

Orchardgrass 및 White clover의 單播 및 混播 재배에서 붕소의 시용이 牧草의 여러 특성에 미치는 효과

I. 牧草의 生育, 開花, 뿌리 및 根瘤 등의 특성 변화

鄭 連 圭

Effects of Boron Application on the Forage Traits in the Pure and Mixed Swards of Orchardgrass and White Clover

I. Changes in the growth, flowers, roots, and nodules of forages

Yeun Kyu Jung

ABSTRACTS

This pot experiment was conducted to find out the effects of boron application(B₀; 0.0, B₁; 0.2, B₂; 2.0, B₃; 6.0, B₄; 15.0me B/pot) on the forage performance in the pure and mixed swards of orchardgrass and white clover. This 1st part was concerned with the changes in the growth, flowers and flower buds, and roots/nodules of forages. The results obtained are summarized as follows:

1. At the B₃ and B₄ treatments, the B toxicity was more seriously in white clover than in orchardgrass in the first half of cutting orders, and reduced in the latter half. In white clover, it was more worsened in a mixture than in a pure culture. It was somewhat reduced at the best growth stage of each forage.
2. In orchardgrass, the B toxicity(B₃, B₄) showed the chlorosis on leaf tips, shallow leaf, little tillers, and weak stems. Whereas it showed the chlorosis/necrosis on old leaf edge, little and weak stolons in white clover.
3. Comparing with the B deficiency(B₀, B₁) and toxicity(B₃, B₄), the optimum B application(B₂) influenced markedly good growth of shoot, root, nodule, and flower (flower number, blooming period, early full flower) in white clover.
4. Comparing with orchardgrass, white clover was greatly influenced by the boron application. However, this responses of white clover to boron were reduced in a grass-clover mixture with additional fertilization. It was recognized that the good forage performance in a grass-clover mixture could be regulated by the adequate applications of boron and additional fertilizers.

(Key words : Boron effect, Orchardgrass, White clover, Pure and mixed swards, Blooming, Root and nodule)

I. 서 론

생리기능을 하지만 과다 시에는 해롭기도 하며, 또한 부족 시에는 활성 결핍증상이 나타나
필수 微量元素는 植物이나 家畜에 중요한 기 전에 수량감소가 일어나기도 한다(Klapp,

1971). 근대농업에서는 農産物 증수를 위하여 편향된 3요소 중심의 化學肥料가 과다 사용되고 있으며 이에 따라서 作物/飼料 및 家畜에 미량요소 결핍이 자주 발생되고 微量要素 시비의 필요성이 증대되고 있다.

多量 및 微量要素 양분의 조화된 시비는 飼料作物의 수량과 품질의 향상을 이루고 이로써 畜産物 증산에 기여할 것이며, 이들의 부조화는 飼料와 家畜에게 미량요소의 결핍을 초래할 것이다(Nieschlag, 1966). 草地에서 질소와 다량요소의 시비에는 미량요소의 공급문제와 결부되어야 한다. 이는 飼料의 수량증수 문제와 더불어 家畜의 미량요소 요구도와 연관되기 때문이다.

草地에서 orchardgrass + white clover는 기본적으로 적합한 混播組合(Jung and Baker, 1973; Fischbeck et al., 1975)이다. 그러나 이들 混播栽培의 특성은 시비, 이용방법, 파종량, 기후조건 등에 따라서 크게 영향을 받는다. orchardgrass는 조기생육, 상번초/장초장, 빠른 재생육, 半陰地에 강한 특성을 보이며, white clover는 늦은 생육, 하번초/중초장, 보통정도의 재생육의 특성을 갖는다. 또한 두 草種간 根系, 根深, 根量이 다르고 이는 混播 특성에 큰 의미를 갖고 있다.

또한 두 草種간 양분흡수 특성차이에서는 草種 특성상 뿌리의 CEC가 달라 양분 전유능력에 크게 차이점을 보인다. 두 草種별 양분 함량과 요구도에 차이가 있으며 또한 생육리듬(N-고정 등)도 다르다. 이러한 여러 재배 및 관리방법과 草種 특성에 따라서 牧草의 生育, 收量 및 品質 등이 큰 영향을 받는다. 두 草種별 미량요소의 요구도/함량 차이를 보면, white clover는 Fe, Cu, Zn, Mo, B 함량이 orchardgrass보다 많으며 Mn은 적다. 그러나 草種별 큰 유동성을 갖는다(Woelbier and Kirchgessner, 1957; Klapp, 1971). 禾本科牧草인 orchardgrass는 개화기 기준 B의 적정 함량이 10ppm (Fleming, 1963) 정도이고, 荳科牧草인 white

clover는 31~80ppm(Vielemeyer, 1967) 수준으로 큰 차이를 보인다고 하였다.

