부터 토양표면까지 완전히 스며들오른 후 물에서 꺼내어 치상하였으며, 토양수분상태에 따라 2~3일에 1회씩 위와 같은 과정을 반복하였다. 과습처리는 파종 후 상자의 저면으로부터 4cm까지 물에 잠기도록 하여 이 상태를 파종 후 15일까지 계속 유지하였으며, 그 이후는 상자의 밀면과 수면을 비슷하게 유지하여 토양이 포습상태가 되도록 하였다.

파종은 5월 8일에 하였는데 파종 당시의 일평균 기온과 지중 3cm 지온은 각각 17.6℃와 17.1℃였으며 파종 후 30일 간의 평균기온은 각각 19.7℃와 20℃였다. 파종에서 파종 후 30일까지 2일간격으로 출아 개체수를 조사하였으며, 파종 후 30일에 식물체를 캐내어 중배축장, 제1, 2 및 3절간장, 초엽장, 불완전엽장 등을 조사하였다. 평균출아일수(AVET)는 다음과 같이 계산하였다.

$AVET = \sum NiDi / \sum Ni$ , 여기서 Ni는 파종 후 i번째 일(Di)에 출아한 개체수이다.

## 結 果

### 1. 立毛率과 平均出芽日數의 變異

적습과 과습조건 모두 出芽率과 立毛率간에는 고도로 유의한 正의 상관(각각  $r=0.941^{***}$ ,  $r=0.984^{***}$ )이 있으므로 품종들의 입모율만을 나타낸 것이 그림 1이다. 품종들의 적습과 과습조건에서 입모율간에는 상관이 없었으며 대부분의 품종들의 과습조건에서 입모율이 떨어지는 경향이다. 그러나 우리나라의 통일계 품종들은 과습조건에서 입모율이 오히려 높았는데 그 원인은 분명하지 않으며 이에 대해서는 구체적인 연구검토가 필요한 것

Table 1. List of varieties used in the experiments

Group	Variety
Korea(41)*	
Sharebyeo (9)	Galsaekggarakshare(1)**, Ginggarakshare(2), Mongeunshare(3), Ssalshare(4), Galsaekssalshare(5), Share-39-1-B(6), Sanchungangmi(7), Sanchungangmi-1-2-1-1-1-B(8), Angmi(12)
Native rice (6)	Dadajo(9), Jondongii(10), Dudo(11), Sando(13), Mojodo(14), Bandalbyeo(15)
Tongil type(8)	Milyang 23(16), Raekyung(17), Tongil(18), Samgang(19), Jungwon(20), Nampung(21), Yongjoo(22), Yushin(23)
Japonica type(18)	Milyang 95(24), Hwasung(25), Nonggrimna 1(2), Jinheung(27), Nakdong(28), Sangpung(29), Pungok(30), Paldal(31), Seoan(32), Chungmyung(33), Jangan(34), Dongjin(35), Choochung(41)
	Youngduk(37), Hwachung(38), Sumjin(39), Palgong(40), Ilpum(36)
USA(31)	M5(42), M7(43), M101(44), M102(45), M201(46), M202(47), M203(48), M302(49), M401(50), L201(51), L202(52), S6(53), S101(54), S201(55), S301(56), Calrose 76(58), Caloro(59), Calysa(60), Calmochi 101(61), CM101(62), CM102(63), CS-MS(64), LS-S4(65), Labelle(66), Short Labelle(67), Nato(68), Mars(69), Tebonet(70), New Bonnet(71), A301(72)
IRRI(2)	IR 36(73), IR 50(74)
Italy(4)	Italiconaverneco(75), Bonni(76), Cselzaz(77), Arborio(78)
Japan(4)	Hayamasari(79), Hokuriku 96(80), Aichi 44(81), Akenohoshi(82)
India(5)	Gogowierie(83), India Dula(84), Malagit Sinaguang(85), Weld Pally(86), Chinsura Boro(87)
Russia(4)	Stejaree(88), Cuban 3(89), Sonnitsunui(90), Dunghanshali(91)
Egypt(1)	Giza(92)
China(2)	Manbo 21(93), Guichow(94)
Others(4)	Grass DD(dwarf)(59), JP--5-IR-946-2-2-2 /IR135-2F(96), Sugary(97) B3619C-Tb-8-1-4(98)

\*No. of varieties. \*\*Variety number.

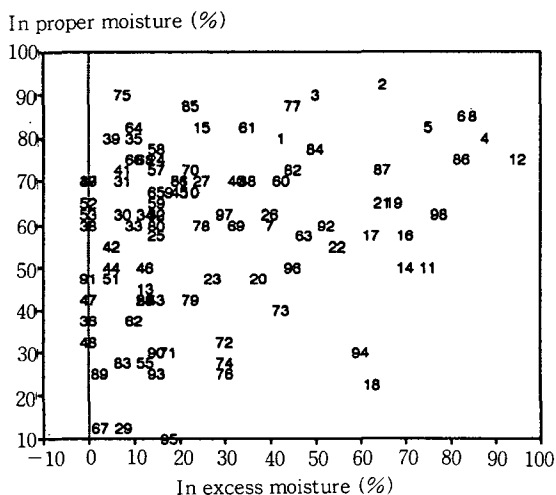


Fig. 1. Relationship between seedling establishment rates of varieties dry-seeded at 4.5cm deep under proper and excess soil moisture conditions.

