

# 山地 草地土壤 및 施肥

鄭 連 圭

## Soil Characteristics and Fertilizer Applications in Korean Hilly Pasture

Yeun Kyu Jung

### 要 約

山地草地土壤의 立地條件과 理化學的 特性을 조사하였고, 이와 연관하여 合理的인 草地造成 및 管理에 필요한 施肥를 통한 土壤改良方法과 一般 草地管理特性을 검토하였다.

1. 山地草地는 立地條件인 標高, 傾斜方向(특히 南北), 및 傾斜度에 따라서 牧草의 定着, 收量 및 品質, 植生構成比率(競合力) 등에 차이를 보였다. 收量性은 中山間地帶에서는 標高가 높을수록, 北向地(禾本科牧草), 南向地(荳科牧草)가, 그리고 高山地帶에서는 標高가 낮을수록, 南向地(모든 草種)가 有利하였다. 또한 傾斜度에서는 標高에 상관없이 낮을수록 收量이 높았다. 牧草의 品質, 定着率, 肥料의 效率 등은 상기 수량성 특성들과 부합된 경향이었다. 이러한 立地條件에 따른 특성들과 연관된 合理的인 施肥管理가 필요하였다.
2. 草地造成을 위한 新開墾 山地土壤의 理化學性은 매우 불량하였으며, 제일 큰 阻害要因은 強酸性과 낮은 有效  $P_2O_5$  含量이었다. 적합한 石灰, 3要素, 苦土 및 礫素施用은 牧草의 定着, 初期生育 牧草率, 收量 및 品質에 결정적으로 좋은 影響을 주었으며, 荳科牧草는 이에 대한 의존도가 禾本科牧草보다 더 높았다. 또한 施肥管理에서  $P_2O_5$ 는 地表面에 集積되는 특성 때문에 年次的인 減量施用이 필요하였다.
3. 混播草地에서 N 및 3要素 부족은 荳科牧草(특히 clover)의 優占化를 가져왔고, 禾本科牧草는 多量要素中 anions 比率이 荳科牧草는 cations 比率이 높을 때 收量性 및 植生比率이 양호하였다. 草地의 省力化를 위한 苦土 및 礫素가 첨가된 草地用 複合肥料(2, 3種)의 效果는 일반적으로 複肥>單肥(熔燐)>單肥(重過石) 순으로 좋은 收量性 및 荳科牧草의 植生比率을 보였다. 또한 草地土壤 및 肥料의 問題點 및 研究方向이 언급되었다.

### 1. 緒 言

草地農業은 土壤-牧草-家畜間에 관련된 여러 학문 분야가 三位一體로 정립되는 조건에서 종합적인 기술향상을 기할 수 있다. 따라서 草地土壤의 理化學性, 立地條件(地形, 氣候, 植生 등)과 牧草의 特性 등과 연관한 土壤肥沃度의 증진 및 管理方法의 개선은 草地農業을 定着시키는 기본이 된다.

本 綜說은 韓國草地學會 창립 20주년 기념사업에 따른 課題로서 山地草地土壤의 立地條件과 理化學的 특성들을 조사하였고, 이와 연관하여 合理的인 草地

의 造成 및 管理에 필요한 施肥를 통한 土壤改良 및 草地管理方法 등을 검토하였다. 草地施肥管理에서 必要養分(多量, 微量, 有益元素) 및 肥料의 종류가 다양하지만 제한된 지면관계로 施肥效果는 無機質 肥料를 중심으로 기술하였다.

검토된 學術論文은 本 事業計劃에 따라서 韓草誌에 발표된 연구논문을 중심으로 국내 學術誌를 참조 하였다. 그러나 우리나라 草地農業의 역사가 西歐 草地農業國家들에 비해서 짧아 아직도 미흡한 연구 분야가 많아 종합적인 綜說의 論理展開가 어려웠으며 草地學會의 지속적 발전과 더불어 아쉬움을 다음

으로 이루어진다.

## 2. 山地土壤의 立地條件과 理化學的 特性

### 가. 草地土壤의 立地條件과 肥沃度 要因

草地開發의 대상지는 주로 傾斜山地이므로, 緩傾斜地의 일반 耕作地에 비해서 生態的 環境要因의 특성이 크게 다르다. 傾斜山地의 草地土壤은 土壤生成要因(母岩, 地形, 氣候, 生物, 時間 및 人力管理)들과 관련하여 볼 때 緩傾斜地와 다른 토양종류가 生成되며, 作物재배조건이 상대적으로 불리한 環境立地條件이다. 柳(1978)는 山地土壤을 기본적으로 山岳地와 野山丘陵地로 구분하고 이들간에는 토양특성에 큰 차이가 있으며, 대체로 侵蝕性, 強酸性, 瘠薄性의 특성을 갖는다고 하였다.

山地草地開發에 있어서 가장 중요한 土壤環境要因들을 보면, 地形, 傾斜度, 有效土深, 土性, 자갈함량, 排水, 侵蝕, 凹凸地形, 傾斜方向 등을 들 수 있다. 이러한 要因들은 서로 밀접한 關係를 갖고 土壤肥沃度(作物生産力)에 큰 영향을 미친다. 따라서 이러한 要因들에 적합한 그리고 環境改善을 위한 施肥技術이 필요하고, 이에 부합되는 草地의 造成, 管理 및 利用方法 등이 고려되어야 한다.

토양은 牧草의 生育, 收量 및 品質 등을 결정하며, 토양의 物理, 化學, 生物學的 모든 특성들을 종합한 作物生産力을 土壤肥沃度(地力)라 한다. 牧草生育에 영향을 미치는 중요 비옥도 要因들을 보면, 無機

養分, pH, 有機物, 土性, 土壤構造, 土層, 土壤水分과 공기(3相構造), 토양미생물 및 有效土深 등을 들 수 있다. 이들은 상술한 形態의 토양환경요인들과 더불어 造成, 管理, 利用 및 更新 등에 直接·間接으로 크게 영향을 미치며 施肥管理는 이들 特性들을 改善하는 기본이 된다.

### 나. 新開墾 山地土壤의 理化學的 特性

山地土壤은 전술한 立地條件 등에 따라서 다소 차이가 있으나, 대체로 侵蝕을 받고, 表土, 有效土深, 돌자갈 함량, 3相構造, 土壤水分保存 등에서 불량한 물리적 특성을 보인다.

또한, 新開墾 산지초지의 토양은 인위적 施肥管理가 없던 곳을 開墾하였으므로 일반 耕作地에 비해서 매우 불량한 化學性을 갖고 있다.<sup>15,16,17,43,98)</sup>

<表 1>에 표시된 新開墾地의 化學性은 草地造成에 매우 불량한 토양특성이므로 土壤改良을 위한 근본적인 施肥管理가 필요하다. 또한 이러한 化學性을 草地의 肥沃度 等級<sup>15,63)</sup>과 비교하여 보면, pH, 置換性 Ca 및 Mg 함량과 石灰飽和度는 낮음~매우 낮음 水準이며, 치환성 K함량 및 CEC는 낮음~보통 水準으로 전체적으로 불량한 等級을 보였다.

