

윤환관개방법과 적정시설 연구

Research on the Methods and Proper Provisions for Rotational Irrigation

유 한 열 정 하 우
Han Yeol Ryu Ha Woo Chung

Summary

In this research, Nong-rim No. 6 was adopted as a test variety of rice. Rice seedlings were transplanted on June 14, 1970. Roots were settled into soil on June 20 and a total number of days irrigated for rice growing was 110 days. A planting density of 21 cm×21 cm and an area of 9.9 m² for a test plot were accepted, planting 70 stumps of rice in a test plot.

The soil in test plots are classified by soil test as oam, and its chemical contents are as shown in Table 3. Irrigation water was secured by pumping from the Sudun stream that originates at the Suho reservoir. Accordingly, the qualities of irrigation water are considered to be the same as those of water stored in the Suho reservoir.

There were 54 days of intermittent rainfalls in total during the whole 110-day period of irrigation. As a result, it is likely that the growth of rice plants was influenced by rainfall at a comparatively great degree.

In order to measure the amounts of water consumption, infiltrometers, measuring devices for the decreases of water depths and lycimeters were provided. As a result of measurements, an average daily rate of infiltration was observed to be 14 mm/day.

It is expected from this research that the effect of increased yield will be secured by supplying optimum amounts of water for irrigation on proper times, and that the amounts of water consumption for irrigation can be saved by applying suitable irrigation methods.

The test results obtained are summarized as follows:

1. Yields produced in the test plots of continuous irrigation are lower than those in the test plots of rotational irrigation, i.e., yields produced at the test plots irrigated once in a period of 8 days are higher by 27% in average than those produced at test plots of continuous irrigation.

2. The amounts of irrigation water for test plots, which have a clay layer of 9 cm in thickness and vinyl diaphragm without holes, are saved by about 52% in comparison with ordinary test plots.

3. Ears are sprouted 5 days earlier at continuous irrigation plots as compared with other test plots.

4. It seems that there are growing stages of rice plants such as those of forming and sprouting of ears, in which the amounts of irrigation water are consumed more in comparison with the other stages. Therefore, it may be possible to increase or decrease the amount of irrigation water, according to the growing stage of rice plant, so as to save irrigation water.

I. 서 론

모든 농작물이 생육해 나가는데 있어서 물은 필요불가결한 요소이다. 물은 식물체내에서 영양분의 운반, 비료분해의 조절, 병충해의 감소, 풍해의 방지와 토양속의 유해물을 제거하는등 많은 일들을 담당하여 주는 것이다. 그러므로 작물이 살아가는데 필요한 물이 각 생육기를 통하여 적당하게 주어지지 않으면 성장에 장애를 받고 결국 수확량이 감소하게 된다.

수도작에 있어서는 다른 작물보다 더 많은 수량(水量)이 생육기간중에 있어서 절대적으로 필요로 한다. 그런데 우리나라의 연평균우량이 1,159 mm로서 지역에 따라 다소 차이는 있으나 6월, 7월, 8월과 9월에 연우량의 약 2/3가 집중적으로 내리게 되고 10월부터 이듬해 5월까지 8개월간은 강수량이 적고 특히 못자리 용수가 필요한 4월, 5월은 일반적으로 한발이 있게 되어 모내기시기인 6월에 가서는 관개용수량의 부족과

* 필자: 서울대학교농과대학

그 분포상태가 불균일하여 벼의 생육과 수확에 치명적인 피해를 입히는 수가 많다. 또 일반 수리안전담에서는 상시 담수관개를 실행함으로써 유효분얼을 적게하는 반면 무효분얼의 과다로 후기 추락(秋落)현상을 일으키는 등 작물생육기에 알맞는 관개관리를 실시하지 못하고 있다. 유기물이 많은 습담에서는 고온이 되면 유효물질이 발생하여 뿌리가 썩은 현상을 일으키고 수리불안전담과 천수담에서는 상시 담수로 인하여 용수부족을 초래하여 벼의 중요한 생육기에 관개를 하지 못하여 한해를 입히는 경우가 많고 또한 낙수기를 너무 빠르게 하거나 늦게 하므로서 등숙장애(登熟障害) 및 쌀의 질의 악화와 도복(倒伏)에 의한 피해가 있게 된다.

우리나라에서 과거에 발생한 한해에 대한 기록을 분석하여 보면 대한발이 23회, 대기(大饑)가 82회, 소기(小饑)가 199회였으며 연속한해가 33회, 3년연속이 14회, 4년과 5년 연속한해가 각 1회, 6년 연속한해가 2회로 평균적으로 매 6년을 주기로 하여 1회의 한해를 입었고 매 20년마다 대한발을 겪어 온 셈이 된다. 특히 1967년에 있었던 한발은 60년내에 처음 있는 혹심한 한발로서 농작물중 곡물이 51만%의 감소를 가져왔으며 1968년에 있어서는 이앙면적 121만2천ha 중 30.2%인 36만6천ha가 한해를 입어 76만1천%이나 감소되었으며 이들을 각각 금액으로 환산한다면 1967년에는 약 209억원이고 1968년에는 약 400억원의 피해를 입었으며 이 금액만큼 외국에서 도입한 곡물의 대가로 지출되는 셈이 될 것이다.

1968년4월까지의 집계를 보면 총 담면적이 1,301,273ha 이고 이 중에서 수리안전담이 전체의 58.2%인 757,282ha 이고 나머지 41.8%인 543,991ha가 수리불안전담으로 되어 있는 실정이다. 1967~68년에 걸친 대한발로 인하여 항구적인 한해대책을 정부에서 계획하여 1969년1월 항구적 한해대책으로서 농업용수개발계획을 성안하였다. 이 계획에서 총담면적 약 1,301천ha 중 1968년현재 한해상습지 544천ha의 77%에 해당하는 419천ha와 농업용수개발에 의한 신규 개발면적 16천ha를 더한 435천ha를 1971년까지 농업용수를 개발하도록 되어 있다. 나머지 80천ha는 전담적과을 하도록 하고 45천ha 발전환을 하여 적어도 90%의 수리 안전을 기하도록 하고져 박차를 가하고 있는 실정이다.

1970년 11월 30일 현재까지 실적을 집계하여 보면 1968년에 1,748ha를, 1969년에 243,435ha를, 또 69년도 계획으로 70년 영농기 이전까지 완공예정인 10,659ha와 1970년11월까지 완공한 약 68천ha(연간 계획 면적의 82%에 해당)를 합하여 약 324천ha를 성공리에 지금까지 끝냈은 셈이다. 이를 사업별로 구분하면 지표수 개발(양수장, 도수로, 보 및 저수지)과 지하수개발(인

력 및 기계과정, 집수암거) 이 70년11월30일까지 총계획관계면적 대 실적은 각각 약 176천ha 중 약 93천ha, 약 259천ha 중 240천ha를 달성한 셈이 된다.

현재 전국에 산재해 있는 저수량을 분석해 보면 단위저수량이 400mm 미만의 것이 118개소로서 동리면적은 약 29천ha, 300mm 미만의 것이 62개소로서 동리면적은 약 15천ha, 250mm 미만의 것이 16개소로서 동리면적은 약 3천ha이며 소류지는 대부분 200mm 내외이므로 이와 같은 것은 만수(滿水) 상태가 될지라도 이앙기(移秧期) 이후의 용수량이 극히 부족한 양이다. 이러한 경우에 있어서는 비록 단기간 계속하는 한발이 있게 되더라도 갈수상태가 나타나는 곳을 자주 보아왔다. 저수지 축조에 있어서 평년이라도 그 내용적이 400mm 이상은 있어야 용수부족이 없을 것인데 그 시설규모의 결정에 무계획적인 것, 예산부족에 의한 관제, 계획기준년의 착오 등으로 불완전한 것이 많고 더우기 하천유역, 저수지유역의 입상이 극히 불량하여 강우시에 있어서는 대부분의 강우량이 지표 유출하여 하천으로 유하하여 홍수를 이루게 되고 강우가 없는 평시에는 대부분의 저수지는 유입량이 없는 하천을 이루고 있는 것이 많은 수에 달한다.

이와 같은 상황에서 수도작을 가장 효과적으로 달성하고 한해의 피해를 최대한으로 막을 수 있을 것인가 하는데 주안점을 두지 않으면 안되게 되었다. 또 실제에 있어서도 농민들이 평소에 물관리에 대한 깊은 인식을 가지고 있지 못하여 관개면적의 증대와 저수지의 용량이 감소되는 것을 고려치 않고 항상 재래식 방법에만 의존하고 답습하여 용수관리에 대한 부주의가 더 큰 악영향을 미친다고 볼 수 있다.

수도는 물을 필요로 하는 식물이지만 결코 수생식물(水生植物)은 아니므로 작물에 필요이상의 물을 공급하게 되면 발육기에 대한 저항력이 약해지고 넘어지기 쉽고 말라죽는 수도 있는 것이다. 그러므로 논에는 기온, 발육시기, 토질, 토성등을 고려하여 필요한 시기에 수도가 요구하는 알맞은 양을 관개할 수 있도록 하여 준다면 많은 양의 물을 절약할 수 있을 것이다.

