

冠水時間에 따른 콩의 生育 및 收量反應

朴景烈* · 李鍾鎔* · 趙英哲*

Growth and Yield Responses of Soybean to Overhead Flooding Duration at Four Growth Stages

Kyeong Yeol Park* · Jong Hyeong Lee* and Young Cheol Cho*

ABSTRACT : The objective of this study is to investigate the growth characters of overhead flooded soybean plants at four growth stage. Overhead flooding treatments were applied at the vegetative growth stage(V_3 , V_6) and the reproductive stage(R_2 , R_4) for 6 · 12 · 24 hrs, respectively.

Yield and yield components were more decreased as the overhead flooding duration was longer and the growth stage was later. Yield was not reduced significantly in soybean plants flooded at V_3 stage regardless of flooding duration, and flooded 6 or 12 hrs at V_6 stage. When compared to the control, 27 to 36% of yield reduction was observed in soybean plants flooded for 24 hrs at V_6 stage, 6 or 12 hrs at R_2 stage, and 6 hrs at R_4 stage. And 43%, 53% and 66% of yield were reduced through the flooding treatment for 24 hrs at R_2 stage 12 hrs and 24 hrs at R_4 stage, respectively. So yield reduction was higher in overhead flooded soybean plants at the reproductive stage than that at the vegetative growth stage.

Key word : Soybean, Flooding duration, Growth stage

콩은 要水量이 704g으로 옥수수 要水量 388g에 비하여 1.8배나 되며³⁾ 生育時期別 물의 消費量은 生理的으로 發芽 以後 R_2 時期까지 계속 增大되고 R_2 時期부터 R_6 時期까지는 가장 많이 消費하다가 그 후 減少되면서 成熟 · 乾燥에 이르게 되는⁵⁾ 要水量이 크고 土壤水分에 민감한 作物이다. 그런데 우리나라의 콩 栽培氣象은 單作 播種期인 5월 中下旬은 降雨 부족으로 發芽가 불량하거나 發芽後 生育初期에 旱魃이 잦은 반면, 開花 結莢期인 7~8월은 장마기로서 콩의 全生育 期間인 5월~10월까지 降水量의 60%정도에 달하며 이때 일주일이상 보름 정도 多濕한 氣候를

形成하게 되어 排水不良한 곳에 심은 콩은 濕害를 받기 쉬우며, 특히 低地帶의 밭이나 畝田輪換 밭에서는 集中豪雨로 인한 冠水の 被害를 받을 수가 있다.

콩의 濕害는 乾期동안 콩이 제대로 吸收利用하지 못한 基肥의 窒素가 urea→nitrate로 변한 후 降雨에 의해 溶脫되어 窒素營養이 惡條件에 처하게 되어 養分 不足現像이 나타나거나 過濕으로 인한 뿌리와 根瘤에 甚한 沮害 要因이 되어 減收가 되기도 한다^{1,6)}. 降雨로 地下水水位가 높아지면 土壤내의 氣相이 液相으로 되어 뿌리의 酸素不足, CO_2 過多, 에틸렌발생 등 스트레스가 일어나게 되며 이로 인해 養分缺乏이 나

* 京畿道農村振興院(Kyonggi Provincial Rural Development Administration, Hwasong 445-970, Korea)

〈'94. 11. 15. 接受〉

타난다^{6,7,9,13}). 또한 蒸散 및 뿌리의 水分 吸收能力이 급격히 弱화되어 炭水化合物과 auxin이동이 妨害되며, 따라서 줄기 萎縮과 下葉枯死가 되기도 한다⁴).

또한 濕害의 生育反應은 個體數나 莖長 減少, 根重이나 根活力, 葉綠素含量이 減少되므로써 莢數 및 100粒重이 減少되어 減收의 原因이 되는데, 콩의 生育時期別 浸水時間에 따른 收量反應은 多樣하게 나타난다고 보고된 바 있으나^{1,2,5,7,8,10,11}) 콩의 冠水被害에 대한 研究는 미흡한 실정이다.