韓·獨草地研究事業을 통하여 조사된 토양특성도상기와 유사한 化學性을 갖고 있다고 報告된 바가 있다.<sup>40,41,93)</sup> 本 事業에서 Weinberger(1982)는 전국 284개 지역의 標本調査結果 토양중 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량이 다른 토양특성에 비해서 草地造成에 가장 큰 制限要因임을 보고한 바 있다. 柳(1978)도 이와 유사

Table 1. 新開墾山地 및 熟田土壤의 化學的 特性 比較<sup>15,16,17)</sup>  
(Chemical characteristics comparison of new-reclaimed forestland soils with cultivated upland)

Chemical characteristics	Arable land	Organic matter (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Exchangable cations (me/100g)			Base saturation (%)	CEC (me/100g)
					Ca	Mg	K		
Country	Cultivated upland(A)	2.9	101.0	5.7	4.20	1.20	0.34	60.0	9.6
Korea	New Reclaimed land(B)	0.9	11.3	5.1	0.75	0.73	0.22	26.0	6.5
Japan	B/A (%)	31.7	11.2	—	17.8	60.8	64.7	43.3	67.7
	Good grassland*	2-3	100.0	5.5	7.20	1.20	0.32	50.0	20.0

\* Japanese Agriculture, Forest and Fisheries Technical Association, 1967.

한 내용을 보고하면서 山地土壤改良의 기본으로 石灰 및 磷酸施用을 들었고, 더불어 균형적인 Mg, K 공급과 B 施用을 강조하였다. 草地開發이 유망시 되는 濟州道의 新開鑿山地는 酸性火山灰土壤의 특성에 기인하여 상대적으로 P-固定力이 높고 P부족이 크며, 鹽基含量이 낮다고 하였다.<sup>44,47,50)</sup> 玄 등(1991)은 土性別 기본적 CEC의 차이가 크며 그 정도는 有機物>埴土>微砂質 埴土>微砂質 壤土>壤土>砂壤土>壤質砂土>砂土 순으로 높다고 하였는 바 이는 山地草地의 土壤改良에서 토양비옥도의 주요요인인 有機物 함량증진의 필요성을 강조하고 있다.

### 3. 形態的 立地條件과 施肥管理

#### 가. 標高(altitude)와 緯度(latitude)

山地草地의 立地條件인 標高와 緯度에 따라서 草地의 生態的 환경특성이 달라져 초지특성에 영향을 미친다. 일반적으로 緯度가 높은 곳에 위치한 草地는 낮은 곳보다 年間 生育可能日數(越冬期間, 高·低溫 조건 등을 고려)가 적어져 상대적으로 物質 生産量에 차이를 보인다(金 등, 1976). 이러한 차이는 토양양분의 利用率 및 脫取量의 차이를 가져온다. 또한 標高에 따른 氣候(특히 온도) 및 土壤肥沃度의 차이는 牧草生育에 큰 영향을 미치며, 다소 높은 標高의 서늘한 氣候에 北方型 牧草는 오히려 양호한 生育特性을 보인다. 이러한 特性들을 종합하여 施肥의 基準 및 方法을 다르게 할 필요가 있으며, 더불어 草地造成 및 管理利用方法에도 차이를 두어야 한다.

標高別 草地特性의 변화에 관한 研究報告를 보면 中山間地帶(南部, 250m, 350m, 500m)에서 標高가 높아질수록 收量 및 粗蛋白質 含量이 높아졌고, NDF, ADF 및 *in vitro* 乾物消化率은 차이가 없었다.<sup>58,59,66)</sup> 金 등(1991)에 의하면 高山地帶(대관령, 800, 1000, 1200m)에서는 標高와 收量간에는 反比例 하였으며(200m당 9.5% 감소), 반면에 牧草營養成分의 含量에서 粗蛋白質은 높아졌고, 粗纖維는 낮아졌으며, 粗脂肪, NFE, 粗灰分에서는 변화가 명확치 않았다고 하였다.

本 研究結果에서 標高와 收量間에는 中山間地帶에서는 正比例하나 높은 高山地帶에서는 牧草生育에

부적합한 기후조건(특히 溫度)에 따라서 反比例한 것으로 생각된다. 따라서 우리나라에서는 500~800 m 사이의 標高에서 最大收量을 얻을 수 있는 것으로 推定되며, 이에 따른 施肥基準을 설정하는 研究가 필요하다. 또한 緯度別 收量性 차이는 지금까지 이루어진 草地試驗結果를 종합하여 통계적 方法으로 합리적 施肥基準을 설정하는 노력도 필요하다.

#### 나. 傾斜方向(slope aspect)

傾斜山地에서는 東西南北의 向이 형성되며, 이 중에서도 특히 南北向間에는 生態的 環境 및 土壤의 특성이 달라 牧草의 生育環境條件이 크게 차이를 보인다. 상대비교를 할 때 南向地는 北向地 보다 日照量이 많아 높은 地溫, 수분증발, 植生不良, 裸地率, 侵蝕性을 보이며 또한 낮은 토양유기물, 養分含量 및 地力을 보여준다.<sup>17,63)</sup> 李와 鄭(1984b)의 既存草地에 대한 표본조사결과 土壤肥沃度에서 北向地가 南向地보다 有機物, 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량, 置換性 Ca 및 Mg 含量 등이 상대적으로 높다고 하였다.

이러한 南北向間의 다른 生育環境條件 때문에 草種別 收量性과 混播草地에서 各 構成牧草間의 競合力에 차이를 보인다. 일반적으로 收量性에서 禾本科牧草는 北向地가 南向地보다 높으며, 荳科牧草(clover類)는 南向地가 더 높은 特性을 보였다.<sup>11,51,52,58,59,60)</sup> 그러나 高山草地(>800m)에서는 南向地가 北向地보다 모든 牧草에서 收量性이 높았고,<sup>5,12)</sup> 金과 金(1989a)<sup>11)</sup>은 北向地에서 荳科牧草의 재배가 거의 불가능하다고 하였다. 이러한 特性들은 中山間地 초지보다 낮은 溫度條件에 기인된 것으로 생각된다.

牧草중 營養成分의 含量차이를 南北向別로 검토하여 보면, 金과 金(1990), 金 등(1991a)<sup>5)</sup>은 粗蛋白質은 北向地가 높다고 하였다. 朴 등(1987)<sup>24)</sup>은 南北向間에 草種別 粗成分 含量이 큰 차이를 보였고, 단위면적당 可消化營養素 總量, 澱粉當量, 代謝에너지 및 正味에너지 生産量에서는 禾本科牧草는 北向地에서, L. clover는 南向地에서 더 높은 수치를 보였으며, 無機物 含量은 일반적으로 北向地가 더 좋은 特性을 보였다고 하였다. 또한 金과 金(1990)은 向別 NDF, ADF, *in vitro* 乾物消化率에서는 차이가 없었다고 하였다.

