Turbo-tape을 이용한 배추의 點滴灌漑 效果 分析

An Analysis of the Effects of Turbo-tape Drip Irrigation System on Chinese Cabbage

鄭 相 玉*
Chung, Sang Ok

Summary

For efficient irrigation of structured horiculture and upland crops, a new technique of drip irrigation using the turbo-tape for Autumn Chinese cabbage was developed. The turbo-tape worked well, and based on this study The following results were obtained ;

1. The emission uniformity of the turbo-tape was very good with a uniformity coefficient of 92.5%.

2. Starting point of irrigation at 80% of the wilting point was better than at the wilting point itself.

3. The irrigation amounts for the Autumn Chinese cabbage cultured ranged 315 to 470mm depending upon the irrigation methods, turbo-tape irrigation method could conserve irrigation water about 37% compared to the furrow irrigation method.

4. Average yields were 2,430g when the starting point of irrigation was at the wilting point, while 2,680g when it was at 80% of the wilting point.

I. 緖 論

밭작물이나 施設園藝作物에서 灌漑 用水量을 切減시키고 灌漑 자동화에 적용할 수 있는 灌漑效率이 높은 새로운 灌漑技法을 개발하여 보급하면 農業 生産性 향상과 농가소득 증대에 크게 이바지 할 것이다.

본 硏究는 새로운 營農 技術 開發을 위하여 效率이 가장 높은 灌漑方式인 點滴灌漑 방식 중 유연한 프라스틱 호스에 emitter가 설치된 turbo-

* 慶北大學校 農科大學

키워드 : 點滴灌漑, turbo-tape, tensiometer, 위조점, 가을배추

tape[13]을 이용한 低水頭 點滴灌漑 技法을 소개하고, 이를 이용하여 露地 채소 재배에는 물론 施設園藝에도 적용할 수 있는 最適 點滴灌漑 技法을 개발하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서 turbo-tape 灌漑와 고랑灌漑인 경우와 灌漑始點의 변화에 따른 공시작물의 試驗圃場 觀測과 觀測 결과의 비교, 분석을 통하여 소비수량 및 수확량 등을 비교하였다. 이를 위하여 우리나라의 대표적인 채소작물의 하나인 배추의 경작에 있어서 선진 灌漑기법인 모세관제어(capillary controlled) drip tube인 turbo-tape을 이용한 點滴灌漑를 이용한 圃場 試驗재배와 재래의 고랑관개를 통하여 灌漑方法과 灌漑始點의 변화에 따른 灌漑水量과 수확량의 변화를 觀測하여 비교, 분석하므로서 최적 灌漑始點, 생산량의 증대 효과 등을 조사하여 비교분석 하였다.

II. 研 究 史

點滴灌漑에 대한 研究는 국내외에서 수행되어 오고 있다. 그러나 點滴灌漑기법은 1970년대에 개발된 비교적 새로운 灌漑技法이기 때문에 고랑 灌漑나 스프링클러 灌漑 등 다른 灌漑技法에 비하여 그 역사가 짧으며, 특히 우리나라에서는 약간의 研究가 수행되었을 뿐 아직 실용화 되지는 못하고 있는 실정이다.

點滴灌漑에 대한 국내의 연구 동향을 보면 金과 李[3]는 點滴灌漑의 灌漑率이 습윤양상에 미치는 영향을 연구하였으며, 鄭과 朴[6]은 배추의 최적급수계획을 수립하기 위한 圃場試驗에서 點滴灌漑 方法을 이용하였다. 또 灌漑자동화 연구에 사용된 點滴灌漑에 있어서는 李와 朴[5]은 gypsum 블록과 마이크로컴퓨터를 이용한 施設園藝 작물의 자동화에 대한 연구를 하였으며, 金 등[2] 및 金 등[4]은 마이크로컴퓨터, 텐시오미터 및 짚섬 블록을 사용하여 시설오이 재배에 灌漑 자동화 시스템을 도입하여 여러가지 灌漑 方法의 效率을 비교한 결과 灌漑效率은 地下點滴灌漑, 地表點滴灌漑, 고랑灌漑 순으로 높았다고 보고하였다.

