

無機態 窒素施肥가 草地의 收量과 植生構成에 미치는 影響

Ⅶ. 永年草地에 있어서 年降水量의 差異에 따른 無機態 窒素의 經濟的 施肥水準의 推定

曹益煥 · G. Schechtner*

Efficiency of Mineral Nitrogen Fertilization on Yield and Botanical Composition of Grassland

Ⅶ. Estimation of economical way of mineral nitrogen application depending on difference of annual precipitations in permanent grassland.

Ik Hwan Jo and G. Schechtner*

Summary

This experiment was carried out to investigate the effect of pure mineral nitrogen fertilization on dry matter yield and to determine the amounts of advisable mineral nitrogen according to difference of annual precipitations in permanent grassland. The results obtained were as follows:

1. Only PK-fertilizing without additional mineral nitrogen application produced 6.9 ton/ha of annual dry matter yields on average in relatively wet years that was higher than in rel. dry and normal years under 3-cut system by 0.7 and 0.6 ton DM/ha, respectively.
2. Due to the lesser rainfall the nitrogen-efficiency was substantially higher with heavy dressing of nitrogen fertilizer. The absolute differences in yield between rel. dry and wet years were 0.4 and 0.7 ton DM/ha/year respectively when dressed with 90 and 120 kgN/ha/cut at 4-, 5- and 6-cut systems, whereas at 3-cut system differences around 1.3 and 1.1 ton DM/ha/year respectively were recorded.
3. In rel. dry years the most efficient N-dressing rates per ha and year tended to be slightly higher than in rel. wet and normal years. Particularly at 5-cut system 4-7 kg/ha/cut of more nitrogen fertilization was required in order to obtain the highest overyields.
4. The N-dressing rates needed to maintain a nitrogen-efficiency of 8 to 16 kg DM/kg N tended to be stronger particularly at high cut system, and also in rel. dry years higher dressing rates were required that in rel. wet and normal years.

I. 緒 論

牧草가 처해 있는 여러가지 環境條件 가운데 土壤條件이 각 지역에 따라 달라 목초생육에 부분적인 지배요인이 되는데 반하여 氣象條件은 牧草의 생존을 결정짓는 가장 기본적인 環境요인의 하나라고 할 수 있다. 즉 土壤요인은 사람의 힘에 의해 改良이 가능

하나 氣象요인은 改良이 어려우므로 草地農業은 그 地域의 氣候의 지배를 벗어날 수 없다.

이러한 氣象요인은 施肥와 利用 強度에 따라 牧草 品種, 草種間의 競爭에 현저한 影響을 미치고 결과적으로 植生構成를 크게 변화시킨다. Schmitt와 Brauer(1979)도 窒素施肥의 影響을 간단하게 논할 수는 없으나 일반적으로 年間 氣象條件(특히 降水量)

大邱大學校 農科大學(Coll. of Agriculture, Taegu Univ., Kyong San 713-830, Korea)

*Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein(A-8952 Irdning, Österreich)

과 植生構造에 의해 크게 의존하고 있음을 시사하였다.

한편 Vetter(1968)는 窒素施肥로 비교적 습윤한 해에 養分生産량이 건조한 해 보다도 현저하게 높아서 비교적 건조한 해가 습윤한 해 보다도 最適 窒素施肥水準은 더욱 높아져야 함을 밝혔다. 이에 반하여 Ernst와 Mott(1987)는 생육에 적합한 氣象을 가졌던 해 보다도 건조한 해에 ha當 300kg 窒素施肥時 相對肥效가 약 50%, 400kg 이상 窒素施肥時에는 25% 정도로 낮았음을 나타내어 건조한 해에는 가능한 한 窒素를 적게 施肥할 것을 권장하였다.

따라서 本 試驗에서는 永年草地에 있어서 氣象요인(특히 年降水量)에 따라 無機態 窒素施肥에 의한 年平均收量の 변화 뿐만 아니라 그에 대응한 적절한 無機態窒素 施肥水準 限界를 밝히고자 실시되었다.