李와 鄭(1984a)<sup>52)</sup>에 의하면 混播草地에서 構成草種

의 向別 競合指數가 큰 차이를 보였으며, Orchard-grass 와 L. clover가 높은 競爭力을 갖는 草種이었으며, 이들은 상대적으로 南向地에서 더 높은 競合指數를 보여 주었다(Table 2와 3).

Table 2. 南北向別 주요 草種別 生産性<sup>52)</sup>  
(Productivity of some forage species by different aspect)

		Yield (kg DM/10a)		
		Aspect		Increase (N/S, %)
Botany		South (S)	North (N)	
Grass	Orchardgrass	719.7	865.6	+20.3
	Tall fescue	683.6	904.1	+32.3
	Timothy	599.1	807.6	+34.8
	Redtop	571.8	941.8	+64.8
	Avg	643.6	904.8	+40.6
Legume	Ladino clover	733.5	585.1	-20.2

Table 3. 南北向別 混播牧草의 草種別 競合指數<sup>52)</sup>  
(Concurrence index of component forage species in mixed sward by different aspect)

Component botany	Aspect		
	South	North	Avg
Orchardgrass	1.9	1.5	1.8
Tall fescue	0.3	0.4	0.4
Redtop	0.1	0.5	0.3
L. clover	2.0	1.5	1.8

상술한 南北向간의 여러 특성들의 차이는 일반적인 草地의 造成, 管理 및 利用方法에서 뿐만 아니라 施肥의 基準 및 方法, 肥種選擇, 施肥效率의 증대 등과 관련하여 더 研究가 이루어져야 할 것이다.

#### 다. 傾斜度(Inclination)

草地의 生産性은 여러가지 環境條件(기후, 母岩, 土壤肥沃度, 標高 및 緯度 등)에 따라서 달라지지만, 또한 동일한 위치와 方向에서도 草地의 傾斜度에 따라서 크게 영향을 받는다.

鄭과 李(1985a)<sup>80)</sup>에 의하면 傾斜度가 높아질수록 總混播收量(특히 荳科牧草)이 크게 감소되었고 山野

草(雜草)는 상대적으로 변화가 적는데 비해서 導入牧草의 定着과 生育이 크게 떨어지는 경향을 보였다. 이러한 특성은 傾斜度가 높아질수록 牧草의 生育環境(토양종류, 수분 및 양분보존 등)이 불리한 조건에 기인된 것으로 생각된다.

傾斜度別 토양 및 목초중 養分特性의 변화에 관한 鄭과 李(1985b, 1986)<sup>81,82)</sup>의 보고에 의하면 傾斜度가 증가할수록, 土壤은 pH, Mg 및 Na 含量, 鹽基飽和度가, 牧草는 N, K 및 Mg 含量이 낮아졌고, 肥料의 3要素 利用率 및 施肥效率도 떨어졌으며, 상대적으로 草地의 grass tetany 발생위험성이 높은 토양 및 목초의 특성을 보였다.

그러나, 山地草地의 傾斜度別 초지특성의 변화에 관한 국내 학술연구가 아직 미흡하므로 傾斜度別 土壤特性의 구명과 이에 따른 肥沃度 증진방법에 관한 草地研究가 더 관심있게 이루어져야 할 것이다.

## 4. 施肥管理와 草地特性의 變化

### 가. 일반적인 牧草의 養分要求特性

草地造成을 위한 傾斜山地는 대체로 牧草栽培에 불리한 理化學性을 갖는 척박한 토양이다.<sup>16,17,40,41,43,63)</sup> 따라서 인위적인 肥沃度 증진을 위한 施肥管理가 없이는 優良草地를 造成하기 어렵다.

일반적인 牧草의 養分要求도를 보면 벼재배보다 대략 질소(N)는 2.5배, 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)은 1.2배, 칼리(K<sub>2</sub>O)는 3.0배, 石灰(CaO)는 8.0배, 苦土(MgO)는 3.4배 정도 養分要求량이 높다.<sup>15,17,63,39)</sup> 이러한 多肥作物의 특성은 牧草의 利用部位가 잎과 줄기이며, 生育期間이 길며(이른 봄~늦은 가을), 年間 利用回數(刈取·放牧, 4~7回)가 많아 營養生長을 잘 할 수 있도록 많은 養分供給이 필요한데 기인된 것이다. 따라서 山地草地에서 적합한 施肥管理는 草地生産性 제고의 기본이 된다.

### 나. 草地造成과 磷酸施用

Weinberger(1982)는 韓-獨草地研究事業에서 전국표본조사결과 山地草地開發에 가장 큰 토양제한요인으로 強酸性인 pH와 낮은 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 함량을 제시하였다. 여러 조사결과 新開墾地 토양의 有効 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량

은 10~30ppm 水準으로 보고되고 있다.<sup>16,42,93)</sup> 또한 全國自然草地調査(Weinberger 등, 1981)에서는 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량이 5ppm 이하의 비율이 약 59%에 달하였다. 이러한 낮은 P 함량은 초지에 적합한 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量이 200ppm 水準<sup>69)</sup>과 비교할 때 매우 부족한 수준임을 알 수 있고, 草地造成時 충분한 P 施用의 필요성을 나타내고 있다.

山地草지를 새로 造成할 때 P 施用效果를 구명한 研究報告에 의하면 磷酸은 牧草의 定着, 初期生育狀, 牧草率 및 收量性 향상에 매우 큰 영향을 미치고 있다.<sup>79,83,85)</sup> 鄭과 李(1987)에 의하면 3要素 無肥區를 100으로 볼 때 N-K<sub>2</sub>O區는 141, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O區는 228 水準의 높은 收量性을 보였다. 이러한 높은 P-施用效果는 新開墾 山地土壤의 매우 부족한 磷酸含量과 人산의 生理機能에서 뿌리발육 및 初期生育의 촉진 등에 따른 牧草의 定着 및 生育이 양호해졌기 때문으로 생각된다. 이러한 사유로 草地造成肥 추천 시비량은 8-20-7 kg/10a 水準<sup>17,63)</sup>으로 3要素중 磷酸施用量이 가장 많다.