한편 외국의 경우를 보면 1971, 1974 및 1985년의 세차례에 걸쳐 點滴灌漑만을 다루는 국제학술회의가 개최되어 많은 研究論文이 발표되는 등 활발한 연구가 수행되어 오고 있을 뿐만 아니라, 선진 제국에서는 과수, 사탕수수 등은 물론, 토마토, 콩 등의 줄작물의 경작에 실제로 많이 사용되고 있다.

Boswell[7]은 줄작물의 點滴灌漑용 drip tube를 emitter의 수리학적 특성에 따라 orifice control형과 capillary control형으로 분류하였다. 본 연구에서 사용될 turbo-tape은 capillary control형에 속한다. Clark 등[9]은 지하에 매설한 drip tube를 이용한 토마토의 microirrigation 연구에서 지하 15cm 깊이에 매설한 텐시오미터 觀測値를 이용하여 灌漑 하였으며, 根群域의 토양함수량을 높게 유지하였을 때 더 많은 수확을 얻었다고 보고하였다. Pitts 등[12]은 點滴灌漑 빈도가 사양토에서 자라는 토마토에 미치는 영향을 조사하였는 바, 點滴灌漑 빈도가 총 수확량에는 별 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

Oron 등[11]은 처리한 생활폐수를 點滴灌漑用水로 사용하여 圃場 觀測을 한 결과 土壤水分 분포상태와 수확량에 있어서 地下點滴灌漑가 地表點滴灌漑보다 우수하다고 보고하였다.

이와 같이 點滴灌漑에 대한 연구는 외국에서는 많이 시행되고 있으나 國內에서는 연구 역사가 짧을 뿐만 아니라 研究도 활발하지 않다고 하겠다. 특히 國內에서는 본 연구에서 사용한 얇은 플라스틱 튜브에 emitter가 설치되어 있는 drip tube 또는 tape은 거의 이용되지 않고 있으며, 이를 이용한 연구는 전혀 수행되지 않은 실정이다.

Ⅲ. 材料 및 方法

1. Turbo-tape

點滴灌漑는 일반적으로 줄작물(row crop)에 많이 이용되므로 line source를 많이 이용한다. 최근 외국에서 많이 사용되는 line source는 drip tube 또는 tape로 불리는 것으로 얇은 플라스틱 재료로 만들어져 있다. 이 tape은 작물재배 시점에 地表面에나 얇은 地下에 부설하고 작물수확 후에는 회수하여 보관하였다가 다시 사용할 수 있어 한번 구입하면 수년동안 사용할 수 있다.

본 turbo-tape를 이용한 點滴灌漑는 灌漑效率이 높아 고랑灌漑나 스프링클러 灌漑에 비해 최고 60%까지 灌漑用水를 절약할 수 있으며, 앞으로 필이 실현되어야 할 밭灌漑 자동화 시스템 개발에 이용될 수 있다.

Drip tube는 전 길이를 통하여 좁은 간격으로 배치된 出口를 통하여 물을 공급하게 된다. 이러한 出口는 물이 균등하게 분배되도록 설계되어 있다. Drip tube는 수리학적으로 난류 오리피스 흐름형과 층류 모세관 흐름형으로 대별할 수 있으며 Fig. 1에 보인 바와 같다. 오리피스 흐름형 tube는 tube 벽에 뚫어진 오리피스를 통하여 流量을 調節하게 되며, 오리피스의 직경은 유량에 따라 0.25 내지 0.65mm이다. 毛細管 tube는 작은 毛細管을 이용하여 유량을 조절한다. 모세관의 크기는 일반적으로 높이가 0.10~0.20mm, 폭이 0.7~2.5mm, 길이가 15~60mm이다.