이러한 微量要素의 특성과 관련하여 草種(grass-clover)별, 재배방법(單播-混播)별 미량요소의 다양한 시비효과를 구명하고자 하였고, 우선 붕소의 시비효과를 검토하였다. 본 I報에서는 붕소 사용이 草種 및 재배방식별 牧草의 生育, 植生競合, 夏枯現象, 開花 및 뿌리/根瘤 형성의 특성 등에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시배지 및 재료

供試培地는 함유양분이 매우 적박한 peat soil(품질규격<독일>: 17S DIN 11540)을 사용하였으며 pot에 가볍게 누르면서 담았다.培地인 peat soil의 pH를 조정하기 위해서 20g의 CaCO₃를 pot당 혼합하였고, 원래의 pH 3.0 수준을 6~7 수준으로 개량하였다. 사용된 배지 용기는 플라스틱 제품으로 높이 19cm, 직경 20cm인 크기를 갖는 pot를 사용하였다.供試草種은 orchardgrass(*Dactylis glomerata* L. var. Potomac)와 white clover(*Trifolium repens* L. var. NFG Giant)이었으며 이를 각 單播 및 混播栽培에 파종하였다.

각 처리별 공히 사용된 草地造成 및 유지관리 비료인 多量要素 시비양분의 종류와 시비 기준은 표 1과 같다. 표 1에 상응하는 多量要素 비료의 종류와 이들 비료의 시비량은 pot당 Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 67me, epsomsalt(MgSO₄ · 7H₂O) 23me, KH₂PO₄ 45me, KNO₃ 61me, Mg(NO₃)₂ · 6H₂O 44me이었으며 이를 예취별로 나누어 分施 하였다. 이들 다량요소 비료의 예취별 分施 기준은 총 450 me/pot에서 基肥(草地造成 및 1차 예취)로 100me, 2차 예취 100me, 3차 예취 100me, 4차 예취 50me, 5차 예취는 무시비, 6차 예취는 100me로 각 前回 예취 직후 分施하였으며 多量要素 양분 총 합계

Table 1. Amounts of macro-elements used for establishment and maintenance of the pure and mixture swards of orchardgrass-white clover

Unit	Anions(A)				Cations(C)				Total ions (A)+(C)
	N	S	P	Σ	K	Ca	Mg	Σ	
me/pot	172	23	45	240	76	67	67	210	(240)+(210)=450
% ¹⁾	71	10	19	100	36	32	32	100	(53.3)+(46.7)=100.0

¹⁾ %: relative percent of application rates, related to the application amounts(me/pot).

450me/pot를 시험기간 중 시비하였다. 시비시 양분 화합물의 침전을 방지하기 위해서 3개 群; 1) Ca(NO₃)₂ · 4H₂O+KNO₃+Mg(NO₃)₂ · 6H₂O, 2) MgSO₄ · 7H₂O, 3) KH₂PO₄로 나누어 水溶液을 만들었고 따로 따로 分施 하였다.

播種전 석회시비로 산도를 조정한 培地에 草地造成 및 1차 예취(수확)를 위한 다량요소 分施량과 병행하여 Fe, Mn, Cu, Zn, Mo 필수 미량요소(표 2 참조)의 시비 전량(전 처리구 동 일량)과 그리고 표 2와 같이 붕소 처리별 시비 전량을 培地와 잘 섞어서 pot에 넣었다.

파종은 발아율이 약 70%에 달하는 각 종자를 單播栽培에선 각각 200mg/pot를 파종하였고 이들의 混播栽培에선 orchardgrass 120mg과 white clover 80mg 합계 200mg/pot를 파종하였다. 播種은 구멍이 있는 파종 보조판을 이용하였다. 牧草栽培는 이동식 패도시설이 된 植物生長溫室(glasshouse)에서 自然光 조건에서 재배하였다. 물 주기는 미량요소 시험의 정밀성을 높이기 위해서 이온교환수를 이용하였다.

播種은 5/11일, 1차 예취는 6/15일(5주 생육)), 2차 예취는 7/6일(3주 생육), 3차 예취는 7/27일(3주 생육), 4차 예취는 8/17일(4주 생육), 5차 예취는 9/14일(4주 생육), 6차 예취는 10/12일(4주 생육) 이었다. 예취는 5cm 높이로 하였다.

2. 처리내용

붕소 시비처리 수준과 붕소의 각 처리에 공통으로 시비된 微量元素의 종류와 이들 施肥量은 표 2와 같다. 微量元素 시비비료의 종류는 Fe는 fetrilon(5% Fe), FeSO₄ · 7H₂O, Mn은 MnSO₄ · H₂O, Cu는 CuSO₄ · 5H₂O, Zn은 ZnSO₄ · 7H₂O, Mo은 (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O, 그리고 B는 H₃BO₃을 시비하였다. 붕소 처리내용은 표 2와 같이 5단계 수준으로 하였으며 orchardgrass와 white clover 單播栽培 및 이들의 混播栽培 공히 동일하게 시비하였다. 처리수는 3 재배방식, 5 붕소 처리수준, 4 반복으로 총 60개 pot로 실시하였다.