草地土壤의 특성 및 牧草에 대한 肥効 등을 고려하여 일반적으로 草地造成時에는 빠른 磷酸效果를 위해서 速効性인 水溶性 磷酸肥料(과석, 용과린), 草地管理時에는 土壤改良을 위해서 緩効性이며 有益한 副成分이 많은 枸溶性 磷酸肥料(용인)의 施用이 바람직 할 것이다. 또한 磷酸은 利用率이 3要素중 제일 낮은 10~20% 수준이며, 토양중 流失이 적고, 토양에 集積되는 경향이 있다. 鄭 등(1984)<sup>89)</sup>의 山地草地에서 10年間 3要素 施肥試驗結果 標準施肥에서 表土上部層에 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량이 450~800ppm 水準으로 集積되었다. 이러한 특성은 인차적으로 人산의 減量施用이 가능하고 필요함을 제시하고 있다.<sup>90,91)</sup> 李와 李(1975)는 濟州道에서 草地開發은 內陸土壤과 다른 酸性火山灰土壤의 특성으로 높은 磷酸吸收係數 때문에, 石灰 및 磷酸의 多量施用이 필요하고, 人산 비료에서 熔成磷酸가 적합하다고 하였다. 鄭과 李(1980d)<sup>79)</sup>는 採草地에서 牧草中 적정 P함량 0.3% 이상이 되기 위해서는 20kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/10a의 施用이 필요하다고 하였다.

#### 다. 草地造成과 石灰施用

일반작물재배에서 적합한 土壤酸度(pH)는 보통 6.0~7.0 범위이며, 牧草의 종류에 따라서 적합한

pH범위는 차이가 크다.<sup>17,63,100)</sup> 그러나 우리나라 新開墾 山地土壤의 pH(H<sub>2</sub>O)는 대체로 5.0~5.4(強酸性)의 범위로 調査報告된 바 있다.<sup>16,17,40,42,63,92,93,100)</sup> 洪(1975)은 이러한 強酸性 특성은 土壤生成要因인 母材(酸性 花崗岩系), 氣候(降雨量) 조건과 N多肥栽培의 특성에 기인된 것이라 하였다. 이러한 強酸性 조건에서는 導入牧草의 定着이 거의 불가능하여 磷酸과 같이 큰 制限要因이 되고 있다.

石灰施用은 각종 養分의 有効度 증진, 과다한 Al 및 Mn에 의한 毒作用을 방지하며, 土壤物理性 改良, 微生物 活動增進 등의 調節者로서 效果를 보인다. 草種別 石灰要求度는 차이가 크다. 특히 많은 北方型 荳科牧草는 好石灰性 作物로서 土壤 pH에 민감하므로 荳科牧草의 定着, 植生比率 및 收量性 향상에 산도교정을 위한 石灰施肥가 필요하다. 그리고 우리나라와 같이 N肥料로 尿素를 많이 사용하는 조건에서는 土壤 pH가 더욱 떨어지므로<sup>17,62,63,100)</sup> 지속적인 石灰施用이 또한 요구된다.

鄭 등<sup>69,71)</sup>은 山地混播草地에서 草地造成時 石灰施用區는 無石灰區에 비해서 7年 平均 總混播收量은 21%, 構成草種중 禾本科牧草는 63%, 增收되었고, 반면에 雜草는 28% 減收되었으며, 荳科牧草는 消滅되었다. 결과적으로 石灰施用으로 牧草率을 높여 優良草地가 되었다고 발표하였다. 山地草地에서 石灰施用은 土壤의 pH, OM, 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca, T-N 含量 및 CEC를 높였으며, 初期生育, 耐用年限을 증진시켰고, 混播牧草의 N, Ca, Mg, Na含量이 增加하였으며, 3要素 回收率(利用率)을 크게 높였고, grass tetany 發生要因의 하나인 K/(Ca+Mg) 當量比를 低下시켜 有利한 조건이 되기도 하였다.<sup>37,64,69,71,84,88)</sup>

이 외에도 牧草의 品質 및 收量性 향상, 荳科牧草의 定着, 根瘤生成, 收量性, 植生比率 등에 效果의 인 石灰施用效果가 草地研究報告에 많이 발표되었다.<sup>6,16,13,37,40,46,48,54,62,63)</sup>

또한 珪酸質 肥料도 牧草의 定着, 初期生育, 被覆率, 收量性, 品質向上 및 荳科牧草의 定着에 效果가 큰 것으로 보고된 바 있으며 일부 生育促進 및 養分特性에 대한 效果는 石灰보다 높다고 발표된 바 있다.<sup>23,25,28,29)</sup>

#### 라. 3要素 施用效果 및 植生變化

牧草는 多肥作物(4. 가 참조)로서 施肥養分의 요구

도가 높아 3要素 養分供給이 안정한 收量增收의 基本施肥가 된다(P는 4. 나 참조)

질소(N)는 物質生産의 基本的인 必須養分으로 다수확 재배를 위해서는 N 施用量이 충분해야 하며, 荳科牧草를 單作栽培 할 경우에는 基肥로 "Start-N" 비료로써 3~5 kg N/10a를 施用해야 한다.<sup>63)</sup> 鄭과 李(1980c)<sup>78)</sup>을 混播採草地에서 總收量 및 禾本科牧草의 收量은 N>K>P, 荳科牧草의 收量은 K>P>N 순으로 영향을 받았고 雜草는 불균일 하었다고 하였다. 일반적으로 질소시비량이 증가함에 따라서 禾本科牧草는 收量 뿐만 아니라 植生比率이 增加하고 荳科牧草는 減少된다.<sup>45,70,72,78,91)</sup> 그러나 鄭과 Vorstel(1975), 鄭과 李(1980b)<sup>77)</sup>는 많은 N 시용(30 kg N/10a) 조건에서도 여름 夏枯期 이후 기후영향 때문에 clover 比率이 높아지고, 이에 따라서 次年度에는 더욱 clover 비율이 많아지는 경향을 보였다고 하였다. 또한 金(1983)의 보고에는 N 施肥가 빠를수록 여름철 잡초와의 競爭에서 禾本科牧草의 生育이 증진되고 雜草抑壓效果를 보였다. N 分施方法에서는 鄭과 李(1980a)<sup>79)</sup>은 봄철 집중시비와 年間 均一分施가 서로 비슷하게 높은 收量性을 보였다고 하였고, 朴 등(1987)<sup>21)</sup>은 오히려 봄철 집중분시가 더 유리하다고 하였다.

牧草의 K 함량 및 요구량은 매우 높으며 土壤中 有效態 K 含量은 草地條件에 따라서 변화가 크다. 특히 放牧地는 家畜肥에 의한 높은 K供給으로 K 施肥量을 크게 줄일 수 있다. 草地造成時의 適正含量은 15~20mg(0.32~0.43me) K/100g 乾土 정도이며 土性에 따라 차이가 크다.<sup>63)</sup> 우리나라 新開墾 山地上壤은 0.22me K/100g 정도로 부족한 조건이다.<sup>16,17,63)</sup> 특히 混播草地에서 K 施肥量 부족은 荳科牧草의 收量 및 植生比率의 低下를 가져온다.<sup>62,78)</sup>

일반적으로 混播草地에 대한 N 및 3要素 施用量의 부족은 주로 導入牧草의 收量이 크게 줄어들며 雜草 收量은 큰 변화를 보이지 않아 牧草率의 低下, 品質不良, 荳科牧草(특히 clover)의 優占化가 되는 경향이였다.<sup>2,7,36,55,69,71,80,83,84,96)</sup> 따라서 石灰施用과 더불어 충분한 3要素施用은 優良草地를 造成 및 管理하는데 基本이 된다.