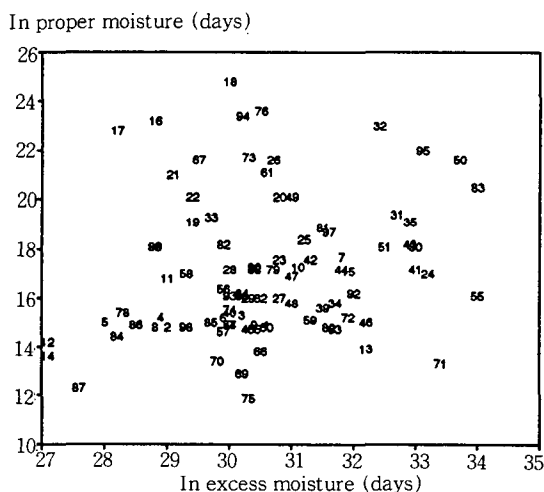


Fig. 2. Relationship between average emergence time(days) of varieties dry-seeded at 4.5cm deep under proper and excess soil moisture conditions.

으로 사료된다.

샤레벼, 쌀샤레, 갈색쌀샤레, 샤레-39-B 및 산청앵미와 Chinsura Boro 등은 양조건에서 모두 높은 입모율을 나타내었다. 적습조건에서의 입모율은 품종에 따라서 5~92.5%의 변이를 보였는데 가장 낮은 입모율을 보인 품종은 통일과 왜성종인 Grass DD로 5%였으며, 다음이 Short Laballe, Cuban3, Bonni 등이 20% 이하의 극히 낮은 출아율을 보였고 긴까락샤레, 몽근샤레, 산청앵미-1-2-1-1-B, Cselzaz 등은 80% 이상의 높은 입모율을 나타내었다.

우리나라 재배품종 중 통일계는 공시한 8개 품종 모두 50% 이하의 낮은 입모율을 나타내었으며, 공시한 18개의 Japonica 품종은 12.5~80% 범위의 입모율을 나타내었는데 이중 동진벼와 섬진벼가 가장 입모율이 높았다.

그림 2는 적습과 과습조건에서 평균출아일수를 나타낸 것이다. 적습과 과습조건에서 품종들의 평균출아일수간에는 상관성이 없었으며 모든 품종에서 과습조건이 되면 출아기간이 연장되었다. 적습조건에서 출아일수는 약 12일에서 25일까지 변이폭이 매우 컸다. 출아일수가 가장 짧은 품종은 Italiconaverneco로 11.9일이었으며 다음이 Chinsura

Boro로 12.3일이었고 산도, 모조도, Mars, Tebonnet, New Bonnet 등이 13~14일이었다. 우리나라 재배품종 중 통일계는 공시품종 모두가 17일 이상으로 출아일수가 길었으며 Japonica 품종은 15.4~23일의 범위였다.

적습조건에서 품종들의 평균출아일수와 입모율 사이에는 유의한 부의 상관성이 있어 출아속도가 빠른 품종이 입모율이 높은 경향이었으나, 같은 정도의 출아일수를 보이는 품종일지라도 입모율에는 품종간 차이가 매우 컸다(그림 3). 공시한 품종들 중 입모율이 70% 이상이고 평균출아일수가 14일 이하인 품종은 Italiconaverneco, Chinsura Boro, Labelle, Tebonnet 등이었으며, 우리나라의 샤레벼들은 대부분이 입모율은 높았으나 평균 출아일수는 15일 내외로 빠른 편은 아니었다.

## 2. 中胚軸長과 鞘葉長의 變異

적습과 과습조건에서 中胚軸長을 나타낸 것이 그림 4이다. 양 조건에서의 품종들의 중배축장간에는 높은 상관성이 있어 적습조건에서 긴 품종은 과습조건에서도 긴 경향이였다. 그리고 대부분의 품종이 적습조건보다도 과습조건에서 중배축장이 긴 경향이었는데 긴까락샤레, 쌀샤레, 샤레39-1-B, 산청앵미-1-2-1-1-B 등의 샤레벼와 용주벼, 남풍벼,

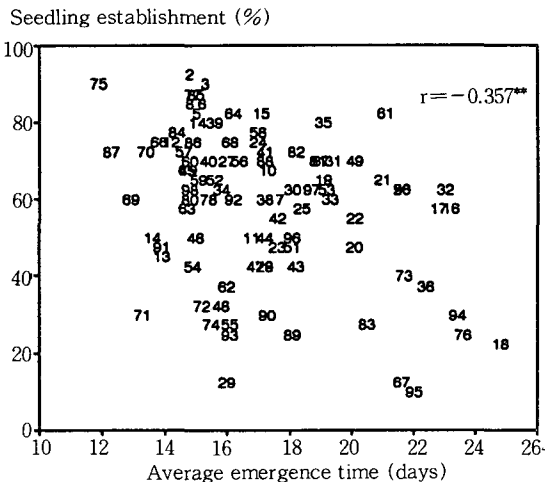


Fig. 3. Relationship between average emergence time and seedling establishment rates of varieties dry-seeded at 4.5cm deep under proper soil moisture conditions.