Table 2. Boron treatments and application amounts of other micro-elements used for establishment and maintenance of the pure and mixture swards of orchardgrass and white clover

Treatments (me B/pot)	Micro-elements applied(me/pot)				
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo
B ₀ (0.0)	0.25	0.25	0.125	0.125	0.15
B ₁ (0.2)	0.25	0.25	0.125	0.125	0.15
B ₂ (2.0)	0.25	0.25	0.125	0.125	0.15
B ₃ (6.0)	0.25	0.25	0.125	0.125	0.15
B ₅ (15.0)	0.25	0.25	0.125	0.125	0.15

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 牧草의 생육상 및 붕소의 활성 결핍 및 과다 증상

가. 1차 예취 때의 牧草 草種별 생육 특성

Orchardgrass는 B₀, B₁, B₂ 처리구에서 單播나 混播栽培 공히 정상적인 생육을 보였으나, B₃, B₄ 처리구에서는 초기생육에서부터 붕소 과다증상으로 인한 잎 先端部位에 黃化現象(chlorosis), 짧은 葉幅, 그리고 빈약한 分蘖을 보였다.

White clover는 B₀, B₁, B₂ 처리구에서 出現 및 生育 상태가 정상적 이었으나 그러나 B₂ 처리구의 잎은 B₀와 B₁에 비해서 다소 淡色을 띠었는데 이러한 증상은 orchardgrass에서는 확인할 수 없었다. 이러한 B₂ 처리구의 淡色化 원인은 試料를 분석한 결과 붕소 함량이 100ppm 이상(차후 IV報로 발표예정)으로 가벼운 붕소 과다증상에 기인된 것으로 보였다. B₃와 B₄ 붕소 과다 시비구에서는 小葉, 葉邊의 黃化現象과 빈약한 分蘖/포복경을 보였고, 이러한 과다증상의 強度는 B₃ 보다 B₄ 처리구가 더 심했다.

White clover의 붕소 과다증상은 單播栽培시보다 混播栽培에서 더 심하였다. 그러나 이러한 차이는 orchardgrass에서는 인지할 수 없었

다. 이러한 특성은 混播栽培시의 문제점으로 생각되며, 적정한 붕소시비는 단순한 混播組合의 草種에 일치하지 않고 재배방식에 따라 차이를 보인다는 것을 나타냈다. 그리고 붕소과다에 대해서는 붕소 요구도가 높은 雙子葉植物인 white clover보다 요구도가 낮은 單子葉植物인 orchardgrass가 초기생육기간 중 더 양호한 耐性を 地上部の 가지적 생육에서 나타낸 것이 특이하였다.

나. 2차 예취 때의 牧草 草種별 생육 특성

單播栽培의 orchardgrass에서 가벼운 夏枯現象을 보였으나, 混播栽培에서는 확인할 수 없었다. white clover에서는 夏枯現象이 없었다(후술). orchardgrass에서의 붕소 과다증상은 잎의 先端部位에 고른 黃化現象이 나타났으며 점점 잎 하부로 淡色化가 넓게 번져갔다. 이에 비해서 white clover는 집중적인 黃化/白化現象이 잎의 가장자리에서 발생되었고 그리고 잎 전체로 淡色化가 퍼져나가는 증상을 보였다. 활성 붕소 과다증(chlorosis/necrosis)은 white clover가 orchardgrass보다 심했으며, 초기생육기부터 單播栽培시보다 混播栽培에서 더 심했다. 2차 예취 때 草種, 재배방식 및 붕소 처리수준별 B-과다증상의 수준 및 특성을 보면 표 3과 같다.

Table 3. Visible symptoms¹⁾ of boron toxicity in orchardgrass and white clover in pure and mixed swards at 2nd cut

Culture	Treatments of boron applied(me/pot)									
	Chlorosis ²⁾					Necrosis				
	0.0	0.2	2.0	6.0	15.0	0.0	0.2	2.0	6.0	15.0
orchardgrass										
Pure	-	-	-	2+	6+	-	-	-	-	-
Mixture	-	-	-	2+	6+	-	-	-	-	-
white clover										
Pure	-	-	-	3+	8+	-	-	-	+	3+
Mixture	-	-	-	4+	10+	-	-	-	+	4+

¹⁾ +; relative diagnosis in relation to the intense of chlorosis/necrosis, tillering, blooming, and stem/stolons development. -; normal growth in visible observation.

²⁾ symptoms on leaf tips in orchardgrass and leaf edge in white clover.

다. 3차 및 4차 예취 때의 牧草 草種別 생육 특성

대체적으로 예취 차수가 진행되어 감에 따라서 붕소 과다증상은 경감되는 경향이었으며 이는 牧草 중 붕소 함량의 감소(차후 IV報로 발표예정)와 연관된 경향 이었다. orchardgrass의 경우 B₃와 B₄ 처리구에서 심한 乾枯現象이 나타났을 뿐만 아니라 약한 줄기생육에 기인하여 倒伏現象이 발생하기도 하였다. white clover의 경우는 B₃와 B₄ 처리구에서 잎의 淡色化와 약하고 가는 줄기를 보였으나 orchardgrass와 같은 倒伏現象은 없었다. 그러나 새로운 포복경엽자가 생성이 되지 안 했다.