따라서 본연구의 목적은 우리나라의 기존 수리시설 물을 이용함에 있어서 지금까지 일반적으로 사용되어 오던 상시 담수관개법(湛水灌溉法)을 개선하여 동일량의 물을 더 오래동안 이용할 수 있다면 이는 관개용수의 절약을 가져 올 것이고 그 결과로서 어느 정도의 한해를 극복하도록 하자는데 있는 것이다.

이 연구는 1963년 이래 계속하여 “수도의 절수재배에 관한 연구”의 일환으로 착수되어 오고 있다. 이것은 주로 이앙후 착근(着根) 후부터 유효분얼(分蘖)종말까지와 경수기(傾穗期)에서부터 낙수기까지는 윤환관

개를 실시하여 어느 정도의 단수일수(斷水日數)가 가장 적당한가를 찾아내고 또 모래질(砂質)이 많아서 누수가 심한 땅에는 점토로써 밀다짐을 하여 누수현상을 줄이고 점토가 얻기 어려운 지방에 있어서는 비닐을 사용하여 보수력(保水力)을 증가시켜서 물의 절약과 동시에 수확량의 증가를 얻고져 하는데 있었다. 그런데 금년에는 특히 강우일수가 6월14일부터 시작하여 6월에는 10일간에 걸쳐서 150.1 mm, 7월에는 17일간에 423.9 mm, 8월에는 13일간에 173.3 mm, 9월에는 16일간에 399.8 mm 나 강우가 내렸다. 따라서 같은 양은 아니지만 강우일수가 많았으므로 본 시험사업에는 적잖은 지장을 받게 되었다.

II. 연구연혁

우리나라에서는 1910~1913년에 구 권업모범장에서 관개수량조사를 시작하였고 이보다 앞서 일본에서는 西原농사시험장에서 염면 및 주간수면 증발량과 침투량에 관한 종합적인 시험이 실시되었다.

이 시험에 의하여 염수면증발량의 생육기별 변화를 제시하였다. 上野는 이 시험결과를 종합분석하여 일본국의 담용수량의 기준계수를 제시하여 1940년대까지 용수량제산의 기준 데타로 이용되어 왔었다.

1912년에는 권업모범장 대구시장에서도 관개수심과 수도의 생육 및 물의 양에 관한 연구에서 60 mm 수심으로 5회 관개하는 것이 최대함수량을 올렸다고 하였으며 구미에서는 밭작물의 용수량에 관하여 광범위한 연구가 진행되었고 수도에 관한 용수량시험은 매우 적었으며 Bond and Keeney가 미국에서 처음으로 수도의 용수량에 관한 시험을 하였다.

그후 Biggs가 1914~1916년에 캐나다에서 시험하여 수도작에 적합한 관개시기와 관개수심에 관한 기초적 계수를 구하였으며 Adams는 같은 시기에 미국 농무성의 협력을 얻어서 관개시기에 관한 시험으로서 수도의 관개에 대한 기초자료를 제공하였다.

草野는 수원권업모범에서 관개수량조사에 착수하여 염수면증발량, 침투량, 기경정리, 이양용수 및 유효수량을 관측조사하였으며 福田丈六가 1910년에 飯島가 1913년에 같은 시험을 제승하여 시험한 결과를 종합정리한 것이 염수면 증발량에 대한 기계의 증발량의 비율로 발표되어 우리나라에서는 오래동안 이것을 사용하여 왔다.

富士崗은 수도용수량에 관한 연구를 통하여 염수면 증발량과 기계의 증발량과의 비율을 계수적으로 표시하였는데 일본에서는 이것을 토지개량사업 설계기준으로 사용하고 있는 현상이다.

관개수심과 수도의 생육 및 수량에 관해서는 권업모범장 대구, 지장, 金崗, 狩野, 西原농사시험장, 富士崗

등의 보고가 있는데 여기에서는 심수(深水) 관개보다는 천수(淺水)관개가 수도의 생육 및 수확량에 좋은 영향을 미친다는 것이 공통적이고 金崗은 또한 유수형성기(幼穗形成期)까지는 토양수분을 포화수량(飽和數量)의 70%정도로 유지하여도 담수관개에 못지않은 생육과 수확량을 올릴 수 있다고 하였으며 富士崗은 수심과 생육, 수확량과의 관계 및 관개적기에 관한 연구에서 초장 신장에는 담수의 깊고 얕은데 관개가 없고 분얼에는 토양함수량에 비례하며 무효분얼은 10~75%가 최소이고 일반재배에서는 75%이상의 토양수분이 필요하며 최대함수량은 10~30 mm 깊이의 담수관개가 가장 적합하며 수잉(穗孕) 및 개화기에는 담수하고 기타 시기에는 75~100%정도의 토양수분만 유지시켜 주면 수확량에는 별 영향을 미치지 않고 그러한 조건으로 하여 주었던바 용수량에 있어서는 1/2정도로 절약할 수 있었다고 하였다. 또 西農농사시험장의 시험결과(1957년)는 이양후 착근까지는 내한성이 약하나 분얼기간중에는 대단히 강하며 유수형성기 이후 특히 유수분화기, 생식세포감수분열기(출수 10일~14일전) 및 출수개화기가 가장 약하므로 이 점이 절수재배를 행할 때 가장 중요한 점이라 하겠다. 1935년 소련의 시험에서는 최대 용수량의 85%가 좋은 수확량을 얻었다고 하였으며 1952년에 高井가 시험한 성적은 착근기와 유수형성기 및 수잉기가 물이 가장 필요하고 분열기와 등숙기에는 단수하여도 좋다고 하였다.

본 시험연구의 지금까지 결과에 의하면 천수관개가 좋았고 분열기와 등숙기에는 중간낙수하는 것이 수확량에 좋았으며 수잉기에 단수하는 것은 그 성적이 불량하였다.

관개수가 소비되는 요소중에서 염면증발량의 변화는 수도의 생육시기와 밀접한 관계가 있으며 보통 단위건물량을 생산하는데 소요되는 양 즉 증발비로써 표시하는데 이에 관해서는 西農농사시험장(1906년), Adams(1920년), 草野, 福田(1913년), 飯島(1916년), 富士崗(1952년), 민병섭(1969년), 김철기(1969년) 등의 보고가 있으며 이는 수도의 생육상태와 품종 및 지역적 기상조건에 따라 다르게 나타났으며 이양후 점차로 증가하다가 수잉 및 개화기가 최대에 달하고 그 후는 다시 점차 감소하였다. 또 주간수면 증발량은 이와 정반대로 나타났다.

논 안에서의 침투량에 대해서는 門山(1957년)가 침투속도와 암모니아 농도의 시기적 변화의 상관성을 연구 발표하였는데 논안에서의 적정 침투량은 15~25 mm/day, 적정감수심은 20~30 mm/day이며 10 mm/day 이하나 50 mm/day 이상은 다량의 비료를 사용하여도 다수확은 기대할 수 없다고 하였는데 五十崎도 같은 결과를 얻었다.

삼투량이 과다한 모래질토양에 대한 밀다짐 효과에 대하여 中村, 杉森, 일본토지개량사업설계기준 상제편(床締篇)의 보고에 의하면 3cm 두께의 밀다짐을 하는 것이 보수력이 좋고 수확량이 많았다고 하였으며 久松은 담면 50cm 이하에 0.05mm의 비닐을 깔고 수도를 재배하면 1/2의 용수량을 절약할 수 있다고 보고하였다.

1950년에 Lee Chow가 대만의 관개방법에 관한 조사에서 윤관개는 보통 60mm 담수구 보다는 25~50%의 관개수량을 절약할 수 있었다고 지적하였고 또 침투율이 높은 토질에서는 다른 토질에 비하여 상당히 많은 물의 양을 절약할 수 있었다고 하였다.

본 연구자가 이창구박사와 같이 1968년에 시험한 결과는 담면하 15cm 밀에 비닐을 3cm/m²구멍구가 50%의 물절약과 12%의 수확량의 증가를 얻었으며 밀다짐 시험에서는 최고 50%의 물절약과 23%의 증수를 얻었다. 1969년에 있어서는 밀다짐 9cm 구가 31%, 8일관개구와 등등력식(等等力式)구가 28%의 증수현상을 나타내었고 관개용수량에 있어서는 밀다짐 9cm 구와 비닐무공구가 약 67%의 용수절약을 얻었다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 공시품종 : 농립6호(만생종)
2. 시험장소 : 서울대학교 농과대학 시험포장
3. 모이양일 : 6월14일 이상
4. 식재밀도 및 시험구면적

21cm×21cm의 식재밀도로써 1주당 5묘씩으로 1개 시험구의 면적은 9.9m²(3坪)씩으로 했다.