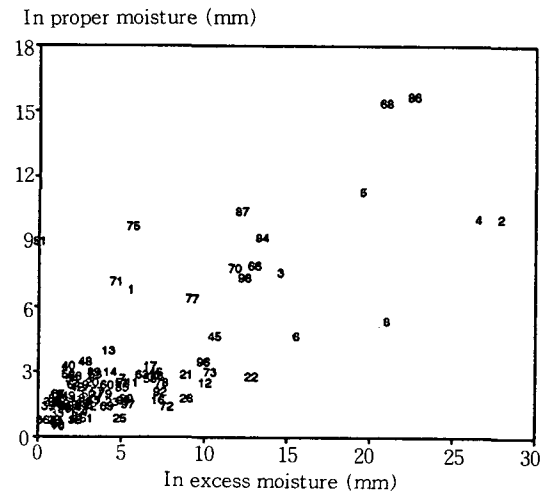


Fig. 4. Relationship between mesocotyl length of varieties dry-seeded at 4.5cm deep under proper and excess soil moisture conditions.

밀양23호, 유신 등의 통일계 품종은 과습에서 중배축장은 적습의 2.5배 이상이었다. 적습조건에서 품종들의 중배축장은 1~16mm의 변이를 보였는데 우리나라의 재래품종들과 육성품종들은 모두 4mm 이하로 매우 짧았으며 품종간 변이도 크지 않았다. 적습에서 중배축장의 신장성이 큰 품종들은 Weld Pally, Nato, Chinsura Boro, Italiconaverneco 등과 긴가락샤레, 쌀샤레, 갈색 쌀샤레 등의 샤레벼들이었다. 과습조건에서 중배축장은 품종간에 0~28mm의 변이를 보였는데, 긴가락샤레, 쌀샤레, 갈색쌀샤레 등의 샤레벼와 미국의 Mars, 인도의 Weld Pally 등이 중배축장이 컸으며 적습에서 비교적 중배축장이 길었던 Dughanshari, Italiconaverneco 등은 과습조건에서 중배축의 신장이 매우 억제되었다.

그림 5는 적습과 과습조건에서 품종들의 鞘葉長을 나타낸 것으로 中胚軸長과는 달리 양조건에서 품종들의 초엽장간에는 상관성이 없었다. 적습조건에서 초엽장은 15~45mm 범위였는데 이태리 품종인 Arborio와 Cselzaz가 40mm 이상으로 길었으며 20mm 이하로 가장 짧은 품종은 밀양 23호, IR50, Short labelle, 통일, Guichow 등의 반왜성 품종들로 23mm 이하였다. 한편 과습조건에서는

5~40mm의 범위로 일품벼, 영덕벼, L202, Dughanshari 등은 10mm 이하로 초엽장이 매우 짧았으며 가장 긴 품종은 Chinsura Boro와 B3619C-Tb-8-1-4로 35mm 이상이었다.

### 3. 低位節間長과 不完全葉長の 變異

地中の 제 1, 2, 3 절간장 및 불완전엽장의 변이를 품종군별 평균과 범위로 표현한 것이 표 2이다. 제1절간과 제3절간의 길이는 품종간의 변이가 매우 작으며 또한 신장정도도 작아 적습과 과습조건 모두 10mm 이하였다. 그러나 제2절간은 신장정도도 제1 및 제3 절간에 비하여 클 뿐만 아니라 품종간 변이도 비교적 컸다. 대체로 제2절간장은 과습조건에서보다는 적습조건에서 신장정도가 컸으며 적습조건에서는 품종간에 1~17mm의 변이를 보였고 과습조건에서는 0~16mm의 변이를 나타내었다. 한편 제2절간장의 변이는 품종군간의 변이보다는 같은 품종군 내에서 품종간의 변이가 더 컸다. 불완전엽장은 과습조건보다는 적습조건에서 대체로 큰 경향이었는데 적습조건에서는 26~49mm, 과습조건에서는 4~49mm의 품종간 변이를 보였는데 품종군간 변이보다는 품종군내 품종간 변이의 폭이 더 컸다.

### 4. 立毛率과 幼芽生長形質間의 關係

중배축장, 지중 절간장, 불완전엽장 등의 유아생장형질, 출아율, 입모율, 평균출아일수간의 單純相關關係를 나타낸 것이 표 3이다. 유아생장형질간의 상관관계를 보면 중배축장은 제1절간장과는 적·과습조건 모두 유의한 正의 상관성이 제3절간장과는 유의한 負의 상관성이 있으나 제2절간장과는 상관성이 없었으며, 초엽장과는 과습조건에서만 그리고 불완전엽장과는 양조건에서 고도로 유의한 正의 상관성이 있었다. 한편 초엽장은 적습조건에서는 제1절 및 제2절간장과는 상관성이 없었으나 과습조건에서는 고도로 유의한 正의 상관성이 인정되었으며 불완전엽장과는 양조건에서 모두 고도로 유의한 正의 상관 관계가 인정되었다.