라. 5차 예취(多量要素 追肥 무시용) 때의 牧草의 草種別 생육 특성

單播栽培의 orchardgrass는 모든 처리구에서 황록색을 띤 심한 黃化現象과 성장저해를 보였다. 이러한 黃化現象은 붕소 과다증상에서 나타난 현상과는 달리 전체 식물부위에 빠르고 균일하게 퍼졌으며 이는 질소 追肥가 없는 데 기인한 것으로 보였다.

White clover의 경우는 붕소 부족 및 과다 시비구에서는 黃化現象이 발생하였으나 orchardgrass의 경우보다는 더 暗色이며 붉은 색을 띤 黃化現象을 보였다. 그러나 적정 붕소 시비기준인 B₂ 처리구에서는 정상적인 생육상을 보였고, 追肥를 준 4차 예취까지의 생육상보다 더 왕성한 생육상을 보였으며, 追肥 무시비에 대한 저해를 받지 안 했다. 대체로 붕소 결핍과 과다 시비구에서는 white clover 생육이 追肥에 크게 좌우된 것을 확인할 수 있었다. 混播栽培에서 orchardgrass는 單播의 경우와 비슷한 경향을 보였으나 B₂에서 黃化現象의 강도가 확연히 약하게 보였다.

마. 6차 예취 때의 牧草 草種別 생육 특성

追肥가 재 시용됨에 따라서 두 草種 공히 5차 예취시 N-결핍으로 관측되었던 앞에서의 질소결핍 黃化現象이 나타나지 안 했다. white clover에서는 B₃ 처리구에서 붕소 과다증이 거의 나타나지 안 했다. 반면에 orchardgrass에서는 B₃와 B₄ 처리구에서 나타난 황화현상이 強度면에서 변화가 없었으나 오히려 다소 강해진 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합하면 두 草種은 붕소 과다에 대한 민감도가 다르며, 생육시기에 따라 차이를 보였다. 즉 white clover는 生育期(예취 차수)가 진행되어 감에 따라서 경감되었으나 orchardgrass는 변함이 없거나 다소 더 심해지는 경향을 보였다. 적정 붕소 시비구(B₂)에서 white clover는 追肥(특히 질소)에 의한 생육장애가 붕소부족 및 과다 시비구에 비해서 경감되었다.

바. 牧草 생육에 대한 붕소 결핍 및 과다 특성의 종합고찰

포장재배 조건과는 달리 두 草種 공히 상대적으로 높은 B 함량을 보였는데(차후 IV報로 보고예정) 이는 溫室栽培의 특성에 기인된다는 보고와 같았다(Gupta et al., 1976). 이러한 원인은 많은 B 施肥와 원활한 수분공급 요인(Berger et al., 1957; Gupta et al., 1976), pH가 요인(Gupta, 1972), 상대적으로 높은 溫度와 이와 연관된 蒸散作用의 촉진, 용탈·유실량 감소, 원활한 뿌리발육 등에 기인된다는 보고들(Kohl and Oertli, 1961; Oertli and Roth, 1969; Alt and Schwarz, 1973)과 연관된 것으로 보였다. 이러한 영향 등으로 붕소는 蒸散流를 따라 植物體 各 部位로 많이 이동되는 생리특성을 보인 것으로 생각되었다. 따라서 야외 조건과 다소 다른 조건임을 전제로 한 고찰이 필요하였다.

雙子葉 植物은 單子葉 植物보다 더 많은 붕소를 요구하는 특성(Sommer and Sorokin, 1928;

Tanaka, 1967; Shorrocks, 1974)에 따라서 본 시험에서도 white clover가 orchardgrass보다 더 많은 함량을 확인할 수 있었고(차후 IV報로 발표 예정), 이러한 특성은 Tanaka(1967)의 보고와 같이 單子葉 植物은 雙子葉 植物보다 뿌리에 B-흡착이 미약하다는 특성에도 연관된 것으로 생각된다. 이에 따른 牧草의 생육특성의 변화와 차이를 관측할 수 있었다.

活性 B-결핍증상은 대조구(B₀)에서도 두 草種 공히 식물체의 地上部位에서 관찰되지 않았다. 이는 붕소 대조구(B₀)의 培地 중 B-기본 함량에 기인하여 植物體 중 B-함량이 牧草의 생리기능에 다소 기여할 수 있는 조건인 것과 연관된 것으로 보였다. 이 대조구(B₀)의 牧草 중 B-함량은 예취 次數가 진행됨에 따라서 확연히 감소되었다. 그러므로 더 긴 植生期間이 되면 특히 white clover에서 활성 B-결핍이 나타날 수 있을 것으로 생각되었다.

