韓草誌(J. Korean Grassl. Sci.) 11(4) : 215~221, 1991

永年混播草地에 있어서 刈取頻度와 窒素施肥水準이 뿌리의 收量과 그 分布에 미치는 影響

육완방 · H. Jacob*

The Effect of Cutting Frequency and Nitrogen Fertilizing Level on the Root Production and its Distribution in the Pasture

W. B. Yook and H. Jacob*

Summary

This experiment was carried out to determine the effects of cutting frequency and nitrogen fertilization in the mixed pasture on root production and its depth distribution. The results are summarized as follows:

1. Root distribution studied on botanical composition was not significantly different by the upper 20cm level in all treatments.
2. Root yields were all high irrespectively of dominant species. However, *Arrhenatherum elatius* dominant pasture showed the lowest. *Alopecurus pratensis* dominant pasture showed the highest in root yield.
3. With the root yield, there was no significant difference in cutting frequency, but the moderate nitrogen level(N-2) showed the highest root yield among three N levels.
4. The depth distribution of root was 1m depth in all treatments.

I. 緖 論

牧草의 뿌리는 生長에 影響을 미치는 여러가지 要因들에 直·間接的으로 관여하고 있다. 特히 뿌리의 成分이나 構造외에도 그 量과 土壤중의 分布는 土壤중의 有機物含量(Johnen, 1974), 營養分(Köhnlein등, 1953), 土壤 動·植物體의 活性(Scheffer 등, 1984)등과 매우 密接한 關係로 持續的인 影響을 미치기 때문에 草地의 뿌리 生産量이나 分布에 대한 硏究는 草地의 生産性은 물론 土壤浸蝕의 保護, 輪作體系등을 위해서도 매우 重要한 意味가 있다. 草地에 있어 여러가지 牧草들의 뿌리에 대한 硏究는 지금까지 Kmoch (1952), Klapp(1971), Opitz von Boberfeid(1978), Böhm (1979), Kutschera(1982) 등에 의해 많은 硏究가 進行되어 왔으나 뿌리의 生産이나 分布가 草種이나 그 品種은 물론 地域, 土壤, 施肥 및 管理方法등에 의해 서로 매우 相異한 結果들을 보여주고 있다. 例로써 量的인 面에서 볼 때 단지 1 ton DM/ha에서 最高 50ton DM/ha까지 커다란 差異를 보여주며(Kmoch, 1952, Liyv등, 1977) 利用方法에 의해서도 Klapp(1951)에 의하면 같은 地域內에서 年間 4회 刈取되는 採草地에서는 7.7ton DM/ha 일 때 放牧時에는 단지 3.1ton DM/ha 이었음을 보여주고 있다. 그러므로 本 試驗에서는 여러가지 草種 또는 品種의 混播組合에 의한 植生構造가 뿌리의 形成에 미치는 影響은 물론 草地의 管理, 利用등이 影響에 대해서도 綜合的으로 把握코자 永年 混播草地에서 植生構造, 施肥 및 刈取頻度를 달리하여 實施하였다.

II. 材料 및 方法

本 試驗은 年 2回 및 3回 刈取 利用된 독일 Hohenheim大學의 12년된 混播草地中 混播組合 1(*Arrhenatherum elatius*優占, 無播種 *Dactylis glomerata*), 3

建國大學校 畜産大學(College of Animal Husbandry, Kon-kuk University, Seoul 133-701, Korea)
* Universität Hohenheim(Fruwirthstraβe 23, 7000 Stuttgart 70, Germany)

(*Arrhenatherum elatius*優占, *Dactylis glomerata* 混播組合), 4(無播種 *Arrhenatherum elatius, Dactylis glomerata, Alopecurus pratensis*), 6(*Daclylis glomerata* 優占), 및 7(*Alopecurus pratensis* 優占) (陸과 Jacob, 1989a, b)에 대하여 N 水準을 無N(N-1) 100kg N/ha(N-2) 및 200kg N(N-3)으로 하였으며 N 肥料의 施用은 calcium ammonium sulfate를 다음과 같이 施用하였다.