따라서 본 研究는 生育期別 冠水時間에 따른 콩의 生育樣相과 減收要因을 究明하고자 실시하였던 바 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

본 試驗은 1993년 京畿道農村振興院 P. E. 비가림 하우스내에서 遂行하였다. 장엽콩을 供試하여 1/2,000a Wagner pot에 前年度 콩을 栽培한 畚田輪換 밭의 흙을 pot당 14kg 정도 넣고 콩 複合肥料(8-14-12) 25g을 全量 基肥로 施用한 후 5월 21일에 播種하여 pot당 2個體씩 栽培하였다.

冠水誘發 處理는 콩의 生育段階 V₃(6월16일), V₆(6월29일), R₂(7월 3일), R₄(7월29일) 등 4時期

에 冠水時間을 6·12·24時間씩 각각 實施하였다. 冠水方法은 콩이 각 處理 生育時期에 到達하였을때 表 1에서와 같은 水質의 물속에 pot와 콩의 植物體가 완전히 물속에 잠겨진 상태로 각 處理時間만큼 經過시켜 물속에서 건져낸 후 24시간 동안 pot부분만 浸水하도록 하여 圃場狀態에서 冠水後 土壤水分이 점차 減少되는 상태와 類似하도록 하였으며 試驗區 配置는 完全任意配置 5反復으로 하였다.

葉綠素含量은 V₃ 生育期에 冠水處理後 15일간 第 1本葉을 葉綠素 測定機(SPAD-501, Minolta Co., Japan)을 利用하여 10反復 測定後 換算式(Y=-0.13+0.024X : r = 0.96 **)에 의거 葉生體重當 葉綠素含量으로 나타내었다⁶).

기타 生育 및 收量調査는 農村振興廳 '農事試驗 研究 調査基準'에 準하였다.

Table 1. Water quality of overhead flooding treatments

Growth stage of treatment	Water temp. (°C)	Deserved oxygen (ppm)	Turbidity (ppm)	pH
V ₃	24.3	2.3	282	6.6
V ₆	16.5	3.5	302	6.8
R ₂	21.5	2.2	325	6.8
R ₄	21.3	3.0	209	6.9

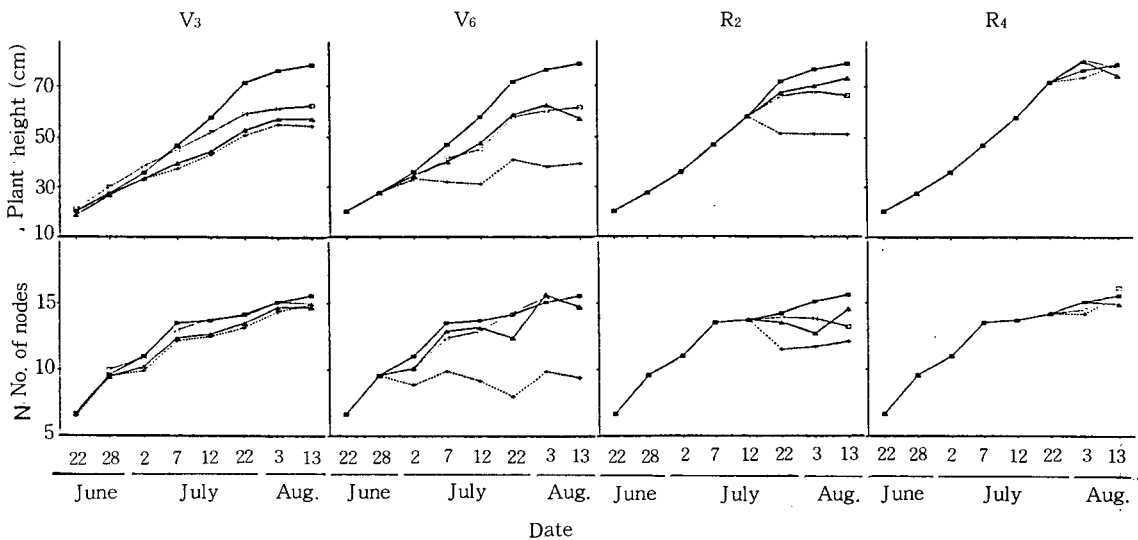


Fig 1. Changes of plant height and no. of main stem nodes of soybean as affected by different overhead flooding duration and growth stages. (■—■: control, ▲—▲: 6hrs, □—□: 12hrs, +—+: 24hrs)