White clover에서 B-결핍은 우선적으로 B-부족과 적정한 B-공급간에 牧草 중 B-함량에 큰 차이가 없이 수량 감소로 補正되는 특성이 있고, 그 후에 20 μ g/g(乾物)의 B-함량에도 잠복성 B-결핍이 일어나며, 荳科牧草에 보통의 B-결핍 조건에서도 자주 결핍증상이 없이 성숙지연과 잎의 손실을 통하여 飼料品質의 저하를 초래한다는 보고(Griffith, 1974)와도 부합되는 경향과 특성을 보였다.

B-과다증상은 雙子葉 植物이 單子葉 植物보다 더 심하다(Shorrocks, 1974)는 보고와 비교할 때 본 시험의 두 草種간 이러한 차이는 전반기 예취 次數에서만 관측되었고 이러한 차이는 예취 次數가 진행됨에 따라서 크게 감소되었다. 반면에 orchardgrass의 경우 예취 차수가 갈수록 B-과다증상은 거의 변하지 않거나 혹은 다소 강해지는 경향을 보였다. 또한 마지막 2회 예취시에는 전반기 예취시와는 반대로 orchardgrass의 B-과다증상이 white clover보다 더 심했다.

이러한 예취 次數/生育기가 진행되어 감에

따른 B-과다에 따른 민감성의 변화는 培地 중 B-함량의 감소뿐만 아니라 草種 특성인 생육시기별 再生長 특성의 차이에도 기인된 것으로 보였다. 이러한 생육시기별 生長力에 따른 B-과다증상의 변화는 두 草種 공히 높은 生長力을 갖는 생육시기에는 B-과다증을 잘 이겨낸다는 것을 나타낸 것으로 보였다. 이는 또한 B-과다여부의 한계는 牧草의 生長力 및 생육시기에 따라서 변한다는 것을 나타내었다. 이러한 生育強度에 따른 B-과다증상의 변화는 본 시험결과의 다음 특성에도 연관된 경향이었다. 즉, 單播栽培에서 보다 混播栽培에서 追肥(특히 질소)로 인한 white clover의 경합력 쇠퇴와 열세한 생육상/生育強度로 B-과다증상이 單播栽培시보다 더 심하게 나타났다.

붕소 과다증이 잎 가장자리나 잎 先端에 나타나는 특성은 B의 식물체내 이동이 蒸散流를 따라 수동적으로 이동되는 특성이 있다는 보고(Oertli and Roth, 1969)와 일치하는 경향이었다.

2. 草種別 수분생리 및 夏枯現象 특성

두 草種 공히 성장되어 가고 여름의 온도상승에 따라 수분 요구량이 많아졌으나 두 草種간 수분 요구특성이 매우 큰 차이를 보였다. 여름에는 單播栽培에서 orchardgrass는 white clover보다 거의 2배정도의 수분을 더 요구하였다. 混播栽培의 orchardgrass 생육상은 單播의 경우보다는 더 양호한 수분관리 상태를 보였다. 이와 연관되어 orchardgrass는 單播栽培에서 가벼운 夏枯現象을 보였으나 混播栽培에서는 확인할 수 없었다. white clover에서는 夏枯現象이 없었다.

이러한 orchardgrass의 夏枯에 대한 單播/混播栽培간 차이와 white clover에서 夏枯現象이 없었던 특성은 white clover의 기본적인 생리특성과 더불어 水平葉의 陰地形成으로 培地가 상대적으로 低溫을 보이며 이로 인하여 경감된

蒸發散量으로 수분생리 및 수분소모가 원만한 것에 기인된 것으로 생각되었다. 또한 white clover가 상대적으로 더 적은 수분소모로 培地의 수분 함유량이 양호한 것에도 기인된 것으로 생각되었다.

植物生長溫室의 온도가 외부보다 여름에 5~10℃ 더 높은 조건에서 orchardgrass는 夏枯現象을 보였을 뿐만 아니라 특히 붓소 과다 시비구에서는 倒伏現象이 일어나기도 하였다. 그러나 white clover에서는 이런 증상을 볼 수 없었다.

붕소 결핍 또는 과다조건-특히 과다조건-에서 두 草種 공히 수분소모가 월등히 떨어졌다. 이러한 증상은 white clover에서 더 심하였지만 반면에 적합한 붓소 시용구(B₂)에서는 원만한 水分生理를 보였다. 상술한 부적합한 붓소 시비구에서 수분소모가 경감된 요인으로는 빈약한 뿌리생육과 열세한 생육상에 기인된 것으로 보였다.

3. 草種別 開花 및 花芽 생성 특성

수확(예취) 시기에 가지적 관측을 통한 開花 및 花芽 수를 조사하였다(표 4 참조). 매 예취 시점에서는 orchardgrass는 이와 연관된 사항을

관측할 수 없었으며, white clover에서는 3차 및 4차 예취시에 많은 량의 開花 수를 보였다.