2回 刈取區 : N-2 : 60+40kg N/ha
N-3 : 120+80kg N/ha

3回 刈取區 : N-2 : 40+30+30kg N/ha
N-3 : 80+60+60kg N/ha

調査된 地域은 微砂質 土壤으로서 降雨量은 年中 687mm이었다. 뿌리의 試料는 1986년 2월 Ihinger Hof 固有의 Tractor에 裝着된 直徑 5cm의 Stick-borer로서 採取하였다. 試料採取 方法은 各各의 試驗區마다 6個所씩에 대하여 2個 以上의 植物體를 包含시켜 1m 깊이까지 採取하였다(Opitz von Boberfeld, 1978). 깊이 1m까지 採取된 試料는 즉시 0-10cm, 10-20cm, 20-30 cm, 30-50cm 및 50-100cm 別로 區分, 비닐봉지에 包裝하여 洗滌時까지 呼吸이나 기타의 損失을 防止하기 위해 −20°C의 냉장고에 保管하였다(Schuurman과 Geodewaagen, 1955). 冷凍되어진 試料의 洗滌은 뿌리의 흙의 分離가 잘 이루어지도록 最少限 洗滌 4~5時間 前에 소금물에 담구었다가 地上部를 除去하고, 直徑 20cm의 0.5mm와 0.2mm mesh sieve를 使用하였다. 洗滌時에는 물론 뿌리이외의 有機物, 牧草의 葉部, 種子등을 除去하였으며 洗滌된 試料는 60°C에서 48時間 乾燥후 秤量하였다. ha당 뿌리의 乾物收量은 採取 Stick-borer의 지름으로부터 換算하여 깊이별로 計算하였다.

III. 結 果

1. 뿌리의 分布

各 層別 刈取頻度와 N水準에 대한 平均的인 뿌리의

Table 1. Average root distribution of soil depth(kg/10a)

Species		Depth(cm)				
		0−10	10−20	20−30	30−50	50−100
abs.	1,457	1,094	162	91	64	46
rel.	100.9	75.1	11.1	6.2	4.4	3.2
D 5%				46		
D 1%				55		

D: Significant difference of Turcky-test

Table 2. Effect of mixture combination on average root distribution(kg/10a).

Depth(cm)	Mixture combination									
	1		3		4		6		7	
	kg/10a	%	kg/10a	%	kg/10a	%	kg/10a	%	kg/10a	%
0+10	1,006	76.4	1,103	76.9	1,075	76.6	1,034	75.9	1,255	71.1
10−20	133	10.2	144	10.1	149	10.6	146	10.7	235	13.3
20−30	78	5.9	82	5.7	76	5.4	81	5.9	136	7.7
30−50	58	4.4	56	3.9	57	4.1	59	4.3	91	5.2
50−100	41	3.1	49	3.4	46	3.3	43	3.2	48	2.7
Σ	1,317		1,434		1,403		1,363		1,765	
D 5%=			M=234.0				M×T=138.2			
D 1%=			=290.3				=n.s.			

M: Mixture combination, T: Depth

收量은 Table 1과 같으며 造成後 12年間 利用된 採草地의 平均的인 뿌리의 生産量은 約 1,457kg DM/10a 이었다. 層別 뿌리의 量은 全體의 75.1%인 1,094kg DM/10a이 地下 0～10cm사이에 分布되었으며 地下 0～30cm層에는 全體의 92.4%인 약 1,347kg DM/10a이 存在하였다. 한편 地下 50～100cm層에는 단지 3.2%인 約 46kg DM/10a의 뿌리만이 確認되었을 뿐이었다.