結果 및 考察

1. 莖長 및 主莖節數의 經視的 變化

冠水處理에 따른 莖長의 經視的 變化는 그림 1과 같다. V₃ 시기의 冠水處理는 無處理에 비하여 冠水時間이 길수록 冠水後 生育이 進展됨에 따라 生育이 더욱 遲延되어 生育後期에는 무처리와 顯著的 差異를 나타냈으며, V₆와 R₂ 시기의 冠水도 V₃ 시기의 관수처리와 같은 傾向이었고, V₃시기에서 24시간 冠水처리는 生長點 枯死가 없었으나 48시간 冠水처리는 生長點이 枯死하였으며 72시간 冠水처리에서는 식물체가 枯死되었고, V₆와 R₂시기는 24시간 冠水처리에서 生長點이 枯死되어 冠水처리가 끝난뒤에도 主莖長은 伸長되지 않았다. 그러나 R₄ 시기의 冠水는 이미 莖長의 生長이 완료된 時期이므로 冠水時間 間에는 大差없었다. 또한 主莖節數는 V₃시기의 冠水처리는 冠水처리後 全生育期를 통하여 無處理에 비하여 節數 증가가 늦게 進展되었으며 V₆와 R₂시기 冠水처리도 V₃ 시기의 관수처리와 같은 傾向이었으나 V₆·R₂ 시기의 24시간 冠水처리에서는 處理後 곧 生長點이 枯死한 關係로 主莖節數의 증가도 微微하였던 점이 特異하였으며, R₄시기의 冠水처리는 莖長과 같은 傾向으로 大差없었다.

2. 葉綠素 含量

콩 生育期 V₃의 冠水時間別 冠水後 15일까지 經

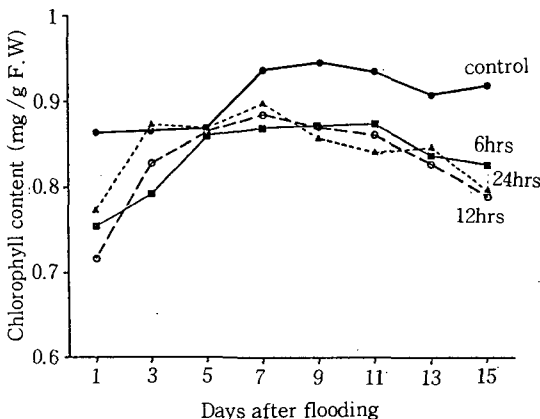


Fig. 2. Changes of chlorophyll content of soybean first folige leaf as affected by different overhead flooding duration at V₃ growth stages.

過日數에 따른 콩 第1本葉의 葉綠素含量 變化는 (그림 2)와 같다. 冠水後 日數가 經過됨에 따라 對照區의 葉綠素 含量은 0.86~0.95mg/g F.W.의 범위로 維持되었으나 冠水處理된 콩 잎의 葉綠素含量은 어느 시기에서나 對照區보다 낮았고 冠水處理時間別 經過日數에 따른 含量變化樣相은 각각 다르게 나타났다. 6시간 冠水처리는 冠水처리後 1일차에 0.76mg이던 것이 11일차에 0.88mg으로 서서히 增加되었다가 그후 減少되었으나 12시간과 24시간 冠水처리는 冠水처리後 1일차에 0.72, 0.78mg이던 것이 7일차에 0.89, 0.90mg으로 增加되었다가 그후 점차 減少되었으며 冠水처리後 15일차에는 무처리에 비하여 6시간 冠水처리는 9.7%, 12시간 및 24시간 冠水처리구는 13.8%정도 減少되었다.

浸水가 되면 葉面積 및 葉綠素含量이 減少하여 光合成率이 低下되며 氣孔抵抗은 증가하여 Cytokinin流入이 減少되고 ab-scisic acid合成이 助長되며 下葉이 黃變 또는 老化되므로써 落花가 促進되는데 이와 같이 浸水에 따른 콩잎의 葉綠素含量 減少는^{1,6,7,11)} 本 試驗의 冠水處理에서도 類似한 傾向을 나타내었다.

