

混播草地에서 메탄醱酵廢液의 施用이 植生構成, 收量 및 牧草品質에 미치는 影響

金正甲 · 愼齊晟* · 林東圭*

畜産試驗場

The Effects of Liquid Waste from Methane Fermentation on Botanical Composition, Dry Matter Production and Nutrient Quality of Pasture Mixtures.

J. G. Kim, J. S. Shin* and D. K. Lim*

Livestock Experiment Station, RDA

Summary

The experiment was carried out to determine the optimum application rate of liquid waste from methane fermentation (LW) and its effect on botanical composition, dry matter yields and nutrient quality of pasture mixtures. Experimental fields was designed as a randomized block treated with NPK chemical fertilizer (NPK = 28-20-24 kg/10a), NPK + Water 28 ton, 1/2 NPK + LW 28 ton, 1/2 NPK + LW 42 ton, LW 28 ton, LW 42 ton and LW 56 ton/10a at Livestock Experiment Station in Suweon, 1985. The results obtained are summarized as follows:

1. Vegetation of introduced pastures, both in grasses and legumes, was markedly increased in the plots treated with methane-liquid waste. However, heavy application of liquid waste tended to increase of native weeds such as *Polygonum* spp., *Rumex* spp. and *Lactuca* spp.
2. Crude protein contents was increased in the plants applied with liquid waste, but NFE was decreased compared with those of chemical fertilizer applied. The concentrations of crude fat and crude fibre were, however less affected by the fertilizer resource. Among cell-wall constituents, cellulose content was decreased as the liquid waste application rate increased, while hemicellulose showed a negative association.
3. Productivity of the pasture was increased as the liquid waste application rate increased. The highest dry matter yields was obtained in the plot treated with LW 42 ton/10a by 711 kg/10a, which shows about 71% increments compared with those of chemical fertilizer treated. Net energy yields, both in starch value and NEL, were also markedly increased under liquid waste application. As a results, the optimum application rate of methane-liquid waste was found to be 42 ton in 10 a.

I. 緒 論

家畜糞尿 및 메탄醱酵廢液은 窒素를 비롯 各種 有機物 및 無機成分含量이 높아 이들의 肥料化에 關한 많은 研究結果가 報告되어 있다(DLG, 1974; 韓 등, 1977; 愼 등, 1986). 그러나 未熟糞尿 는 이를 草地에 直接 사용할 경우 一部牧草에 對한

生育障害 및 病發生被害가 憂慮되며 生糞에서 오는 惡臭로 因하여 放牧利用時 家畜嗜好性이 떨어진다. (Klapp, 1971). 한편 이들 生糞의 集積으로 分解過程에서 有害가스가 發生 牧草生育이 抑制되는 反面 *Rumex* spp., *Polygonum* spp. 등 吸肥力이 큰 雜草의 發生이 심하여 合理的인 植生維持가 어렵다 (Klapp, 1971). 이에 비해 家畜糞尿의 메탄醱酵廢

* 農業技術研究所 (Agricultural Sciences Institute, RDA)

液은 嫌氣性醱酵過程을 통해 惡臭가 除去되고 各種 病原菌이 死滅된 것으로 이들의 肥料化 및 草地還元이 生糞보다 有利하다(Elliot, 1977; 愼 등, 1986).

특히 메탄醱酵廢液은 肥料의 成分에 依한 直接效果 以外에 灌水의 效果가 큰 것으로 報告되어 있어 우리나라와 같이 高温乾燥한 氣象條件에서는 牧草의 夏枯 防止에 큰 效果가 期待된다(Elliot, 1977; 徐 등, 1986; 愼 등, 1986). 本 試驗에서는 混播草地에 對한 廢液의 施用適量과 이들 施用이 草地의 植生構成 및 生産性에 미치는 影響을 研究檢討하였다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗方法

圃場試驗은 Orchardgrass 16, tall fescue 8, perennial ryegrass 7, kentucky bluegrass 3, red top 2 및 ladino clover 3kg/ha의 比率로 混播된 草地에서 1984~'85年間 난괴법(區當面積 90m²)으로 實施하였다. 處理內容은 化學肥料에 依한 3要素標準 施肥(NPK = 28-20-24kg/10a), NPK+water 28톤, 1/2NPK+廢液 28톤, 1/2NPK+廢液 42톤, 廢液 28톤, 42톤 및 56톤/10a 등 7處理로 하였으며 이때 使用된 廢液의 成分含量은 Table 1과 같다.