입모율과 출아율은 적·과습조건 모두 중배축장, 초엽장 및 불완전엽장과 고도로 유의한 正의 상관성을 보여 이들의 신장이 잘되는 품종이 출아·

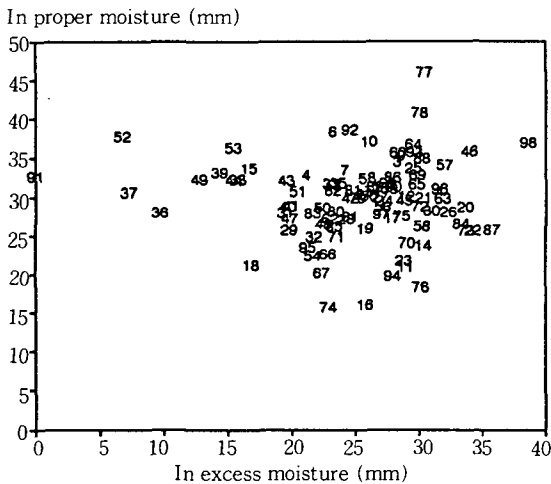


Fig. 5. Relationship between coleoptile lengths of varieties dry-seeded at 4.5cm deep under proper and excess soil moisture conditions.

Table 2. Lower internodes and incomplete leaf length at 30 days after sowing at 4.5cm depth in dry seedbed with proper and excess moisture

Origin	Internode, mm						Incomplete leaf mm	
	1st		2nd		3rd		Mean	Range
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range		
----- Proper moisture -----								
Korea								
Sharebyeo(9)	2.4	1.5~3.7	7.2	4.8~11.7	0.2	0~1.0	37.6	34.3~39.5
Native rice(6)	1.8	1.2~2.4	9.7	5.2~13.3	0.9	0~3.3	39.1	35.4~48.6
Tongil type(8)	2.6	1.2~5.5	10.4	1.7~14.4	2.7	0~5.6	32.4	25.8~39.1
Jap. type(18)	1.3	0.7~2.1	3.6	1.3~7.7	1.5	0~6.4	33.7	29.2~38.4
USA(31)	1.6	1.0~2.9	6.9	0.8~16.6	1.5	0~6.5	40.0	26.1~46.1
IRRI(2)	2.7	1.3~4.1	13.1	12.7~13.5	1.9	1.6~2.2	28.6	28.5~28.7
Italy(4)	1.6	1.4~1.7	3.9	2.2~6.2	0.0	0~0	39.9	25.7~48.4
Japan(4)	1.6	1.3~1.7	6.1	3.9~11.1	0.9	0~2.6	35.6	29.6~40.8
India(5)	2.6	0.9~4.5	4.9	2.9~7.3	0.6	0~2.6	37.7	30.5~42.5
Russia(4)	2.5	1.5~4.5	9.5	6.1~12.9	0.7	0~1.6	42.6	40.5~45.4
Egypt(1)	1.8		8.8		1.0		39.3	
China(2)	1.5	1.4~1.6	13.5	10.6~16.3	4.9	2.5~7.3	34.4	29.2~39.5
Others(4)	2.0	1.3~3.1	9.2	5.4~12.5	1.0	0~1.7	38.2	27.9~45
----- Excess moisture -----								
Korea								
Sharebyeo(9)	1.7	0.0~4.1	6.4	0.0~14.5	0.0	0~0	27.2	19.0~31.1
Native rice(6)	1.3	0.8~2.0	6.1	2.3~12.3	2.1	0~12.3	26.8	17.6~35.9
Tongil type(8)	1.4	1.0~1.9	6.7	0.8~9.6	0.0	0~0	33.5	18.6~38.6
Jap. type(18)	0.7	0.0~1.0	2.5	0.0~9.4	0.6	0~4.3	18.2	4.0~35.6
USA(31)	1.3	0.0~3.5	4.3	0.0~12.8	0.6	0~12.3	25.5	8.3~40.8
IRRI(2)	1.6	1.3~1.8	10.2	4.6~15.8	0.0	0~0	31.0	22.0~40.0
Italy(4)	1.4	0.6~2.3	6.2	1.3~8.9	0.0	0~0	36.4	27.4~43.6
Japan(4)	1.1	0.8~1.3	4.6	2.4~6.6	0.0	0~0	26.7	19.5~33.4
India(5)	1.6	1.3~2.3	5.3	0.6~10.5	0.0	0~0	36.8	18.2~49.2
Russia(4)	0.9	0.0~1.3	4.5	0.0~11.8	1.3	0~5.2	17.3	0.0~31.2
Egypt(1)	1.5		8.4		9.7		23.1	
China(2)	1.5	1.3~1.7	7.9	6.1~9.6	0.0	0~0	34.4	30.6~38.1
Others(4)	1.3	0.8~1.9	4.0	0.8~5.5	0.6	0~2.4	32.1	10.3~48.2

입모에 유리한 것으로 보였으며, 또한 과습조건에서는 제1 및 제2절간장도 유의한 정의 상관성이 있었다. 평균출아일수는 적습이나 과습조건 모두 증배축장, 초엽장 및 불완전엽장과 고도로 유의한 정의 상관관을 보여 이들의 신장정도가 큰품종들이 대체로 출아속도가 빠른 것으로 판단되었다.

