

無機態 窒素施肥가 草地의 收量과 植生構成에 미치는 影響 II. 草地收量의 季節的 分布와 經濟的 無機態 窒素施肥限界

曹益煥 · G. Schechtner*

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

II. Seasonal distribution of dry matter yield and economical mineral nitrogen application on grassland

Ik Hwan Jo and G. Schechtner*

Summary

This experiment was to study the effect of pure mineral nitrogen fertilizing on seasonal distribution of dry matter yield and the advisable mineral nitrogen amounts on grassland. The results were as follows:

1. With longer regrowth periods the absolute dry matter yields and the nitrogen-efficiencies due to nitrogen fertilizing increased substantially, whereas the quality declined at the relatively lesser cutting frequencies.
2. The first cut at 3-cut regimes, the first and fourth cut at 4-cut regimes, and the second and last cut at 5-and 6-cut regimes showed the highest nitrogen-efficiency, respectively.
3. By the sigmaformed process of production curve the most efficient mineral N-dressing rate per ha and cut was calculated: 42-56kg N on the 3-cut areas, 39-55kg N on the 4-cut areas, 38-47kg N on the 5-cut areas and 35-48kg N/ha/cut on the 6-cut areas.
4. In dependence on site and kind of calculation the economical borders were reached with the following dressings of mineral N/ha/cut: 90-100kg on the 3-cut areas, 70-100kg on the 4-cut areas and 50-90kg on the 5-and 6-cut areas.

I. 緒 論

草地에서 無機態 窒素施用의 목적은 永年性を 維持한 채 多收獲 즉 集約的利用에 있는데, 무절제한 過多施用으로 土壤의 酸性化, 好窒素 雜草發生 증가, 植物體에 이용되지 못한 窒酸態 窒素 용탈, 이로 인한 강물이나 地下水 汚染 또는 非經濟性 문제가 발생한다. 그러므로 集約的인 草地經營이 필요한 지역에서는 多量의 無機窒素施用시 刈取頻度を 높게 하여 이러한 문제점을 경감시키는 수도 있다.

그러나 이러한 利用強度에 따른 無機窒素 施肥水準이 立地條件과 關連하여 精確한 勸獎 施肥水準이

確立되지 못한 채 多樣한 樣相을 나타내고 있으며 심지어는 利用強度에 關계없이 施肥水準이 決定되고 있다.

따라서 本研究에서는 I 報와¹⁾ 같은 條件下에서 無機態 窒素施肥時 草地의 季節別 收量에 미치는 影響과 經濟的이고 合理的인 施肥水準을 究明코자 한다.

II. 材料 및 方法

Admont(1969-1987), Piber(1970-1987), Bischofshofen(1970-1987)과 Gumpenstein(1962-1987)의 4地域 平均 季節 乾物收量을 I 報와¹⁾ 동일한 材料

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

에서 구하여 동일한 方法으로 수행하였다.

III. 結 果

1. 各 刈取頻度別 生産性에 있어서 窒素效率

Table 1-4는 各 刈取別 平均收量の 4地域 平均 季節 乾物收量を 刈取利用別로 구분하였다.

(1) 3회 刈取利用

Table 1은 3회 刈取區의 4地域 平均 各 刈取別 收量を 나타냈는데 1번초에서는 PK시비가 2.6t/ha의 乾物收量を 가져왔고, PK+30kg N/ha/cut가 3.3t/ha의 乾物收量を 가져왔는데 이는 窒素効果 23.9kg DM/kg

N에 해당된다.

다음단계 60kg/ha/cut의 窒素施肥는 4.5t/ha의 乾物收量を 가져왔으며 32.9kg DM/kg N의 窒素效率에 해당된다.

90과 120kg/ha/cut의 窒素施肥등은 高位收量を 보여주지만 窒素效率은 27.3 혹은 21.5kg DM/kg N으로 收量增加의 감소를 뚜렷이 나타내고 있다. 30 또는 60kg/ha/cut의 窒素施肥時 2번초 혹은 3번초 生育에서 絶對收量は 1번초에 비해 平均 27.7-35.1% 減少되었다. N 施肥段階 90 내지는 120kg N/ha/cut에서는 收량이 1번초에 비해 平均 22.7-24.9% 줄어들었다.