5. 시비량

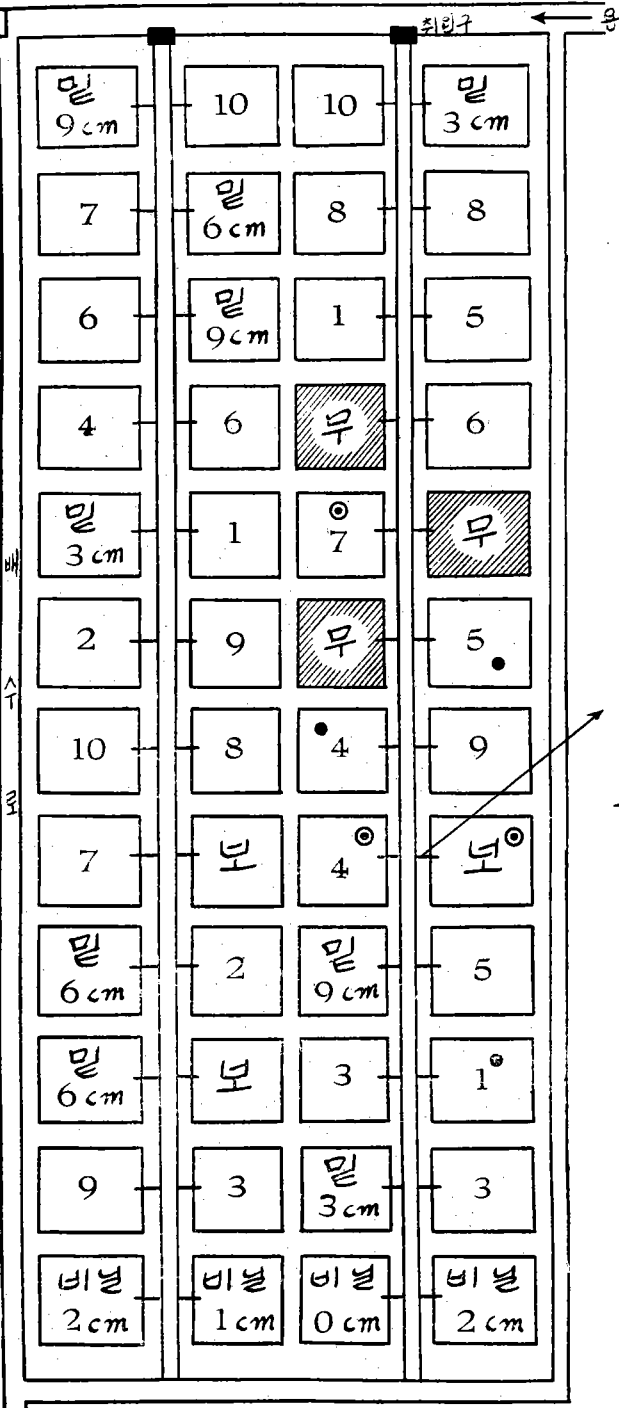
기비로 10a당 1,125kg, 금비는 질소질(노소) 4kg, 인산질(중과석) 6kg, 가리질(염화加里) 6kg을 사용하였고 중경제초와 동시에 추비로 1차에 걸쳐 질소질비료 4kg을 사용하였다. 시비방법은 기비를 전중시비로 하고 기타는 일반적으로 널리 이용되고 있는 경중법에 준하였다.

6. 처리방법

1일, 2일, 3일, 4일, 5일, 6일, 7일, 8일, 9일, 10일 관개구, 보통관개구, 밀다짐 3cm 구, 밀다짐 6cm 구, 밀다짐 9cm 구와 무관개구는 각각 3반복구(2일관개구만으로그 반복)로 하였으며 비닐무구멍구 비닐 1cm/m² 구멍구, 비닐 2cm/m² 구멍구, 비닐 3cm/m² 구멍구는 각각 1개구로 하여 총 48개구를 설치하였으며 완전입의 배치법으로 하였다. (그림-1, 2, 3과 표-1참조)

7. 시험구의 설치방법

밀다짐구는 경토심이 15cm를 유지하기 위하여 9cm, 6cm 구와 3cm 구를 각각 24cm, 21cm, 18cm의 두께로 표토를 걷어내고 그 밑에 9cm, 6cm, 3cm 두께의 진흙을 다른 곳에서 운반하여 와서 다져서 넣은 후 어



<범례> 무: 무관개구 밀: 밀다짐구
 보: 보통구 비닐: 비닐바닥구
 ⊙: 감수심 측정기 및 라이시 메타구
 ●: 삼투량 측정기
 그림-1 실험구 배치도

느정도 자연상태가 되는데 필요한 측 적어도 경토심이 15cm 되도록 표토를 다시 고루고루 산포정지하였다. 비닐구는 표토를 15cm 걷어낸 후 두께 0.06mm의 비

표-1. 시험구당 면적과 반복수

구 분	구당면적 m ²	반복 수	구 분	구당면적 m ²	반복 수
1일 관개구	9.9	3	무 관개 구	9.9	3
2일 "	9.9	2	보통 관개구	9.9	3
3일 "	9.9	3	밀다짐 3cm구	9.9	3
4일 "	9.9	3	" 6cm구	9.9	3
5일 "	9.9	3	" 9cm구	9.9	3
6일 "	9.9	3	비닐무구멍구	9.9	1
7일 "	9.9	3	비닐 1cm/m ² 구멍구	9.9	1
8일 "	9.9	3	" 2cm/m ² "	9.9	1
9일 "	9.9	3	" 3cm/m ² "	9.9	1
10일 "	9.9	3	계	475.2	48



그림-2 시험구 전경

닐을 무구멍, 1cm/m² 구멍, 2cm/m² 구멍, 3cm/m² 구멍의 4종을 각각 깔고 다시 표토를 덮어 정지하였다.

8. 관개방법

무관개구는 이양후 착근기와 유수형성기 및 수잉기를 제외한 나머지 일수는 강우에만 의존하여 물을 공급하지 않았고 강우시에도 10mm 이하의 유효수량으로 하고 그 이상은 배수를 하였다. 보통구, 전밀다짐구, 비닐구는 일반관행법에 의하여 관개를 하였으며 담수 심을 40mm로 정하여 필요한 수량만 관개하여 주었다. (그림-4 참조) 나머지 관개구는 그의 순환일자에 해당하는 날에 40mm의 담수를 하여주고 강우후에는 강우 이전에 작구가 유지하고 있던 담수심 이상은 배수 하였다.

9. 생육조사

생육조사는 1차, 2차, 3차로 구분하여 조사하였는데 각각 분얼이 시작한 이후 즉 7월7일과 분얼이 거의 끝난 7월27일과 결실기말에 가까운 10월15일에 실시하였다.

10. 포장의 토질조사



그림-3 용수로와 관개장면

본 시험포장은 작년까지 시험하여 온 담이 아니고 금년에 새로운 지역으로 옮겨지게 되었다. 4개지점의 토

날 크기가 적 곡 선
Grain Size Accumulation Curve

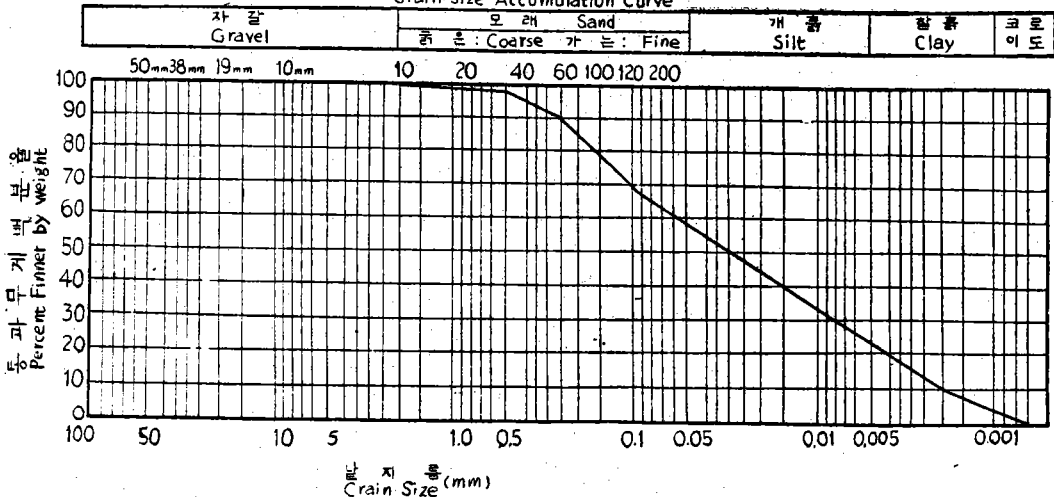


그림-5 입도누가 곡 선

양을 시료채취하여 얻은 정관치는 표-2와 그림-5와 같다. 하층부 토양은 깊이 0.8m에서 세사질(細砂質)로 되어 있었다. 삼투량은 14 mm/Day로 나타났다.

가. 담토양의 입도분석도

표-2 체 통 파 울 (%)

시 료	체 눈크기 (mm)	체 통 파 울 (%)								비고
		2.0	1.0	0.5	0.25	0.10	0.05	0.002	0.002	
1		100	99.6	98.2	90.2	68.3	54.9	12.9		
2		100	99.5	98.8	89.9	65.9	48.5	10.9		
3		100	99.2	98.4	89.4	74.7	60.2	9.3		
4		100	98.9	97.8	91.7	67.5	54.4	11.1		
평	균	100	99.3	98.3	90.3	69.1	55.4	11.3	L	

나. 담토양의 비옥도조사

본 시험지의 화학분석결과는 다음 표-3과 같다.