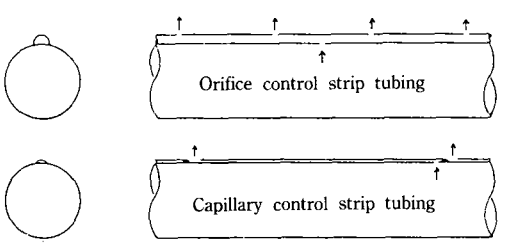

Fig. 1. Types of drip tubes

Turbo-tape는 毛細管 흐름형 tube이며 미국 T-systems Corp사 제품이다. 본 연구에서는 두께 10mil, 직경 1.6cm, emitter 간격 30cm, 적정 압력 0.14~0.56kg/cm^{2}인 turbo-tape을 사용하였다. Drip tube를 支線 파이프에 연결하는 方法은 PVC 支線에 뚫은 구멍에 tape connector를 삽입하며, tube 두개를 잇는 方法은 프라스틱 파이프를 연결구로 사용하거나 tape connector를 이용하여, tube 말단을 막는 방법은 tape 끝 부분을 접어서 막거나 loc sleeve를 사용한다.

點滴灌漑에서 放出均等性이 매우 중요하며 균등계수는 다음 식으로 계산한다(Bralts and Kesner, 1983).

$$U_s = 100(1-CV_q) = 100(1-S_q/q) \quad \cdots\cdots(1)$$

여기서, U_s =균등계수(%)
CV_q=방출량 변동계수
S_q =방출량 표준편차(ml/min)
q =평균 방출량(ml/min)

본 연구에서 사용된 turbo-tape에 대한 방출균등성을 試驗圃場에서 觀測하였다. 觀測은 7개의 길이 10m 짜리 drip tube의 3등분점과 끝부분 위치에 있는 emitter 21개에서 메스실린더를 이용하여 10분간 測定하여 분석한 결과 한개당 평균 방출량은 10.5ml/min이고, 변동계수(CV)는 0.075로 均等係數는 92.5%로 나타났다. 즉, drip line의 상류나 하류에 관계없이 방출량이 거의 均等한 값을 보여 주었다.

2. 土壤 試驗

본 연구의 試驗圃場 觀測은 慶北大學校 農科大學 附屬農場 田作 試驗圃場의 灌漑排水 試驗區域에서 실시하였다. 圃場의 물리적 특성을 조사하기 위하여 입도분석, 浸透能 試驗, 및 토양수분특성곡선을 조사하였다. 입도분석 결과 삼각분류법에 의한 토성은 식양토로 나타났다.

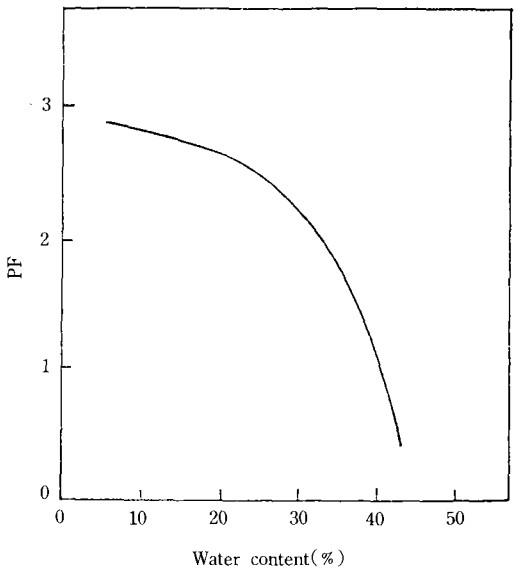

Fig. 2. Soil water characteristic curve of the experimental site

浸透能은 직경 30cm 및 70cm의 동심원통형 침투계로 측정하였으며 적산침입량을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$D=3.84\ T^{0.673} \quad \cdots\cdots(2)$$

여기서 D는 적산침입량(mm)이며 T는 경과시간(분)이다.

Tensiometer와 채토건조법으로 측정한 試驗圃場 토양이 토양수분특성곡선은 Fig. 2와 같으며, 圃場用水量은 33%로, 初期 위조점은 8%로 나타났다.

3. 圃場 觀測

본 연구의 試驗圃場 觀測은 경북대학교 농과대학 부속농장의 田作 試驗圃場의 灌漑排水 試驗區域에서 실시하였다. 가을 배추를 공시작물로 선정하였으며 두둑재배를 하였다. 줄 간격은 50cm로, 포기간격은 30cm로 식재하였다. 공시작물의 재배개요는 Table-1과 같으며 비료 살포는 Table-2와 같다.