牧草의 刈取는 年 4回 實施하였으며 施肥方法은 磷酸 및 加里는 全量을 기비로, 窒素는 年 4回, 廢液은 4回(28톤) 및 8回(42톤 및 56톤)로 나누어 均等分施 하였다. 한편 施肥方法別 植生變化는 KI-

Table 1. Chemical composition of liquid waste from methane fermentation

pH (1:5)	OM	N	P ₂ O ₅	K ₂ O %	CaO	MgO	Moisture
7.0	1.39	0.11	0.09	0.09	0.04	0.06	98.14

app(1965) 및 Braun-Blanquet (1964) 方法으로 調査하였다.

2. 化學成分分析 및 飼料價値 評價

Mineral 및 Weender 飼育成分은 VDLUFA(1976) 方法으로 分析하였으며 cell-wall constituents는 Goering 및 Van Soest(1970) 方法에 依해 NDF 및 ADF와 이들의 構成物質을 分析하였다. 牧草의 消化率은 Tilley 및 Terry(1963)의 *in vitro* 方法으로 測定하였으며 에너지 價値는 starch value(Kirchgeßner, 1978)와 DLG(1979)의 net energy lactation (NEL)으로 評價하였다.

III. 結果 및 考察

1. Mineral 成分變化

土壤中 無機成分은 廢液施用으로 크게 增加되었으며 특히 廢液을 42톤/10a 以上 使用時에는 牧草가 必要로 하는 要求量 以上을 供給하게 되어 이들이 土壤에 蓄積되는 結果를 보였다(Table 2).

Table 2. NPK contents in soil of pasture mixture at the different cutting stages treated with methane-liquid waste.

Treatment	1st cut			2nd cut			3rd cut			4th cut		
	T-N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)
NPK (28-20-24kg/10a)	0.51	45	0.31	0.56	48	0.23	0.70	36	0.18	0.81	50	0.27
NPK+Water 28ton/10a	0.70	67	0.38	0.60	51	0.24	0.91	38	0.17	0.98	53	0.33
1/2 NPK+LW 28ton/10a	0.79	102	0.41	0.65	68	0.26	0.95	151	0.30	1.02	135	0.34
1/2 NPK+LW 42ton/10a	0.88	104	0.31	1.16	121	0.26	1.00	154	0.30	1.07	119	0.33
LW 28ton/10a	0.53	66	0.28	1.07	55	0.22	0.76	54	0.25	0.83	83	0.29
LW 42ton/10a	0.72	75	0.30	1.37	103	0.36	0.86	57	0.28	0.93	177	0.44
LW 56ton/10a	0.97	116	0.27	1.42	151	0.33	0.88	139	0.38	0.95	250	0.61

LW=liquid waste from methane fermentation.

Table 3. Changes in the botanical composition of pasture mixtures treated with methane-liquid waste, evaluated at the 4th cutting stages.

Botanical composition	No fertilizer	NPK control	NPK + W28	1/2 NPK + LW28	1/2 NPK + LW42	LW 28	LW 42	LW 56
Total vegetation (%)	85	92	96	95	90	88	95	94
Introduced grasses (%)	37	59	73	64	65	56	67	60
Introduced legumes (%)	5	13	15	19	15	8	20	21
Native weeds (%)	43	20	8	12	10	24	8	13
<u>Introduced grasses</u>								
<i>Dactylis glomerata</i>	2	3	4	4	4	3	4	4
<i>Festuca arundinacea</i>	4	3	3	2	2	3	2	2
<i>Lolium perenne</i>	+	2	2	2	2	3	2	2
<i>Poa pratensis</i>	1	1	2	2	1	2	1	1
<i>Agrostis alba</i>	3	2	1	1	1	2	1	1
<u>Introduced legumes</u>								
<i>Trifolium repens</i>	4	4	4	5	5	4	5	5
<i>Trifolium pratense</i>	+	+	+	+	+	•	+	+
<i>Medicago sativa</i>	2	2	2	1	1	2	1	+
<u>Weeds</u>								
<i>Artemisia montana</i>	3	2	2	2	2	3	2	2
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	+	1	2	1	+	+	+	1
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	2	2	3	2	2	2	2	2
<i>Chenopodium album</i>	1	2	+	2	2	1	2	2
<i>Dianthus sinensis</i>	+	•	+	+	•	•	+	•
<i>Erigeron canadensis</i>	2	1	1	1	+	2	1	+
<i>Lactuca vaddeana</i>	1	2	1	+	1	1	+	+
<i>Persicaria vulgaris</i>	+	+	+	1	1	+	1	1
<i>Rorippa islandica</i>	1	1	1	1	2	1	2	1
<i>Rumex acetocella</i>	+	1	+	+	•	+	2	2
Others	+	+	+	+	+	+	+	+
<u>Native grasses</u>								
<i>Arundinella hirta</i>	2	2	2	1	2	3	1	1
<i>Carex heterostachya</i>	1	1	+	1	+	1	+	+
<i>Digitaria sanguinalis</i>	2	3	2	2	2	2	3	3
<i>Echinochloa crus-galli</i>	1	3	3	3	2	1	3	3
<i>Festuca ovina</i>	3	+	1	2	2	3	1	1
<i>Juncus tenuis</i>	+	1	•	+	•	+	+	•
<i>Luzula capitata</i>	+	1	1	+	+	1	•	+
<i>Setaria viridis</i>	1	1	1	+	+	1	+	1
<i>Zoysia japonica</i>	3	2	2	3	2	3	2	2