토양이 약간 산성을 나타내 보이고 유기질은 약간 적은 편이고 인산과 카리성은 다소 많게 나타났다.

표-3 시험지의 화학분석표

시 료	PH	OM (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100gr)
1	5.4	1.48	0.15	91	0.73
2	4.2	1.86	0.12	76	0.65
3	5.0	1.62	0.16	79	0.62
4	4.6	1.32	0.12	86	0.70
평	4.8	1.57	0.14	83	0.68

표-4 관 개 수 질 조 사 표

장 소	상 하 회 수	PH		NH ₄		NO ₃		PO ₄		K		Na		Ca	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		서 호	상	7.05	7.80	0.80	0.64	0.82	0.82	0.56	0.70	0.90	3.30	9.40	5.00
	중	7.05	7.80	1.70	0.64	0.83	0.83	0.56	0.70	0.90	2.70	9.70	5.20	6.80	6.80
	하	7.10	7.40	0.58	0.60	0.61	0.56	0.56	0.56	0.50	2.50	9.30	8.50	6.20	9.90

장 소	상 하 회 수	Mg		Cl		SO ₄		F ₀		SiO ₄		채 취 일	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		서 호	상	4.50	5.90	11.52	7.50	1.19	1.79	2.80	2.40	11.33	10.28
	중	5.50	5.90	11.32	7.70	1.19	1.19	2.80	2.40	11.33	10.28	20 일	18 일
	하	5.50	5.60	11.32	11.99	1.19	1.19	2.60	1.72	8.56	18.17		

11. 관개수질조사

관개수질에 대해서는 서호수질기와 동일한 것이므로 진흥청에서 조사한 것을 인용하였다.

가. PH가 중성에 가까우므로 토양산도와는 아무런 관계가 없는 것이다.

나. 갈수기와 홍수기 2회에 걸쳐 조사된 바이며 그 내용은 표-4에 주어졌다.

12. 소비수량조사

수도작의 소비수량을 조사하기 위하여 라이시미터(Lycimeter)와 감수심측정 및 삼투량조사를 실시하였

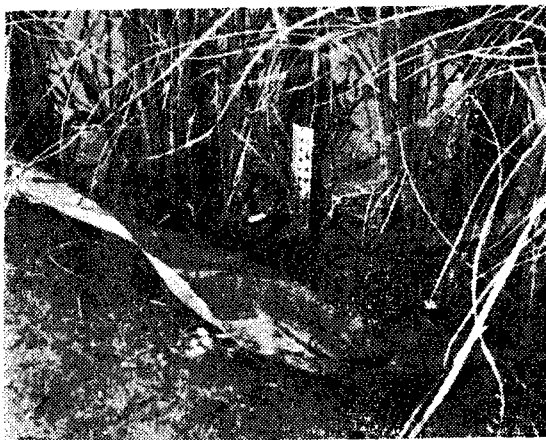


그림-4 비닐구의 일면



그림-6 라이시미터와 감수심 측정기



그림-7 삼투량 측정기

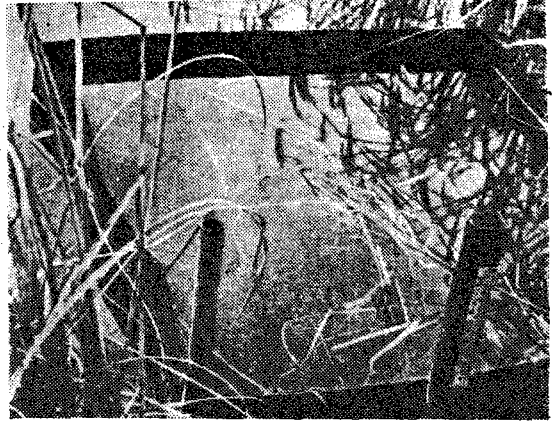


그림-8 라이시 미터

다. 수위는 간이식으로 후크게이지(Hook Gauge)를 만들어 사용하였다. 잦은 강우로 인하여 기대했던 값을 얻지 못하였다. 이에 대한 실물을 그림-6, 7, 8에서 볼 수 있다.

V. 결과 및 고찰

1. 생육기간중의 기상표

수도재배 기간중의 일반기상관측은 본 시험포장에서

표-5 수도생육기간중의 기상관측치 (4개년간)

순	항	목	평균기온 (°C)				강 우 일 수				강 우 량 (mm)			
			1967	1968	1969	1970	1967	1968	1969	1970	1967	1968	1969	1970
6	월	중	21.6	20.8	18.9	19.7	6	1	3	6	26.3	0.3	18.8	43.4
6	월	하	22.8	21.3	21.2	20.3	4	0	1	4	77.0	0	3.7	106.7
7	월	상	22.5	22.6	21.6	20.7	4	6	3	7	62.5	224.4	27.4	168.4
7	월	중	27.8	24.1	23.4	23.0	5	8	9	6	91.5	262.9	167.6	168.6
7	월	하	27.8	26.1	26.1	25.4	4	0	9	4	80.0	0	76.4	86.7
8	월	상	27.5	25.6	24.9	26.1	4	4	9	5	9.8	101.0	270.1	60.5
8	월	중	26.2	24.6	25.6	25.0	6	6	5	3	256.6	162.4	17.7	0
8	월	하	26.9	22.5	23.2	25.2	4	2	5	7	42.5	265.5	56.4	112.8
9	월	상	24.3	21.2	21.3	24.2	7	2	3	7	63.8	125.8	90.4	207.7
9	월	중	18.1	21.5	21.0	20.2	1	1	5	5	0.8	24.8	34.5	173.0
	계	또는 평균	21.8	23.0	22.7	22.9	45	30	52	54	710.2	1,167.6	773.0	1,027.8

순	항	목	일 조 시 간				증 발 량			
			1967	1968	1969	1970	1967	1968	1969	1970
6	월	중	72	85.5	89.4	63.2	50.8	49.1	36.0	39.3
6	월	하	56.4	98.5	100.4	79.9	39.9	65.1	44.7	38.8
7	월	상	60.0	55.4	86.8	61.9	39.7	37.8	46.8	33.9
7	월	중	30.2	33.2	55.0	61.9	36.2	27.0	21.9	36.0
7	월	하	58.2	74.0	75.0	61.2	56.2	51.1	33.6	52.0
8	월	상	54.6	82.0	54.1	72.8	50.4	54.1	27.0	43.0
8	월	중	14.6	57.1	88.1	87.8	38.4	40.6	40.4	56.1
8	월	하	50.8	85.9	99.0	65.3	46.2	42.5	42.3	47.5
9	월	상	25.1	75.2	72.5	66.7	2.7	41.7	25.1	30.9
9	월	중	87.2	77.3	77.5	66.8	4.6	38.8	25.3	23.8
	계	또는 평균	509.1	724.5	797.8	687.5	335.1	447.8	343.1	402.2

표-6 수도수확량 구성요소에 미치는 효과

구	항	목	1수입수 (개)	1주수수 (개)	천입중 (gr)	입실율 (%)	추정이율 (%)	수 장 (cm)	간 장 (cm)	질무게 (kg)	평당수량 (gr)	반당수량 (kg)
1	일	관 개 구	73.58	12.13	21.20	88.32	11.68	16.45	96.57	1.34	1326	397.35
2	일	"	74.28	12.24	22.46	89.03	10.97	17.35	95.39	1.47	1426	428.83
3	일	"	62.52	12.35	21.35	80.74	19.26	17.04	94.92	1.25	1154	346.18
4	일	"	75.20	12.61	22.23	90.47	9.53	17.67	96.47	1.47	1475	442.68
5	일	"	68.33	12.66	22.35	91.43	8.57	18.56	93.32	1.32	1353	406.01
6	일	"	76.81	12.64	22.00	92.39	7.61	16.71	96.00	1.35	1495	448.55
7	일	"	79.98	12.50	22.27	91.25	8.75	16.56	95.74	1.48	1558	467.55
8	일	"	78.63	13.14	23.28	91.67	8.33	19.18	96.34	1.58	1684	505.11
9	일	"	75.20	13.63	21.67	90.32	9.68	17.69	95.73	1.30	1555	466.43
10	일	"	74.67	12.30	20.52	84.95	15.05	16.56	93.87	1.31	1319	395.77
	보	통 구	76.37	13.28	20.73	92.53	7.47	17.08	97.68	1.57	1472	441.50
	무	관 개 구	74.48	12.18	21.73	91.92	8.08	18.29	96.35	1.39	1379	413.96
	밀	다 집 3cm 구	70.50	12.74	20.81	88.98	11.02	17.11	94.92	1.43	1308	392.50
	밀	다 집 6cm 구	70.57	12.76	20.77	83.61	16.39	17.27	100.14	1.44	1309	392.76
	밀	다 집 9cm 구	76.48	11.98	22.83	91.76	8.24	17.53	96.67	1.43	1464	439.28
	비	닐 무 공 구	68.00	10.58	22.90	83.80	17.20	14.65	97.17	1.15	1153	345.98
	비	닐 1 cm/m ² 구	77.75	10.90	21.70	89.07	10.93	17.94	81.94	1.08	1287	386.19
	비	닐 2 cm/m ² 구	69.07	11.75	20.06	86.49	13.51	17.12	78.90	1.12	1139	341.88
	비	닐 3 cm/m ² 구	73.75	12.63	20.80	87.45	12.55	17.36	81.92	1.11	1356	406.86

약 700 m 떨어져 있는 농업기상관측소의 시설을 이용하기로 하여 그 관측소에서 측정된 값을 적용하였다.

