

排水若干不良地 논에서 PVC 파이프 暗渠排水에 의한 飼料作物 栽培

김정갑 · 박근제 · 김건엽* · 한민수*

Growth and Yield Performance of Selected Forage Crops Cultivated on Imperfectly Drained Paddy Field under Subsurface Drainage by PVC Pipes

J. G. Kim, G. J. Park, G. Y. Kim* and M. S. Han*

Summary

Silage corn(cv. suweon 19), sorghum×sudangrass(p. 988) and winter rye(Matou) were cultivated on imperfectly drained paddy field under two different draining methods, subsurface drainage by PVC pipes and open ditched surface drainage. The crops were harvested at the stage of hard dough for corn and soft dough for sorghum and rye.

The soil physical properties, soil colors, soil structure and soil wetness were improved in the subsurface drainage. Gravitational water table occurred depth in 110 cm(dry season)~75cm(rain season). In soil profile description, yellowish brown with yellowish red mottles and well developed granular structure were found in the surface A horizon. The portion of solid phase in subsoils(B horizon) was reduced from 48.6%(undrained) to 43.7%. A blocky structure with dark gray to gray were described in the open ditched surface drainage. Severe wet depression of the crops was observed due to its higher moisture contents, where the gravitational water occurred depth in 25~37cm during the rainy season. The chemical properties of paddy soils were less affected by drainage methods. The concentration of available phosphate, organic matter and exchangeable K, Ca and Mg were decreased in the subsurface drained soils.

The annual dry matter yields of corn-rye cropping were 17.8 ton in the undrained, 21.6 ton in the open ditch drainage and 35.9 ton/ha in the subsurface drainage.

I. 緒 論

최근 몇년동안 우리나라의 휴경농지 면적은 급격히 증가되고 있으며 이같은 증가추세는 앞으로도 당분간 지속될 것으로 예상되어 이들 농지를 이용한 조사료 확대생산 잠재성은 매우 클 것으로 기대된다(김

등, 1994; 양 등, 1993).

이러한 점에서 휴경지 논을 이용한 조사료의 생산은 지금까지의 답리작 위주에서 논외의 전전환 및 답전윤환 이용 형태로 확대될 것으로 전망된다(박 등, 1993; 진 등, 1996). 이와 관련하여 불 때 다행히 우리나라의 논토양은 60% 이상이 배수약간 불량지

畜産技術研究所(National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea)

* 農業科學技術院(Agricultural Science and Technology Institute, RDA, Suwon 441-707, Korea)

(Imperfectly drained soils)에 속하여(오 및 임, 1967; 농진청, 1984) 이들 논을 이용한 조사료 생산에는 큰 어려움이 없는 것으로 보고되고 있다(김 등, 1992; 양 등, 1993). 김 등(1992)을 비롯한 지금까지의 연구결과에서 맥류 및 Italian ryegrass 등이 답리작 재배에 적합한 작물로 평가되고 있으며 이때의 생산성도 높은 편에 속한다. 한편 양 등(1993)은 논을 밭으로 전환하여 옥수수 및 sorghum 등을 재배할 경우 일반 전작재배시와 대등한 수량을 얻을 수 있다고 보고한 바 있다. 그러나 논토양은 지형적인 물리적 특성상 약간의 강우기에도 과습에 의한 피해가 뒤따르는 것이 문제점으로 제기되고 있다.

우리나라에 분포하고 있는 배수약간 불량지 논은 일반적으로 지하수위는 2~3m 깊이 이하에 위치하고 있으나 강우기간중 유거수에 의한 중력수(gravitational water) 총위는 지표면까지 상승되는 특성을 갖고 있다(농진청, 1983; ORD, 1971; 오 및 임, 1967). 양 등(1993)의 시험결과에서 논재배 옥수수의 생산성은 기상조건에 따라 년차간에 30% 이상의 수량변이가 있는 것으로 분석되고 있다. 따라서 우리나라에 많이 분포되어 있는 배수약간 불량지 논의 사료생산화 기반조성을 위해서는 강우기에도 토양중력수 총위의 상승을 방지할 수 있는 배수기술이 필요하다(송 등, 1977; 이 및 최, 1976). 이상의 문제점과 관련하여 본 연구에서는 배수약간 불량지 논을 공시토양으로 하여 PVC 파이프 암거배수에 따른 토양의 물리적 성질 변화와 작물생산성을 분석 평가하였다.

