

土性別 地下水水位가 밀, 보리의 生育 및 收量에 미치는 영향

이홍석* · 박의호** · 송현숙*** · 구자환*

Effects of Water Table Depth in Different Soil Texture on Growth and Yield of Barley and Wheat

Hong Suk Lee* · Eui Ho Park** · Hyun Suk Song*** and Ja Hwan Ku*

ABSTRACT : This experiment was performed to characterize the optimum water table level for the growth and yield of barley(var. Olbori) and wheat(var. Grumil). Olbori and Grumil were grown in the 550 liter plastic pot filled with silt loam or sandy loam. During the whole growth period, the water table adjusted to be 20, 30, 40, 50, and 70cm. Higher water table was resulted in the decrease in plant height and top dry weight, but in the increase of the ratio of top to root dry weight, especially in barley. This suggested that high water table level affected more the growth of top than that of root. The number and area of green leaves were decreased as the water table was higher than 30 to 40cm at the late growth period(May 18, 1993). The largest number and area of green leaves were shown at 50cm of water table in sandy loam and at 70cm in silt loam. As the water table was high, the leaf chlorophyll content was low. And barley was affected more significantly than wheat by soil texture. The photosynthetic activity was decreased remarkably at 20cm water table. Heading period was 2 to 3 and 4 days earlier at the 20cm water table of sandy loam in barley and wheat, respectively. However this earlier heading was not shown in silt loam. Grain filling was accelerated 5 to 7 days earlier in barley and 10 days in wheat grown at 20cm water table. The highest yield was present at 50 and 70cm water table. The yield was decreased remarkably at 20cm water table, resulting that yield reduction ratio of barley was 71.1% and 72.2%, and that of wheat was 41.0% and 60.0% in sandy loam and silt loam, respectively. High water table decreased the number of spike per unit area, but increased the seed weight per spike in barley. However, High water table reduced the seed weight per spike in wheat. There was significant correlation between yield and leaf chlorophyll content in wheat and barley. Yield was correlated significantly with green leaf area in barley, and with top dry weight, ratio of top to root dry weight chlorophyll content and photosynthetic activity in wheat. The optimum water table was 50 to 70cm in wheat and barley. They grew fairly well at 30cm water table of sandy loam, and at 40cm of silt loam.

Key words : Barley, Wheat, Water table, Growth, Yield, Soil texture

* 서울대학교 農業生命科學大學(College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea)

** 嶺南대학교 農畜大學(College of Agriculture and Animal Science, Yeungnam University, Kyeongsan, Kyungbuk 712-749, Korea)

*** 農村振興廳 作物試驗場(Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)

**** 이 논문은 교육부의 '93년도 지역개발에 관한 학술연구조성비지원에 의한 연구결과의 일부임

지속적이고 안정적인 食糧供給과 농업의 公益的인 역할 증대 및 농토와 농경지의 균형적인 효율적 이용을 위하여는 농경지의 汎用的인 단력적 이용이 절실히 요청되고 이를 위하여는 土壤水分의 조절이 중요한 과제가 되고 있다. 특히 麥類는 畝裏作으로서 오랜동안 광범하게 재배되어 왔으나 근래에 그 재배가 激減되어 최근에는 70,344ha에 불과한 실정이고 전 맥류재배 면적의 68% 정도를 차지하고 있다. 이와 같은 畝裏作 麥類栽培의 격감은 低收益性 뿐만 아니라 낮은 생산성 및 그의 불안정성이나 機械化省力栽培와 관련하여 土壤水分 상태와도 밀접한 관계가 있다.

우리나라의 답리작 맥류재배는 봄철과 성숙기의 濕害가 문제로 되어왔고 穗數와 穗當粒數가 결정되는 생육후기에 地下水位가 높으면 피해가 증대되어 크게 감소된다⁴⁾. 濕害는 표면배수뿐만 아니라 지하수위에 따라 크게 좌우되며 대체로 지하수위가 50cm 이상일 때는 濕害의 위험성이 있다고 한다⁶⁾. 또한 밀은 지하수위 25cm 이하에서 충분한 수량을 올리나 보리는 65cm 이하에서 수량의 안정성이 보장된다고 하였다⁸⁾. 우리나라에서 실시된 구조물에 의한 地下水位調節試驗 결과에서도 맥류재배를 위한 最適地下水位는 대체로 70cm 정도로 나타나고 있다⁷⁾. 한편 네덜란드에서는 점질토에서 지하수위가 40~50cm인 경우에는 150cm에 비하여 收量이 58%로 크게 떨어진다고 하였다⁹⁾.