3. 生 育

生育時期別 冠水處理 시간에 따른 콩의 生育은 表 2와 같다. 開花期는 V₃시기에 12시간 이상, V₆시기에 6시간 이상 冠水처리된 콩은 對照區보다 1일 遲延되었으며 成熟期는 對照區에 비하여 V₆시기에 6시간 冠水처리구는 3일, 12시간 冠水처리구는 2일 早熟되었으나 24시간 冠水처리구는 오히려 5일 遲延되었고, R₂시기에 冠水처리된 콩은 2~8일, R₄시기 冠水처리는 각각 7일 정도 遲延되었다. 이는 後藤等⁴⁾도 第1葉期와 第4葉期 冠水處理는 開花期가 1~7일 遲延되었고, 成熟期는 結莢期 冠水處理는 14일, V₃와 R₂시기의 관수처리는 5일정도 遲延되었다고한 報告와 本 試驗의 結果는 冠水處理 時期와 時間에 따라 다소 차이는 있으나 開花 및 成熟이 遲延되는 傾向은 같았다.

成熟期의 莖長은 營養 生長期인 V₃·V₆시기와 開花期인 R₂시기의 冠水처리에서 減少되었는데 특히 V₆와 R₂시기의 24시간 冠水처리는 生長點이 枯死되어 무처리보다 현저히 짧아졌다. 또한 主莖節

Table 2. Plant growth of soybean as affected by overhead flooding duration and growth stages

Treatments		Flowering date (M.D)	Maturing date (M.D)	Plant height (cm)	No. of main stem nodes	No. of branches per plant	Stem diameter (mm)
GS	FD						
V ₃	6 ^{hr}	7.10	9.14	69.2 ^{BC}	15.5 ^{AB}	6.5 ^A	9.0 ^A
	12	7.11	9.15	60.4 ^{CD}	15.4 ^{AB}	6.2 ^{AB}	8.5 ^{AB}
	24	7.11	9.13	57.6 ^{DE}	14.7 ^{BC}	5.4 ^{ABC}	8.2 ^{ABC}
V ₆	6 ^{hr}	7.11	9.11	63.4 ^{CD}	15.0 ^{ABC}	5.1 ^{ABCD}	8.1 ^{ABC}
	12	7.11	9.12	60.9 ^{CD}	14.6 ^{BC}	4.7 ^{CD}	8.2 ^{ABC}
	24	7.11	9.19	32.1 ^F	8.2 ^E	3.8 ^D	7.9 ^{ABC}
R ₂	6 ^{hr}	7.10	9.16	70.0 ^{BC}	14.4 ^{BC}	5.0 ^{BCD}	7.7 ^C
	12	7.10	9.18	70.7 ^{BC}	13.8 ^C	4.8 ^{BCD}	8.0 ^{ABC}
	24	7.10	9.22	49.2 ^E	11.9 ^D	5.3 ^{ABC}	8.1 ^{ABC}
R ₄	6 ^{hr}	7.10	9.21	84.5 ^A	16.2 ^A	5.3 ^{ABC}	8.4 ^{ABC}
	12	7.10	9.21	78.9 ^{AB}	15.1 ^{ABC}	5.1 ^{ABCD}	8.3 ^{ABC}
	24	7.10	9.21	77.9 ^{AB}	15.4 ^{AB}	4.6 ^{CD}	7.2 ^C
Control		7.10	9.14	79.2 ^{AB}	15.7 ^{AB}	4.8 ^{BCD}	8.4 ^{ABC}

-GS : Growth Stage, FD : Flooding Duration

-Means followed by same letter within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 3. Grain Yield and Yield components of soybean as affected by overhead flooding duration and growth stages