單播栽培에서 white clover는 B₀, B₁, B₂ 처리구에서 開花 수가 많았으며, B₂ 처리구에서는 다른 처리구보다 開花生成 기간이 더 길고 만개시기가 더 빨랐다. 이에 비해서 B₃와 B₄ 처리구에서는 적은 開花 수와 더불어 개화생성 시기가 짧은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 특성은 적합한 붓소 시비가 white clover의 開花 및 成熟에 큰 영향을 미쳤다는 것을 나타낸 것으로 이는 붓소는 荳科作物의 種子生産에 큰 생리기능을 한다는 보고(Johnson and Wear, 1967; Blamey, 1976)와 연관된 경향이었다. 반면에 B₂ 처리구는 B₀와 B₁ 처리구와 비교해서는 開花 수가 경미한 차이를 보였는데 이 원인은 B₀와 B₁ 처리구의 培地 중 B-기본 함량이 다소 함유되어 있었던 데에 기인된 것으로 보였다.

混播栽培에서 white clover는 일반적으로 단파조건 보다 상대적으로 開花 수가 더 적고, 開花 생성기간이 더 짧았다. 이는 混播로 인한 white clover의 쇠퇴(경합에 불리한 追肥; 특히 질소)에 영향을 받은 것으로 보인다. 또한 붓소 처리수준간 開花 수 차이는 B₀, B₁, B₂, B₃ 처리구간에는 경미하였으며 B₄ 처리구에서는 확

Table 4. Numbers of flowers and flower buds of white clover as influenced by the rates of boron applied

Culture	Treatments (me B/pot)	(Numbers/4 pots repeated)					
		Flower & (flower bud) by cut ¹⁾			Total numbers		
		3rd	4th	5th	Flower	Flower bud	Sum
Pure	B ₀ (0.0)	14 (10)	10 (10)	2 (-)	26	20	46
	B ₁ (0.2)	8 (12)	8 (14)	1 (1)	17	27	44
	B ₂ (2.0)	8 (12)	11 (1)	3 (3)	22	16	38
	B ₃ (6.0)	10 (5)	8 (-)	- (-)	18	5	23
	B ₄ (15.0)	6 (8)	4 (-)	- (-)	10	8	18
Mixture	B ₀ (0.0)	5 (4)	2 (1)	- (-)	7	5	12
	B ₁ (0.2)	5 (3)	- (1)	- (-)	5	4	9
	B ₂ (2.0)	4 (1)	1 (3)	- (-)	5	4	9
	B ₃ (6.0)	5 (5)	- (1)	- (-)	5	6	11
	B ₄ (15.0)	1 (1)	- (3)	- (-)	1	4	5

¹⁾ Flowers and Flower buds of white clover were not found at 1st, 2nd, and 6th cuts.

연히 감소하였다.

4. 뿌리 生育 및 根瘤 형성 특성

두 草種간 뿌리분포/범위 및 細根量 특성이 식물학적으로 큰 차이를 보였다. 細根은 orchardgrass가 white clover에 비해서 많으며 넓게 분포되었다. 混播栽培에서 追肥(특히 질소) 사용에 따른 orchardgrass의 많은 細根의 分布는 두 草種간 양분경합에서 white clover가 불리하였고, 이는 white clover의 植生 경합력이 떨어진 원인 중 하나가 된 것으로 보였다. 6차 예취 후 뿌리의 分布 및 white clover의 根瘤 形成 特성을 培地와 pot간 접촉한 내부표면을 관찰한 결과를 보면 표 5와 같다.

white clover의 뿌리 및 根瘤 形成의 특성을 보면 적합한 硼소 시비구(B₂)에서는 다른 처리 구에 비해서 單播 및 混播栽培 공히 뿌리의 量, 뿌리의 分布密度, 뿌리의 크기 등이 월등히 양호하였다. 또한 뿌리 색깔에서도 차이를

보였다. 混播栽培에서는 전술한 원인에 기인하여 單播에서보다 열세한 生育으로 상대적으로 뿌리 및 根瘤 형성이 불량하였다. 그러나 B₂ 처리구가 다른 처리구보다 상대적으로 양호한 경향은 單播栽培시와 같은 경향을 보였다. 根瘤 形成 정도는 뿌리발육과 일치하는 경향 이 였으나 뿌리발육보다는 다소 불규칙적인 경향 을 보였다. 또한 같은 경향으로 B-부족에 따른 white clover의 약한 뿌리 形成은 混播條件에서 더욱 약하였다. 硼소결핍에 따른 약한 뿌리의 生育은 기름과 冷害에도 민감하다고 보고(Adams, 1978)된 바 있는데, 이는 野外草地에서 더 검토되어야 할 과제로 생각되었다.