II. 材料 및 方法

本 試驗은 試驗地域 Admont(1969~1987), Piber(1970~1987), Bischofshofen(1970~1987) 및 Gumpenstein(1962~1987)에서 年平均 乾物收量を 第 I 報¹³⁾와 同一材料로 부터 구하여 氣象의 影響을 위해 다음과 같이 區分하여 平均 收量を 測定하였고, 分析方法은 동일하게 하였다.

氣象의 影響에 의한 구분: 각 시험지역 공히 年間降水量을 전체 시험기간 동안 합산한 후 平均을 구하여 이를 100%로 하였다. 이를 기준으로 각 연도별 상대 降水量을 구하여 85% 이하(건조한 해), 85~115%(정상적인 해) 및 115% 이상(습윤한 해)으로 구분하였다.

III. 結 果

1. 氣象조건에 따른 年 乾物收量

3回 刈取區

年間 降水量이 초지의 收量和 無機態 窒素效率에 미치는 影響을 Table 1에 나타내고 있는데, 단지 인산과 칼리 施肥區(PK區)에서만 습윤한 해에 6.9 ton DM/ha/year로 다른 해 보다도 현저하게 높은 乾物收量(0.6~0.7 ton DM/ha의 增收)을 보이고 있다.

반대로 高窒素施肥區에서는 비교적 건조한 해에 가장 높은 乾物收量和 窒素效率에 도달하였다. 즉 건조한 해에 年間 刈取頻度별 90 혹은 120kg/ha의 無機態 窒素施肥는 비교적 습윤한 해 보다 年平均 1.3 내지는 1.1 ton/ha의 乾物收量 증가와 3.1~4.8kg DM/ha N의 窒素效率 증가를 가져왔다.

한편 刈取頻度별 30과 60 kg/ha의 窒素施肥에서는

Table 1. Average annual dry matter yield(ton/ha) according to difference of annual precipitations in Admont, Piber, Bischofshofen and Gumpenstein.

Treatment	Wet years		Dry years		Normal years	
	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r
3-cut areas:						
PK	6.91	15	6.16	18	6.26	48
PK+ 90N	8.01	15	7.92	18	7.73	48
PK+ 180N	10.66	15	10.89	18	10.71	48
PK+ 270N	11.95	10	13.26	13	12.54	32
PK+ 360N	12.55	10	13.65	13	12.85	32
	(10)	(15)	(13)	(18)	(32)	(48)
p=0.05	0.89	0.73	0.93	0.79	0.43	0.35
p=0.01	1.19	0.97	1.24	1.05	0.56	0.46
4-cut areas:						
PK	6.27	15	6.35	18	6.16	48
PK+ 120N	7.54	15	7.79	18	7.64	48

PK+240N	9.98	15	10.09	18	10.12	48
PK+360N	11.88	10	12.29	13	11.74	32
PK+480N	12.41	10	12.98	13	12.25	32
	(10)	(15)	(13)	(18)	(32)	(48)
p=0.05	0.84	0.69	0.82	0.70	0.45	0.36
p=0.01	1.12	0.92	1.10	0.93	0.59	0.48
5-cut areas:						
PK	6.42	10	6.36	13	6.75	32
PK+150N	8.13	10	7.97	13	8.39	32
PK+300N	10.59	10	10.76	13	10.70	32
PK+450N	11.80	10	12.31	13	12.05	32
PK+600N	11.80	10	12.61	13	12.17	32
p=0.05	0.91		0.92		0.46	
p=0.01	1.22		1.22		0.60	
6-cut areas:						
PK	5.54	15	4.89	18	5.69	48
PK+180N	7.74	15	7.68	18	7.93	48
PK+360N	9.94	15	10.09	18	10.23	48
PK+540N	11.27	10	11.81	13	11.76	32
PK+720N	11.05	10	11.86	13	11.44	32
	(10)	(15)	(13)	(18)	(32)	(48)
p=0.05	0.82	0.67	0.87	0.74	0.54	0.44
p=0.01	1.10	0.90	1.16	0.98	0.71	0.58

年間 降水量의 차이에 의해서 乾物收量은 별 차이가 없었다.