살포블록내에서 點滴灌漑 급수관 배치형식은 스프링클러 灌漑에서와 같은 모양으로, 빗살형, 포오크형 및 漁骨型이 있으며[14] 본 연구에서는 빗살형으로 배치하였다. 灌漑用水는 圃場區域의 지하수를 개발하여 이용하였다.

圃場實驗에서는 turbo-tape을 이용한 點滴灌漑區域과 고랑灌漑區域으로 나누어 觀測하였다. Turbo-tape은 각 줄마다 한개씩 배치하였으며, emitter가 위로 향하도록 하여 地表面에 부설하였다. 고랑관개의 灌漑方法은 金 등[1]에 소개되어 있으며, 본 연구에서는 고랑의 길이가 10m로 비교적 짧으므로 고랑길이의 중간위치에서의 토양함수량을 기준으로 하여 灌漑持續時間을 결정하였다.

텐시오미터는 部品을 구입하여 實驗室에서 製作하여 사용하였으며 각 두둑마다 15cm 깊이에 3개씩 매설하였다. 텐시오미터 觀測은 隔日마다 오전 9시경에 실시하였으며, 강우량 등의 기상자료는 試驗圃場에서 700m 떨어진 대구측후소의 觀測자료를 이용하였으며 觀測期間동안의 월별 기상자료는 Table-3과 같다. Table-3에서 일사량은 에너지를 증발수심으로 환산한 값이다. 잠재증발산량의 계산은 수정 Penman 공식[10]을 이용하였다.

點滴灌漑와 고랑灌漑의 각 灌漑方法別로 灌漑始點의 처리수는 2개로 하고, 반복회수는 3

Table-1. Cultivation synopsis of test crop

Crop	Variety	Date of seeding	Date of harvesting
Chinese cabbage	Heungnong-55 F1-hybrid	1992. 9. 3	1992. 11. 27

Table-2. Amounts of fertilizers applied

(kg/10a)

Type	Primary	Secondary	Totan
urea	30	30	60
Fused phosphate	90	0	90
Potassium chloride	20	20	40

Table-3. Meteorological data for the experiment period

Month	10day	Mean temp. (℃)	Relative humidity (%)	Rainfall (mm)	Sunshine hours (hr/d)	Wind velovitt (m/s)	Solar radiation (mm/d)
Sept.	F	25.0	79	37.6	4.18	2.7	4.56
	M	21.4	73	21.5	5.92	2.2	5.35
	L	18.8	75	72.4	5.37	2.6	4.64
Oct.	F	16.3	75	13.0	6.01	1.9	4.49
	M	15.8	74	5.1	6.47	2.3	4.68
	L	12.7	68	0.7	7.42	2.7	4.38
Nov.	F	10.8	72	7.0	4.45	2.4	2.98
	M	8.7	70	6.4	5.87	2.6	3:16
	L	5.2	61	0.0	7.46	2.6	3/69
Average		15.0	72	18.2	4.65	2.4	4.21

Table-4. Evapotranspiration of reference crop

Month	Sept.			Oct.			Nov.			Average
10 day	F	M	L	F	M	L	F	M	L	
Mean daily ET(mm)	4.83	5.15	4.44	3.86	4.12	4.12	2.98	3.16	3.06	3.97