2. 植生構造의 影響

混播組合을 달리한 *Arrhenatherum elatius, Dactylis glomerata, Arrhenatherum elatius*와 *Dactylis glomerata* 및 *Alopecurus pratensis* 混播草地 등(陸과 Jacob, 1989 a)의 5個 草地에 대해 調査된 뿌리의 收量 및 分布는 Table 2와 같다. 調査된 土層 0～100cm內에서의 뿌리의 收量은 *Alopecurus pratensis* 混播組合區인 混播組合 7이 다른 混播組合區에 比하여 絶對的으로 많았고(1,765 kg/ha), *Arrhenatherum elatius* 混播組合區인 混播組合 1은 1,316kg ton DM/10a로 가장 적은 收量으로서 2個의 混播組合間에는 統計的으로 매우 높은 有意差가 認定되었다. 또한 混播組合 3과 4는 1과 6에 比하여 약간 높은 收量을 나타내지만 統計的으로는 有意性이 없었다. 調査된 뿌리의 層別 分布에서도 모든 混播組合들은 7에 대하여 確實한 差異를 나타내었다. 단지 서로간에 共通的인 것은 그 뿌리의 分布가 0～10cm사이에 가장 높은 것이었다. 이 역시도 混播組合 7에서는 다른 混播組合區에 比하여 絶對的으로 높은 1,255kg DM/10a를 보여주었지만 相對的인 뿌리의 分布는 0～10cm層에서는 71.1%로 다른 混播區에 比하여 가장 낮았고 10-20, 20-30 및 30-50cm層에서는 각각 13.3, 7.7 및 5.2%로 모두 0～10cm層과는 달리 混播組合 1, 3, 4 및 6에 比해서 높았으나 다시 50～100cm層에서는 2.7%로 가장 낮았다. 즉 混播組合 7은 다른 混播組合에 比하여 뿌리의 收量이 그 分布에서 絶對的으로나 相對的으로 매우 다른 것을 보여 주었다.

3. 刈取頻度와 窒素施肥의 影響

調査된 0～100cm土壤層 내에서의 混播組合과 N水準의 모든 平均的인 總 뿌리의 收量은 Table 3에 나타난 바와 같이 2, 3回 刈取頻度間에는 거의 差異를 나타내지 않았다. 그렇지만 N施肥水準의 影響은 全體的인 平均値에서나 刈取頻度를 달리했을 때 모두 統計的으로 有意性있는 差異를 보여 주었다. 兩 刈取區 모두 N施肥의 影響은 N-2(100kg N/ha)에서 가장 높은 뿌리의 收量을 나타내었고, 각 刈取頻度內에서의 差異는 2回 刈取區에서 N-2가 N-1(無 N)이나 N-3(200kg/ha)에 대하여 매우 크거나 有意性있는 差異를 나타내었지만 3回의 刈取區에서는 그에 比하여 比較的 작은 差異만을 나타내었다. 즉 N施肥는 3回 刈取區에서의 뿌리의 量的生産에 2回에 比하여 적은 影響을 미쳤다. 또한 가장 적은 뿌리의 收量이 2回 刈取區에서는 N水準이 가장 높은 N-3(200kg/ha)에서 였지만 3回 刈取區에서는 이와는 반대로 N-1(無 N)에서 였다. 刈取頻度와 N 水準의 關係에서 N-1간의 뿌리의 收量은 2回 刈取時는 3回 刈取시에 비하여 약 2.3 ton DM/ha가 더 높았지만 반대로 N-3 간에는 2回 刈取시 보다 3回 刈取時에 오히려 약 4.6 ton DM/ha이 더 많았다. 兩 刈取區 및 N 水準間의 뿌리의 分布 역시 가장 높은 收量은 0～10cm 層이었으며, 刈取頻度間에서 3回 刈取區가 2回 刈取區에 비하여 N-1과 N-2水準이 相對的으로 確實히 높은 比率을 나타내었다. 그러나 반대로 30cm以下의 層에서는 相對的으로 3回 刈取區에서 더 낮았다. 이에 따라서 全體的으로 볼때 단지 N-3(200kg/ha)에서의 뿌리의 分布는 兩 刈取頻度間에 相對的으로는 거의 差異를 나타내지는 못하였지만 絶對値에서는 3回刈取區에 비하여 더 높은 뿌리의 收量이 存在한다는 것을 보여 주었다.