단지 인산과 칼리만 공급시에는 1번초 수량이 2.5 t/ha에 이르렀으나 다음의 生育등에서는 17.5 및 33.0

Table 1. Average seasonal distribution of dry matter yield (ton/ha) in the fertilization and utilization trials Admont, Piber, Bischofshofen and Gumpenstein. 3-cut regimes.

Treatment	Average within all locations							
	1st cut		2nd cut		3rd cut		Annual yield	
	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r
PK	2.55	81	2.12	81	1.71	81	6.38	81
PK+30N	3.27	81	2.43	81	2.12	81	7.82	81
PK+60N	4.52	81	3.26	81	2.93	81	10.71	81
PK+90N	5.00	55	3.86	55	3.74	55	12.60	55
PK+120N	5.13	55	3.98	55	3.87	55	12.98	55
	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)
p=0.05	0.21	0.18	0.14	0.11	0.14	0.12	0.37	0.30
p=0.01	0.28	0.23	0.18	0.15	0.19	0.15	0.48	0.40

Table 2. Average seasonal distribution of dry matter yield (ton/ha) in the fertilization and utilization trials Admont, Piber, Bischofshofen and Gumpenstein. 4-cut regimes.

Treatment	Average within all locations									
	1st cut		2nd cut		3rd cut		4th cut		Annual yield	
	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r
PK	1.53	81	1.76	81	1.76	81	1.17	81	6.22	81
PK+30N	1.94	81	2.09	81	2.06	81	1.56	81	7.65	81
PK+60N	2.60	81	2.64	81	2.66	81	2.19	81	10.09	81
PK+90N	3.10	55	2.84	55	3.14	55	2.83	55	11.91	55
PK+120N	3.28	55	2.92	55	3.24	55	2.98	55	12.42	55
	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)
p=0.05	0.18	0.15	0.13	0.11	0.13	0.11	0.13	0.11	0.35	0.26
p=0.01	0.23	0.19	0.17	0.14	0.17	0.14	0.17	0.14	0.46	0.38

% 減少하였다.

(2) 4회 刈取利用

3회 刈取區 보다 生育期間이 짧은 4회 刈取區에서는 絶對收量이 1番草는 모든 處理區에서 평균 40% 감소하였다(Table 2). 3番草까지는 收量이 거의 비슷한 水準에 도달하고 있으나, 4번초에서는 무엇보다도 PK시비와 30 및 60kg/ha/cut의 窒素施肥處理에서 첫 窒素増施段階(30kg N/ha/cut의 窒素効果은 10-14kg DM/kg N에 달했고 60kg ha/cut의 窒素施肥段階에서는 14-18kg DM/kg N으로 증가하였으며 90및 120kg N/ha/cut에서는 각각 12-18및 10-15kg DM/kg N의 窒素效率을 보였다.

PK 施肥處理에서 가장 낮은 收量을 나타낸 1번초와

4번초에서 모든 窒素施肥關係에서는 가장 높은 窒素 效率을 가져왔다.

(3) 5회 및 6회 刈取利用

5회 및 6회 刈取利用(假裝된 放牧利用區)에서는 刈取別 收量이 3회 및 4회 刈取利用에서 보다 현저히 감소되었으나 빈번한 예취이용으로 지속적인 양질사 료가 공급된다 (Table 3과 4).

PK施肥處理의 乾物收量은 각각 5회 예취구에서 1. 0-1.7 ton/ha/cut와 6회 예취구에서 0.6-1.2ton/ha/cut의 범위 수준에 도달하였다.

5회와 6회 刈取利用區를 비교하여 보면 6회 刈取 利用區는 3番草에서 수량감소가 현저히 완화되었다.

30. 60및 90kg/ha/cut의 窒素施肥段階 窒素效率은

Table 3. Average seasonal distribution of dry matter yield (ton/ha) in the fertilization and utilization trials Admont, Piber, and Bischofshofen. 5-cut regimes.