앞에서 본 바와 같이 증배축장과 초엽장은 각각 입모율과 정의 상관관을 보이고 있는데 적습조건에서 이들을 합한 유아장과 입모율의 관계를 나타낸 것이 그림 6이다. 유아장은 17mm에서 53사이에서 품종간 변이를 보였는데 대체로 왜성 또는 반왜성 유전자를 가진 품종들이 짧았으며 Cselzaz, Nato, Weld Pally 등이 45mm 이상으로 가장 길었고 우리나라의 샤레벼들은 40~45mm 사이로 큰 편이었

다. 유아장과 입모율간에는 고도로 유의한 정의 상관성이 있어 유아가 길게 신장하는 품종이 입모율이 높았으나 같은 유아장에서도 입모율에 상당한 품종간 변이가 있었다.

유아생장형질과 출아, 입모 및 평균 발아일수간의 표준편회귀분석을 한 것이 표 3이다. 적습조건에서 출아율과 입모율의 품종간 변이는 유아신장형질들의 변이로 각각 39%와 32% 밖에는 설명되지 않았으나 증배축장과 초엽장은 고도로 유의한 정의 寄與를 하여 품종들의 출아·입모율의 변이는 이들 형질의 신장정도와 매우 밀접한 관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 한편 과습조건에서는 적습조건에서와는 다소 상이하여 증배축장과 제2절간장이 유의한 정의 기여를 하였다.

## 考 察

적습조건에서 평균출아일수의 품종간 변이에 유의하게 기여하는 형질은 중배축장, 제1 및 제3절간장, 불완전엽장이었는데 중배축장과 불완전엽장은 부의 회귀관계를 나타내어 다른 특성이 같다면 이의 신장이 큰 품종들이 빠르고, 반대로 제1 및 제3절간장은 정의 회귀계수를 나타내어 이들의 신장 정도가 큰 품종은 다른 특성이 같다면 출아속도가 지연되는 것으로 판단된다. 한편 과습조건에서는 중배축장만이 평균출아일수와 유의한 부의 편회귀관계를 나타내었다.

건답직파에서 立毛率은 토양온도, 토양수분함량, 산소농도 등 發芽에 필수적인 요인과 발아 후 幼芽의 伸長·出芽하는 과정 중에 부딪히게 되는 토양의 경도, 복토심 등 물리적 환경 및 이들 물리적 환경과 상호작용에 의하여 발현정도가 달라지는 品種의 유전적 특성 등에 의하여 결정된다. 본 연구는 입모에 영향하는 요인 중 토양수분조건 즉 적습과 과습조건에서 품종들의 幼芽伸長特性과 立毛率과의 관계를 검토하고자 하였다.

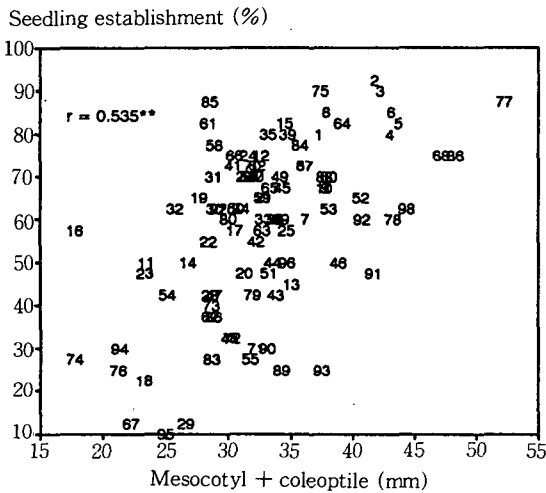


Fig. 6. Relationship between plumule length and seedling establishment rates of varieties dry-seeded at 4.5cm deep under proper soil moisture condition.

과습조건에는 적습조건에 비하여 대부분의 品種들이 출아속도가 느리고 출아율이 현저하게 낮아져(그림 1, 그림 2) 과습조건에서는 토양 중의 산소 결핍으로 인한 종자의 호흡장애로 인하여 출아율이 저해된다는 기존의 보고들<sup>3,13,14</sup>과 같은 결과였다. 그러나 통일벼, 밀양23호, 내경, 남풍 등 대부분의 통일계 품종들은 출아기간은 적습조건에 비하여 현저하게 지연되었으나 출아율은 적습조건에서보다 오히려 과습조건에서 높았다(그림 1). 이것은 적습조건에서보다 과습조건에서 중배축의 신장 정도가 클 뿐만 아니라(그림 4) 과습조건에서는 적습조건에서보다 토양의 경도가 약하여 토중에서 전개된 본엽의 추출이 유리하였기 때문인 것으로 사료되나 그 원인에 대해서는 보다 구체적인 연구가 필요하다.