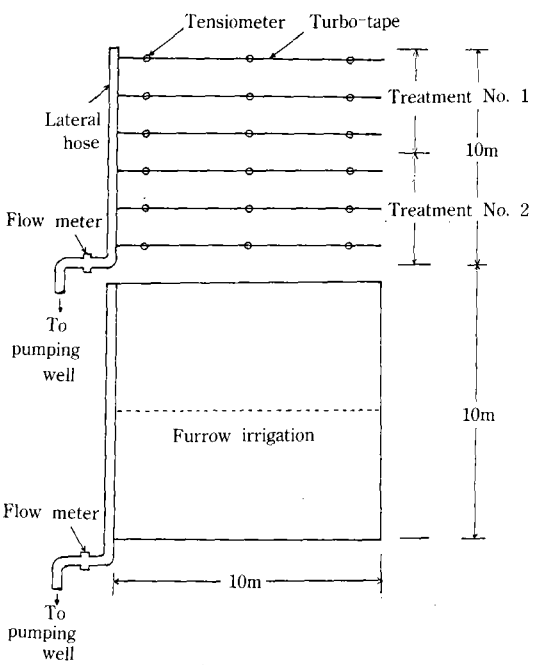

Fig. 3. Layout of the experimental plot

개로 하였다. 灌漑始點은 지표하 15cm 깊이에 매설한 텐시오미터로 觀測한 토양수분장력이 위조점에 도달하는 때와 위조점의 80%에 도달하는 때로 하였다. 灌漑持續時間은 토양함수량이 圃場容水量까지 회복되도록 결정하였다. 圃場土壤의 위조점과 圃場用水量은 토양수분특성곡선으로 부터 구하였다. Fig. 3은 試驗圃場 배치도를 보여주고 있다.

Ⅳ. 結果 및 考察

본 硏究의 圃場觀測 결과 turbo-tape을 이용한 觀測系統의 작동은 별 문제점 없이 우수하였다. 즉, 灌漑水의 배분이나 물의 운반이 고르게 되었으며, 방출구의 막힘도 발생하지 않았으며 적용성이 우수하였다. 觀測期間 동안의 잠재증발산량, 灌漑方法別 및 灌漑始點別 작물생장과 灌漑用水量의 비교는 다음과 같다.

Table-5. Average yield per plant with respect to the irrigation method

Irrigation method	Drip irrigation		Furrow irrigation	
Starting point of irrigation	Wilting poit	80% of wilting point	Wilting poit	80% of wilting point
Average weight per plant	2,430g	2,680	2,460	2.650

Table-6. Comparison of quantity of irrigation water with respect to the irrigation method

Irrigation method	Drip irrigation		Furrow irrigation	
Starting point of irrigation	Wilting poit	80% of wilting point	Wilting poit	80% of wilting point
Irrigation amount	315mm	340mm	430mm	470mm

1. 蒸發散量

作物 생육기간 중의 기준작물 蒸發散量은 수정 Penman식으로 계산하였다. 생육기간 동안의 순별 기준작물 蒸發散量은 Table-4와 같다. 9월 중순에 가장 큰 값을 보여주었으며 11월에는 상대적으로 작은 값을 나타내고 있다.

2. 作物生長

生育期間 중 평균적인 작물 생장상태는 灌漑始點이나 灌漑方法에 따라 큰 차이는 없었으나, 위조점의 80%에 도달하였을 때 灌漑를 시작하는 경우가 위조점에 도달하였을 때 灌漑를 시작하는 경우 보다 작물생육 상태가 약간 양호하였다.

灌漑方法別 평균 주당 무게는 Table-5에 보인 바와 같으며, 點滴灌漑의 경우 灌漑始點이 위조일 때 2,430g 위조점의 80%인 경우에 2,680g 이었으며, 고랑灌漑의 경우 灌漑始點이 위조점일 때 2,460g 위조점의 80%인 경우에 2,650g으로 點滴灌漑의 경우와 비슷한 값을 보여 주었다.

3. 灌漑用水量

灌漑方法別 및 灌漑始點별 灌漑用水量의 비교는 Table-6과 같다. 작물생육기간 동안의 灌漑用水量은 灌漑方法에 따라 315mm 내지 470mm로 나타났으며, 비슷한 생장상태에 대하여 點滴灌漑시 고랑灌漑보다 37% 정도의 用水 절약을 할 수 있었다. Table-6에서 灌漑始點의 변화에 따른 灌漑量의 변화를 보면 灌漑始點이 위조점의 80%인 경우가 灌漑始點이 위조점인 경우보다 8% 정도 더 많은 것을 볼 수 있다. 이는 灌漑始點이 위조점의 80%인 경우에 더 높은 평균 토양함수량을 유지하게 되므로 증발산량의 값도 더 크게 되어 관개량이 많아진 것으로 판단된다. Drip tube를 이용한 點滴灌漑로 배추를 경작하였을 때 灌漑始點을 위조점의 80%로 하는 경우 생육기간 동안의 灌漑量은 340mm로, 생육기간 동안의 일평균 灌漑量은 3.95mm로 나타났다.