따라서 畝裏作의 특성상 맥류의 생육기간 동안에 적지 않은 습해를 입게됨으로 지하수위의 수준이 밀, 보리의 생육과 수량에 미치는 영향을 추구하고므로써 그의 限界地下水位와 適正地下水位를 규명하고자 본 시험연구를 수행하였다.

材料 및 方法

본 시험은 側面을 개방한 비닐하우스내에서 대형포트를 이용 실시하였는데 포트는 내부직경이 上部는 90cm, 下部는 80cm이고 높이는 88cm의 대형플라스틱통으로서 前年度에 토양을 充填하였으며 그 내용은 아래로부터 자갈 5cm, 급배수관, 월터, 모래 10cm, 미사토 25cm, 상토 45cm의 층으로 이루어졌다. 토양의 특성은 砂壤土와 埴壤土의 2개 처리로 하였으며 사양토는 식양 밭토양과 모래를 2:1의 부피 비율로 혼합하여 사용하였다. 시험 토양의 조성은 표 1에 나타난 바와 같다.

地下水位 調節은 지표로부터 아래로 20, 30, 40,

Table 1. Texture of the experimental soil

sand	silt	clay	texture(USDA)
44	27	29	clay loam
61	22	17	sandy loam

50, 70cm의 위치가 되도록 排水管의 위치를 고정하고 시간당 4리터의 물을 계속 관수함으로써 全生育期間에 걸쳐 지하수위가 일정하게 유지되도록 하였다. 이들 포트의 前作物로 콩을 재배하였고 콩을 수확한 후에 장려품종인 울보리와 그루 밀을 각 포트마다 양분하여 파종 재배하였다. 처리별 배치는 土性を 主區로 하고 地下水位를 細區로 하는 분할구 배치로 시험하였으며 1992년 10월 23일에 줄간 간격을 15cm로 하여 10a당 15kg 상당량을 파종하였고 施肥量은 성분량으로 질소, 인산, 칼리를 10a당 3.5-12-19kg을 基肥로 사용하고 추비로 질소 3.5kg을 1993년 3월 15일에 사용하였다.

그밖의 관리는 표준재배법에 준하였고 생육기에 따라 일반적 특성과 葉數 및 葉面積, 葉綠素含量, 光合成量 및 乾物重 등을 측정 조사하였고 성숙기에 수량 및 수량구성요소를 조사하였다.

엽록소함량의 측정은 엽록소측정기(SPAD 501, Minolta Co., Japan)를 이용하여 측정된 후 환산식(0.0533x-0.133 R²=0.993)을 구하여 葉生체중당 엽록소함량(mg/g F.W.)으로 나타내었고 광합성량의 측정에는 포터블 광합성측정기(LCA-3 Sys., UK)를 이용하였다. 지하부 생육량은 內直徑 10cm, 길이 15cm의 철제 원통으로 채취하여 조사하였다.

結果 및 考察

生育反應

土性별 地下水位에 따른 밀, 보리의 생육 반응을 보면 出穗 이후에 조사된 稈長의 반응은 그림 1에 나타난 바와 같이 전체적으로 보아 지하수위가 높아짐에 따라 감소하였는데 그 정도는 보리에 비하여 밀에서 적은 것으로 나타나 지하수위의 상승에 따른 稈長의 역제가 둔감한 것으로 나타났으며 토성에 따른 차이는 밀, 보리 모두 사양토에서는 70cm 지하수위에서 가장 컸으나 식양토의 경우에는 50cm 지하수위에서 가장 크고 70cm區에서는 오히려 다소 떨어지는 경향을 보였는데 이는 根圈에의 수분 공급이 오히려 불충분하기 때문인