4회, 5회 및 6회 刈取區

年間 4회 혹은 5회 刈取利用時 단지 인산과 칼리만이 施肥되었던 PK區에서는 3회 刈取區와 달리 年間 降水量이 乾物收量에 뚜렷한 영향을 미치지 못했다(年平均 6.2~6.7 ton DM/ha). 한편 6회 刈取區에서는 PK施肥時 비교적 건조한 해가 습윤한 해 혹은 정상적인 해 보다 평균 0.7 ton의 乾物收量 감소를 가져왔다.

중 정도의 窒素施肥(30~60 kg/ha/cut)時에는 年間 氣象에 의한 收量의 변화는 4회, 5회 및 6회 刈取區에서는 별로 나타나지 않았다.

高窒素 施肥(90~120 kg/ha/cut)時 3회 刈取區에서

는 비교적 건조한 해에 높은 收量이 나타났는데, 이러한 경향은 비록 미약하지만 4회, 5회 및 6회 刈取區에서도 역시 나타났다. 즉, 3회 刈取區에서 건조한 해에 高窒素 施肥時 습윤한 해 보다 年平均 乾物收量이 1.3 내지는 1.1 ton/ha의 증수를 보인 반면에, 나머지 3수준 利用頻度の 年平均 乾物收量은 高窒素 施肥時 건조한 해에 ha 당 0.4~0.7 ton의 증수를 가져왔다.

2. 氣象條件에 따른 經濟的 窒素施肥 水準

시그마 形態의 生産曲線에 의한 最高 限界收量을 위해 요구되는 無機態 窒素施肥量은 비교적 건조한 해에 일반적으로 높았는데 3회 刈取區에서는 이러한 뚜렷한 차이를 발견하지 못했다(Table 2). 특히 5회

Table 2. Efficiency-data and economical borders of N-fertilization

Treatment	1)	2)	3)	4)
(kg/ha and year)				
3-cut areas:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 16	dy/dx = 12	dy/dx = 0
Wet years	153 kg N	258 kg N	281 kg N	332 kg N
Dry years	153	279	293	328
Normal years year	151	268	284	322
4-cut areas:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 16	dy/dx = 12	dy/dx = 0
Wet years	213 kg N	362 kg N	379 kg N	447 kg N
Dry years	217	375	392	461
Normal years	195	348	368	445
5-cut areas:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 16	dy/dx = 12	dy/dx = 0
Wet years	199 kg N	381 kg N	415 kg N	517 kg N
Dry years	232	424	451	536
Normal years	210	386	423	529
6-cut areas:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 16	dy/dx = 12	dy/dx = 0
Wet years	"norm"	381 kg N	443 kg N	612 kg N
Dry years	"norm"	426	479	641
Normal years	"norm"	412	464	610

1) N-dressing amounts in order to the max. marginal yields

2) Economical borders with rel. high required efficiencies

3) Economical borders with middle required efficiencies

4) N-dressing amounts in order to the highest yields

*With the sigmaformed process of Input-Output curve(The normal process of production curve is marked with "norm").

刈取區의 最高 限界收量을 위해서는 窒素施肥量이 비교적 건조한 해가 습윤하거나 혹은 정상적인 해에 비해서 刈取頻度별로 4~7kg N의 더욱 많은 양이 요구되었다.