V. 要約 및 結論

본 연구에서 觀測된 바에 의하면 turbo-tape을 이용한 灌漑시스템은 좋은 결과를 보여 주었으며, 앞으로 露地채소나 施設園藝에서 turbo-tape을 이용한 點滴灌漑를 이용하면 灌漑자동화와 영농관리 자동화에 많은 도움을 줄 것으로 사료된다.

본 硏究에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 본 硏究에서 사용된 點滴灌漑용 turbo-tape의 방출균등성은 균등계수가 92.5%로서

매우 우수하였다.

2. 배추경작에서 灌漑始點은 위조점보다 위조점의 80%가 더 좋은 결과를 나타내었다.

3. 가을 배추 경작기간 동안의 灌漑量은 灌漑方法에 따라 315mm 내지 470mm로 나타났으며, 點滴灌漑時 고랑灌漑보다 37% 정도의 用水 節約을 할 수 있었다.

4. 평균 주당 수확량은 點滴灌漑의 경우 灌漑始點이 위조점일 때 2,430g 위조점의 80%인 경우에 2,680g이었으며, 고랑灌漑의 경우에도 비슷한 값을 보여 주었다.

본 연구는 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 지방대학육성과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

參 考 文 獻

1. 金始源 외. 1986. 新稿 農業水利學-灌漑·排水. 향문사.
2. 김철수, 김진현, 정성원. 1989. 마이크로컴퓨터를 이용한 시설원예 작물재배의 灌漑 자동화에 관한 연구. 한국농업기계학회지 14(2) : 128-136.
3. 김철수, 이근후. 1989. 點滴灌漑에서 灌漑率이 Sandy Loam 토양의 습윤양상에 미치는 영향. 한국농공학회지 31(2) : 104-115.
4. 김철수, 김진현, 고수현, 이근후. 1991. 自動灌漑 시스템을 이용한 시설오이 재배에 관한 연구. 한국농공학회지 33(1) : 89-99.
5. 이기명. 박규식. 1986. 施設園藝에 있어서 재배관리의 자동화 시스템에 관한 연구 (I) -물관리 자동화-. 한국농업기계학회지 11(1) : 31-36.
6. 정하우, 박상현, 1989. 배추의 최적급수계획 연구. 한국농공학회지 31(4) : 50-57.
7. Boswell, M. J. 1985. Design characteristics of line-source drip tubes. Proceedings of the Third International drip/trickle irrigation congress, ASAE. pp. 306-312.
8. Bralts, V. F. and C. Kesner. 1983. Drip irrigation field uniformity estimation. Trans. ASAE 24(5) : 1369-1376.
9. Clark, G. A., C. D. Stanley, D. N. Maynard, G. J. Hochmuth, E. A. Hanlon, and D. Z. Haman. 1991. Water and fertilizer management of microirrigated fresh market tomatoes. Trans. ASAE 34(2) : 429-435.
10. Doorenbos, J. and Prutt, W. O. 1977. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, Rome, Italy.
11. Oron, G., J. MeMalach, Z. Hoffman, and R. Cibotaru. 1991. Subsurface microirrigation with effluent. J. of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 117(IRI) : 25-36.
12. Pitts, D. J., Y. J. Tsai, T. A. Obreza, and D. L. Myhre.1991. Flooding and drip irrigation frequency effects on tomatoes in south Florida. Trans. ASAE 34(3) : 865-870.
13. T-Systems Corp. 1978. Turbo-tape manual. 10pp. San Diago, CA.
14. 安養寺久男. 1988. 點滴灌漑の管路系の 統合的な 設計方法に關する 研究. 農業土木試驗場報告 第27號 pp. 1-105.