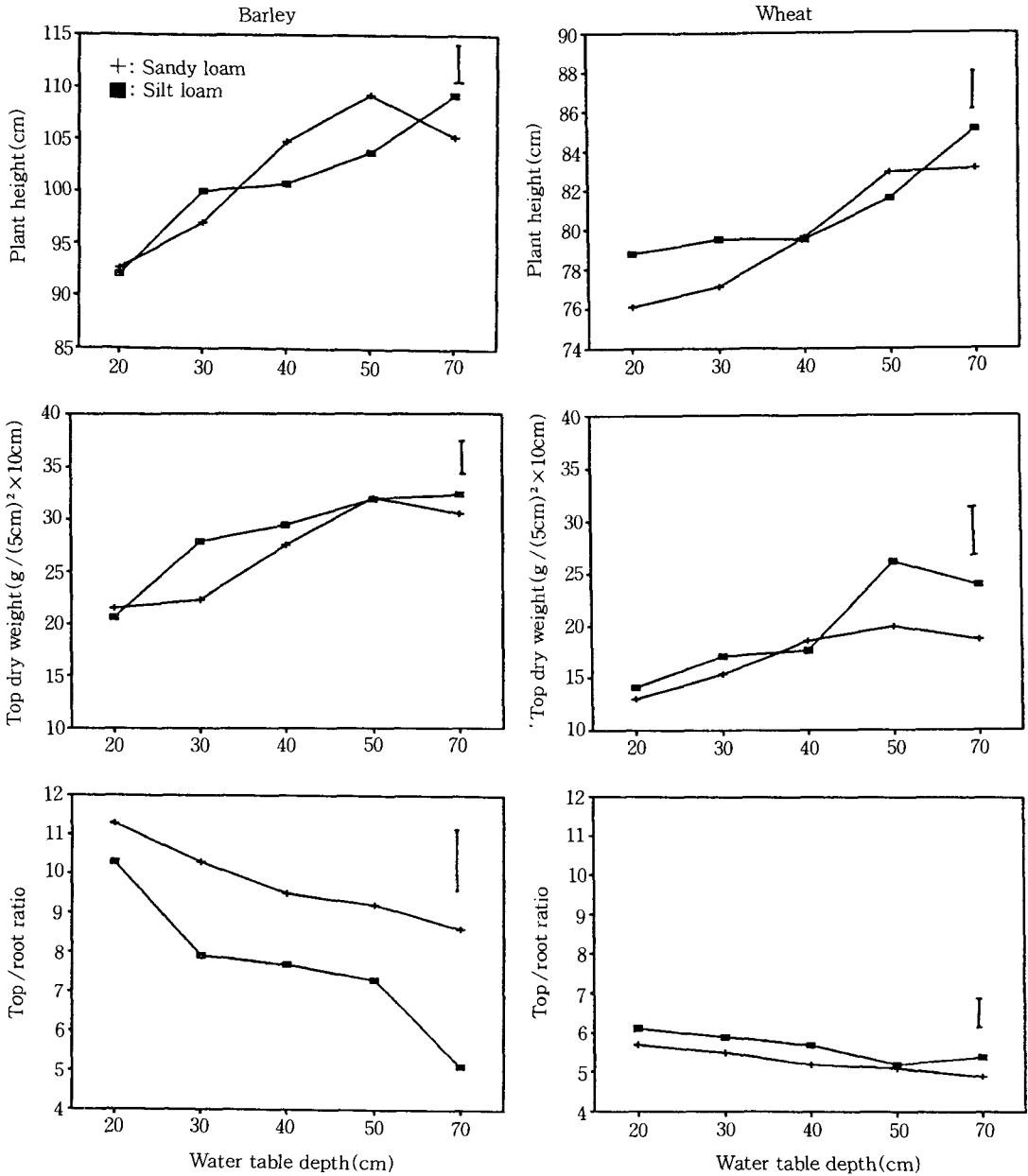


Fig. 1. Plant height, top dry weight, and top/root ratio as affected by water table depth in two types of soil on barley and wheat.

것으로 추정된다^{1,2,3,5}).

지상부 건물중은 보리의 경우에 사양토에서는 지하수위 상승에 따라 서서히 떨어지고 특히 지하수위 20cm에서 현저히 떨어졌으나 식양토에서는 지하수위 50cm에서 가장 많고 30~20cm에서 현

저히 떨어졌으며 70cm구에서도 다소 감소되었다. 한편 밀의 경우에는 사양토에서는 지하수위의 상승과 더불어 서서히 감소되었는데 전체적으로 보아 밀의 경우에 보리에 비하여 지하수위 상승에 따른 乾物重의 減少程度가 적은 것으로 나타났다.

한편 지하부 건물중에 대한 지상부건물중의 비율(T/R)을 보면 지하수위가 높아짐에 따라 증대되는 경향으로 특히 보리에서 현저하여 지하수위 상승에 따른 뿌리 발달 억제 정도가 보리에서 현저하고 밀에서는 둔감함을 나타내고 있다. 또한 토성의 영향은 밀에서 미미한데 비하여 보리에서는 식양토에 비하여 사양토에서 현저히 큰 것으로 나타나 뿌리의 발달에 미치는 토성의 영향이 현저함을 알 수 있다.