荳科牧草는 共生窒素固定菌(根瘤菌)에 의한 N-固定은 地力增進, 施肥 N절약, 牧草의 품질향상 등과 관련하여 草地農業에 중요하며, 특히 alfalfa 및 L.

clover는 N-固定량이 많아 일반적으로 초지에 가장 많이 栽培되고 있다. 根瘤菌 활동을 촉진하는 土壤條件으로 근류균의 接種과 더불어 start-N 施肥, 中性의 pH, 충분한 養分, 양호한 3相構造와 水分, 有機物 함량이 되어야 한다.<sup>63)</sup> 우리나라 草地研究에서 根瘤菌에 대한 研究活動이 아직 미흡한 여건이다. 柳 등(1974)는 N 施肥에 의해서 根瘤形成이 抑壓되었다고 하였고, 根瘤菌의 接種은 土壤潛在窒素의 함량을 높이며, 根瘤形成의 촉진, 荳科牧草의 初期生育 및 收量提高를 기한다고 보고된 바 있다.<sup>1,8,34,44,60)</sup>

#### 마. 苦土 및 硼素施用

우리나라 地質分布의 2/3가 酸性岩인 花崗岩과 花崗片麻岩에 기인되었고 이런 지역의 토양 및 栽培作物 中에는 Mg 및 B 뿐만 아니라 일반 無機營養成分의 함량이 낮다.<sup>14,38,49(64,82)</sup> 또한 新開墾 山地上壤中 Mg 함량이 牧草의 正常生育 및 Grass tetany 예방을 위한 함량에 크게 미흡하고 無機養分間에 不均衡이 초래되고 있다고 보고된 바 있다.<sup>64,81,82,84)</sup>

특히 질소 및 3要素 施用水準이 增加할수록 牧草中 Mg 含量이 낮아져 더욱 부족현상을 초래한다.<sup>64,78,84,86,87)</sup> 李와 朴(1987)<sup>65)</sup>은 混播草地에서 Mg 施用은 荳科牧草의 比率, 收量, Mg 含量 및 pH 상승효과가 있다고 하였다.

우리나라 토양의 有效 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量은 0.147ppm 水準이며<sup>31,32,33)</sup> 田作物의 生育에 적합한 함량인 0.5ppm 水準<sup>32)</sup>에 비해서 매우 낮다. 柳(1978)는 우리나라 山地開發에 硼素施用을 강조한 바 있다. B는 우리나라 토양에서 제일 부족되기 쉬운 微量元素이며, 荳科牧草가 禾本科牧草보다 높은 含量 및 要求度를 갖고 있어 草地에서 Mg과 더불어 B는 필수적인 施肥養分이 되고 있으며, 草地用 複肥開發에도 3要素 및 Mg과 더불어 필수적인 成分要素가 되고 있다.

우리나라 草地研究에서도 B 施用으로 荳科牧草의 定着, 收量, 植生比率의 증진효과가 크다는 보고가 많다.<sup>3,10,32,62)</sup> 또한 石灰施用量이 증가할수록 B 결핍 위험성이 높아지고, 토양중 水溶性 B 함량이 감소된다고 보고된 바 있다.<sup>88,101)</sup>

#### 바. 施肥養分の 均衡과 草地生産性

植物養分の 組合(combination)과 濃度(concentration) 과 均衡을 이루는 施肥가 作物의 收量과 品質

向上, 그리고 다른 피해를 防止 또는 輕減할 수 있는 植物營養上 조화된 시비관리가 되고 있다.<sup>61,65,66,67,74,75)</sup>

山地草地에 대한 多量要素(N, S, P, K, Ca, Mg)의 適正施肥比率 및 施肥量 구명을 위하여 Systematic variation 方法으로 基礎試驗이 수행된 바 있고, 그 내용을 보면 anions N:S:P 및 Cations K:Ca:Mg 그리고  $\sum anion:\sum cation$  適正施肥比率(當量基準)은 土壤種類, 및 草種(禾本科, 荳科, 混播)별 차이가 있다고 하였으며, 混播牧草 및 禾本科牧草는 anions N:S:P 시비비율과, N>P>S 순으로 荳科牧草는 cations K:Ca:Mg 施肥比率과 Ca>Mg≥K 순으로 크게 영향을 받거나 높은 比率을 요구했다고 하였다.<sup>61,65,66,67,74,75)</sup>

鄭 등(1982)<sup>65)</sup>, 鄭과 金(1989b)<sup>67)</sup>은 混播草地에서  $\sum anion:\sum cation$  適正施肥比率은 禾本科牧草는  $\sum anion$ , 荳科牧草는  $\sum cation$  施肥比率이 높을수록 이들 牧草의 收量, 植生比率이 증가하였고 總養分( $\sum ions$ )의 適正施用量은 構成草種 및  $\sum anion$ 과  $\sum cation$  施肥比率에 따라서 달라졌다고 하였다. 이러한 施肥養分の 均衡供給에 관한 연구는 土壤, 草種, 草地의 管理利用 및 植物營養生理 등과 연관하여 더 발전시킬 수 있는 연구과제라고 생각한다.

#### 사. 施肥와 土壤化學性 變化

신개간 山地土壤에서 草地施肥(石灰 및 3要素)에 따른 土壤化學性 變化를 보면, 일반적으로 3要素

施用水準이 증가할수록 土壤의 pH, 置換性 Ca, Mg, Na 含量 및 鹽基飽和度가 낮아졌으며, 반면에 有機物, 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量,  $K/\sqrt{Ca+Mg}$  當量比 및 CEC는 증가하였다.<sup>64,69,78,81,88)</sup> 그리고 鄭 등(1984)<sup>88)</sup>은 10年間 草地施肥試驗後 土層別 化學性을 조사한 결과 土深이 깊을수록 pH, OM, 有效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 置換性 K, Ca, Mg, T-N 含量 및 CEC는 떨어진 반면에 磷酸吸收係數 및 石灰要求量은 높았고 Na含量은 변화가 없었다. 특히 表土上部層에 磷酸集積量이 매우 높았다.(4. 나項에 詳述).

이러한 土壤特性的 變化에서 3要素를 充分히 施用할수록 石灰 및 苦土施用이 더욱 필요함을 보인 반면에 有機物 含量의 증가는 土壤保存 및 肥沃度 증진에 큰 역할을 하였다.

### 5. 草地專用 複合肥料의 開發과 肥効

草地造成 및 管理의 省力化 뿐만 아니라 3要素外 부족되기 쉬운 養分の 均衡供給을 목적으로 근래 複肥開發이 일부 이루어졌고, 또한 발전적으로 연구 개발되고 있다. 草地用 複肥開發을 草地特性(地形, 土壤肥沃度, 構成草種, 管理利用方法 등)이 다양하기 때문에 一般作物보다 고려해야 할 사항이 많아 개발의 어려움이 따른다.