이를 보면 6월14일의 이양이후 줄곧 작은 양이나마 강우가 있었으며 일조시간과 증발량에 있어서도 감소 현상을 보여 준다.

전 관개기간 115일 중에서 강우일수가 56일었고 총 강우량은 1,137.1 mm 로 연평균 우량의 98%에 해당되었다.

몇번의 호우(豪雨)가 있었지만 대체로 필요한 때에 비가 와 주었다고 볼 수 있다.

왜냐하면 무관개구는 수분의 부족을 가져와야 할 터인데 그의 성적을 보면 대동소이하며 오히려 다른 몇 개구보다 좋은 결과를 초래하였다.

4년간의 기상관 측기록을 보면 기온은 예년과 별차이는 없었고 강우일수는 54일트써 분포에 있어서 거의 균등히 분배되어 있다.

같은 강우일수라도 우량은 다르겠지만 조금이나마 필요수량을 공급할 수 있는 여건을 만들어주는 것이다. 우량이 있어서는 많은 양에 속하며 일조시간에 있어서는 예년에 비하여 적은 것으로 나타났다. 따라서 본 시험에 있어서는 관개기간을 115일로 하였다.

2. 수도재배 시험결과를 수량구성요소별로 조사한 결과는 표-6과 같다.

3. 일수입수(一穗粒數)

각구당 20포기에 대한 조사를 실시하였다. 비닐구를

제외한 전 시험구에 대해 통계처리를 하여 보았던 처리방법에 따른 낱알수에 미치는 영향에는 전연 유의성을 얻을 수가 없었다.

(F-값 = 0.96 < F(0.05) = 2.04) 간단(間斷)관개구 중에서 낱알의 수가 많기로는 7일, 8일 관개구였고 밀다집처리에 의한 효과는 9cm 구에서, 비닐처리구 중에서는 1 cm/m² 구멍구가 가장 많은 수를 얻었다.(표-6과 그림-10 참조)

4. 일주수수(一株穗數)

분산분석결과 각 처리구 사이에 유의성을 찾을 수는 없었으나 작년과 같이 간단일수(間斷日數)가 긴 쪽이 우세하게 나타났다. 그러나 많은 차이를 가진 것은 아니다.(표-6과 그림-11 참조)

생육기간 중에 각구당 20포기에 대하여 조사한 분얼수와 간장(稈長)의 평균치를 비교하여 보면 다음 표-7과 같다.

초기 분얼이 시작된 경우와 분얼이 완료된 때를 보면 초기의 약 2배에 해당하나 최종 10월15일에 조사한 수는 유효분얼이된 숫자만을 나타내고 있다.

초장(草長)은 초기와 분얼이 완료될 때까지는 큰 차이를 나타내지 않았으나 최종 10월15일의 조사에서는 비닐구에 있어서는 길이의 차가 생겼다. 이것은 뿌리생장이 비닐로 인하여 차단되어 생육에 영향을 주거나 배수가 잘 되지 않은 관계로 인한지는 확실치는 않으나 비닐처리구 사이에서 비교하면 구멍을 많이 뚫은

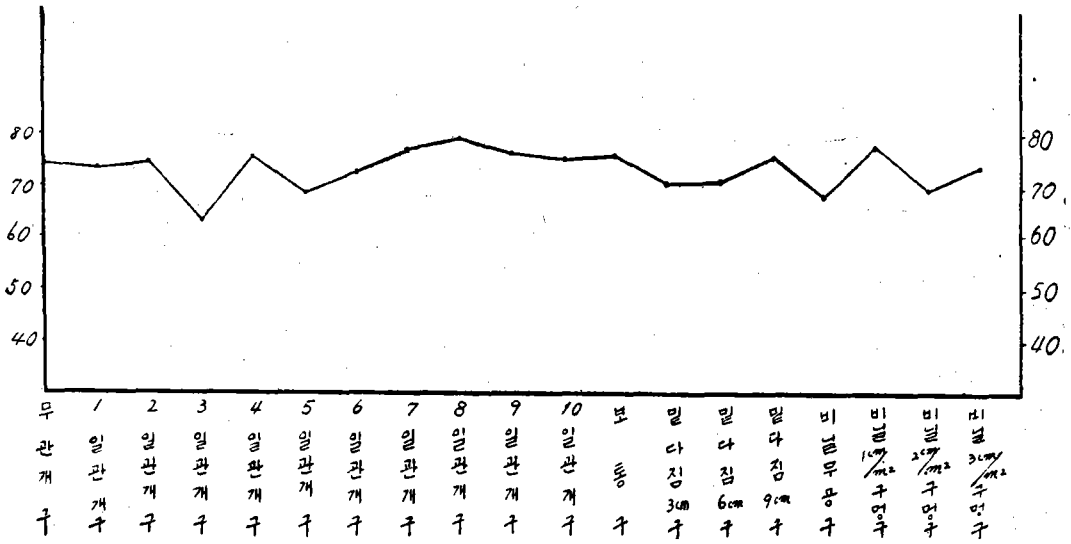


그림-10 1 수 입 수 (穗粒數)

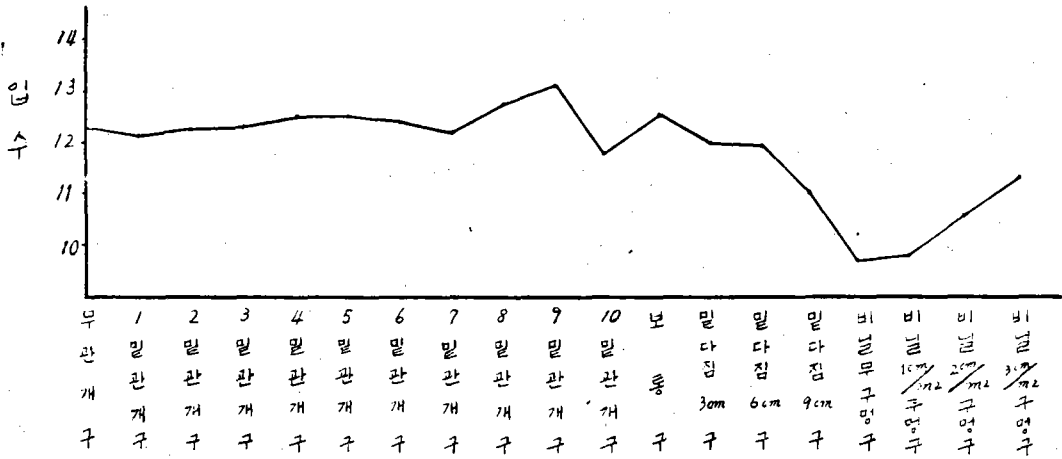


그림-11 1 주 입 수 (株粒數)