이상과 같이 稈長 및 乾物重에서 본 생육 반응은 전체적으로 사양토에서는 지하수위 70cm에서, 식양토에서는 50cm에서 生育量이 가장 많고 지하수위가 높아짐에 따라 감소하였는데 그 정도는 밀에 비하여 보리에서 크게 나타났으며 지하부에 대한 지상부 비율이 지하수위의 상승과 더불어 점진적으로 증대되고 있어 높은 지하수위가 지상부보다 지하부의 생육에 더욱 영향을 미침을 알 수 있다.

지하수위가 생육 후반기의 老化 進進 상태에 미치는 영향을 알아보기 위하여 등숙이 진행중인 5월 18일에 푸른색이 남아있는 新鮮葉數와 그의 葉面積을 조사한 바 生葉數는 그림 2에서 보는 바와 같이 밀, 보리 모두 식양토에서는 50cm 지하수위에서, 그리고 사양토에서는 70cm 지하수위에서 가장 많고 보리의 경우에 지하수위가 사양토에서는 40cm 이상에서, 식양토에서는 30cm 이상에서 현저히 떨어졌다.

엽면적의 경우에도 葉數의 경우와 비슷한 경향인데 특히 지하수위 상승에 따른 감소 정도가 크고 사양토에서 더욱 크게 나타나는 경향이다.

전 생육기간에 걸쳐 4차례 측정된 엽록소 함량은 그림 3에 나타난 바와 같으며 생육후기로 갈수록 감소되었고 전체적으로 생육전기에 비하여 생육후기에는 엽록소 함량이 현저히 감소하였다. 지하수위가 상승할수록 엽록소 함량은 감소하였으며

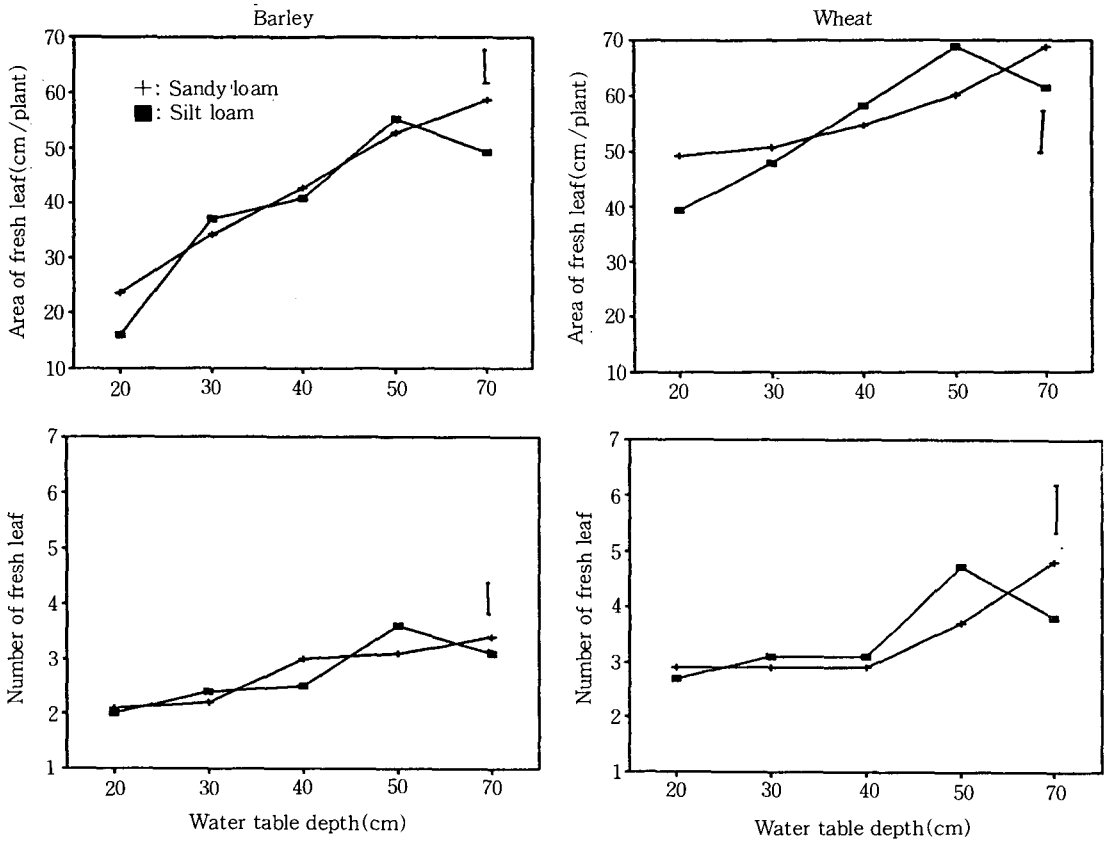


Fig. 2. Fresh leaf number and area as affected by water table depth in two types of soil on barley and wheat(May 18).