Ⅳ. 考　　察

Kutschera(1982)나 Kmoch)1952), Opitaz von Boberfeld(1978) 등은 牧草는 뿌리의 形成에서 草種에 따라 각각 서로 다른 特徵을 가진다고 하였다. 그러나 本 試驗에서 7개의 混播組合中 調査된 5개의 混播組合은 混播되지 않은 草種의 侵入에도 불구하고 각각 草種 特有의 特徵을 나타낼 수 있는 매우 높은 永續性을 보여준 것으로서 混播組合間의 收量의 比較에서는 단지 優占種으로서 그 뿌리의 收量을 분명하게 增加시켜 준 *Alopecurus pratensis*만이 確實한 差異를 나타내었는데 이와같이 *Alopecurus pratensis*의 높은 收量은 Sharifi(1978)의 硏究結果에서도 거의 같은 傾向을 보여 주었다. 그러나 調査된 그밖의 混播組合들 간에는 뿌리의 收量에서 서로 差異를 보여주지 못하

Table 3. Root distribution by different mixture combination and nitrogen fertilization on 2- and 3-cutting level (DM, kg/10a).

Cutting frequency	Mix.	Depth (cm)	N−1		N−2		N−3		N−4	
			DM	%	DM	%	DM	%	DM	%
2-cutting	1	0−10	999	75.9	1,121	71.5	685	78.5	936	74.7
		10−20	142	10.8	177	11.3	79	9.0	132	10.6
		20−30	77	5.8	112	7.2	42	4.7	77	6.1
		30−50	61	4.6	93	5.9	32	3.7	62	4.9
		50−100	38	2.9	65	4.1	35	4.1	46	3.7
		Total	1,316	100.0	1,569	100.0	874	100.0	1,253	100.0
	3	0−10	1,072	72.9	1,436	76.9	776	80.7	1,095	76.3
		10−20	169	11.5	178	9.5	74	7.6	140	9.8
		20−30	95	6.4	104	5.6	44	4.6	81	5.6
		30−50	62	4.2	82	4.4	34	3.5	59	4.1
		50−100	73	5.0	69	3.7	35	3.6	59	4.1
		Total	1,476	100.0	1,869	100.0	962	100.0	1,434	100.0
	4	0−10	978	68.4	1,240	74.5	911	81.9	1,043	74.4
		10−20	202	14.1	168	10.1	99	8.9	156	11.1
		20−30	93	6.5	108	6.5	46	4.1	82	5.9
		30−50	81	5.6	87	5.2	29	2.6	65	4.7
		50−100	77	5.4	61	3.7	29	2.6	56	4.0
		Total	1,430	100.0	1,664	100.0	1,112	100.0	1,402	100.0
	6	0−10	975	70.8	1,457	75.6	646	76.9	1,026	74.3
		10−20	175	12.7	192	10.0	84	10.0	151	10.9
		20−30	85	6.2	116	6.0	43	5.1	81	5.9
		30−50	88	6.4	94	4.9	34	4.0	72	5.2
		50−100	54	3.9	68	3.5	33	4.0	52	3.7
		Total	1,377	100.0	1,928	100.0	840	100.0	1,381	100.0
	7	0−10	1,177	64.3	1,604	67.5	1,003	74.0	1,261	68.1
		10−20	288	15.7	339	14.3	167	12.3	265	14.3
		20−30	157	8.6	206	8.7	101	7.5	155	8.3
		30−50	134	7.3	150	6.3	51	3.7	112	6.0
		50−100	73	4.0	76	3.2	33	2.4	61	3.3
		Total	1,829	100.0	2,374	100.0	1,355	100.0	1,853	100.0
	$\bar{x}$	0−10	1,040	70.1	1,372	72.9	804	78.2	1,072	73.2
		10−20	195	13.2	211	11.2	100	9.7	169	11.5
		20−30	101	6.8	129	6.9	55	5.4	95	6.5
		30−50	85	5.7	101	5.4	36	3.5	74	5.0
		50−100	63	4.2	68	3.6	33	3.2	55	3.8
		Total	1,484	100.0	1,881	100.0	1,028	100.0	1,465	100.0