II. 材料 및 方法

본 시험은 경기도 화성군 소재의 농가답으로 우리나라의 대표적인 논토양인 Honam토를 공시답으로 하여 1993년부터 1995년까지 수행되었다. 포장 배수 처리는 6,000m²(1,800평) 크기의 단일필지를 2등분하여 명거 및 암거 배수시설을 설치하였다. 암거배수는 직경 10cm의 PVC관을 사용하여 지하 60cm 깊이에 2m 간격으로 매설하였으며 명거배수는 2m 간격으로 넓이 80cm×깊이 30cm의 open ditch형 배수로를 설치하였다.

작물의 재배는 옥수수(수원 19호)-호맥(Maton)과 sorghum×sudangrass(p. 988)-호맥(Maton)을 공시작부

체계로 하여 구당 500 m² 크기의 단일구로 포장 배치하였으며 작물별 재배법은 축산기술연구소의 사료작물 표준 경종법에 준하여 실시하였다. 작물의 생산성은 Voigtlaender 및 Voss(1980) 방법에 따라 생육단계별 초장, 동화엽, 건물축적을 및 기타의 수량구성과 관련된 성장지표를 분석하여 평가하였다. 이때 작물의 최종 수확은 김 등(1994)이 제시한 사일리지의 이용 적기로서 옥수수는 황숙기, sorghum과 호맥은 유숙기에 각각 실시하였으며 이들에 대한 사료적 가치는 일반성분은 VDLUFA(1976), 가스화양분 및 에너지함량 Kirchgessner(1978), Kellner 및 Becker(1971)와 DLG(1979) 방법으로 분석 평가하였다. 한편 시험지논의 토양특성은 농업과학기술원의 토양조사기준(농진청, 1983)에 따라 시험 전·후에 있어서의 토양시향 조사를 통해 토양단면(soil profile)의 형성과 토층(soil horizon)별 토양색상(soil color), 토성(soil texture), 토양구조(soil structure) 및 삼상구성과 기타의 물리적·화학적 특성을 조사 분석하였다.

III. 結果 및 考察

배수약간 불량지 논에서 PVC 파이프 암거배수는 유거집수에 의한 토양중력수 총위의 지표면 상승을 억제시킴으로서 토양의 물리성 개선에 큰 효과가 있었다(김 등, 1994; 주, 1978; 한 등, 1978). 본 시험지논토양의 중력수 총위는 건조기의 110~120cm 깊이에서 여름철의 강우기에는 25~37cm 깊이의 작토층(A horizon)까지 상승되는 특성이 있으나 PVC 암거배수에서는 강우기에도 이들 중력수 총위를 58~75cm 이하의 깊이에 유지할 수가 있었다(그림 1).

이 결과 토양의 물리성중 토양수분과 관련성이 높은 토양색상(soil color), 토양구조(soil structure) 및 토양의 삼상구조 등은 토양배수 유형에 따라 큰 변화를 보였다. 표 1의 토양단면(soil profile) 조사결과 명거배수에서는 작토층인 A 층내에 암회색(5y 4/6)의 환원층(A 12)이 형성되고 있으나 PVC 명거배수에서는 이들 A 12층이 형성되어 있지 않은 것으로 보아 강우기에도 작토층이 중력수에 침수되지 않았음을 알 수 있었다. 이와같은 원인으로 작토층의 토양구조(soil structure)는 무배수구 및 명거배수구의 괴상구조(blocky structure)에서 암거배수시에는 입단구조

Table 1. Description on the soil profiles of experimental paddy field under different draining methods, open ditsch drainage and subsurface drainage