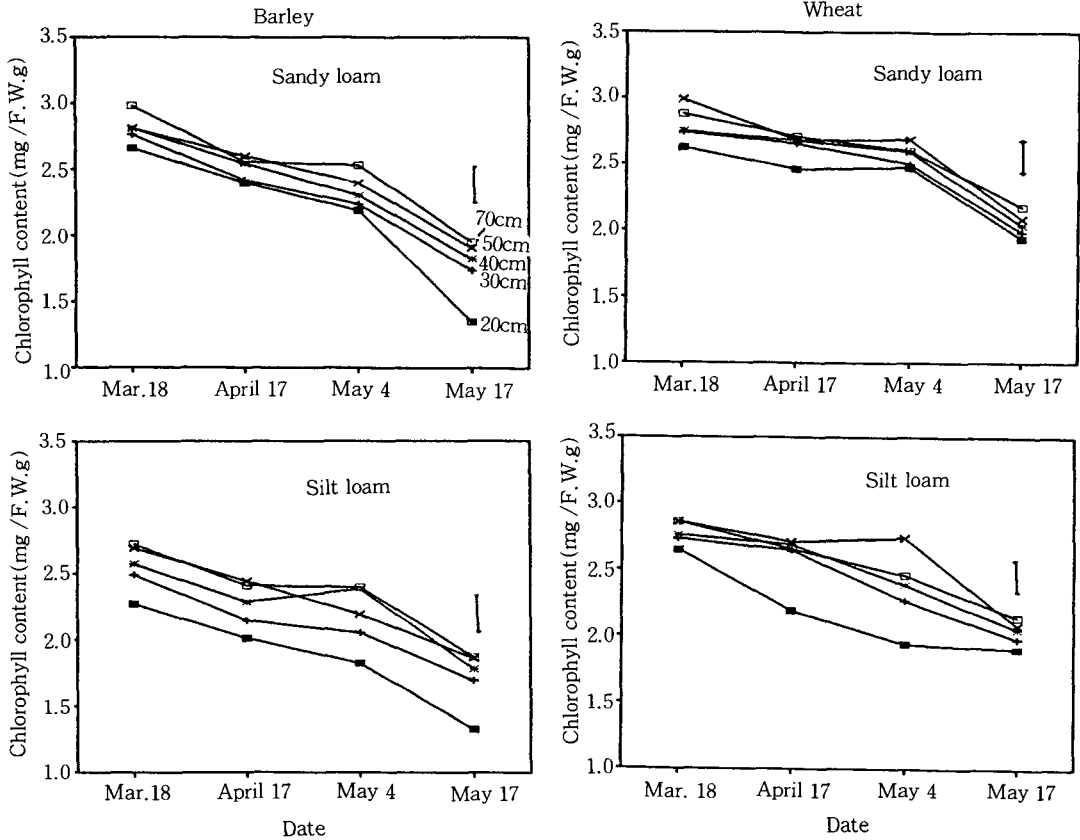


Fig. 3. Chlorophyll content as affected by water table depth in two types of soil on barley and wheat.

그 減少 정도는 밀, 보리 모두 사양토에 비하여 식양토에서 더욱 현저하였다.

광합성 능력에 있어서는 토성간의 차이는 나타나지 않았고 지하수위가 상승하면서 저하되는 양상을 나타내었는데 특히 지하수위가 30cm에서 20cm로 상승하면 광합성 능력이 급격히 저하됨을 나타내었다. 지하수위가 상승되면서 광합성 능력이 저하되는 양상은 측정시기와 토성에 관계없이 거의 동일한 경향을 보였으며 보리와 밀간에도 광합성능력이 저하되는 양상은 비슷하였다.