Treatment	Average within all locations											
	1st cut		2nd cut		3rd cut		4th cut		5th cut		Annual yield	
	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r
PK	1.10	55	1.51	55	1.22	55	1.73	55	1.03	55	6.59	55
PK+30N	1.44	55	1.91	55	1.44	55	2.04	55	1.42	55	8.25	55
PK+60N	1.91	55	2.40	55	1.83	55	2.59	55	1.97	55	10.70	55
PK+90N	2.16	55	2.70	55	1.95	55	2.90	55	2.34	55	12.05	55
PK+120N	2.31	55	2.76		1.89	55	2.94	55	2.29	55	12.19	55
p=0.05	0.17		0.13		0.10		0.12		0.11		0.37	
p=0.01	0.22		0.17		0.13		0.16		0.14		0.49	

Table 4. Average seasonal distribution of dry matter yield (ton/ha) in the fertilization and utilization trials Admont, Piber, Bischofshofen and Gumpenstein. 6-cut regimes.

Treatment	Average within all locations													
	1st cut		2nd cut		3rd cut		4th cut		5th cut		6th cut		Annual yield	
	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r	t/ha	r
PK	0.63	81	1.16	81	0.99	81	1.00	81	1.05	81	0.66	81	5.49	81
PK+30N	0.96	81	1.72	81	1.28	81	1.37	81	1.47	81	1.04	81	7.84	81
PK+60N	1.31	81	2.21	81	1.58	81	1.75	81	1.88	81	1.42	81	10.15	81
PK+90N	1.65	55	2.34	55	1.77	55	1.92	55	2.16	55	1.87	55	11.71	55
PK+120N	1.78	55	2.34	55	1.67	55	1.81	55	2.07	55	1.80	55	11.47	55
	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)	(55)	(81)
p=0.05	0.15	0.12	0.13	0.11	0.10	0.08	0.12	0.10	0.10	0.08	0.11	0.09	0.40	0.33
p=0.01	0.19	0.16	0.17	0.14	0.13	0.10	0.16	0.13	0.14	0.11	0.14	0.11	0.53	0.44

3번초를 제외하고 5회와 6회刈取利用區에서 대략 12-14.5kg DM/kg N에 달했고 특히 5회刈取區의 60kg N/ha/cut 施肥에서는 14.5, 6회刈取區의 30kg N/ha/cut 施肥에서는 13.8kg DM/kg N으로 最高에 이르렀다. 120kg N/ha/cut 施肥에서는 각각 5회 예취구에서 10.3과 6회 예취구에서 8.9kg DM/kg N의 窒素效率을 나타냈다.

3번초는 兩刈取區에서 窒素效率이 크게 減少하였다. 즉, 3番草와 예취회수별 收量平均과의 窒素效率差異를 보면 각각 5회 예취구에서 4.5, 6회 예취구에서 3.7kg DM/kg N가 낮아졌다.

2. 刈取頻度別 乾物收量에 따른 窒素施肥의 經濟性

Table 5. Efficiency-data and economical borders of N-fertilization with regard to average seasonal distribution

Item	1)	2)	3)	4)
				(kg/ha and cut)
3-cut regimes:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 16	dy/dx = 12	dy/dx = 0
1st cut	42kg N	90kg N	95kg N	107kg N
2nd cut	54	88	94	108
3rd cut	56	94	99	111
4-cut regimes:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 12	dy/dx = 10	dy/dx = 0
1st cut	49kg N	90kg N	94kg N	112kg N
2nd cut	39	69	79	109
3rd cut	53	89	93	110
4th cut	55	97	101	115
5-cut regimes:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 10	dy/dx = 8	dy/dx = 0
1st cut	39kg N	80kg N	90kg N	118kg N
2nd cut	"norm"	78	85	106
3rd cut	38	53	67	95
4th cut	47	84	90	106
5th cut	45	85	89	104
6-cut regimes:				
Marginal yield(dy/dx)	dy/dx = max.	dy/dx = 10	dy/dx = 8	dy/dx = 0
1st cut	44kg N	79kg N	91kg N	122kg N
2nd cut	"norm"	62	71	101
3rd cut	35	52	67	97
4th cut	"norm"	59	69	95
5th cut	"norm"	69	76	97
6th cut	48	85	90	108

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

2) Economical borders with rel. high required efficiencys.