책정된 각 刈取頻度별 窒素效率에 따른 經濟的 窒素施肥 수준은 일반적으로 건조한 해가 비교적 습윤하거나 정상적인 해에 비해 높았는데, 이러한 경향은 年間 5회 刈取區에서 28~43 kg N/ha/year의 범위로 더욱 현저하였다. 한편 刈取頻度が 잦은 區에서는 습윤한 해에 經濟的 窒素施肥수준이 정상적인 해 보다도 훨씬 적었음을 나타냈다.

IV. 考 察

1. 年 平均 乾物收量

일반적으로 窒素 追加供給이 없을 때에는 土壤 내 혹은 土壤微生物에 의한 無機化作用에 의존하여 필요한 窒素養分을 얻게 되는데, 이러한 경향은 비교적 습윤한 기후 일수록 土壤微生物 生活化를 더욱 助長하여 年平均 乾物收量이 높게 된다²⁾. 이러한 이유로 본 試驗의 窒素 추가공급이 없는 PK區에서는 年間 3회 刈取時에 습윤한 해 일수록 높은 收量을 가져왔다.

그러나 이보다 더욱 빈번한刈取利用시에는年降水量에 따른 뚜렷한 차이가 없었는데, 이는土壤 중의 養分이 한정되었기 때문이라 생각된다²⁾.

한편本試驗의 결과에 의하면 특히,年間利用횟수가 적은區에서無機態窒素施用量이 증가할수록年間降水量이 적은 해가 비교적 습윤한 해 보다年平均乾物收量과窒素效率이 높았는데, 이는 Mott (1963) 및 Ernst와 Mott(1987)등과 서로 상반된 결과로刈取頻도가 낮을수록牧草가利用하지 못한無機態窒素量이 많아져서降水量이 많은 해에流失水와 함께溶脫되는 양이 큰 반면에降水量이 적은 해에는 생육기간 중에 養分을 구하기 위해 뿌리가 깊게 그리고 넓게 신장되어 광범위한 지역으로 부터 많은 양의窒素養分을 얻기 때문이라 思料된다³⁾.

2. 經濟性和 經濟的 施肥限界

시그마 형태의生産曲線을 통한最高限界收量은 비교적 건조한 해에 특히, 5회刈取區에서窒素施肥가 많은 때에 나타났는데, 이는 일반적으로 습윤한氣候에서는蒸發散 계수가增加하고刈取頻도가 증가함에 따라 이러한 현상이 더욱 가중되어年平均乾物收量과窒素效率은 낮았지만土壤 중의 養分과 공급된無機態窒素와의 교호작용으로 보다 적은窒素施肥時에最高限界收量에 도달되었으리라 추측된다^{2, 8, 11)}.

Sears(1960) 및 Norgaard Pedersen과 Witt(1980) 등은 건조한 해에窒素施肥量을年間 4회刈取時 350~450 kg/ha로 권장하고 있는데, 本試驗에서도 375 혹은 392 kg N/ha/year 일때經濟的窒素施肥限界임이 밝혀져 우리나라와 같이 일반적으로年間 4회刈取利用을 勸奨하고 있는地域에 있어서 중요한資料가 되리라 推測된다.

또한本試驗에서 비교적 건조한 해에經濟的窒素施肥量이 비교적 습윤하거나 정상해 보다도 훨씬 높음이 나타나 Vetter(1968) 및 Ernst와 Mott(1987) 등의 결과와 일치하고 있는데, 그 이유로서 이러한 건조한 해에는土壤 중 혹은 미생물에 의한 養分生産量이 낮아 인공적으로供給된無機態窒素施肥에만 養分을 의존하므로施肥量이 높을 때經濟性에 도달된다고 推定하고 있다^{2, 6, 7)}.

V. 摘 要

本試驗은 永年草地에 있어서 氣象要因(특히年間

降水量)의 差異에 따른無機態窒素施肥에 의한草地의年平均乾物收量의變化 뿐만 아니라 그에 대응한經濟的窒素施肥水準을 究明코자 實施되었다. 그結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 無機態窒素追加供給이 없는 인산과 칼리施肥時年間 3회刈取條件下에서 비교적 습윤한 해에 6.9 톤/ha의年平均乾物收量을 가져와 비교적 건조하거나 정상적인 해보다도 각각 0.7과 0.6톤의乾物收量增加를 나타냈다.