草地專用 複肥는 造成用과 維持管理用으로 구분된다. 일반적으로 造成用 複肥開發은 단순한 반면에, 管理用 複肥開發은 원칙적으로 草地의 構成草種

Table 4. 3要素施用水準別 9年後 表土의 化學的 特性變化  
(Changes in the chemical characteristics of surface soil under different levels of NPK application rates after a 9 year experiment)<sup>88)</sup>  
(0~6cm in depth)

Treatments N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg/10a)	pH (1:5 H <sub>2</sub> O)	OM (%)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch. Cations					Base sat. %
				Ca	Mg	K	Na	CEC	
0-0-0	5.08	2.71	20( 7) *	2.3	0.21	0.32	0.17	9.4	33.6
0-10-10	5.21	1.77	351( 78)	5.8	0.17	0.72	0.17	13.5	50.2
6-15-15	5.24	3.20	598(218)	4.6	0.21	1.09	0.16	15.4	39.7
12-20-20	4.98	4.57	638(247)	3.4	0.15	0.72	0.19	16.5	27.6
24-25-20	4.84	5.37	697(312)	2.9	0.11	1.36	0.20	20.7	23.1
before exp.	5.12	1.73	16	1.12	0.18	0.54	0.38	-	-

\* 6~15cm in depth.

(禾本科, 荳科牧草, 單播, 混播), 利用方法(刈取, 放牧, 刈取-放牧) 등에 따라서 區分되어야 한다. 그러나 현재 보급되고 있는 管理用 複肥는 混播草地에서 가벼운 放牧을 갖는 採草地를 기준으로 개발되었다.

複肥開發은 필요에 따라서 다양한 肥種(2, 3, 4種)의 개발이 가능하고, 현재 2種 및 3種複肥가 개발되어 보급된 바 있다. 複肥開發시에 고려된 構成成分은 3要素外에 草地開發에 문제시 되는 苦土와 礫素成分을 첨가한  $N-P_2O_5-K_2O-MgO-B_2O_3(OM)$ 의 構成成分比(%)를 갖고 있다. 現在 개발보급된 複肥의 種類(2종 및 3종)를 보면 草地造成用에는 8-25(20)-7-3-0.2, 6-18-5-3-0, 2-10, 8-15-7-3-0.2-10 그리고 草地管理用에는 15-10-14-4-0.2, 14-10-12-3-0.2, 12-9-10-3-0, 3-10, 12-7-9-3-0.2-10 등이 있다.

複肥들의 施用效果는 일반적으로 3要素 單肥施用보다 높았다. 總混播收量 및 構成草種중 荳科牧草收量은 複肥>單肥(요소-용과린-염가)>單肥(요소-중과석-염가) 순으로 높은 경향이며, 構成禾本科 牧草의 收量은 複肥 ≥ 單肥(용인)>單肥(중과석) 순으로 높았고, 특히 荳科牧草에 대한 肥種間 收量差異가 커서 荳科牧草의 植生比率의 增加에 複肥가 큰 효과를 보였다.<sup>20,26,83,87,95)</sup>

또한 複肥에 첨가된 苦土(MgO) 水準으로는 土壤 및 牧草中 적정함량에 크게 부족함을 보여 草地造成時 石灰施用에서 苦土-石灰肥料의 施用으로 토양중 기본적인 Mg 含量的 提高가 필요하다고 보고된 바 있고,<sup>83,85,86,87)</sup> 複肥區가 單肥區보다 일반적으로 土壤化學性 및 牧草營養成分에서 相對的으로 양호한 것으로 알려졌다.<sup>22,27,30,83,85,86,94,95)</sup>

## 6. 土壤保存要因과 施肥管理

우리나라 山地土壤은 受蝕性 母材인 花崗岩이나 花崗片麻岩으로 생성된 토양이 全國土의 2/3를 차지하며, 年降雨量의 2/3가 夏期에 집중되어 침식위험이 높다(農村振興廳, 1989). 따라서 山地草地에서 土壤保全(侵蝕防止)을 고려치 않은 草地造成 및 管理는 초지의 地力增進(肥力增大)에 실패할 우려가 높고, 개간하기 전보다 더 토양을 황폐화 시킬 수도 있다. 崔(1974)는 우리나라 傾斜山地의 耕作地가 土壤保存과 연관된 관리체계가 크게 미흡하다고 하였

다. 土壤保存과 연관된 草地管理와 施肥效果를 보면 아래와 같다.

### 가. 土壤侵蝕要因과 草地管理

#### 1) 降雨量과 降雨強度

降雨에 의한 토양침식은 降雨量보다 降雨強度에 더 영향을 받고, 地表被覆率이 낮을수록, 傾斜度가 높을수록 침식이 커진다.<sup>14,18,89)</sup> 夏期의 많은 降雨量과 集中濛雨를 고려하여 草地植生率을 좋게 하여 地表被覆率을 높이게 하는 必要養分의 施肥와 草地管理가 필요하다. 특히 여름철 刈取-放牧 직후 地表面의 노출기간이 集中濛雨와 겹치지 않도록 하여야 한다.

#### 2) 土性

土壤流失은 細粒質 土性일수록 높으며(埴土>埴壤土>壤土>砂壤土 順), 埴質土壤은 壤質土壤보다 대체로 2~3배 침식성이 높다.<sup>14,18,63,79)</sup> 따라서 傾斜山地草地에서 細粒質 土壤은 더욱 더 施肥不足, 過放牧 및 刈取에 따른 裸地率의 증가를 방지하여 土壤 및 養分流失을 줄이는 관리가 필요하다. 보통 山地草地에서 약 60~70% 이상 地表被覆率이 되어야 侵蝕防止에 효과가 있다(鄭, 1984). 따라서 細粒質 土性일수록 雨期에 높은 被覆率 유지관리가 더 요구된다.

#### 3) 栽培管理와 作付方法

보통 上下耕 栽培에서는 等高線 栽培보다 침식이 약 1/3 더 증가하는 경향이다.<sup>14,18,63)</sup> 따라서 草地造成은 等高線 播種 또는 散播를 통하여 빨리 그리고 높은 草生密度를 유지하는 것은 침식방지 및 施肥養分의 보존 및 施肥效果를 크게 한다. 農技研(1978) 및 鄭 등(1985)<sup>90)</sup>은 傾斜地에서 裸地>옥수수 單作>보리, 콩 등 一般作物>草地 순으로 侵蝕性이 높다고 하였다. 이는 잘 관리된 草地일수록 地力增進에 큰 도움이 됨을 알 수 있다. 草地造成方法과 土壤流失度와의 관계를 보면 造成當年에는 耕耘草地>걸뿌림 散播로 토양유실량이 높았으나 2年次에는 草生密度가 같아져 造成方法間 차이가 없었고 3年次부터 草生密度가 높은 自然草地와 비슷한 土壤流失 防止效果를 보였다(農村振興廳, 1989). 이러한 특성은 충분한 施肥와 草地管理가 양호한 조건에서 얻을 수 있는 효과이므로 불량한 초지관리는 그만큼 土壤流失度가 높아질 것이다.