中胚軸과 鞘葉의 伸長 程度는 토양의 수분함량과 산소조건<sup>11,15,16,17,19</sup>에 따라서 달라지는데 中胚軸

Table 3. Correlation coefficients among seedling emergence related characteristics of 98 rice varieties determined 30 days after sowing at 4.5cm in dry seedbed with proper(lower diagonal) and excess(upper diagonal) soil moisture

	MeL	1st	2nd	3rd	ColL	ICLL	ER	SR	AET
Mesocotyl length(MeL)		0.270**	0.028	-0.135	0.346**	0.533**	0.640**	0.609**	-0.483**
1st internode length(1st)	0.256*		0.441**	-0.025	0.439**	0.497**	0.310**	0.263**	-0.169
2nd internode length(2nd)	-0.128	0.277**		0.004	0.387**	0.393**	0.319**	0.281**	-0.125
3rd internode length(3rd)	-0.388**	-0.208**	0.322**		0.063	-0.147	-0.055	-0.061	0.136
Coleoptile length(ColL)	0.106	-0.001	-0.110	-0.253*		0.781**	0.427**	0.435**	-0.367**
Incomplete leaf length(ICLL)	0.372**	0.038	-0.152	-0.392	0.535**		0.543**	0.562**	-0.456**
Emergence rate(ER)	0.389**	-0.085	-0.204*	-0.306**	0.481**	0.360**		0.984**	-0.613**
Standing rate(SR)	0.362**	-0.014	-0.188	-0.259**	0.435**	0.250*	0.941**		-0.666**
Average emergence time(AET)	-0.450**	0.091	0.170	0.459**	-0.356**	-0.678**	-0.542**	-0.357**	

은 토양 수분함량이 많은 조건보다는 적은 조건<sup>14)</sup>에서, 그리고 無酸素條件보다는 산소가 있는 조건<sup>15)</sup>에서 신장이 촉진된다고 한다. 그러나 본 연구에서는 품종에 따라 적습과 과습조건에서의 신장반응이 상이하여 적습조건에서 신장이 잘 되었던 Italiconaverneco, Dunganshali, New Bonnet, 갈색까락샤레 등은 과습조건에서 신장이 크게 억제되었으며, 또한 우리나라 Japonica 품종 대부분도 같은 반응을 나타내어 이들의 보고와 일치하는 경향이였다. 이와는 정반대로 대부분의 샤레벼와 통일계 품종들은 과습조건에서 신장이 크게 촉진되어 품종간에 상이한 반응을 나타내어(그림 4), 과습조건에서 중배축의 신장의 정도가 컸다. 이것은 이 품종들이 저온 과습조건에서 발아가 지연되었다가 물의 수위를 낮추어 비교적 토양수분조건을 적습조건에 가깝게 유지한 이후 발아·신장하기 시작하여 적습조건에서보다 상대적으로 높은 온도에서 신장이 이루어져 중배축의 신장이 고온에 의하여 촉진된 것인지 또는 품종간에 토양수분조건에 따른 신장반응이 다른 것인지는 불분명하며 이에 대해서는 보다 구체적인 검토가 필요한 것으로 사료된다.

한편 鞘葉의 伸長은 산소가 부족한 조건에서 촉진된다고 하는데<sup>17,19)</sup>, 본 연구에서는 토양중 산소조건이 매우 상이하였을 것으로 추측되는 적습과 과습조건에서의 초엽신장정도는 품종에 따라서 매우 상이하여 적습조건에서 초엽신장이 잘되는 품종과 반대로 과습조건에서 신장정도가 가장 큰 품종이 있어 일관된 결과를 보이지 않았다. 이에 대해서는 보다 구체적인 검토가 있어야 할 것으로 사료된다.

건답조건에서 지중 4.5cm에 과중하여 조사한 품종들의 出芽·立毛率은 적·과습조건 모두 中胚軸長, 鞘葉長 및 不完全葉長과 고도로 유사한 정의 상관관을 보여 이들의 신장정도가 큰 품종이 대체로 높은 출아·입모율을 나타내었으며, 또한 지중의 제1 및 제2절간장과는 출아일수가 크게 지연되었던 과습조건에서만 유의한 정의 상관관을 나타내었다(표 3). 그런데 海妻 등<sup>8)</sup> 川廷 등<sup>9)</sup>은 중배축의 신장정도는 출아와 입모에 공현하는 정도가 적고 오히려 地中の 低立節間的 伸長 程度가 출아율과 보다 밀접한 관계를 가지고 있다고 하여 본 연구의 적습조건에서의 결과와는 상반된 결과였다. 그러