• = none, + = 1%, 1 = 1-5%, 2 = 6-25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75%, 5 = 76-100%, LW = liquid waste from methane fermentation, W = water.

成分別로는 磷酸이 가장 높아서 生育期別 磷酸含量은 1次生育期の 116ppm에서 4次生育期에서는 250ppm으로 增加되었으며 이같은 特性은 加里에서도 類似한 傾向을 보여 同一時期의 K_2O 含量은 0.27에서 0.67me/100g으로 增加되었다. 以上과 같은 原因으로 牧草植物體의 無機成分含量도 化學肥料보다 廢液處理된 草地에서 顯著히 높았는데 이는 DLG (1974)등의 結果에서와 같이 家畜糞尿中 mineral 含量이 높는데 기인된 것으로 생각된다(愼 등, 1986; Klapp, 1971; 鄭 등, 1980).

2. 草地的 植生構成

表3은 廢液處理後 마지막 生育期에 있어서의 植生構成을 Braun-Blanquet (1964) 方法에 依해 調査 評價한 것이다. 牧草의 定着率은 各草種 共히 施肥 區에서 增加되었으며 이같은 增加現象은 特히 NPK + water 處理와 廢液處理에서 顯著하였는데 이는 Elliot (1977) 및 愼 등 (1986)의 報告에서와 같이 廢液의 灌水의 效果가 크게 나타난 結果로 보인다.

施肥方法別 構成草種의 特徵은 化學肥料의 경우 主로 禾本科牧草로 優占된데 비해 廢液處理草地에서는 orchardgrass와 ladino clover 草種이 同時에 增加되어 禾本科와 豆科牧草의 比率이 適正水準에 近接된 傾向이었다.

한편 施肥方法에 따른 雜草發生은 化學肥料施肥의 경우 *Arundinella hirta*, *Festuca ovina* 및 *Digitaria sanguinalis* 등 禾本科雜草가 많은데 비해 廢液處理에서는 *Rumex* spp., *Polygonum* spp. 등 廣葉雜草가 增加되는 傾向을 보였다(Klapp, 1971).

3. 草地的 生産性

草地에 對한 메탄醱廢液의 施用適量은 42톤/10a으로 밝혀졌으며 이때의 乾物收量은 711kg/10a으로 3要素準施肥(416kg/10a)보다 71%가 增加되었다. 그러나 廢液施用量을 28톤/10a으로 減少할 경우 草地生産性은 큰 폭으로 減少되어 化學肥料를 追加施用함으로써 높은 收量을 얻을 수 있었다. 한편 廢液을 56톤/10a까지 增加施用할 경우에는 草地生産性이 若干 떨어지는 結果였는데 이는 施用된 廢液의 일부가 草地表面에 集積되어 部分的으로 牧草生育이 抑制된 反面 *Rumex acetocella*, *Digitaria sanguinalis* 등 吸肥力이 강한 雜草에 依해 草地가 優占된데 原因된 것으로 생각된다(Table 3).

4. 牧草의 Weender飼料成分 및 可消化養分

메탄醱廢液의 施用으로 牧草의 NFE 含量은 減少된 傾向이나 粗蛋白質 含量에는 顯著한 增加가 있었다. 이같은 蛋白質 濃度의 增加는 廢液處理로 總窒素含量이 높아진데 主原因이 있겠으나(Table 2 및 Fig. 5), 한편으로는 廢液의 灌水의 效果에 따른 牧草의 LWR(leaf weight ratio) 增大 및 clover 植生增加가 큰 影響을 미친 것으로 생각되는데 一般的으로 clover 植生과 蛋白質含量間에는 正(+)의 關係가 成立된다(金 등, 1986).