Treatments		No. of pods /pot	Pod percentage of			No. of seeds /pot	Wt. of 100seed (g)	Grain yield	
GS	FD		1 seeded	2	3			(g /pot)	(%)
V ₃	6 ^{hr}	86.4 ^A	16.4	40.8	42.8	195.6 ^A	24.0 ^A	45.8 ^{AB}	83.7
	12	83.0 ^A	15.2	49.4	35.4	182.8 ^{AB}	25.4 ^A	43.4 ^{ABC}	79.3
	24	83.8 ^A	15.3	50.3	34.4	183.6 ^{AB}	24.3 ^A	44.5 ^{ABC}	81.4
V ₆	6 ^{hr}	78.4 ^A	15.8	44.9	39.3	175.2 ^{AB}	26.8 ^A	46.3 ^{AB}	84.6
	12	81.6 ^A	13.7	46.6	39.7	184.4 ^{AB}	24.4 ^A	45.0 ^{AB}	82.3
	24	64.8 ^{AB}	15.7	54.0	30.3	139.0 ^{ABC}	26.3 ^A	35.1 ^{BCD}	64.2
R ₂	6 ^{hr}	71.2 ^{AB}	23.3	44.4	32.3	148.8 ^{ABC}	27.4 ^A	39.9 ^{BC}	72.9
	12	64.6 ^{AB}	21.7	52.3	26.0	132.0 ^{BC}	28.6 ^A	37.8 ^{BCD}	69.1
	24	62.6 ^{AB}	35.1	47.0	17.9	114.4 ^{CD}	28.4 ^A	31.4 ^{CD}	57.4
R ₄	6 ^{hr}	68.0 ^{AB}	21.2	52.1	26.7	139.8 ^{ABC}	26.8 ^A	37.1 ^{BCD}	67.8
	12	50.6 ^{BC}	39.9	42.3	17.8	97.0 ^{CD}	29.5 ^A	25.5 ^{DE}	46.6
	24	34.0 ^C	31.2	40.0	28.8	67.2 ^D	28.2 ^A	18.3 ^E	33.5
Control		84.4 ^A	18.5	43.6	37.9	185.2 ^{AB}	29.3 ^A	54.7 ^A	100

-GS : Growth Stage, FD : Flooding Duration

-Means followed by same letter within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT

數는 V₃와 R₄시기의 冠水처리는 對照區와 大差없으나, V₆시기 24시간 冠水처리와 R₂시기 12시간 또는 24시간 冠水처리구는 對照區보다 有意하게 적었는데 浸水와 冠水處理에 의해 主莖長과 節數가 減少되는 結果는 이미 여러 報告에서도 밝혀진 바 있다^{2,4,6,8,11}. 分枝數는 V₃시기에 6시간 冠水처리구

는 增加되었으나 기타 處理는 大差없었으며 莖直徑은 각처리 모두 大差없는 傾向이었다.

4. 收量構成要素 및 收量

冠水時期 및 冠水時間에 따른 收量 및 收量構成要素는 表 3과 같다. 莢數는 對照區에 비하여 冠水處

理 時 期 가 늦 고 冠 水 時 間 이 길 수 록 감 소 되 는 경 향 으 로 R₄ 시 기 12 시 간 또 는 24 시 간 冠 水 처 리 구 에 서 현 저 히 減 少 되 었 다.

협실비율을 보면 對照區의 1립협 18.5%, 2립협 43.6%, 3립협 37.9%에 비하여 V₃·V₆시 기 冠 水 處 理 의 경 우 2립협의 分 布 比 率 은 높 고 3립협의 分 布 比 率 보 다 1립협의 分 布 比 率 이 낮 아 對照區와 유 사 한 경 향 이 었 으 나, R₂·R₄시 기의 冠 水 처 리 는 3립협 의 分 布 比 率 이 낮 고 1립협의 分 布 比 率 이 현 저 히 높 게 나 타 났 다. 따 라 서 pot 당 總 粒 數 는 莢 數 와 같 은 경 향 으 로 R₂시 기 24 시 간, R₄시 기 12 시 간 또 는 24 시 간 冠 水 처 리 구 에 서 현 저 히 減 少 되 었 다.

100粒重은 對照區 29.3g에 비하여 生育初期에 冠 水 처 리 될 수 록 100립 중 이 적 은 경 향 이 었 으 나 統 計 의 有 意 差 는 인 정 되 지 않 았 는 데 이 는 株 當 粒 數 의 많 고 적 음 에 따 른 관 계 로 생 각 된 다.

pot 당 種 實 收 量 은 冠 水 時 期 가 늦 고 冠 水 時 間 이 길 수 록 減 收 하 는 경 향 으 로 對照區 54.7g에 비 하여 V₃시 기의 6·12·24 시 간 과 V₆시 기의 6·12 시 간 冠 水 처 리 구 는 43.4~46.3g으 로 有 意 差 가 인 정 되 지 않 았 으 나 V₆시 기의 24 시 간, R₂시 기의 6·12 시 간 그 리 고 R₄시 기의 6 시 간 冠 水 처 리 구 는 35.1~39.9g 으 로 有 意 하 게 감 수 되 었 으 며 R₂시 기의 24 시 간 冠 水 처 리 구 는 31.4g R₄시 기의 12 시 간 관 수 처 리 구 는 25.5g, R₄시 기의 24 시 간 관 수 처 리 구 는 18.3g으 로 開 花 期 및 登 熟 期 의 12 시 간 이 상 冠 水 처 리 에 서 減 收 幅 이 큰 것 으 로 나 타 났 다.