2. 대체로年間降水量이 적기 때문에 높은窒素施肥時窒素利用效率의增加를 招來하였다. 비교적 건조한 해와 습윤한 해의乾物收量의 差異는刈取頻도가 잦은 4, 5 및 6회刈取區에서刈取頻度別 90과 120 kg의窒素施肥時 각각 0.4와 0.7 ton/ha/year인 반면에 3회刈取區에서는 각각 1.3과 1.1톤을 기록하였다.

3. 비교적 건조한 해에最高限界收量을 위한窒素施肥量은 비교적 습윤하거나 정상적인 해 보다도 조금씩 높았음이 나타났다. 특히 5회刈取區에서最高限界收量에 도달하기 위해서는 4~7 kg의窒素増施肥가 要求되고 있다.

4. 책정된 질소효율(8~16 kg DM/kg N)을維持하기 위한窒素施肥量은 특히刈取頻도가 잦은 구에서 높았으며 또한 비교적 건조한 해 일수록 비교적 습윤하거나 정상적인 해 보다도 많은窒素施肥를 要求하고 있다.

VI. 引用文獻

1. Ernst, P. und N. Mott. 1987. Einfluß des Stickstoffgaben und Nutzungshäufigkeit auf den Grünlandertrag. Das Wirtschaftseig. Futter 33(3): 262-274.
2. Jäggi, F., O. J. Furrer. und W. Jäggi. 1978. Bodenkunde-Leitfaden für landwirtschaftliche Fachschulen und für die Praxis-Verlag Wirz AG, Aarau 24-37.
3. Klapp, E. 1966. Minereraldüngung und Pflanzenbestand von Dauergrünland. Phosphorsäure 6(2): 13-15.
4. Mott, N. 1963. Zur Stickstoffdüngung der Wiesen. Das Wirtschaftseig. Futter (1): 12-20.

5. Norgaard Pedersen, E. J. und N. Witt. 1980. Udvikling af almindelig rajgræs i fire slægt i første brugsår. Tidsskrift for Planteavl 84(5): 415-446.
6. Schechtner, G. 1964. Probleme der Grünlanddüngung. Bodenkultur 15: 216-240.
7. Schechtner, G. 1979. Einführung in die Habilitationsschrift: "Grünlanddüngung im Alpenraum". Druck u. Verlag BA Gumpenstein 1-20.
8. Schiefer, J., H. G. Kunz. und I. Massier. A. 1983. Natürliche Wachsfaktoren und Grünlandertrag. Das Wirtschaftseig. Futter 29(1): 55-66.
9. Schmitt, L. und A. Brauer, 1979. 75 Jahre Darmstädter Wiesendüngungsversuche mit Ergebnissen der ältesten exakten Versuche des europäischen Festlandes J. D. Sauerländers verl. Frankfurt/Main 20-55.
10. Sears, P. D. 1960. Grass-clover relationship in New Zealand. 8th Int. Grassl. Congr., 6-9, 1960. Session 5A "Nitrogen fertilizers and the nitrogen cycle" 89-94.
11. Thimm, H. 1969. Ökonomischer Stickstoffeinsatz auf Mähweiden. Feldwirtschaft (5): 253-262.
12. Vetter, H. 1968. Die Stickstoffwirkung auf einer Dauerweide auf Parabraunerde in acht Versuchsjahren. Das Wirtschaftseig. Futter 14(1): 34-47.
13. 曹益煥, G. Schechtner. 1990. 無機態 窒素施肥가 草地의 收量과 植生構成에 미치는 影響, I. 草地의 收量과 經濟的 無機態 窒素施肥限界. 韓草誌 10(2): 102-109.