한편 牧草의 細胞膜構成物質도 施肥方法에 따라 差異가 있어 廢液處理로 cell-wall constituents中 cellulose가 큰폭으로 減少된데 비해 hemicellulose는 若干 增加되는 傾向이었다. 牧草의 消化率은 메

Table 4. Fresh and dry matter yields of pastures treated with methane-liquid waste.

Treatment	Fresh matter(kg/10a)					Dry matter(kg/10a)				
	1st cut	2nd cut	3rd cut	4th cut	Total	1st cut	2nd cut	3rd cut	4th cut	Total
NPK (28-20-24kg/10a)	609	1084	713	439	2855	79	157	113	67	416
NPK+Water 28ton/10a	664	1247	765	758	3434	105	210	110	102	527
1/2 NPK+LW 28ton/10a	536	1141	914	1045	3636	86	164	122	117	489
1/2 NPK+LW 42ton/10a	739	1913	935	1059	4646	122	253	105	99	579
LW 28ton/10a	489	1289	907	793	3478	105	191	138	130	564
LW 42ton/10a	723	1473	921	1172	4289	169	263	134	145	711
LW 56ton/10a	1155	1891	1020	1272	5338	145	213	152	147	657

LW = liquid waste from methane fermentation.

Table 5. Chemical components of pasture mixtures treated with methane-liquid waste, taken as average of 1–4th cuts.

Treatment	Weender components(%)					Mineral elements(%)		
	CA	CF	CP	CX	NFE	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
NPK (28-20-24kg/10a)	10.32	1.75	16.64	23.93	47.36	2.18	0.76	3.20
NPK+Water 28ton/10a	10.19	2.01	17.01	26.67	44.12	2.56	0.90	3.67
1/2 NPK+LW 28ton/10a	11.22	1.88	19.13	24.80	42.97	2.91	0.97	3.67
1/2 NPK+LW 42ton/10a	12.24	2.20	18.62	25.92	41.02	2.98	1.04	3.55
LW 28ton/10a	9.80	1.83	16.43	26.96	44.98	2.50	0.85	3.35
LW 42ton/10a	11.70	1.96	18.55	26.00	41.79	2.78	0.93	3.78
LW 56ton/10a	13.19	2.10	20.03	25.84	38.84	3.01	1.02	4.29

CA=crue ash, CF=crude fat, CP=crude protein, CX=crude fibre, NFE=N-free extracts.

Table 6. Cell-wall constituents of pasture mixtures treated with methane-liquid waste, taken as average of all cutting stages.

Treatment	NDF (%)	ADF (%)	Hemicellulose (%)	Cellulose (%)	Lignin (%)
NPK (28-20-24kg/10a)	47.00	29.59	17.41	26.75	2.84
NPK+Water 28ton/10a	47.19	29.66	17.53	26.83	2.83
1/2 NPK+LW 28ton/10a	44.82	27.20	17.62	24.44	2.76
1/2 NPK+LW 42ton/10a	44.41	25.97	18.44	23.03	2.94
LW 28ton/10a	46.47	26.68	19.79	23.72	2.96
LW 42ton/10a	46.75	27.80	18.95	24.55	3.25
LW 56ton/10a	46.48	28.27	18.21	24.38	3.89

NDF=neutral detergent fibre, ADF=acid detergent fibre.

Table 7. Digestible dry matter yields and net energy value of pasture mixtures treated with methane-liquid waste.

Treatment	Digestible dry matter			Starch value			NEL		
	IVDDM (%)	DDM (kg/10a)	Yield index	StE/kg	KStE/10a	Yield index	NEL (MJ/kg)	MJ/10a	Yield index
NPK (28-20-24kg/10a)	56.10	234	100	4151	172	100	5.02	2092	100
NPK+Water 28ton/10a	56.63	299	128	415	218	127	4.98	2622	125
1/2 NPK+LW 28ton/10a	55.09	270	115	419	204	119	5.05	2468	118
1/2 NPK+LW 42ton/10a	61.22	352	150	416	243	142	4.96	2854	136
LW 28ton/10a	54.86	309	132	403	227	132	4.82	2715	130
LW 42ton/10a	56.80	405	173	408	291	170	4.85	3450	164
LW 56ton/10a	58.42	382	163	417	273	159	4.94	3246	155

DDM=digestible dry matter, IVDDM=*in vitro* digestible dry matter, KStE=kilo starch value, NEL=net energy lactation, LW=liquid waste from methane fermentation.

탄廢液을 施用함으로써 化學肥料에서 보다 若干 增加되었으나 그 程度가 顯著하게 나타나지 않았다.