이 상 의 結 果 를 綜 合 하 여 보 면 無 處 理 에 비 하 여 V₃시 기의 冠 水 처 리 는 줄 기 의 길 이 생 장 은 다 소 遲 延 되 고 경 장 은 무 처 리 보 다 감 소 되 었 으 나 主 莖 節 數, 分 枝 數 그 리 고 莖 直 徑 등 의 생 장 에 는 별 지 장 이 없 었 고 莢 數 와 粒 數 도 大 差 없 었 으 나 100粒重 이 다 소 적 어 減 收 되 는 경 향 이 었 고, V₆시 기 에 서 는 24 시 간 冠 水 처 리 되 면 생 장 點 이 枯 死 됨 으 로 써 枯 死 생 장 點 밀 부 분 의 分 枝 가 主 莖 대 신 신 장 하 여 다 시 2 차 分 枝 를 내 면 서 생 장 하 여 莢 數 와 粒 數 를 확 보 하 였 으 나 36%정 도 減 收 되 었 으 며 6~12 시 간 冠 水 처 리 는 莢 數 와 100粒重 이 적 어 15~18%정 도 減 收 되 는 경 향 이 었 다. R₂시 기의 冠 水 처 리 는 開 花 된 꽃 이 冠 水 에 의 해 落 花 되 어 莢 數 확 보 가 적 었 을 뿐 만 아 니 라 1粒莢 의 比 率 이 높 아 粒 數 도 減 少 되 었 고 無

處 理 보 다 는 100粒重 도 적 어 27~43% 減 收 되 었 는 데, 福 井 · 尹 藤 等²⁾이 나 杉 本 等¹⁾도 開 花 期 浸 水 處 理 로 莢 數 가 減 少 되 어 減 收 되 었 다 고 보 고 한 바 있 다. 또 한 R₄시 기 에 서 는 冠 水 時 間 이 길 수 록 落 莢 率 이 높 아 지 莢 數 가 감 소 되 었 고 莢 當 粒 數 의 감 소 도 심 하 여 32~66%정 도 減 收 되 었 다. 그 結 果 減 收 幅 은 R₄ > R₂ > V₆ > V₃의 순 으 로 컸 으 며 冠 水 時 間 이 길 수 록 減 收 幅 은 더 욱 크 게 나 타 났 다.

이 와 같 은 경 향 은 時 政¹²⁾이 보 고 한 嫩 莢 期 > 成 莢 期 > 開 花 期 > 成 熟 期 > 第 1本 葉 期 와 權 · 李⁵⁾의 莢 實 發 達 初 期 > 開 花 期 前 > 開 花 期, 崔¹⁾의 開 花 期 > 營 養 生 長 期 순 으 로 減 收 가 컸 다 는 報 告 와 類 似 한 경 향 이 었 으 나 後 藤 等⁴⁾이 報 告 한 第 4葉 期 > 幼 莢 期 = 第 1葉 期 > 開 花 期 = 成 莢 期 순 으 로 減 收 幅 이 컸 다 는 報 告 와 는 相 異 하 게 나 타 났 다.

摘 要

콩 의 主 要 生 育 期 別 冠 水 處 理 時 間 에 따 른 生 育 樣 相 과 減 收 要 因 을 究 明 하 고 자 콩 의 生 育 期 V₃(6 月 16 日), V₆(6 月 29 日), R₂(7 月 3 日), R₄(7 月 29 日)시 기 에 冠 水 時 間 을 6·12·24 時 間 씩 各 各 維 持 하 여 비 가 립 하 우 스 내 에 서 pot 試 驗 한 結 果 를 要 約 하 면 다 음 과 같 다.