出穗期 및 成熟期는 표 2에서 보는 바와 같으며 출수기는 보리의 경우에 砂壤土에서는 지하수위 40~50cm에서 가장 늦고 이보다 높을수록, 또는 낮은 경우에 1~3일이 빠르고 埴壤土의 경우에는 일정한 경향이 나타나지 않았으며 밀의 경우에도 사양토에서는 지하수위 20~30cm에서 4~5일이 빨랐으나 식양토에서는 별로 차이가 없었다. 성숙기든 밀, 보리 모두 지하수위가 높아짐에 따라 현

저히 빨라졌으며 사양토에서 식양토에 비하여 성숙이 촉진되었다.

收量 및 收量構成要素

토성별 지하수위에 따른 수량 반응은 표 3에 나타난 바와 같으며 전체적으로 볼 때에 밀, 보리 모두 식양토에 비하여 사양토에서 높은 경향이며 보리의 사양토와 밀의 식양토에서는 지하수위 50cm에서, 보리의 식양토와 밀의 사양토에서는 지하수위 70cm에서 각각 수량이 가장 많고 지하수위가 상승함에 따라 현저히 감소하였는데 그 정도는 보리에 비하여 밀에서 더욱 크고 특히 식양토에서 더욱 크게 나타났다. 즉 보리의 경우에 사양토에서는 지하수위 50cm에 비하여 30cm에서는 89.4%로 감소 정도가 작았으나 20cm에서는 72.2%로 크게 감소하였고 식양토에서는 70cm에 비하여 40cm에서 84.8%로 현저히 감소하였고 20cm에서 71.1%로 또한 크게 감소하였다. 한편 밀의 경우에는 지하수위의 상

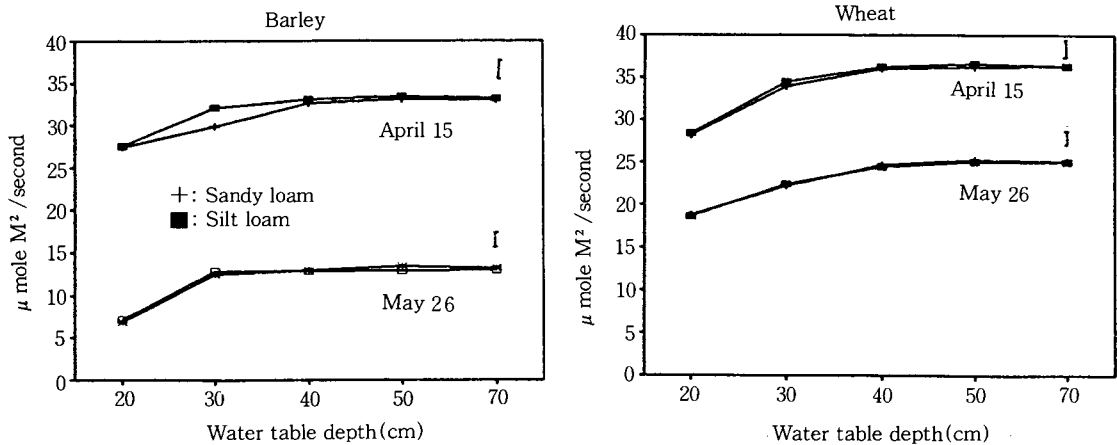


Fig. 4. Photosynthetic activity as affected by water table depth in two types of soil on barley and wheat.

Table 2. Date of heading and ripening as affected by water table depth in two types of soil on barley and wheat

Water table depth (cm)	Barley				Wheat			
	Heading date		Ripening date		Heading date		Ripening date	
	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam
20	April 25	April 23	June 3	June 3	May 1	May 5	June 5	June 5
30	27	24	5	5	2	5	7	8
40	28	23	7	7	4	5	11	11
50	28	24	8	10	4	5	13	13
70	27	23	8	10	5	5	15	15

승과 더불어 계속 수량이 감소하여 사양토에서는 70cm 구에 비하여 40cm에서 89.8%, 20cm에서 60%로 떨어졌고 식양토에서는 50cm구에 비하여 40cm구에서 79%, 20cm구에서 41%로 크게 떨어졌다. 이상의 결과는 기존의 入澤⁶⁾, 日本農林水産技術會議⁸⁾, 咸 등⁴⁾의 연구 결과와 다소의 차이가 있는데 본 시험 결과는 토성 및 품종을 달리하고 강우를 차단한 조건이기 때문에 고찰되며 비슷한 조건에서 수행한 李 등⁷⁾의 연구 결과와는 비슷한 경향이다.