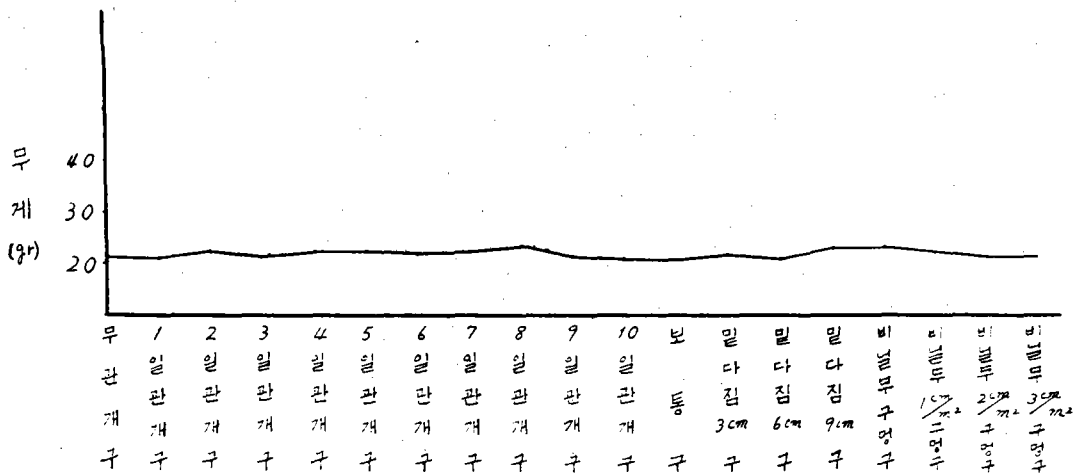


그림-12 침

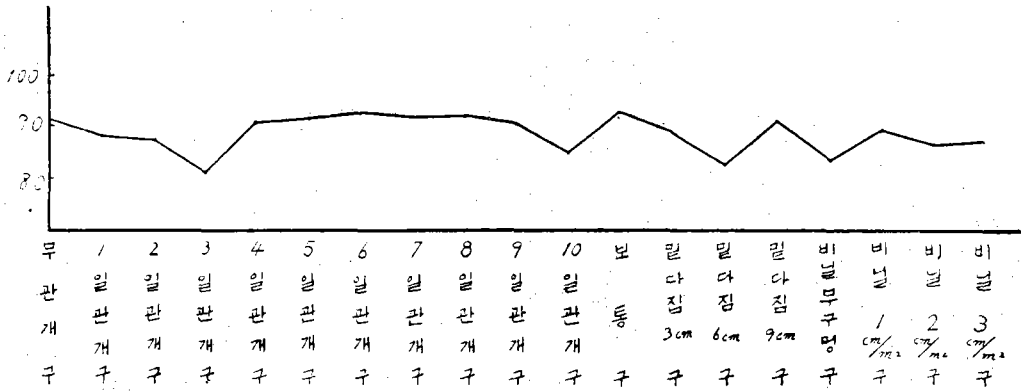


그림-13 稔 實 率 (稔實率) 비 고

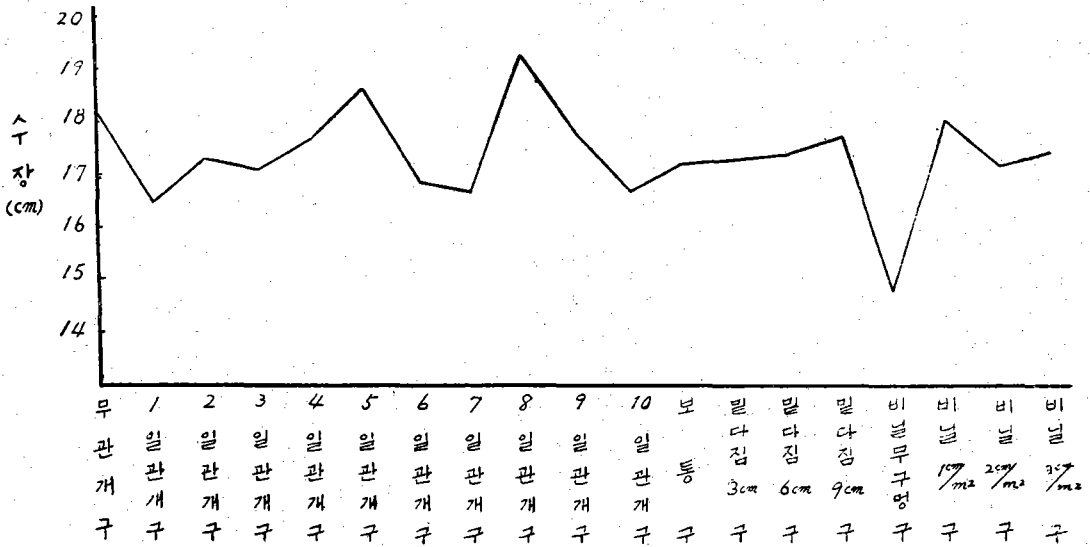


그림-14 수 장 비 고 (穗長比較)

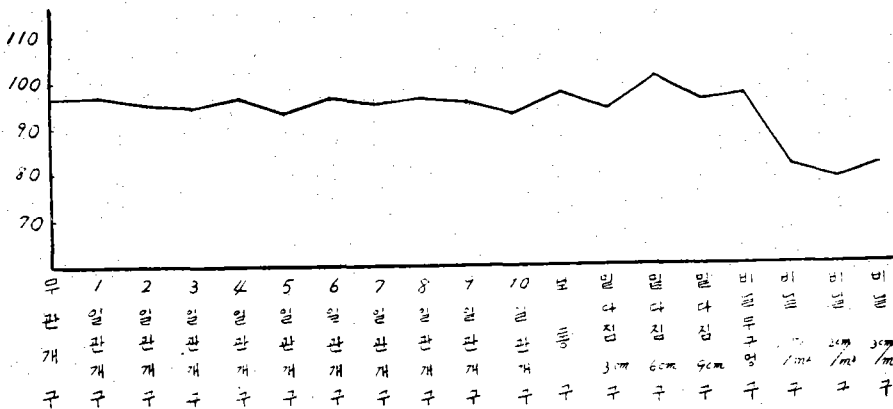


그림-15 간 장 (稈長) 비 고

표-7 처리구별 생육상태

구분	항목	분얼 수			간장 (cm)		
		7/7	7/27	10/15	7/7	7/27	10/15
1	관개구	9.67	18.00	12.13	42.33	63.33	109.3
2	"	9.00	22.00	12.24	42.56	63.00	110.3
3	"	8.67	19.33	12.35	41.00	62.00	108.3
4	"	8.67	19.67	12.61	41.33	63.67	111.0
5	"	9.00	22.00	12.66	42.67	66.00	113.0
6	"	9.67	20.00	12.64	41.67	64.67	112.0
7	"	9.67	20.00	12.50	42.67	63.67	113.0
8	"	9.67	18.33	13.14	42.00	64.67	104.3
9	"	9.00	17.67	13.63	39.23	62.67	111.3
10	"	8.00	18.00	12.30	42.00	63.33	104.0
보통	구	9.67	22.00	13.28	40.67	62.00	109.3
무관개	구	8.67	15.33	12.18	42.33	65.67	112.0
미다짐	3cm구	8.33	20.00	12.74	41.00	62.00	110.0
	" 6cm구	10.09	22.33	12.76	42.00	65.67	108.7
	" 9cm구	9.00	18.67	11.98	41.00	65.67	112.7
비닐무공	구	7.00	22.00	10.58	39.00	61.00	104.0
비닐 1cm/	m ² 구멍구	7.00	20.00	10.90	42.00	61.00	76.0
비닐 2cm/	m ² 구멍구	9.00	21.00	11.75	42.00	64.00	99.0
비닐 3cm/	m ² 구멍구	10.00	20.00	12.63	43.00	64.00	91.0
F-Value		0.21	1.10	0.6	0.23	1.15	1.29

것과의 차이인 것 같지는 않다.

5. 천립중(千粒重)

표-6과 그림-12에서 보는 바와 같이 작년의 결과에 비하여 저조한 상태이다. 이는 개화기에 접어들 때 강우가 있었던 때문이 아닌가 생각된다. 간단관개구 중에서는 8일 관개구가 가장 우수하고 밀다짐 처리구 중에서는 9cm구가, 비닐처리구 중에서는 무공구가 성적이 좋게 나타났다.

재배상황으로 보면 비닐처리구는 다른 관개구에 비해서 4~5일 일찍 개화기가 빨랐다.

6. 염실율(稔實率)

표-6과 그림-13에서 보는 바와 같이 염실율에 있어서는 간단일수가 긴것이 약간 성적이 좋게 나타났으나 일률적인 것은 못된다. 보통 관개구와 6일 관개구에서 염실율이 가장 좋게 나타났으며 밀다짐 처리구 중에서는 9cm구가, 비닐처리구에서는 거의 같은 현상이나 1cm/m²구멍구가 약간 더 좋았다.

7. 수장(穗長)

표-6과 그림-14에서 보는 바와 같이 간단관개구처리에서는 8일 관개구가 제일 크고 밀다짐 처리구에서는 거의 같은 상태이며 비닐처리구 중에서는 무공구를 제외하고는 거의 비슷하게 나타났다.

무공구 처리는 분얼기와 유수형기에 있어서 발육에 지장을 주는 것 같이 생각된다. 1주의 수수나 염실율에 있어서도 결과가 비슷하게 나타났다.