1. 開 花 期 는 無 處 理 對 比 V₃·V₆生 育 期 冠 水 處 理 에 서 1 日 程 度 遲 延 되 었 다.
2. 成 熟 期 는 無 處 理 對 比 V₆시 기 6~12 時 間 冠 水 處 理 時 2~3 日 早 熟 되 었 으 나, V₆시 기 24 時 間 과 R₂·R₄시 기의 冠 水 處 理 는 2~8 日 늦 어 지 는 傾 向 이 었 다.
3. V₆와 R₂시 기의 24 時 間 冠 水 처 리 는 생 장 點 이 枯 死 하 였 으 며 莖 長 과 主 莖 節 數 는 冠 水 處 理 時 期 가 빠 르 고 冠 水 時 間 이 길 수 록 減 少 하 는 傾 向 이 었 다.
4. 莢 數 는 冠 水 時 期 가 늦 고 冠 水 時 間 이 길 수 록 減 少 되 는 傾 向 으 로 V₆시 기 24 時 間 과 R₂ 6~24 時 間 및 R₄시 기 6 時 間 관 수 처 리 는 16~26%, R₄시 기 12 時 間 관 수 처 리 는 40%, R₄시 기 24 時 間 관 수 처 리 는 60%씩 各 各 減 少 되 었 다.
5. 收 量 은 冠 水 時 期 가 늦 고 冠 水 時 間 이 길 수 록 減

- 收되는 傾向으로 無處理 對比 V₃시기 全處理 와 V₆시기 6·12時間 처리까지 有意差가 없었 으나 V₆시기 24時間, R₂시기 6·12 時間 및 R₄ 시기 6時間 冠水處理는 27~36%, R₂시기 24 時間 관수처리는 43%, R₄시기 12時間 관수처리는 53%, R₄시기 24時間 관수처리는 66%씩 各各 減收되었다.
6. 콩 生育期別 冠水被害 程度는 R₄ > R₂ > V₆ > V₃ 시기순으로 減收幅이 컸다.

引用文獻

1. 崔庚鎭. 1994. 濕害處理가 콩 品種의 生育 및 收量에 미치는 影響. 博士學位論文(서울대 대학원)
2. 福井重郎, 尹藤隆二. 1951. 生育時期を異にした短期 過濕處理가大豆の生育收量に及ぼす影響に就て. 日作紀. 20(3~4):271~273.
3. Jensen, M. E. 1973. Consumptive use of water and irrigation water requirements. New York : American Soc. of Civil Engineers.
4. 後藤和男, 高橋 幹, 西入惠二, 阿部賢三. 1985. 冠水處理가 사이즈及びアズキの生育, 收量に及ぼす影響. 北海道 農試研報. 141:127~145.
5. 權容雄, 李弘禾石. 1988. 콩의 生理와 栽培環境上의 問題點. 農村振興廳 심포지움 3 (作物試驗場):68~95.
6. 權容雄, 李玟奎. 1988. 콩의 營養 生長期 및 開花期の 濕害條件에 대한 生理反應에 관한 研究. 農試論文集(農業產學協同편) 31:289~300.
7. 李弘禾石, 具滋煥, 尹誠熙. 1993. 水分포텐셜과 地下水位調節이 大豆의 根瘤活性, 生育 및 收量과 品質에 미치는 影響. 1. 土性 및 地下水位가 大豆의 根瘤活性, 生育 및 收量과 品質에 미치는 影響. 農試論文集('92 農業產學協同편) 35:1~11.
8. 李弘禾石 등. 1993. 논 輪作에 관한 研究.-農耕地 生産性 提高에 관한 研究-農林水産部 農漁村振興公社:pp 185
9. Levitt, J. et all. 1980. Response of plants to environmental stresses. Academic Press Vol. II :213~224
10. 岡本嘉. 1950. 土壤水分가大豆種實의發育に及ぼす影響(豫報). 日作紀19(3~4):315~317.
11. 杉本秀樹, 雨宮 昭, 佐藤 亨, 竹之内篤. 1988. 水田轉換畑におけるサイズの 過濕障害. (第1報) 土壤の過濕處理가乾物生産と子實收量に及ぼす影響. 日作紀 57(1):71~76.
12. 時政文雄. 1951. 大豆의冠水被害に關する研究.-秋大豆の生育時期別 冠水被害-. 日作紀 20 (1~2):103~105.
13. Yasuhiro, K. et all. 1987. Effects of soil moisture conditions on the development of root system of soybean plants. Japan J. Crop Sci. 56:597~607.