3) Economical borders with middle required efficiencys.

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").

Table 5는 4地域 平均 刈取別 收量에 있어서 窒素 施肥의 經濟性과 그 效率을 위한 자료들을 나타내고 있는데, 各 刈取別 最大限界收量에 도달하기 위해서는 3회 刈取區에서 42-56kg, 4회 刈取區에서 39-55kg, 5회 刈取區에서 39-47kg 및 6회 刈取區에서 35-48kg N/ha/cut 施肥가 要求된다.

各 刈取區 窒素效率에 따른 經濟的 窒素施肥限界는 3회 刈取區에서 90-100kg, 4회 刈取區에서 70-100kg 및 5회와 6회 刈取區에서 50-90kg N/ha/cut의 수준이었다.

經濟的 窒素施肥限界와 最大限界收量 및 最大乾物 收量을 위한 窒素施肥水準등이 여름철 生育기간에 낮아졌는데 이러한 경향은 빈번한 刈取利用區에서 현저하였다.

IV. 考 察

1. 미네랄 窒素施肥效率

利用頻度增加에 따라 同量의 窒素施肥에서 收量增加效率이 현저하게 減少한 傾向을 나타내는데 이는 비교적 再生期間이 짧은 간격으로 同化面積을 자주 利用하였기 때문으로 思料된다. 한편 Wilman등(1976)의 研究結果와 같이 刈取間隔이 길게되면 높은 窒素 施肥로 收量增加가 커짐이 證明되었다.

Hunt등(1975)은 이미 窒素施肥效率은 季節에 의해 影響을 받는다고 했으며, Prins(1983)는 네덜란드에서는 1번초에서 가장 높은 窒素效率이 나타남을 밝혔는데, 이는 빠른 窒酸化作用에 기인한 것으로 가을철로 갈수록 이러한 窒酸化作用이 완만해지기 때문이라 하였다¹⁾. 그러나 本 試驗의 結果는 3회 刈取 區에서만 Prins(1980)의 結果와 一致하였으며 4회 刈取 區에서는 1番草와 4番草에서, 가장된 放牧刈取 區에서는 2番草와 마지막 刈취에서 가장 높은 窒素 效率을 가져왔다. 이런 結果는 주로 季節의 進展에 따라 牧草의 生育이 달라짐에 기인된 것으로 생각된다. 즉, 대부분 牧草의 生育은 초여름까지 활발하다가 여름에는 감소되며 초가를 다시한번 높은 成長率을 나타낸다. 이러한 牧草生育에 대해 Knauer(1968)는 生育期의 進行과 窒素施肥效率이 밀접한 關係가 있음을 示唆하였다.

2. 經濟性과 經濟施肥限界

시그마형태의 生産曲線에 의한 最高增收가 35-56 kg N/ha/cut의 施肥에서 도달되었는데, 이는 Schechtner(1979)의 準集約草地에서 장려하고 있는 시비수준에 상응하고 있다(즉, 放牧地: 30-40kg N/ha/cut, 採草地: 40-50kg N/ha/cut).

立地, 效率要求와 利用強度에 따른 經濟的 窒素施肥限界가 50-100kg N/ha/cut로 밝혀졌는데, 이는 Mott (1963)와 Österr. Düngerberatungsstelle등의 集約草地를 위한 권장 施肥水準範圍(50-80kg N/ha/cut)를 약간 상회하고 있다. Ernst(1974)는 集約적으로 經營되는 草地를 위해 봄에 放牧地의 경우 50-70 kg N/ha/cut 및 採草地의 경우 80-100kg N/ha/cut의 施肥를 장려하고 있으며 이 施肥量은 가을까지 20-40 kg 혹은 40-60kg N/ha/cut로 줄이도록 하였다. 이에반해 본 시험 즉, 중부유럽 氣候條件下에서는 단지 여름철期間동안만 經濟的 施肥限界가 낮은 수준에 머무르고 있음이 나타났다.