이와같은 原因으로 牧草의 可消化養分 및 net energy 生産을 위한 廢液適量은 乾物生産에서와 같이 42톤/10a 이었으며 이때의 에너지 收量은 各各 291KStE 및 3450MJ-NEL/10a 으로 化學肥料施肥에서 보다 各各 70% 및 64%가 增加되었다.

IV. 摘 要

本 試驗은 混播草地에 對한 메탄醱酵廢液의 施用 適量과 이들 施用이 草地의 植生構成, 收量 및 牧草品質에 미치는 效果究明을 爲하여 1985年 畜産試驗場에서 遂行되었다. 施用方法은 化學肥料에 依한 3 要素標準施肥 (NPK = 28-20-24kg/10a), NPK + water 28톤, 1/2NPK+廢液 28톤, 1/2NPK+廢液 42톤, 廢液 28톤, 42톤 및 56톤/10a 등 7處理로 區分하여 난괴법으로 配置 試驗을 實施하였으며 얻어진 結果는 다음과 같다.

1. 廢液處理로 牧草의 定着率은 禾本科 및 豆科 牧草가 同時에 增加되었다. 그러나 이들 廢液을 56톤/10a 以上 過用時에는 *Polygonum* spp., *Rumex* spp. 및 *Lactuca* spp. 등의 廣葉雜草에 依해 점차 優占되는 傾向이었다.

2. 化學肥料에 비해 廢液處理區에서 植物體의 粗蛋白質은 크게 增加되었으나 NFE 含量은 減少되었다. 이에 비해 粗脂肪 및 粗纖維含量은 處理間差異가 크게 나타나지 않았다. 細胞膜構成物質中 cellulose 含量은 廢液處理에서 減少된 反面 hemicellulose 는 若干 增加되는 結果였다.

3. 混播草地에 對한 廢液適量은 42톤/10a 이었으며 이때의 乾物收量은 711kg/10a 으로 3 要素標準施肥에 비해 71%가 增加되었다. 한편 牧草의 starch value 및 NEL 價値도 化學肥料보다 廢液이 處理된 草地에서 顯著히 높았다.

V. 引用文獻

1. Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie, Verlag Springer, 3. Auflag, Wien, New York.

2. DLG. 1979. Nettoenergie-Lactation (NEL), die neue energetische Futterbewertung für Milchkuhe, DLG-Mitteilungen, 94:672.
3. Elliot, L.F. and F.J. Stevenco (edso). 1977. Soils for management of organic waste and water. Am. Soc. of Agron., Madison, Wis. .672.
4. Faustzahlen für die Landwirtschaft. 7. Auflage, 1974, BLV Verlagsgesellschaft MBH München, DLG Verlag, Frankfurt. 185-206.
5. Goering, H.K. and D.J. Van Soest. 1970. Forage Fibre Analyses, USDA Agricultural Handbook 379:1-20.
6. Kirchgessner, M. 1978. Tierenahrung. DLG Verlag, Frankfurt (M). 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. 126-132.
7. Klapp, E. 1965. Grünlandvegetation und Standort. Verlag Paul Parley, Berlin und Hamburg. 123-137.
8. Klapp, E. 1971. Wiesen und Weiden. 4. Auflag, Verlag Paul Parley, Berlin und Hamburg.
9. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18:104-111.
10. VDLUFA. 1976. Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Verlag Neumann-Neudamm: 4.1.1.6.4.1.
11. 金正甲, 李相範, 徐 成, 李鍾烈. 1968. Ladinoclover 가 優占된 混播草地에서 除草劑處理가 植生構成 및 草地生産성에 미치는 影響. 韓草誌 6(2): 71-77.
12. 徐 成, 朴文洙, 韓永春, 李鍾烈. 1986. 草地의 灌水效果에 關한 研究. I. 灌溉와 窒素施肥水準이 土壤水分과 牧草의 再生 및 收量에 미치는 影響. 韓畜誌 28 : 110-116.
13. 愼齊星, 林東圭, 金正甲, 朴永大. 1986. 메탄醱酵廢液의 肥料化에 關한 研究. I. 牧草에 對한 廢液의 肥効試驗. 韓土肥誌 19(2): 133-137.
14. 鄭連圭, 李鍾烈. 1980. 靑刈 옥수수에 對한 메탄醱酵廢液의 肥料效果. 畜試研報: 533-536.
15. 韓貞大, 韓興傳, 李鍾烈. 1977. 메탄가스 廢液利用試驗. 畜試研報: 712-719.