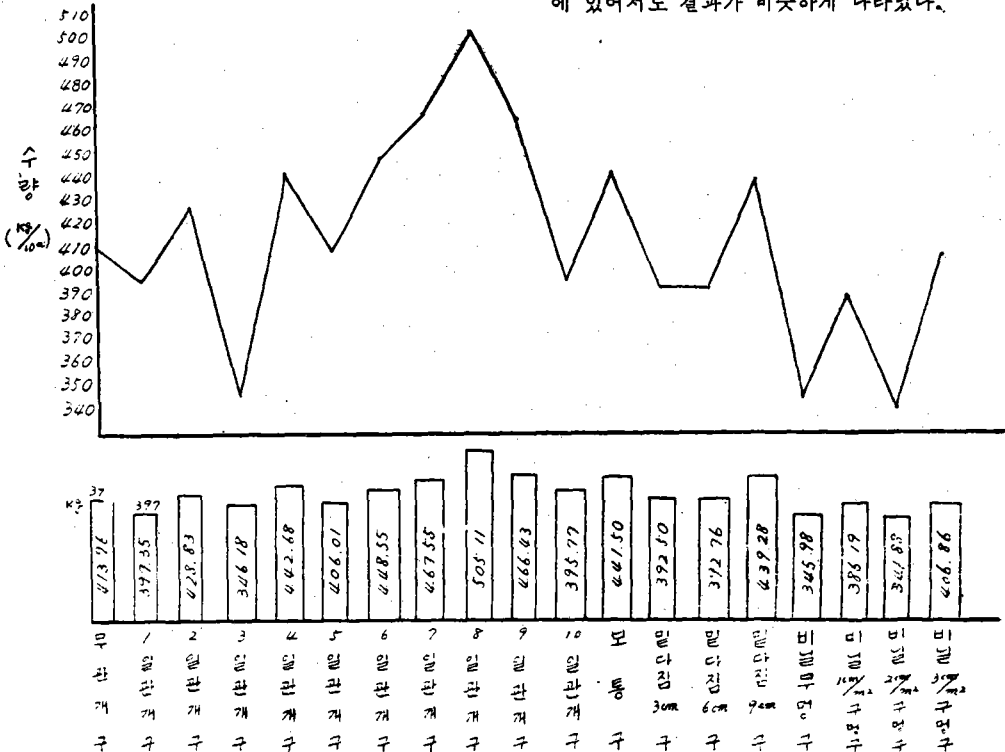


그림-16 수량(收量) 비교

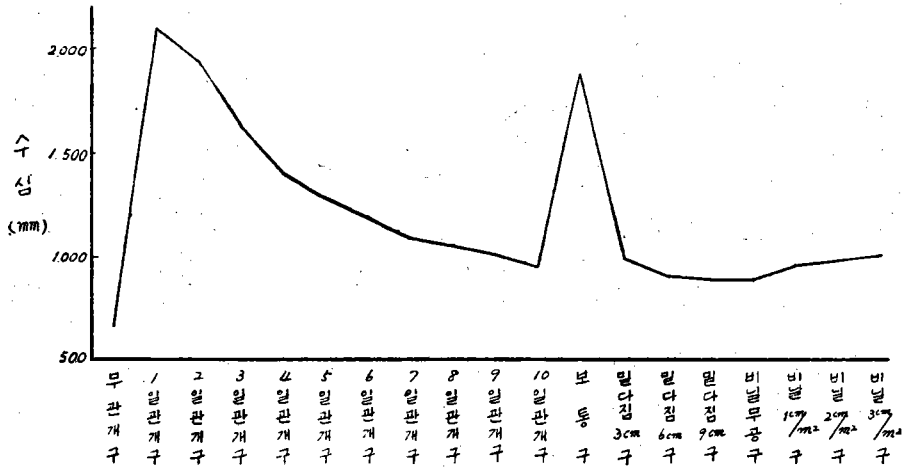


그림-17 관 개 수 량 비 교

8. 간 장(釋長)

표-6, 7과 그림-15에서 보는 바와 같이 강우일수가 있으므로 실제 관개량에 차이가 많지 않은데서 오는 상인지 모르지만 간단 관개처리구에서는 별차이가 없다. 그러가 비닐처리구에 있어서만은 큰 차이를 나타내고 있는데 이는 뿌리 성장의 장애로 인한 것 같다.

9. 수량조사(收量調査)

표-6과 그림-16에서 보는 바와 같이 수량에 있어서는 간단관개구 중에서 8일 관개구가 가장 많은 수량 보였으며 7일, 9일 관개구에서도 많은 양을 수확하였다. 그러나 3일 관개구는 저조한 현상을 나타내었다. 밀다짐처리구에 있어서는 9cm 구가 증수효과를 가졌고 비닐처리구에는 3cm/m² 구멍구를 제외하고는 저조한 생산량이다. 이는 수도생육자체에서 오는 것인 담수로 인한 부작용인지에 대해서는 다시 생리적인 조사가 필요할 것 같다.

10. 관개용수량조사

금년에는 총 관개일수 110일중 강우일수가 54일이 나타났으며 또한 우량에 있어서도 두번의 호우가 있을 것을 제외하고는 비교적 작물 생육에 알맞게 자주 비가 온 셈이다.

따라서 관개 일수가 56일에 불과하였다. 본 시험에 있어서는 유효우량을 10 mm 미만으로 보아 우량이 많은 경우는 항상 배수를 하여 지정된 수위를 유지하기에 노력 기울였다.

그러나 토양 자체에 흡수되는 것을 막을 수는 없고 다만 유효우량으로 간주하였다.

따라서 정확한 순수 관개용 수량을 얻으려면 실내 시험에서 보완되어야 할 것 같다. 관개시험 결과는 밀다짐 9cm 구와 비닐무공구가 각각 875.3 mm 와 8,783

mm로 가장 적었다. 일반적으로 쓰이고 있는 보통구에 비교하면 약 1/2의 용수량을 절약하게 되었다. 이는 일본 토지개량 사업설계기준에 설명된 것과 같고 대만에서 실시한 윤환관개에서도 용수량의 약 50%를 절약하게 된다는 보고와도 거의 일치하고 수야(狩野)와 하원(河原)의 연구보고와도 같은 것이다.

표-8 소모수량비교

구분	소모수량 (mm)	구분	소모수량 (mm)
1 일 관 개 구	2,090.3	보 통 구	1,845.3
2 일 "	1,917.3	무 관 개 구	662.3
3 일 "	1,609.3	밀다짐 3 cm 구	980.3
4 일 "	1,385.3	" 6 cm 구	891.3
5 일 "	1,270.3	" 9 cm 구	876.3
6 일 "	1,165.3	비닐 무공 구	878.3
7 일 "	1,070.3	비닐 1cm ² /m ² 구	945.3
8 일 "	1,039.3	비닐 2cm ² /m ² 구	968.3
9 일 "	998.3	비닐 3cm ² /m ² 구	938.3
10 일 "	992.3		

V. 결 론

지금까지의 실험결과를 종합하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 윤환관개의 효과는 상시 관개하는 것 보다 수량(收量)에 있어서 크게 나타났다. 8일 관개구는 보통구의 수량보다 14.4%나 증수되었고 상시 담수구(1일관개구)에 비해서는 27%의 증수효과가 있었다. 그러나 금년과 같은 호조건의 우량이 있지 않았을 때도 같은 효과로 나타날지는 의문이다.

2. 관개용수량에 있어서는 보통구에 비하여 밀다짐 9cm 구와 비닐무공구는 작년의 시험과 비슷하게 약 52%가 절약되었고 수확량이 많은 8일 관개구에서는 약 44%의 물절약을 가져 왔다. 상시 담수는 작물생육에도 좋지 않은 영향을 미침과 동시에 물의 소비량도 증가를 보여 주었다.

3. 관개용수의 소비량에 대한 조사에서 보통구를 표준하여 보면 수잉기, 출수기, 유수형성기에서 가장 많았으며 출수 이후부터는 소비량의 감소를 나타냈다.

4. 계속 관개구(비닐처리구)는 다른 시험구에 비하여 5일 일찍 출수하기 시작했다.

5. 윤환관개구는 상시 관개구에 비하여 출수기가 늦게 나타나는 현상이 있었다.

6. 간장(稭長)에 있어서는 비닐처리구를 제외하고서는 차이가 별로 없었으나 비닐처리구는 타 시험구에 비하여 짧게 나타났다.

V. 요 약

본 실험은 공시품종 농립6호를 택하였다. 이앙일은 6월14일이었으며 착공일은 6월20일이었고 총 관개일수는 110일이었다. 식재밀도는 21 cm×21 cm로서 각 시험구의 크기는 9.9m²(3평)이며 평당 70주를 심었다.

시험포토양은 Loam으로 화학적인 성분은 표-3과 같다. 물은 상류에 있는 서호저수지에서 흘러나오는 것을 양수해서 사용하였으므로 서호의 수질과 같았다. 총 관개일수 110일중 54일에 걸쳐 분산하여 비가 내렸으므로 수도재배의 성적에는 비교적 큰 영향을 미친 것 같다. 수도의 생육기간중 소비수량을 조사하고자 삼투량측정기, 감수신측정기, 라이시미터를 설치하였으며 조사한 결과 삼투량은 평균 14 mm/day로 나타났다.

이 실험을 통하여 용수량을 적절한 때에 알맞게 공급함으로써 증수의 효과를 기대하였고 또 용수량의 절약을 꾀하고자 적절한 관개방법을 얻고져 하였다.

실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 윤환관개구의 수량은 상시담수한 관개구 보다 증수효과를 보였다. 즉 8일 관개구는 보통구의 14.4% 증수되었고 상시 담수관개구(1일관개구)에 비해서는 27%의 효과가 있었다. 그러나 이것은 금년과 같은 호조건의 경우에 힘입은 것이 아닌가 생각된다.

2. 관개용수에 있어서는 보통구에 대해서 밀다짐 9cm 구와 비닐무공구는 약 52%의 용수량 절약을 이루었고 8일 관개구와의 비교에서는 약 44%의 용수절약을 얻었다. 상시 담수구는 작물생육에도 약영향을 미쳐서 성장몰도 좋지 않았으며 물의 소비량도 많음을 보였다.

3. 보통구에 대한 소비수량을 조사하여 보면 가장 많은 기간이 수잉기, 출수기에 있었고 그 이후는 감소

현상을 나타냈다.

4. 계속 관개구(비닐처리구)는 다른 시험구에 비하여 5일 앞서 출수하였다.