Cutting frequency	Mix.	Depth (cm)	N−1		N−2		N−3		N−4	
			DM	%	DM	%	DM	%	DM	%
3-cutting	1	0−10	952	79.2	1,189	77.0	1,089	78.1	1,077	78.0
		10−20	115	9.6	155	10.0	135	9.7	135	9.8
		20−30	58	4.9	102	6.6	77	5.5	79	5.7
		30−50	50	4.1	56	3.6	54	3.9	53	3.8
		50−100	27	2.2	43	2.8	40	2.8	37	2.7
		Total	1,202	100.0	1,545	100.0	1,395	100.0	1,381	100.0
	3	0−10	925	76.9	1,345	76.6	1,065	79.5	1,112	77.6
		10−20	131	10.9	195	11.1	116	8.6	147	10.3
		20−30	72	6.0	106	6.0	69	5.2	83	5.8
		30−50	42	3.5	66	3.8	48	3.6	52	3.6
		50−100	32	2.7	45	2.5	41	3.1	39	2.6
		Total	1,202	100.0	1,757	100.0	1,339	100.0	1,433	100.0
	4	0−10	903	73.3	1,141	78.8	1,276	83.5	1,107	78.9
		10−20	157	12.8	132	9.1	136	8.9	142	10.1
		20−30	72	5.8	77	5.3	60	3.9	70	6.0
		30−50	61	5.0	50	3.4	32	2.1	48	3.4
		50−100	40	3.2	48	3.3	23	1.5	37	2.6
		Total	1,232	100.0	1,447	100.0	1,527	100.0	1,402	100.0
	6	0−10	845	73.6	1,082	78.3	1,198	79.7	1,042	77.5
		10−20	149	13.0	141	10.2	135	9.0	142	10.5
		20−30	78	9.8	82	5.9	85	5.6	81	6.1
		30−50	41	3.6	49	3.5	49	3.2	46	3.4
		50−100	35	3.1	29	2.1	37	2.5	34	2.5
		Total	1,148	100.0	1,383	100.0	1,503	100.0	1,345	100.0
	7	0−10	1,051	70.9	1,422	76.5	1,271	75.3	1,248	74.5
		10−20	200	13.5	221	11.9	196	11.6	206	12.3
		20−30	125	8.4	106	5.7	118	7.0	116	6.9
		30−50	70	4.7	74	4.0	68	4.1	71	4.2
		50−100	36	2.4	37	2.0	34	2.0	35	2.1
		Total	1,481	100.0	1,860	100.0	1,687	100.0	1,676	100.0
	$\overline{X}$	0−10	935	74.6	1,236	77.3	1,180	79.2	1,117	77.2
		10−20	150	12.0	169	10.6	144	9.6	154	10.7
		20−30	81	6.5	95	5.9	82	5.5	86	5.9
		30−50	53	4.2	59	3.7	50	3.4	54	3.7
		50−100	34	2.7	40	2.5	35	2.3	36	25 8
		Total	1,253	100.0	1,599	100.0	1,491	100.0	1,447	100.0

	D 5%	D 1%		D 5%	D 1%
C(cutting)	: n. s		C×N×T	: 155.3	174.9
N(nitrogen)×T	: 99.0	113.5	C×N×T×M	: n. s.	

였다. 즉 混播組合은 뿌리의 收量에 별 影響을 미치지 못하였다. 그러나 混播組合보다는 刈取頻度나 窒素施肥가 뿌리의 收量에 確實히 強한 影響을 미쳤다. 물론 이러한 試驗結果가 지금까지 硏究되어진 結果들에 의해 잘 알려진 것과 비슷한 傾向이었지만 相異한 점도 나타내었다. 즉 뿌리의 收量은 Klapp(1943), Kmoch (1952), Vetter와 Kuba(1963)등의 刈取頻度의 增加와 함께 減少한다고 하였고, Klapp(1951), Könekamp(1955), Schulze와 Mues(1961), Vetter와 Kuba(1963), Ennin과 Hofman(1983), Brouwer(1983)등은 그밖에도 N 供給은 N 缺乏에 비하여 처음에는 뿌리의 收量을 增加시키지만 너무 많은 量의 供給은 다시 그것을 減少시킨다고 하여 本 硏究 結果와는 全體的으로 비슷한 傾向을 나타내었다. 그러나 本 試驗 結果 刈取頻度를 2回와 3回로 區分하여 볼 때 그것은 恒常 一定하지는 않았다. 特히 위에서 言及된 높은 N施肥條件(200kg N/ha)에서의 뿌리收量의 減少는 2回 刈取時에는 持續的으로 높은 收量을 가져온 3회 刈取時보다 훨씬 強하게 나타났다. 이에 따라 낮은 刈取頻度範圍內에서는 높은 N 施用과 함께 刈取時보다 훨씬 強하게 나타났다. 이에 따라 낮은 刈取頻度 範圍內에서는 높은 N 施用과 함께 刈取頻度의 增加도 뿌리의 收量을 絶對的으로 減少시키지는 않는다는 것을 알 수 있다. 뿌리의 層別 分布는 이미 Kmoch(1952), Könekamp(1953), Klapp(1971), Gass와 Oertli(1980) 등 많은 試驗結果에서와 같이 土壤의 깊이가 깊어질수록 顯著하게 減少되었다. 同時에 刈取頻度의 增加는 뿌리의 上層部位의 增加와 함께 下層部位의 減少를 가져왔고 窒素의 施用이나 그의 增加는 Madison(1962), Opitz von Boberfeld와 Boeker(1973)의 結果에서와 같이 下層의 減少를 더욱 促進시켰다.