Orchardgrass의 뿌리발육 특성은 과다한 硼소 시비구(B₄)를 제외하고는 일반적으로 비슷하고 뿌리 색깔은 white clover와는 달리 모두 비슷한 갈색을 나타냈다. 이러한 결과들은 뿌리의 生育에 미치는 硼소의 施肥效果가 orchardgrass 보다 white clover에 더 큰 영향을 준 것으로 보였다.

Table 5. Root growth trends of orchardgrass and white clover as influenced by the rates of boron applied

Culture	Survey items	Treatments (me B/pot)				
		B ₀ (0.0)	B ₁ (0.2)	B ₂ (2.0)	B ₃ (6.0)	B ₄ (15.0)
white clover						
Pure	colour ¹⁾	br	lbr	w	br	br
	density ²⁾	2+	3+	5+	2+	2+
	nodule	similar as density, but some what irregular				
Mixture	colour	br	br	lbr	br	br
	density	+	+	3+	+	+
	nodule	less than pure culture and irregular				
orchardgrass						
Pure	colour	br	br	br	br	br
	density	4+	3+	4+	3+	+
Mixed	colour	br	br	br	br	br
	density	3+	4+	4+	3+	+

¹⁾ colour; br(brown), lbr(light brown, w(white)

²⁾ density: relative observation value under the considerations: amount, size, coverage, and distribution of roots on inner surface of peat soil in pot.

많은 연구보고는 붕소가 뿌리생육에 중요한 역할을 한다고 하였다(Sommer and Sorokin 1928; Bussler, 1960a, 1960b; Neales, 1960; Coke and Wittington, 1968; Leece, 1978). 그리고 B가 根瘤菌의 필수원소임을 확인한 바 있으며(Gerretsen and Hoop, 1954), 植物은 地上部 뿐만 아니라 뿌리생육에도 지속적인 B 공급이 필요하다고 보고된 바 있다(Berger et al., 1957; Neales, 1960; Adams, 1978). 이러한 보고들은 본 시험결과의 특성과 부합된 경향이였다.

많은 草地研究의 결과 N 追肥는 荳科의 뿌리, 根瘤 형성 및 N-固定에 부정적인 영향을 미친다고 하였다. 그러나 본 試驗의 單播栽培에서는 N 追肥에도 불구하고 적합한 B-시비구(B₂)에서는 white clover의 뿌리, 根瘤 생성이 거의 영향을 받지 않은 특성을 보였다. 반면에 붕소의 결핍 또는 과다 시비조건에서는 모든 경우 뿌리/根瘤 형성이 불량하였고, 追肥가 없던 5차 예취시에는 N-결핍증상이 나타났는데 이는 약한 뿌리/根瘤 형성에 기인한 N-固定이 매우 약한 능력에 기인된 것으로 보였다.

IV. 요 약

Orchardgrass 및 white clover의 單播 및 混播 재배조건에서 微量元素 붕소의 시비수준별 牧草의 생육, 開花, 뿌리/根瘤 형성, 收量, 양양 성분/무기양분 및 草種간 경합지수에 미치는 영향 등을 구명하였다. 多量要素 및 다른 微量元素 양분을 동일량 시비한 조건에서 5 수준의 붕소 施肥량을 달리한 시비처리를 하였다. 붕소 처리수준은 1) B₀; 0.0, 2) B₁; 0.2, 3) B₂; 2.0, 4) B₃; 6.0, 5) B₄; 15.0me B/pot로 하였으며, 본 報에서는 붕소 처리별 牧草의 생육, 開花, 뿌리 및 根瘤의 형성, 수분관리 특성 등에 미치는 영향을 검토하였다.

1. White clover에서 붕소의 과다증상(B₃와 B₄ 처리구)은 예취 次數가 진행되어 감에 따라서

경감되었고, 전반기 예취기에는 orchardgrass보다 더 심한 과다증상을 보였다. 그리고 單播보다도 混播栽培에서 과다증상이 더 심했다. 각 草種별 생육이 왕성한 시기에는 공히 붕소의 과다증상이 경감되었다.

2. Orchardgrass에서 붕소의 과다증상은 잎의 先端 부위에 黃化現象, 좁은 葉幅, 적은 분얼 및 약한 줄기를 보였으며, white clover는 枯葉부터 葉邊의 黃化現象과 白化現象, 적은 分蘖數 및 포복경을 생성하는 孽子의 미 형성이 관측되었다.

3. 적합한 붕소시비(B₂)는 white clover의 뿌리생육, 根瘤 형성, 開花 및 花芽가 양호하였고, 꽃의 生成期間이 길었으며 滿開時期가 빨랐다. 그러나 混播栽培에서는 orchardgrass에 의한 억압된 생육 때문에 이 효과가 경감되었다.