나 海妻 등<sup>8)</sup>의 연구는 中胚軸의 伸長 程度가 작은 Japonica 품종들과 이들의 F2분리 세대 중자를 이용하여 출아하는데 전혀 물리적 저항을 주지 않는 조건 즉 Vermiculite에서 6cm로 과중하여 검토한 결과이며 또한 川廷 등<sup>9)</sup>도 중배축의 신장이 잘 안되는 農林29號를 대상으로 한 결과로서 중배축의 신장정도가 매우 상이한 품종들을 가지고 실제의 건답직파와 유사한 조건에서 한 본 실험조건과는 다르다. 심파조건에서 鞘葉이나 불완전엽이 지표면까지 신장하지 못하고 지중에서 본엽이 전개하게 되면 본엽의 추출력은 불완전엽이나 초엽의 추출력에 비하여 약하므로<sup>2)</sup> 토양이 조금만 견고하여도 지표를 뚫고 나오지 못하여 출아력이 떨어질 것으로 추측할 수 있다. 그런데 유아의 신장특성으로 보아 가장 먼저 신장을 하는 중배축의 신장정도가 작은 것은 초엽의 신장이 지중에서 정지하고 본엽이 지중에서 전개할 확률이 커진다. 토양의 물리적 저항이 작은 경우에는 지하절간이 신장하여 본엽을 지상으로 出芽시켜 정상적으로 추출할 수 있으므로 제2, 제3절간의 신장정도와 출아 입모율과는 정의 상관관을 보일 수 있으나, 토양이 건조하여져 딱딱하여지거나 표토의 토막(crust)이 생기는 등 물리적 저항이 있는 경우는 출아하지 못하게 될 것이므로 이 경우는 지하절간의 신장정도가 출아에 영향하지 못할 것으로 사료된다. 이는 본 연구에서 표토 가까이 있는 어느 정도 건조하여 토양이 고결되거나 미약한 토막이 형성되었던 적습조건에서는 지하절간의 신장이 출아와는 상관없이 없고, 토양의 물리적 저항이 약한 과습조건에서만 출아·입모율과 유의한 정의 상관관이 있었던 결과로부터도 추측할 수 있다. 결국 실제의 포장조건하에서 건답직파를 하는 경우 비교적 심파되었을 때 출아와 입모는 중배축과 초엽의 신장 즉 이들을 합한 유아의 신장정도가 큰 품종이 유리한 것으로 판단할 수 있다(그림 6, 표 3, 표 4).

한편 출아속도의 지속을 나타내는 평균출아일수는 품종간에 매우 다양한 변이를 보이고 있는데(그림 2), 평균출아일수는 중배축장, 초엽장, 불완전엽장 등과 적·과습조건 모두 유의한 負의 단순상관을 보였으며(표 3), 또한 중회귀분석결과에 의하면 적습조건에서 중배축장과 불완전엽장이 유의



Table 4. Standardized partial regression coefficients of seedling emergence related characters of 98 rice varieties with seedling emergence rate, establishment rate and average emergence time determined 30 days after sowing at 4.5cm in dry seedbed with proper and excess soil moisture

	Mesocotyl	Internode			Coleoptile	Incom. leaf	R-square
		1st	2nd	3rd			
Proper soil moisture							
Emergence rate(%)	0.366**	-0.189*	-0.031	-0.101	0.439**	-0.048	0.390
Establishment rate(%)	0.365**	-0.094	-0.069	-0.063	0.460**	-0.163	0.322
Average emergence time(days)	-0.238**	0.246**	0.085	0.243**	0.004	-0.515**	0.577
Excess soil moisture							
Emergence rate(%)	0.559**	-0.038	0.248**	0.036	0.046	0.136	0.517
Establishment rate(%)	0.490**	-0.094	0.198*	0.037	0.034	0.248	0.481
Average emergence time(days)	-0.367**	-0.022	-0.064	0.054	-0.152	-0.142	0.309

한 負의 회귀계수를 나타내었다(표 4).이 결과는 중배축과 불완전엽의 신장이 잘 되는 품종이 출아 속도가 빠르다는 것을 시사하고 있다. 한편 적습조건에서 제1 및 제3절간장은 정의 회귀계수를 나타내어 이들의 신장이 큰 품종은 출아속도가 오히려 지체되는 것을 알 수 있다. 출아속도는 발아속도 및 발아 후 유아신장 속도와 밀접한 관계가 있는 것으로 파악할 수 있는데 발아후에 결정되는 중배축과 불완전엽의 신장정도가 큰 것이 출아 속도를 빠르게하는 원인에 대해서는 보다 구체적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 품종의 출아·입모성과 유아의 신장특성과는 매우 밀접한 관련이 있는데 출아속도가 빠르고 출아율이 높은 품종의 육성을 위해서는 중배축, 초엽 및 불완전엽의 신장이 잘 되는 특성을 가진 품종을 육성하는 것이 바람직한 것으로 사료되며, 이러한 관점에서 Italicaverneco, Chinsura Boro, Labelle, Tebonnet 등은 직파적응성 품종육성의 좋은 소재로 이용될 수 있을 것으로 보인다. 한편 문근샤레, 쌀샤레 등 우리나라의 샤레벼 등도 중배축과 초엽의 신장이 잘 되어 직파조건에서 출아율은 매우 높으나 출아속도가 다소 늦은 단점을 가지고 있다.