Soil horizon	Open ditsch surface drainage	PVC pipes subsurface absorbed
A11	Gray to dark gray with few mottles of yellowish brown, SiL blocky to granular structure	Yellowish brown with yellowish red mottles, SiL, granular structure
A12	Dark gray, SiL blocky to subangular blocky str.	A12 horizon was not observed
A3	Gray with strong brown mottes, SiCL, angular to blocky str.	Yellowish brown with gray to yellowish red mottles, SiCL, angular blocky str.
B1	Gray to dark gray with strong brown mottles, SiCL, angular to subangular blocky str.	Gray to yellowish brown with yellowish red mottles, SiCL, angular blocky str.
B2	Gray to dark gray with yellowish red mottles, CL, angular to subangular blocky str.	Gray to yellowish brown with yellowish red mottles, CL, angular blocky str.
B3	Gray to dark gray, with yellowish brown mottles, CL, blocky str.	Gray to dark gray with yellowish brown mottles, CL, subangular blocky to blocky str.
C (GW)	Black to dark gray, no mottles, SiL, structureless, GW, occured depth in 110cm (dry season) – 25cm (rainy season)	Black to dark gray, no mottles, SiL, structureless, GW, occured depth in 120cm (dry season) – 58cm (rainy season)

* SiL = silt loam, SiCL = silty clay loam, CL = clay loam.

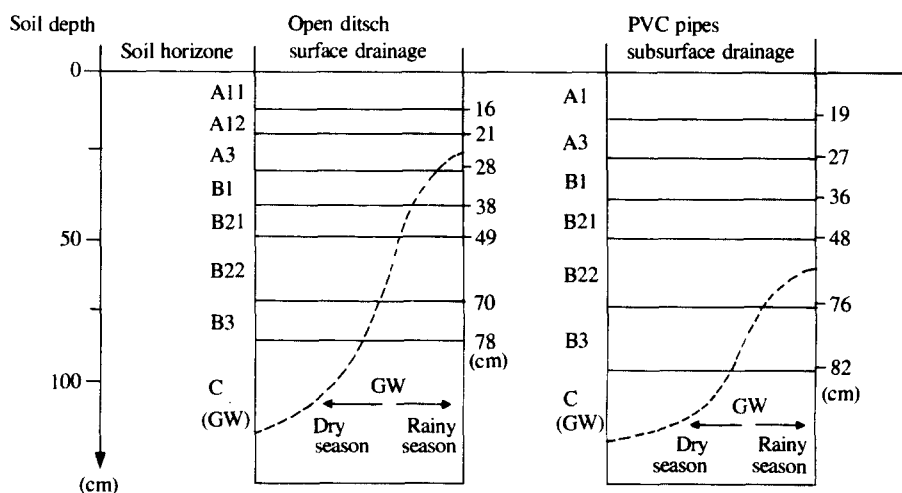


Fig. 1. Soil profile description of the experimental paddy fields as affected by drainage methods in the open ditsched surface drainage and subsurface drainage by PVC pipes, evaluated three year after the treatment.

(granular structure)를 형성하였다. 또한 집적층인 B층의 경우도 명거배수에서는 회색 중심의 황갈색 반점 토양색상과 피상 및 반 각괴상(subangular blocky) 구조로 되어 있는데 비해 암거배수 토양에서는 황갈 및 황적색의 각괴상구조(angular blocky structure)로 발달

되었다. 한편 토양의 삼상구성중 고상(solid phase)의 비율은 집적층(B horizon)을 기준으로 할 때 각각 무배수구 48.6%, 명거배수구 46.2% 및 암거배수구 43.7%이었다(표 2).

Table 2. Changes in the three phase composition of experimental paddy soils under two different drainage methods, open ditch surface drainage and subsurface drainage by PVC pipes, evaluated from the subsoils B horizon

Methods of drainage	3 Phase composition (%)			Moisture retention (1/3 atm.)	Bulk weight (kg/m ³)	Soil hardness (mm)
	Solid phase	Liquid phase	Air phase			
Undraind	48.6	30.4	21.0	36.4	146	20.3
Open ditched surface dr.	46.2	29.5	24.3	37.1	143	19.7
PVC pipes subsurface dr.	43.7	28.8	27.5	35.8	139	17.6
Before trial	47.8	29.4	22.8	37.5	145	20.7

이상의 결과를 종합하여 볼 때 논토양에 대한 PVC 암거배수는 작토층 뿐만아니라 집적층의 토양 물리성 개선에도 큰 효과가 있는 것으로 평가되었다(주, 1976; 한 및 박, 1978). 이에 비해 집적층의 하부

층위(B 3층) 및 기층(C층)의 토양특성은 배수유형에 따라 특기할 만한 변화가 없었는데 이는 본 시험에서의 암거배수가 토심 80cm의 비교적 얕은 위치에 설치되었기 때문으로 생각된다. 토양의 화학적 특성중