이상의 試驗結果로 볼때 植生의 構成은 뿌리의 分布에 影響을 미쳤으며 이중 特히 *Alopecurus pratensis*가 優占種으로서 나타난 草地에서도 뿌리의 分布가 深層部까지 發達되어 있었다. 特히 確實히 얻어질 수 있는 結果는 牧草의 深層發達은 여기에 影響을 미치는 새로운 混播組合을 通해서 얻어질 수 있다는 것이다. 이는 비록 一次的으로 生態的인 面에서 큰 意味가 있는데 그 理由는 深層까지 發達된 뿌리가 더 좋은 貯藏水分의 利用으로 飼料生産性에 影響을 미칠 수 있기 때문이다. 그러나 本 試驗의 結果 뿌리의 分布에서 가장 많은 影響을 미친 *Alopecurus pratensis*가 지니는 問題는 그 草種自體가 混播組合에서 制限되어져야 하는 草種임과 同時에(Arens, 1963, Jacob/Voigt. 1987) 飼料價値面에서도 勸奬할 만한 것이 못된다는 것을 考慮해야 한다는 것이다.

V. 摘 要

混播된 永年採草地에서의 刈取頻度와 窒素施肥가 뿌리의 收量과 深層分布에 미치는 影響에 대하여 硏究된 結果는 다음과 같다.

1. 調査된 植生構造에서의 뿌리의 分布는 모든 處理區에서 上層 20cm까지에 그 대부분이 存在하였다.

2. 뿌리의 量은 優占種에 關係없이 모두 높았지만 *Arrhenatherum elatius*優占草地에서 가장 낮았고 *Alopecurns pratensis*優占草地에서 가장 높았다.

3. 뿌리의 量은 刈取頻度間에는 그 差異가 없었으나 적당한 N 施肥水準(N-2)에서 가장 높았다.

4. 뿌리의 深層分布는 모든 處理區에서 1m 깊이까지 存在하였다.

VI. 引用文獻

1. Arens, R., 1963. Beitrage zur langjahrigen Entwicklung von Mähweideansaaten unter besonderer Berucksichtigung der Kritischen Saatstarken. Habilschrift Uni. Bonn.
2. Böhm. W., 1979. Methods of studying Root Systems Springer-Verlag Berlin Berlin Heidelberg New York.
3. Brouwer, R., 1983. Functional equiilibrium: sense or nonsense? N. J. Agr. Sci. 31: 335-348.
4. Ennin, G. C. and T. Baan Hofman, 1983. Variation in the root mass of ryegrass types and its ecological consequences. N. J. Agr. Sci. 31: 325-334.
5. Gass, p. and J. J. Oertli, 1980. Durchwurzelungsvergleich zwischen Fettwiese und angrenzender Brachwiese. z. Pflanzenernahr. u. Bodenkd. 143: 208-214.
6. Jacob, H. und G. Voigtlander, 1987. Grünlandwirtschaft und Futterbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
7. Johnen, B. G., 1974. Bildung, Menge und Umsetzung von Pflanzenwurzeln im Boden. Diss. Bonn.