## 摘 要

벼 건답직파에서 벼 품종들의 출아·입모 특성

과 유아의 신장 특성과의 관계를 검토하고자 국내의 재래종, 육성종 및 샤레벼, 미국 직파재배품종, 이태리 품종 등 98개 품종을 토중 4.5cm에 파종하여 적습과 과습조건하에서 출아율, 입모율, 평균출아일수, 중배축장, 하위절간장, 초엽장, 불완전엽장 등을 조사하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 적습조건에서 입모율은 9~92.5%, 평균출아일수는 12~25일 범위였고, 과습조건에서의 출아율은 0~90%, 평균출아일수 27~34일로 양조건 모두 품종간 변이가 매우 컸으며, 대부분의 품종은 과습조건에서 출아율이 낮아지고 출아속도가 늦어졌다.
2. 출아·입모율과 유의한 정의 상관을 보인 형질은 적습조건에서는 중배축장, 초엽장, 불완전엽장이었고, 과습조건에서는 중배축장, 제1, 2절간장, 초엽장, 불완전엽장이었다.
3. 평균발아일수는 중배축장, 초엽장, 불완전엽장과 유의한 부의 상관을 나타내었다.
4. 표준편회귀분석결과 출아·입모의 품종간 차이에 가장 유의적으로 기여하는 형질은 적습조건에서는 중배축장과 초엽장, 과습조건에서는 중배축장과 제2절간장이었다.
5. 평균출아일수의 품종간 차이에 유의적으로 기여하는 형질은 적습조건에서는 중배축장, 불완전엽장으로 회귀계수는 부의 방향이었으며, 제1, 2절간장은 정의 방향이었다. 과습조건에서는 중배축장만이 유의적 기여를 하였는데 회귀계수는 부의 방향이었다.

6. 본 실험의 결과로 볼 때 건답직파조건에서 출아율이 높고 출아속도가 빠른 품종을 육성하기 위해서는 증배축, 초엽 및 불완전엽의 신장이 잘 되는 특성의 선발이 바람직한 것으로 사료된다.

## 引用文獻

1. 井之上準, 片山佃. 1966. 水稻直播栽培における出芽に関する研究. 第1報 出芽するまでの幼芽の伸長生長. 日作紀 34:237-242
2. 井之上準, 岡田芳一, 片山佃. 1967. 水稻乾田直播栽培における出芽に関する研究. 第3報 ストレンメーターによる幼芽抽出力の測定. 日作紀 35:161-167
3. 井之上準, 穴山彊, 片山佃. 1968. 水稻乾田直播栽培における出芽に関する研究. 第2報 出芽に及ぼす冠水の影響. 日作紀 36:25-31
4. 井之上準, 伊藤健次. 1968. 作物の出芽に関する研究. イネ科數種作物の抽出力について. 日作紀 37:352-358
5. 井之上準, 伊藤健次. 1969. 作物の出芽に関する研究. イネ科數種作物における幼芽の抽出力と出芽力および出芽能力の關係について. 日作紀 38:38-42
6. Inouye Jun, Katsuhiko Hibi and Kenji Ito. 1971. Effect of high temperature pre-treatment on the elongation of mesocotyl of rice plants. II. Elongation of the mesocotyl and coleoptile under various culture temperatures. Preceeding of the Crop Science Society of Japan XXXX: 178-182
7. 井之上準, 大田黒富美子, 伊藤健次. 1973. 水稻乾田直播栽培における出芽に関する研究. 第7報 の濕潤. 高温處理と土中における幼芽の伸長. 日作紀 42(2):487-492
8. 海妻矩彦, 佐藤和雄, 澤恩. 1972. 乾田直播栽培における水稻の出芽に関する遺傳學的研究. I. ダイヤレル. クロス法による日本型水稻の中莖おとび 低位節間の伸長度に関する遺傳分析. 日作紀 22(3):172-179
9. 川廷謹造, 星川清親, 高島好文. 1963. 乾田直播における水稻の苗立ちの良否と幼植物の形態について. 日作紀 31:267-271
10. 金晋鎬, 鄭炳官, 李成春. 1989. 水稻生長의 形態・生理學的研究. I. 中胚軸 伸長의 品種間差異와 種子熟度 및 貯藏條件의 影響. 韓作誌 34(3):296-302
11. 金晋鎬, 李成春, 宋東錫. 1989. 水稻 中胚軸 및 種根 生長의 形態. 生理學的研究. II. 種子處理와 土壤水分이 幼芽의 中胚軸 伸長에 미치는 影響. 韓作誌 34(4): 325-330
12. 李哲遠, 尹用大, 吳潤鎮, 趙相烈. 1993. 벼 乾畚直播栽培에서 溫度 및 播種深度가 種子의 出芽와 中胚軸 伸長에 미치는 影響. 韓作誌. 37(6):534-540
13. 李錫淳, 白俊鎬, 金台柱, 洪承範. 1993. 벼 乾畚直播栽培에서 土壤水分이 出芽에 미치는 影響. 韓作誌 38(3):228-234
14. 太田勝一, 杉原秀高. 1971. 水稻乾畚直播における出芽に関する研究 V. 出芽におぼす冠水の影響. 岐阜農研究 31:1-7
15. 太田勝一, 野坦正哉. 1969. 水稻乾畚直播における出芽に関する研究 IV. 出芽過程における中莖の伸長について. 岐阜農研究 22:1-9
16. 太田勝一, 安江洪輔. 1969. 水稻乾畚直播における出芽に関する研究 II. 覆土條件のが鞘葉, 本葉伸の伸長長にならびに出芽におよぼす影響. 岐阜農研究 22:1-9
17. 菅原友太. 1956. 水稻鞘葉の伸長に関する研究(第1報). 日作紀 24:173-175
18. Turner F.T., C.C.Chen and C.N.Bollich. 1982. Coleoptile and mesocotyl lengths in semidwarf rice seedling. Crop Science 22:43-46.
19. Turner F.T., C.C. Chen and G. N. McCauley. 1981. Morphological development of rice seedling in water at controlled oxygen levels. Agronomy Journal. 73:566-570