Table 3. Soil reaction, organic matter and exchangeable cations of the experimental paddy soils as affected by drainage methods, open ditch drainage and subsurface drainage, evaluated 3 years after treatment

Soil horizons (depth in cm)	PH (H ₂ O 1:5)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. cations (me/100g)				CEC (me/100g)
				K	Ca	Mg	Na	
Surface dr.								
A1 (0-15)	5.3	2.16	96	0.35	3.47	0.84	0.20	22.1
A3 (18-26)	5.1	1.41	35	0.18	2.72	0.33	0.18	23.6
B2 (26-55)	5.6	0.96	19	0.20	4.03	0.48	0.34	26.5
B3 (68-75)	5.4	0.90	8	0.26	5.15	0.36	0.31	23.9
C (80-105)	5.4	0.87	8	0.26	5.28	0.30	0.52	18.7
Subsurface dr.								
A1 (0-15)	5.6	2.07	87	0.31	3.23	0.76	0.19	22.9
A3 (18-26)	5.8	1.15	29	0.15	2.15	0.28	0.18	24.2
B2 (26-55)	5.7	0.92	15	0.21	4.11	0.45	0.31	26.9
B3 (68-75)	5.4	0.90	7	0.24	5.09	0.38	0.31	23.0
C (80-105)	5.3	0.84	8	0.29	5.24	0.32	0.48	18.3

유효인산 및 유기물 함량과 치환성 K, Ca 및 Mg 함량은 암거배수된 토양에서 감소된 경향이나 그 정도는 크게 나타나지 않았다(표 3).

표 4는 토양배수에 따른 옥수수-호맥 및 sorghum-호맥 작부체계의 작물별 생육특성과 조사료 생산성을 분석 평가한 것이다. 작물의 생육은 각 작물 공히 PVC 암거배수구에서 초장생육, 동화엽면적 및 일

건물축적율이 높은 것으로 조사되었다. 옥수수-호맥의 연간 건물 생산성은 무배수구 17.8톤/ha에 비해 명거배수 및 암거배수구에서는 각각 21.6톤 및 35.9톤/ha이 생산되었다. Sorghum-호맥의 연간 건물수량은 무배수구 21.2톤, 명거배수 24.2톤 및 암거배수 39.1톤/ha이었다.

Table 4. Growth and yield performance of corn-rye and sorghum-rye cropping cultivated on imperfectly drained paddy fields under different drainage methods, open ditsch surface drainage and PVC pipes subsurface drainage

Cropping system	Soil drainage	PL (cm)	LA (m ² /m ²)	Abs.GR (kg/ha)	Yields (ton/ha)			NEL (1,000MJ/ha)
					FM	DM	TDN	
Corn-rye cropping								
Corn	UD	185	4.8	101.8	42.9	11.2	7.4	73.9
	SD	201	5.3	123.6	48.3	13.6	8.9	89.4
	SUD	284	7.6	200.9	75.0	22.1	14.8	147.9
Rye	UD	137	5.2	73.3	26.2	6.6	3.5	34.9
	SD	145	6.0	88.9	29.7	8.0	4.4	45.3
	SUD	184	8.5	153.3	48.5	13.8	7.5	76.8
Sorghum-rye cropping								
Sorghum	UD	172	7.1	119.2	75.7	14.9	8.3	82.5
	SD	190	7.9	132.0	86.1	16.5	9.2	94.7
	SUD	237	11.3	204.8	121.8	25.6	13.9	141.3
Rye	UD	132	4.9	70.0	25.4	6.3	3.4	35.2
	SD	141	5.8	85.6	28.5	7.7	4.1	42.8
	SUD	193	9.4	161.1	51.9	13.5	8.2	84.1

* UD undrained, SD open ditsch surface drainage, SUD PVC pipes subsurface drainage, PL=plant length, LA=assimilable leaf area, Abs. GR absolute growth rate, FM fresh matter, DM dry matter, NEL net energy lactation.

IV. 摘 要

본 연구에서는 배수약간 불량지 논을 공시토양으로 하여 배수방법에 따른 토양의 물리성 변화와 이들이 작물 생산성에 미치는 효과를 분석 검토하였다. 작물재배는 옥수수(수원 19호)-호맥(Maton)과 sorghum×sudangrass(p. 988)-호맥(Maton) 작부체계를 공시하여 사일리지의 이용적기인 옥수수는 황숙기, sorghum 및 호맥은 유숙기에 각각 수확하였다.