5. 윤환관개구는 상시관개구에 비하여 출수가 늦은 현상이 나타났다.

VII. 인용 문헌

1. Adams F, "Rice Irrigation Measurements and Experiments in Sacraments Valley," California Agricultural Exp. Sta. Bulletin 325, p. 175-183, 1920.
2. Bond F., Keeney G.H., "Irrigation of Rice in United States," U.S. Dept. of Agric. Bulletin 113, p.91-97, 1902
3. Biggs, "Rice Field Station in California," California Agric. Exp. Sta. Bulletin 279, p. 134~138, 1917.
4. Harry Rubey, "Supplemental Irrigation Eastern United States," 1954.
5. Kingold O.B., "Determine Time and Amount of Irrigation Agricultural Engineering," Vol. 33, No. 11, p. 705~707, 1952.
6. Lee Chow, "Discussion on Taiwan's Irrigation Method," 1950.
7. Orson Israelson, "Irrigation Principles and practices," John Wiley and Sons, Inc., 1955
8. Roe, C.E., "Water Requirement in Agriculture," 1955
9. Somerhalder, B.P. "Comparing Efficiency in Irrigation Water Application Agricultural Engineering," 1958.
- 10.金子良, "水稻의 葉水面蒸發量", 農業水文學, p. 180~184. 1957.
- 11.金子良, "畚用水量의 水文學的 考察", 農士研, Vol. 25, No.3, p. 2, 1958
- 12.金崗金市와 三宅章, "水稻의 灌溉에 關한 研究", 農業과 園藝, Vol.20. No.4, p.17~18, 1945
- 13.金哲基, "水稻의 用水計劃上의 葉面蒸發 및 株間水面蒸發에 關한 研究", 農工會誌, Vol.11. No.2, p.35~36. 1969
- 14.高田雄之, "灌溉用水에 關한 基礎的 研究", 農士研, Vol.16, No.11, p.15, 1948
- 15.久松實, "비닐畚", 農士研, Vol.30, No.2, p. 48, 1962
- 16.農事試驗場年報, No.7, p.77~81. 1964
- 17.農事試驗場年報 (南韓支場, 水稻의 用水量調査), p.75~80, 1935.

18. 農事試驗場年報(農工利用研究所), No. 7, p. 77~81, 1964
19. 農業土木 Hand Book, p.479~480, 1967
20. 農業土木會誌, Vol.7, No.2, p.70, 1965
21. 農林部統計年報, 1969
22. 閔丙燮, “水稻用水量에 관한 試驗研究(I)”, 忠南大 論文集 第3輯, p.389~396, 1963
23. 閔丙燮, “水稻用水量에 관한 試驗研究(II)”, 農工會誌, No.2, p.49~59, 1965
24. 閔丙燮, “水稻生育期中에 畚에서의 水分消費에 관한 研究(I, II, III)”, 農工會誌, Vol. 11, No. 2, No.3, No.4, 1969
25. 閔丙燮, “農業水利學”, p. 9~147, 富民文化社, 1965.
26. 門山修男, “畚의 浸透性에 關聯된 土壤의 모든 問題(I)”, 農業과 園藝, Vol. 32, No. 7, p. 7~10. 1957.
27. 門山修男, “畚의 浸透性에 關聯된 土壤의 모든 問題(II, III)”, Vol.32. No.8, p.8~10, 1957.
28. 福田丈文, “普通畚에 있어서의 灌溉水量論查(I)” 勸業模範場 報告施, No.5, p.64~68, 1910
29. 福田丈文, “普通畚에 있어서의 灌溉水量調查(II, III)”, No.6, No.7, 1913.
30. 福田仁志, “各種含水量의 土壤으로 부터의 蒸發에 對하여”, 農土研, Vol.3, No.2, p.177~183. 1931
31. 富士崗義一, “水稻의 用水量에 관한 研究(I)”, 農土研, Vol.17, No.3, p.29~33, 1949
32. 富士崗義一, “水稻의 用水量에 관한 研究(II)”, 農土研, Vol.19, No.4, p.60~65, 1951
33. 富士崗義一, “水稻의 用水量에 관한 研究(I)”, 農土研, Vol.20, No.4, p.15~25, 1952
34. 富士崗義一, “畚狀態의 물의 浸透에 對하여”, 農土研, Vol.18, No.3, p.57, 1950
35. 富士崗義一, “適期灌水灌溉와 用水量의 節水可能” 農土研, Vol.24, No.1, p.37, 1956
36. 富士崗義一, “畦畔浸透에 對하여”, 農土研, Vol. 25, No.3, p.1, 1957
37. 富士崗義一, “水稻의 葉面蒸發量이 浸透에 미치는 影響에 對하여”, 農土研, Vol.28, No.25, p.1~4, 1958
38. 飯島寬一郎, “畚의 灌溉水量調查(I)”, 勸業模範場報告, No.9, p.26~32, 1915
39. 飯島寬一郎, “畚의 灌溉水量調查(II)”, 勸業模範場報, No.10, p.120~129, 1916
40. 山鹿常吉, “畚의 給水量測定成績”, 農土研, Vol.1, No.2, p.17, 1933
41. 狩野德太郎, “畚의 葉水面蒸發量과 浸透量”, 農土研, Vol.26, No.2, p.145~152, 1958
42. 狩野德太郎, “灌溉排水”, p.97~105, 養賢堂, 1964
43. 狩野德太郎, “灌溉水深과 水稻의 生育 및 收量에 관한 研究”, 1961
44. 小島清重郎, “土壤水分과 水稻의 生育 및 用水量과의 關係”, p.2, 日作紀8, 1936
45. 小林善三郎, “客土에 관한 二, 三의 考察”, 農土研, Vol.19, No.4, p.15, 1951
46. 松田松二外 4인, “水稻生育에 따르는 微氣象要素의 E-T에 對하여(I), 蒸發量과 繁茂度와의 關係”, 農土研, Vol.33, No.10, 1965
47. 松田松二外 4人, “水稻生育에 따르는 微氣象要素의 E-T에 對하여(II), 蒸發量과 繁茂度와의 關係”, 農土研, Vol.33, No.10, 1965
48. 松村養春, “稻作과 물”, 農土研, Vol. 17, No. 1, p.43, 1950
49. 서울大 農科大學 附設 農業科學研究所, “食糧의 劃期的인 增產方案에 對한 研究”, 1968
50. 李昌九, “水稻作과 節水에 관한 研究”, 1966
51. 李昌九, “節水の 時期 및 方法의 差異가 水稻生育收量과 其他實用形質에 미치는 影響”, 農業土木會誌, Vol.10, No.1, p.32~33, 1968
52. 李昌九, 劉漢烈, “綜合灌溉方法과 適正施設研究” 農工會會誌, Vol.11, No.1, p.16~30, 1969
53. 伊豆利直, “實驗農場에 있어서 밀다짐과 그 成績에 對하여”, 農土研, Vol.15, No.8, p.51, 1948
54. 五十崎恆, “畚의 適正浸透量에 對하여(II)”, 農土研, Vol.25, No.6, p.7~8, 1958
55. 五十崎恆, “畚의 適正浸透量에 對하여(III)”, 農土研, Vol.26, No.2, p.43~48, 1961
56. 杉森納, “保水力不良畚地의 밀다짐에 對하여”, 農土研, Vol.1, No.3, p.3~5, 1933
57. 田邊利美, “水稻의 蒸發力이 浸透流速에 미치는 影響”, 農土研, Vol.17, No.1, p.45~46, 1949
58. 田邊利美, “畚에 있어서 水稻의 蒸發散力이 浸透速度에 미치는 影響(I)”, 農土研, Vol.25, No.4, p.1~6, 1957
59. 田邊利美, “畚에 있어서 水稻의 蒸發散力이 浸透速度에 미치는 影響(II)”, 農土研, Vol.26, No.5, p.5~9, 1958
60. 中村總七郎, “朝鮮에 있어서 畚의 밀다짐 成績”, 農土研, Vol.5, No.3, p.15, 1938
61. 中村總七郎, “客土法과 朝鮮에 있어서의 計劃實例”, 農土研, Vol.14, No.3, p.6, 1947
62. 中村總七郎, “밀다짐에 관한 研究”, 農土研, Vol. 20, No.6, p.19, 1952
63. 池泳鱗, “水稻作”, 鄉文社, 1962

64. 黃 垠, “漏水性畝에 Bentonite 를 사용한 效果”,
農工學會誌, No.1, p.42, 1964
65. 黃 垠, “各種 土性別 經濟的 用水量決定試驗研究”,
農工學會誌, Vol.11, No.1, p.60~61, 1969
66. 金哲基, “植壤土質 에서의 灌溉方式과 排水溝 깊
이에 關한 研究(I)”, 農工學會誌, Vol.12, No.1,
p.3~13, 1970
67. 金哲基, “植壤土質 에서의 灌溉方式과 排水溝 깊
이에 關한 研究(II)”, 農工學會誌, Vol.12, No.2,
p.1~4, 1970
68. 李昌九, 劉漢烈, “輪換灌溉方式과 適正施設研究”,
農工學會誌, Vol.12, No.2, p.15~25, 1970