한편 m²당 穗數와 粒重 등 收量構成要素에 미치는 영향을 보면 m²당 穗數는 지하수위의 상승에 따라 계속 감소하였으며 그 정도는 밀에서 보다 보리에서 더욱 현저하였고 토성별 차이는 현저하지 않았다. 한편 이삭당 粒重에 미치는 지하수위의 영향은 麥種 및 토성에 따라 다르게 나타나 보리의 경우에 사양토에서

는 지하수위의 상승에 따라 증대되었으나 식양토의 경우에는 지하수위 20cm에서만 현저한 증대를 보였고 밀의 경우에는 사양토에서는 지하수위 20cm에서, 식양토에서는 40cm 이상에서 현저한 감소를 보였다.

다음으로 생육중에 조사된 중요 특성과 收量과의 상관관계를 살펴본 결과 밀과 보리 모두 수량과 엽록소 함량이 높은 상관 관계를 나타내어 맥류에 있어서 지속적인 엽록소 농도의 유지가 수량에 크게 관련됨을 알 수 있었다. 보리에서는 사양토와 식양토에서 신선엽면적이 수량과의 상관이 가장 높고 고도로 유의한 것으로 나타나 엽록소 함량과 더불어 신선엽면적의 확보는 보리의 수량에 크게 기여할 것으로 생각되었다. 밀에서는 수량과 지상부건물중, 지하부에 대한 지상부중량 비율, 엽록소 함량 및 광합성 능력이 유의성 있는 높은 상관이 있는 것으로 나타나 생육량이

Table 3. Yield and yield component as affected by water table depth in two types of soil on barley and wheat

Water table depth (cm)	Barley						Wheat					
	Yield (g/m ²)		Ears (No./m ²)		Grain weight per ear (g)		Yield (g/m ²)		Ears (No./m ²)		Grain weight per ear (g)	
	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam	Sandy loam	Silt loam
20	265.3 ^a (72.2)	244.0 ^a (71.1)	187.4 ^a	153.1 ^a	1.42 ^a	1.59 ^a	347.0 ^a (60.0)	231.8 ^a (41.0)	178.0 ^a	184.5 ^a	1.95 ^a	1.26 ^a
30	328.3 ^a (89.4)	282.2 ^a (82.2)	243.8 ^b	232.2 ^b	1.35 ^{ab}	1.22 ^b	454.6 ^b (78.6)	434.4 ^b (76.8)	184.3 ^{ab}	228.3 ^b	2.47 ^{bc}	1.90 ^b
40	342.4 ^a (93.2)	291.0 ^a (84.8)	262.6 ^b	260.8 ^c	1.30 ^{ab}	1.12 ^b	519.4 ^c (89.8)	446.9 ^b (79.0)	207.3 ^b	235.4 ^{bc}	2.51 ^{bc}	1.90 ^b
50	367.4 ^a (100)	336.8 ^a (98.1)	289.6 ^c	272.1 ^c	1.27 ^{bc}	1.24 ^b	562.4 ^{cd} (97.3)	565.9 ^c (100)	240.1 ^c	246.7 ^{bc}	2.34 ^b	2.29 ^d
70	349.6 ^a (95.2)	343.2 ^a (100)	304.3 ^c	266.3 ^c	1.15 ^c	1.29 ^b	578.2 ^d (100)	531.1 ^c (93.9)	223.1 ^b	254.3 ^c	2.59 ^c	2.09 ^c

*A common letters are Duncan's multiple range test at the 95% confidence level () : % to highest yield.

Table 4. Correlation between yield with the ther characters

Crop	Soil texture	Plant height	Top dry weight	Top/root ratio	Fresh leaf number	Fresh leaf area	Chlorophyll content	Photo-synthesis
Barley	Sandy loam	0.860	0.979**	-0.809	0.860	0.987**	0.966**	0.974**
	Silt loam	0.893*	0.869	-0.954*	0.895*	0.985**	0.927*	0.867
Wheat	Sandy loam	0.752	0.881*	-0.920*	0.677	0.948*	0.988**	0.967**
	silt loam	0.881*	0.928*	-0.882*	0.638	0.752	0.965**	0.955*

수량과 크게 상관이 있음을 나타내었다.