PVC 파이프에 의한 암거 배수는 중력수

(gravitational water table)의 지표면 상승을 억제시킴으로써 토양의 물리성중 특히 토양수분과 관련된 토양 색상, 토양구조 및 토양의 삼상구조 개선에 큰 효과가 있었다.

토양단면(soil profile) 조사결과 작토층은 황갈색 중심의 황적색 반점이 있는 토양색상과 입단구조(granular structure)가 발달되어 있었다. 이에 비해 명거배수에서는 암회색 및 회색중심의 황갈색 반점이 있는 토양색상과 괴상구조(blocky structure)로 형성되어 토양경도가 상대적으로 단단한 편이었다. 또한 강

우기에는 중력수 층위가 25~37cm의 작토층까지 상승되어 이 기간중 작물에 대한 습해가 심한 편이었다. 한편 토양의 삼상구성중 고상(solid phase) 비율은 명거배수구 46.2% 및 PVC 암거배수구 43.7%이었다. 토양중의 유효인산 및 유기물 함량과 치환성 K, Ca 및 Mg 함량은 암거배수토양에서 감소된 경향이나 그 정도는 크지 않았다. 토양배수에 따른 옥수수-호맥작부의 연간 건물수량은 무배수구 17.8톤, 명거배수구 21.6톤 및 PVC 암거배수구 35.9톤/ha 이었다.

V. 引用文獻

1. DLG. 1979. Nettoenergie-Lactation (NEL), die neue energetische Futterbewertung fuer Milchkuhe, DLG-Mitteilungen 94:472.
2. Office of Rural Development. 1971. Official soil series description vol (1):128-129.
3. Kirchagessner, M. 1978. Tierernaehrung, DLG-Verlag, Frankfurt(M): 126-158.
4. Voigtaender, G. and N. Voss. 1980. Methoden der Gruenland untersuchung und-bewertung, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart : 85-97.
5. 김건엽, 김정갑, 한민수, 정의수, 강우성. 1994. 휴경답토양 유형별 조사료 생산기반조성. 축기연보 고서 : 976-982.
6. 김정갑, 한민수, 김건엽. 1994. 답리작 대맥의 사료화 이용에 관한 연구. 농업과학논문 36(2):536-541.
7. 김정갑, 한민수, 한홍전, 강우성, 한정대. 1992. 맥류 및 Italian whole crop silage 생산이용. 축기연보 고서 : 961-974.
8. 농촌진흥청. 1983. 한국토양총설, 토양조사자료 9:330-358.
9. 농촌진흥청. 1984. 한국의 답토양, 토양조사자료 10:80-138.
10. 박병식, 한홍전, 양종성. 1993. 답전윤환경지 적정 사료작물 및 품종선발, 축기연보고서 : 937-941.
11. 송석은. 1977. 암거배수에 의한 습답의 이모작 재배에 관한 연구. 진주농진논문. 15:95-100.
12. 양종성, 진현주. 1993. 답전윤환경지 사료작물 다수확 작부체계 확립. 축기연보고서 : 964-968.
13. 오재섭, 임정남. 1967. 우리나라 대표토양의 물리성에 관한 연구. 농업과학논문 10(3):1-8.
14. 이선용, 최돈향. 1976. 두더지 암거 시공방법 및 재료별 배수시험. 호남작시보고서 : 190-207.
15. 주재홍. 1976. 저습답 암거배수에 대한 고찰. 진주농진논문 14:199-204.
16. 주재홍. 1978. 저습답 암거배수에 관한 연구. 진주농진논문 16:183-188.
17. 진현주, 양종성, 김정갑, 정의수. 1996. 진전환 논에서 우분시용이 토양의 화학성 및 silage 옥수수의 수량과 품질에 미치는 영향. 한국초지학회 16(1):81-86.
18. 한규홍, 김종웅, 소재돈. 1978. 암거배수하에서 토양의 이화학적 성질규명. 호남작시보고서 : 387-407.
19. 한규홍, 박현욱. 1978. 암거배수하에서 개량제의 효과 및 시비방법 시험. 호남작시보고서 : 374-386.