V. 摘 要

本 試驗은 無機態 窒素가 예취빈도에 따른 季節別 乾物收量에 미치는 影響과 바람직한 無機態 窒素 施肥水準을 究明코자 수행되었으며, 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 年間 刈取頻도가 비교적 적은 區에서는 再生期間이 길기 때문에 各 刈取마다 비교적 높은 乾物收量과 높은 窒素效率을 가져왔다. 그러나 오랜 경험상 이러한 높은 收量과 窒素效率을 위해 品質의 低下를 감수해야 한다.

2. 各 刈取區處理內에서 가장 높은 窒素效率은 各 3회 刈取區에서는 1番草, 4회 刈取區에서는 1과 4番草 및 5회와 6회 刈取區에서는 2番草와 마지막 예취에서 나타내고 있다.

3. 시그마 形態의 生産曲線을 통한 刈取別 最高限界收量은 各 刈取別 3회 刈取區에서는 42-56kg N, 4회 刈取區에서는 39-55kg N, 5회 刈取區에서는 38-47kg N 및 6회 刈取區에서는 35-48kg N/ha/growth의 施用量에서 도달되었다.

4. 窒素效率 8-16kg DM/kg N을 要求하는 經濟的 施肥限界는 各 刈取別 3회 刈取利用에서는 90-100kg N, 4회 刈取利用에서는 70-100kg N 및 5회와 6회 刈取利用에서는 50-90kg N/ha/growth의 施肥水準이

었다.

VI. 引用文献

1. DEINUM, B. and SIBMA, L. 1980. Nitrate content of herbage in relation to nitrogen fertilization and management. Proc. Int. Symp. Europ. Grassl. Fed. "The role of nitrogen in intensive grassland production", Wageningen 25th-29th 95-102, Centre Agric. Publishing and Documentation. Wageningen 1980.
2. ERNST, P. 1974. Wieviel Stickstoff auf dem Grünland? LK-Weser-Ems 2/1974. Ref. Betriebsw. Nachrichten, 34 (9):199-200.
3. HUNT, I.V., FRAME, J. and HARKESS, R.D. 1975 Interactions between first and second applications of fertilizer nitrogen and implications in efficiency of nitrogen use. J. Br. Grassl. Soc. 30: 177-182.
4. KNAUER, N. 1968. Grundlagen der Grünlanddüngung. Schr. Reihe Landw. Fakultät Univ. Kiel, (42):30-76. Vorträge zur Hochschultag. 1967, Verl. Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
5. MOTT, N. 1963. Zur Stickstoffdüngung der Wiesen. Wirtschaftseig. Futter, (1):12-20.
6. ÖSTERR. DÜNGERBERATUNGSSTELLE. 1984. Grünland-Düngung. Beratungsschrift Nr. 4, S 23-25.
7. PRINS, W.H. 1980. Changes in quantity of mineral nitrogen in three grassland soils as affected by intensity of nitrogen fertilization. Fertilizer Res. 1:51-63.
8. PRINS, W.H. 1983. Limits to nitrogen fertilizer on grassland. Chap. 9. General discussion. Proefschrift. (Wageningen 9.1-9.19)
9. SCHECHTNER, G. 1978 Auswirkungen von Düngung und Nutzung auf die botanische Zusammensetzung von Dauerwiesen und Dauerwiesenneuanlagen im Alpenraum. Ber. Int. Fachtagung "Bedeutung der Pflanzensoziologie für eine standortsgemäße und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft" Gumpenstein, 12. u.13. 9.1978:259-336.(Gumpenstein 1979)
10. WILMAN, D., DROUSHIOTIS, D., KOOCHKEI, A., LWOGA, A.B. and SHIM, J.S. 1976. The effect of interval between harvests and nitrogen application on the proportion and yield of crop fractions four ryegrass varieties in the first harvest year. J agric. Sci. Camb. 86:189-213.
11. 曹益煥, Schechtner, G. 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.