8. Klapp, E., 1943. Über die Wurzelverbreitung der Grasnarbe bei verschieldener Nutzungsweise und Pflanzengesellschaft. Pflanzenbau 19: 221-236.
9. Klapp, E., 1951. Leistung, Bewurzelung und Nachwunchs einer Grasnarbe unter verschiden hä ufiger Mahd und Beweidung. Z. f. Acker-und Pflanzenbau 93: 269-286.
10. Klapp, E., 1971. Wiesen und Weiden. 40 Auflage. Verl. Paul Parey, Berlin und Hamburg.
11. Kmoch, H. G., 1952. Uber den Umfang und einige Gesetzmäβigkeiten der Wurzelausbildung unter Grasnarben. Diss. Bonn.
12. Köhnlein, J. und H. Vetter, 1953. Ernteruckstä nde und Wurzelbild. Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg.
13. Könekamp, A. H., 1953. Teilergebnisse von Wurzeluntersuchunger. Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd. 60: 113-124.
14. Könekamp, A. H., und E. Zimmer, 1955. Ergebnisse der Wurzeluntersuchungen Völknrode 1949-1953. Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd. 68: 158-169.
15. Kutschera, L., E. Lichtenegger u. M. Sobotik, 19 82. Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Bd. 1 Monocotyledoneae. Gustav Fischer Verlage, Stuttgart und New York.
16. Liyv, Y. and R. Toomre, 1977. Influence of plant nutrition and method of utilization on the accumulation and decomposition of root matter in meadow soils. proc. 13th. int. Grassl. Congr. Leipzig, 501-502.
17. Madison, J. H., 1962. Turfgrass Ecology. Effects of Moving, Irrigation and Nitrogen Treatments of agrostis palustris Huds., "Seaside" and Agrostis tenuis Sibth., "Highland" on Population, Yield, Rooting, and Cover. Agron. J. 54: 407-412.
18. Opitz v. Boberfeld, W. und P. Boeker, 1973. Der Einflu βverschiedener Düngemittel auf die Anhä ufung der Wurzelmasse eines intensivrasentyps. Rasen Turf Gazon 4: 25-27.
19. Opitz v. Boderfeld, W., 1978. Möglichkeiten zur serienmäpigen Ermittlung sorten-und artenspezifischer Wurzelgewichte in verschiedenen Medien. Habilschrift Uni. Bonn.
20. Scheffer, F. und P. Schachtschbel, 1984. Lehrbuch der BODENKUNDE. 11. Aufl., Verl. Ferdinand Enke, Stuttgart.
21. Schulze, E. und H. Mues, 1961. Ertragsleistung, Pflanzenbestand und Bewurzelung einer Grasnarbe der verschiedenen Düngungsweise. Z. f. acker-u. Pflanzenbau, 112.
22. Schuurman, J. J. and M. A. J. Goedewaagen, 1955. A new method for the simultaneous preservation of profiles and root systems. Plant and Soil, The Hague 6: 373-381.
23. Sharifi, M. R., 1978. Ökologisches und Physiollgisches Verhalten von Alopecurus pratensis, Arrhenatherum elatius und Bromus erectus bei unterschiedlicher Wassed-und Stickstoffversorgung. Diss. Gôttingen.
24. Vetter, H. und F. Kuba, 1963. Trockensubstanz-und Nährstofferträge bei gesteigerter Nutzungshäufigkeit und Stickstoffdüngung in Weiden-und Wiesenversuchen in Hohenschulen, Z. f. acker-u. Pflanzenbau 116: 372-394.
25. 육완방, H. Jacob. 1989 a. 영년채초지에 있어서 혼파조합에 관한 연구 I. 예취빈도와 질소시비수준이 식생구성에 미치는 영향. 한초지 9(2): 68-76.
26. 육완방, H. Jacob. 1989 b. 영년채초지에 있어서 혼파조합에 관한 연구 II. 예취빈도와 질소시비수준이 건물수량에 미치는 영향. 한초지 9(3): 129-134.