#### 4) 放牧強度

牧草는 토양을 안정된 粒塊狀 구조로 만들며, 이는 牧草의 密集된 纖維狀 根系에 기인된 것으로 보인다.<sup>69)</sup> 이러한 粒塊狀 토양구조는 작물생육에 적합한 3相分布(固, 液, 氣相)을 이룬다. 적합한 施肥를 통한 양호한 植生維持 그리고 양호한 土壤構造를 이루더라도 過放牧에 따른 土壤表土層의 硬化(특히 雨期中 放牧)는 不良한 3相構造 → 뿌리生育의 阻害 → 植生 不良 → 裸地率 增加 → 土壤侵蝕性 증가로 施肥養分의 損失 및 肥効를 줄이게 된다. 徐(1990)는 放牧 強度가 높으면 牧草再生不良 → 植生不良 → 裸地率의 증가 및 夏枯被害가 높아졌다고 하였다. 이는 전술한 토양특성의 변화에 기인된 것으로 생각된다.

#### 나. 施肥와 土壤保存의 可視的 變化

鄭 등(1984)<sup>68)</sup>은 傾斜山地草地에서 10年間 수행한 石灰 및 3要素 施肥試驗의 결과, 施肥가 부족한 조건에서는 植生(收量) 不良 → 裸地率 증가 → 상당한 表土流失 → 보통~甚한 地表面의 屈曲化 → 必土의 노출(土色이 淡色化) 및 必土의 돌, 자갈이 地表에 露出로 돌, 자갈이 많아졌고, 반면에 施肥管理가 잘된 곳은 양호한 植生(收量) 維持 → 높은 침식방지 효과 → 牧草殘骸物의 地表面에 堆積 → 可視的 돌, 자갈 노출이 줄어들어 → 有機物 堆積으로 暗褐色의 土色을 띄었다. 따라서 山地草地에서 올바른 施肥管理는 土壤保全(侵蝕防止)과 직결되며, 施肥効率의 증대에도 기여하게 된다. 朴(1987)도 비슷한 결과를 발표한 바 있으며, 施肥効果面에서 NPK區가 PK區보다 더 큰 효과가 있다고 하였다. 이러한 특성들은 作付方式에서 잘 관리된 草地가 다른 作物栽培에 비해서 가장 높은 土壤保存性을 갖는 특성<sup>14,90)</sup>과 일치한다.

### 7. 問題點 및 研究方向

牧草는 일반작물에 비해서 상대적으로 養分을 많이 요구하는 多肥作物이다. 그러나 草地開發 대상지가 주로 傾斜山地로서 形態의 立地條件과 土壤의 理化學性이 대체로 牧草栽培에 불리한 특성을 보인다. 따라서 합리적인 施肥管理를 통한 肥沃度 증진이 草地開發의 기본적인 선결과제이다.

牧草의 收量, 品質, 植生構成比率, 牧草率, 耐用年限, 草種競合, 耐夏枯性, 耐冷性 등의 초지특성들은 일차적으로 施肥와 연관된 土壤肥沃度에 크게 영향을 받지만 일반환경 및 초지특성(기후, 立地條件, 草種, 栽培 및 利用方法)들에 따라서도 변이폭이 크다. 따라서 합리적인 토양개량과 施肥管理를 하는 데는 이들 특성들과 牧草의 營養生理와 연관된 土壤 및 肥料研究가 이루어져야 할 것이다.

草地用 肥料(單肥 및 複肥)의 開發 및 施用은 牧草의 營養生理를 기초로 하여 多量 및 微量要素, 生長調節物質, 緩効性 조절, 微生物의 응용, 脫窒의 방지, 農藥類 및 비료중진제의 混入, 葉面施肥, 養液栽培용 複肥, 有機質 자원활용 등과 연관하여 研究 및 開發을 발전시켜야 할 것이다.<sup>57,97)</sup> 또한 우리나라 土壤에 잘 적응할 수 있는 根瘤菌株의 선발, N-固定菌과 牧草에 대한 生物工學의 연구개발이 草地農業에서도 이루어져야 할 것이다.

### 引用文獻

1. 姜渭金, 崔柱鉉, 李載生, 鄭鍊泰. 1991. 韓土肥誌 24(3):219-224.
2. 姜浩遵, 金文哲. 1991. 韓草誌 11(4):222-229.
3. 金東岩, 金吉洙, 朴天緒. 1969. 農試研報 12 (4):75-82.
4. \_\_\_\_\_, 金丙鎬, 金昌柱. 1976. 最新草地學 96-99.
5. \_\_\_\_\_, 金熙敬, 權燦鎬, 曹武煥, 李種京. 1991a. 韓草誌 11(4):236-243.
6. \_\_\_\_\_, 閔斗泓. 1988. 韓畜誌 30(1):57-63.
7. \_\_\_\_\_, 李鍾烈, 金相誌. 1976. 畜試研報 624-631.
8. 金武成. 1975. 韓土肥誌 8(1):37-43.
9. 金昌柱. 1983. 韓畜誌 25(6):697-702.
10. \_\_\_\_\_, 金炳完. 1990. 韓畜誌 32(6):345-350.
11. 金賢燮, 金茂南. 1989a. 韓畜誌 31(12):798-802.
12. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1989b. 韓畜誌 31(12):803-807.
13. 金熙敬, 金東岩, 曹武煥. 1991b. 韓草誌 11(3):145-152.