摘要

토성과 지하수위를 달리하여 맥류의 생육과 수량에 미치는 반응을 알아보고자 울보리와 그루 밀을 공시하여 1992년 10월~1993년 6월에 걸쳐 550의 대형 포트 시험을 수행하였다. 토성을 식양토와 사양토로 조성하여 전 생육기에 걸쳐 지하수위가 20cm, 30cm, 40cm, 50cm, 70cm가 되도록 조절하고 비가림 재배를 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 稈長과 地上部乾物重은 지하수위가 높아짐에 따라 減少하였으며 그 정도는 밀보다 보리에서 더욱 크게 나타났고 地下部重에 대한 地上部重 比率은 지하수위가 높아짐에 따라 增大하였는데 그 정도는 보리에서 더욱 뚜렷하였으며 지하수위의 상승은 地上部보다 地下部の生長에 더욱 크게 영향하였다.
2. 생육후반기(93년 5월 18일)의 新鮮葉數와 新鮮葉面積은 보리와 밀 모두 지하수위 30~40cm 이상에서 감소하였고 가장 많은 신선엽수와 신선엽면적은 사양토는 지하수위 50cm,

식양토는 지하 수위 70cm에서 나타났다.

3. 葉綠素 함량은 지하수위가 높아짐에 따라 감소되었는데 보리가 밀보다 토성에 따른 영향이 크게 나타났으며 광합성 능력은 지하수위 20cm에서 뚜렷이 저하하였다.
4. 출수기는 지하수위가 높아지면서 촉진되어 지하수위 20cm의 경우에 사양토에서 보리의 경우 2~3일, 밀의 경우 4일 정도 빨라졌고 식양토에서는 별로 차이가 없었으며 등숙기는 지하수위가 높아짐에 따라 촉진되어 지하수위 20cm에서 보리의 경우 5~7일, 밀의 경우 10일 정도 빨라졌다.
5. 收量은 토성에 따라 지하수위 50~70cm에서 가장 많았으며 지하수위가 높아짐에 따라 감소되어 지하수위 20cm에서 가장 크게 떨어졌는데 그 감소 정도는 보리에서 71.1%(식양토)~72.2%(사양토)였고 밀에서 41.0%(식양토)~60.0%(사양토)이었다.
6. 收量構成要素 면에서 단위면적당 이삭수는 지하수위가 높아짐에 따라 보리와 밀 모두 줄었으나 이삭당립중은 보리에서는 증가했고 밀에서는 감소하였다.
7. 收量과 葉綠素 함량간에 보리와 밀 모두 높은 상관관계를 나타내었으며 보리에서는 新鮮葉面積이, 밀에서는 지상부건물중, 地下部에 대한 地上部重量 비율이 수량과 높은 상관을 보였다.

이상의 결과로 보아 토성에 따라 지하수위 50~70cm에서 맥류의 생육과 수량은 최대가 되며 비교적 안전한 지하수위는 사양토에서는 30cm, 식양토에서는 40cm라 하겠으며 地下水位 上昇에 따른 收量減少比率는 보리에 비하여 밀에서 더욱 크게 나타났다.

引用文獻

1. Benz, L.C., E.J. Doering, and G.A. Reichman. 1981. Watertable management saves water and energy. TRANSACTIONS of the ASAE 24:995-1001.
2. Benz, L.C., G.A. Reichman, E.J. Doering, and R.F. Follett. 1978. Water-table depth and irrigation effects on applied-water-use efficiencies of three crops. TRANSACTIONS of the ASAE 21:723-728.
3. Follett, R.F., E.J. Doering, G.A. Reichman, and L.C. Benz. 1974. Effect of irrigation water table depth on crop yield. Agronomy Journal 66:304-308.
4. 咸泳秀, 朴正潤, 洪丙熹, 曹章煥. 1971. 보리 耐濕性的 品種間差異. 韓國育種學會誌 3(1):46-56.
5. Hiller E.A., R.N. Clark, and L.J. Glass. 1971. Effect of water table height on soil aeration and crop response. TRANSACTIONS of the ASAE 14:879-882.
6. 入澤周作, 山根忠雄. 1958. 濕田の乾田化に關する研究. 第2報 地下水位の高低と小麥の生育について. 中國農研 13:39.
7. 이흥석 외. 1993. 논 轉作에 관한 研究 - 농경지 생산성 提高에 관한 研究 -. 농어촌진흥공사 pp. 54-59.
8. 農林水産技術會議事務局, 1988. 水田農業の基礎技術 - 轉換田の主要成果情報
9. Williamson, R.E. and George J. Kriz. 1970. Response of agricultural crops to flooding, depth of water table, and soil gaseous composition. TRANSACTION of the ASAE 13:216-220.