4. 붕소의 施肥效果는 orchardgrass보다 white clover에서 더 크게 나타났다. 混播栽培에서 white clover는 追肥가 시비되지 않은 5차 예취시에는 B₂처리구가 다른 처리구에 비해서 生育이 양호하였는데 이는 뿌리 및 根瘤의 형성이 더 양호한 특성에 기인된 것으로 생각되었다. 적합한 追肥(특히 질소) 및 붕소의 施肥는 양호한 植生을 갖는 grass-clover 混播草地 造成에 크게 기여할 수 있는 것으로 보였다.

V. 인 용 문 헌

1. Adams, C.A. 1978. Boron as a plant nutrient. Chilean Nitrate Agricultural Service Information, No. 140. Nitrate of Chile Limited, Chile House, London.
2. Alt, D. and W. Schwarz. 1973. Bor-Toxizität, Bor-Aufnahme und Bor-Verteilung bei jungen Gurkenpflanzen unter dem Einfluss der N-Form. Plant and Soil. 39:277-283.
3. Berger, K.C., T. Heikkinnen and E. Jube. 1957. Boron deficiency, a cause of blank stalks and barren ears in corn, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 629-632.

4. Blamey, F.P.C. 1976. Boron nutrition of sunflowers on an avalor medium sandy loam. *Agrochimica*. 8:5-10.
5. Bussler, W. 1960a. Die Abhaengigkeit der Wurzelbildung vom Bor bei Sonnenblumen. *Z. f. Pflanzenaenhr., Dueng., Bodenk.* 91:1-14.
6. Bussler, W. 1960b. Die Bedeutung des Bors fuer die Wurzelbildung der Pflanzen. *Z.f. Pflanzenaenhr., Dueng., Bodenk.* 92:57-62.
7. Coke, L. and W.J. Wittington. 1968. The rolle of boron in plant growth. IV. Interrelationships between boron and Indol-3Yl-Acetic Acid in the metabolism of bean radicles. *J. Experiment. Botany.* 295-308.
8. Fischbeck, G., K.U. Heyland and N. Knauer. 1975. *Spezieller Pflanzenbau.* Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 225.
9. Fleming, G.A. 1963. Distribution of major and trace elements in some common pasture species. *J. Sci. Food Agric.* 14; 203-208.
10. Gerretseb, F.C. and H.D. Hoop. 1954. Boron, an essential micro-element for azotobacter chroococcum. *Plant and Soil.* 5:349-367.
11. Griffith, W.K. 1974. Satisfying the nutritional requirements of established legumes. In; Mays, D.A.(edit.); *Forage Fertilization.* ASA, CSSA, SSSA, USA. 147-167.
12. Gupta, U.C. 1972. Interaction effects of boron and lime on barley. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36:332-334.
13. Gupta, U.C., J.A. MacLeod and J.D.E. Sterling. 1976. Effects of boron and nitrogen on grain yield and nitrogen concentrations of barley and wheat. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 40; 723-726.
14. Johnson, C.M. and J.I. Wear. 1967. Effect of boron on white clover seed production. *Agron. J.* 59:205-206.
15. Jung, G.A. and B.S. Baker. 1973. Forage grasses and legumes-orchardgrass. In; Heath and Barnes: *Forages*, 3rd edit. The Iowa State Univ. Press. USA. 285-296.
16. Klapp, E. 1971. *Wiesen und Weiden.* Verlag Paul Parley, Belin und Hamburg. 155. 191.
17. Kohl, H.C. and J.J. Oertli. 1961. Distribution of boron in leaves. *Plant Physiol.* 36:420-424.
18. Leece, D.R. 1978. Effects of boron on the physiological activity of zinc in maize. *Aust. J. Agric. Res.* 29:739-747.
19. Neales, T.F. 1960. Some effects of boron on root growth. *Aust. J. Biol. Sci.* 13:232-248.
20. Nieschlag, F. 1966. Versuche ueber den Einfluss einiger Spurenelemente auf die Leistung von Milchviehweiden. *Landw. Forschung.* 19; 191-195.
21. Oertli, J.J. and J.A. Roth. 1969, Boron nutrition of sugar beet, cotton, and soybean. *Agron. J.* 61:191-195.
22. Shorrocks, V.M. 1974. Boron deficiency - its prevention and cure. *Borax Cobsolidated Limited, England.* 1-55.
23. Sommer, A.L. and H. Sorokin. 1928. Effects of absence of boron and of some other essential elements on the cell and tissue structure of the root tips of *Pisum sativum*. *Plant Physiol.* 3:237-254.
24. Tanaka, H. 1967. Boron adsorption by plant roots. *Plant and Soil.* 27; 300-302.
25. Vielemeyer, H.P. 1967. Untersuchungen ueber den Einfluss der Mikronaerstoffe Eisen und Mangan auf den N-Stoffwechsel landwirtschaftlicher kulturpflanzen. *Dt. Akad., Landw.-Wiss. Berlin, Diss.* 71.
26. Woelbier, W. and M. Kirchgessener. 1957. Der Gehalt von einzelnen Graesernn, Leguminosen und Kraeutern an Mengen- und Spurenelementen. *Landw. Forschung.* 10:240-251.