14. 農技研. 1978. 試驗研究業績斗 研究方向 77-81.
15. 農林水産技術會. 1967. 草地土壤生産力에 關한 研究 31輯 20.
16. 農村振興廳. 1974. 新開墾地 營農技術. 11-55.
17. \_\_\_\_\_. 1984. 山地草地造成斗 利用.
18. \_\_\_\_\_. 1989. 農業研究叢書. 18-436-448.
19. 朴根濟. 1987. 韓畜誌 29(6):798-802.
20. \_\_\_\_\_, 申載珣, 金在圭, 李赫浩, 李鍾烈. 1987. 農試論文集(畜産) 29(1):74-78.
21. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李弼相. 1987. 畜試研報 632-638.
22. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 金在圭. 1988. 韓草誌 8(2):99-103.
23. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李鍾烈. 1988. 韓畜誌 30(4):264-268.
24. \_\_\_\_\_, 李弼相, 申載珣, 鄭連圭. 1987. 韓草誌 7(2):97-102.
25. \_\_\_\_\_, 李赫浩, \_\_\_\_\_, 金斗鎬. 1988. 韓畜誌 30(6):365-369.
26. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李鍾烈. 1988. 韓草誌 8(2):92-98.
27. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李鍾烈. 1985a. 畜試研報 713-719.
28. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1985b. 畜試研報 713-719.
29. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1986. 畜試研報 660-666.
30. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李弼相, 申載珣, 李鍾烈. 1987. 農試論文集(畜産) 29(1):79-83.
31. 朴天緒. 1975. 韓土肥誌(별권) 29-35.
32. \_\_\_\_\_. 1988. 韓土肥誌 21(別卷) 53-109.
33. \_\_\_\_\_, 朴來正. 1966. 農試研報 9(1):163-174.
34. 朴 薰, 金武成, 權恒光. 1973. 韓土肥誌 6(4):245-251.
35. 徐 成. 1990. 韓畜誌 32(5):291-295.
36. \_\_\_\_\_, 韓永春, 朴汶洙, 李鍾烈. 1985. 韓草誌 5(3):187-194.
37. 宋祥澤, 金東岩, 李成哲. 1988. 韓畜誌 30(9):567-574.
38. 慎鏞華. 1972. ASPAC, Tech. Bulletin, No. 10.
39. 原田勇. 1979. 牧草의 榮養斗 施肥 4-5.
40. Weinberger, P. 1979. 韓草誌 1(2):7-13.
41. \_\_\_\_\_, P. 1982. 韓草誌 3(1):10-11.
42. \_\_\_\_\_, P. 權斗重, 朴根濟. 1981. 畜試研報 865-889.
43. 柳寅秀. 1978. 韓土肥誌 11(4):247-262.
44. 柳震彰, 尹錫權, 李容錫. 1974. 韓土肥誌 7(4):221-226.
45. 尹淳康, 金在圭, 李赫浩. 1990. 畜試研報. 554-565.
46. \_\_\_\_\_, 宋基雄, 金在圭. 1990. 韓草誌 10(3):141-146.
47. 李相圭, 車圭錫, 金仁卓. 1983. 韓土肥誌 16(1):20-27.
48. 李種京, 徐 成, 林潤煥, 朴光鎮. 1990. 韓畜誌 32(10):635-641.
49. 李種基. 1970. 植環研報 4:695-714.
50. \_\_\_\_\_, 李根常. 1975. 韓土肥誌 8(3):153-160.
51. 李弼相, 朴根濟, 申載珣, 鄭連圭. 1987. 韓草誌 7(2):92-96.
52. \_\_\_\_\_, 鄭連圭. 1984a. 畜試研報 127-135.
53. 李赫浩, 朴根濟. 1987. 畜試研報 651-659.
54. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李種烈. 1987. 韓草誌 7(1):1-7.
55. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李弼相. 1986. 畜試研報 672-677.
56. \_\_\_\_\_, 鄭連圭. 1984b. 畜試研報(草地) 136-140.
57. 林善旭. 1982. 韓土肥誌 15(1):49-60.
58. 全宇福, 金光鉉. 1990. 韓草誌 10(3):137-140.
59. \_\_\_\_\_, 金東岩. 1988. 韓畜誌 30(5):313-317.
60. \_\_\_\_\_, 金烈亨. 1988. 韓畜誌 30(5):318-322.
61. 鄭連圭. 1979. 韓土肥誌 12(4):215-220.
62. \_\_\_\_\_. 1980. 韓草誌 2(1):21-25.
63. \_\_\_\_\_. 1984. 草地土壤管理斗 肥料.
64. \_\_\_\_\_, 金康植, 沈載成. 1982. 韓畜誌 24(6):511-516.
65. \_\_\_\_\_, 金相喆, P. Weinberger. 1982. 韓土肥誌 15(3):178-187.
66. \_\_\_\_\_, 金性采. 1989a. 韓草誌 9(1):26-33.
67. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1989b. 韓草誌 9(1):34-42.

68. \_\_\_\_\_, 金賢燮, 李鍾烈, 金正甲, 朴炳勳. 1984. 畜試研報(草地) 103-115.
69. \_\_\_\_\_, 朴炳勳, 李鍾烈. 1982. 韓畜誌 24(6): 493-498.
70. \_\_\_\_\_, 尹祥基, 金相喆, 李鍾烈. 1981. 韓畜誌 23(4):298-303.
71. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 金正甲. 1982. 韓畜誌 24(6): 499-503.
72. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 李鍾烈. 1981. 韓畜誌. 23(6): 454-460.
73. \_\_\_\_\_, U. V. Borstel. 1975. KGGRP, Report. 53-61.
74. \_\_\_\_\_, 尹祥基, P. Weinberger. 1981a. 韓土肥誌 14(1):31-36.
75. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1981b. 韓土肥誌 14 (1):37-43.
76. \_\_\_\_\_, 李鍾烈. 1980a. 韓草誌 22(6):495-501.
77. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1980b. 韓草誌 22(6):502-508.
78. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1980c. 畜試研報 633-657.
79. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1980d. 農事試驗報告(畜產) 79-86.
80. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1985a. 韓草誌 5(3):195-199.
81. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1985b. 韓草誌 5(3):200-206.
82. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1986. 韓土肥誌 19(3):231-238.
83. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1987. 韓草誌 7(1):63-69.
84. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 沈載成. 1982. 韓畜誌 24(6): 504-509.
85. \_\_\_\_\_, 李赫浩. 1990. 順天大學 論文集 9:45-51.
86. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1991a. 韓草誌 11(4):244-251.
87. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1991b. 韓草誌 11(4):252-257.
88. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 金賢燮, 李鍾烈. 1984. 畜試研報 190-202.
89. 鄭英祥, 慎齊晟, 慎鏞華. 1976. 韓土肥誌 9(1): 9-16.
90. 鄭弼相, 高文煥, 嚴基泰. 1985. 韓土肥誌 18 (1):7-13.
91. 秦申欽, 高瑞逢, 尹益錫, 李鍾烈, 金文哲. 1980. 韓畜誌 22(3):181-184.
92. 崔元凱. 1974. 韓土肥誌 7(1):5-16.
93. 崔善植, 黃石重, 徐 成, 李鍾烈, 鄭連圭. 1985. 韓草誌 5(2):93-99.
94. 畜試研報. 1986a. 畜試研報 853-860.
95. \_\_\_\_\_. 1986b. 畜試研報 861-866.
96. 韓永春, 朴汶洙, 徐 成. 1985. 韓草誌 5 (2): 136-142.
97. 韓土肥誌. 1990. 韓土肥誌(別卷):170-174.
98. 許奉九, 趙仁相, 閔庚範, 嚴基泰. 1984. 韓土肥誌 17(4):330-336.
99. 玄根洙, 朴昌緒, 鄭碩在, 林尙奎, 嚴基泰. 1991. 韓土肥誌, 24(1):10-16.
100. 洪鍾雲. 1975. 韓土肥誌, 別卷 15-22.
101. 黃氣性, 尹植熙, 朴永大, 胡教純. 1991. 韓土肥誌 24(4):272-277.