

Meadow Fescue의 乾物生産性에 關한 研究

V. 葉面積의 垂直의 分布와 乾物生産

李柱三·鄭忠燮

延世大學校 農業開發院

Studies on Productivity in Meadow Fescue (*Festuca pratensis* Huds.)

V. Vertical distribution of leaf area and dry matter production.

J.S. Lee and C.S. Jung

Institute of Agricultural Development, Yonsei University

Summary

Using the stratifying clip method, we examine the differences in vertical distribution of leaf area and its relationships with dry matter production were investigated in the primary swards of six varieties.

The results obtained were as follows:

1. The varieties could be classified into 4 different types according to their mode of vertical distribution of leaf area within the canopy. Thus, M had a greater leaf area distribution in the base layers and became smaller towards the upper layers, Leto, First and Bundy had the leaf area distribution which was most abundant in the middle layers and became smaller towards the base and the upper layers, Tammisto had a greater leaf area distribution in the middle layers and intensively distributed to the upper layers, and Trader had the relatively uniform leaf area distribution over all layers.
2. Effective leaf area index(ELAI) correlated with leaf area index(LAI), dry weight of plant(DW), stem weight of plant(SW) and stem area index(SAI).
3. The variety with the heading tiller type had the effective leaf area intensively distributed to the upper layers of canopy, but the vegetative type showed a high ratio of effective leaf area index.
4. Varietal differences was found between the effective leaf area and specific leaf weight(SLW) in each stratum above the layer indicating the highest leaf area density within the canopy. M and Trader had a highly negative significant correlation, but the other varieties was not significant correlation.

I. 緒論

葉分布의 空間的 配列은 受光態勢를 規制하여 牧草의 乾物生産에 影響을 미친다. '1, 2, 4, 10' 이는 葉面積의 絶對量보다는 葉分布의 配列이 良好한 條件下에서 葉의 相互遮光이 적어지므로 群落内部의 受光態勢가 改善되기 때문이며, 受光態勢가 좋은 群落構造에서는 光을 効率的으로 吸收, 利用할 수 있는 有效葉面積이 커짐으로 群落機能의 結果인 乾物生産量이 增加되기 때문이다. 그러므로 遺傳的 持性を 背景으로 하는 品種의 群落構造와 乾物收量과의

關係를 檢討하는 것은 品種의 改良과 草地의 利用目的에 따른 品種의 選擇을 위하여 有効하다고 생각된다.

禾本科牧草의 群落構造에 關한 研究는 많으나, '2, 4, 5, 7, 10, 11, 15, 16' meadow fescue 品種의 乾物生産特性을 群落構造와 關聯시켜 檢討한 研究結果는 적다. '7

따라서, 本報에서는 meadow fescue 品種의 群落構造中 葉面積의 垂直分布와 乾物收量과의 關係를 檢討하여 品種의 乾物生産特性을 把握하려고 하였다.

II. 材料 및 方法.

本試驗은 1983年 5月 延世大學校 農業開發院 德沼實習農場的 造成 2年째의 草地에서 實施되었다.

品種은 M, Leto, Tammisto, Trader, First, Bundy의 6개 品種을 供試하였으며, 試驗區는 1區面積(品種當)을 15m²으로 한 3反復의 亂鬼法을 使用하였다. 施肥量은 尿素 100kg, 過磷酸石灰, 200kg, 塩化加里 50kg/ha을 4月初에 基肥로 施用하였고 出穗期인 5月29日에 刈取하였다. 調査는 層別刈取法으로 刈取된 個體를 10cm간격으로 차른후 光合成部位와 非光合成部位(莖部와 穗部)로 分離하여 葉面積과 莖表面積을 測定하였다. 調査形質은 乾物收量, 葉重, 莖重, 葉面積指數, 莖表面積指數, 葉面積重, 莖面積重, 單位葉面積當의 乾物收量, 單位莖面積當의 乾物收量 및 C/F比로써 3反復의 平均値를 使用하였다. 部位別 乾物重은 乾燥器에서 80℃, 48時間 乾燥시킨후 測定하였다.

III. 結果

1. 調査形質의 品種間 差異

調査形質을 品種別로 나타낸 것이 Table 1이다. 品種間 差異가 가장 컸던 乾物收量(DW)은 Trader가 980.0g/m²으로 가장 많았고, 다음으로 Leto, Tammisto의 順이었으며, Bundy는 727.8g/m²으로 Trader의 2/3에 不過하였다. 葉重(LW)은 M이 乾物收量의 27.8%로써 葉重의 比率이 높은 品

種이었으나 Tammisto는 乾物收量의 15.7%를 나타내어 葉重의 比率이 가장 낮았다. 莖重(SW)은 Trader와 Leto가 他品種보다 有意하게 많았으나 莖重의 比率은 品種間에 62.3%~68.0%의 範圍를 나타내어 品種間 差異가 작았다. 穗重(EW)은 Tammisto가 乾物收量의 21.9%로써 他品種보다 出穗莖數가 많았다고 할 수 있으며, M은 8.8%로써 晩生의 傾向을 나타 내었다. 葉面積指數(LAI)는 Trader가 5.1로써 가장 컸으며, 葉重의 比率이 높았던 M은 3.6, 穗重의 比率이 높았던 Tammisto는 3.8로써 他品種보다 葉面積指數가 낮았다. 莖面積指數(SAI)는 Trader와 Leto가 커서 莖重의 增加에 의한 莖面積의 擴大效果가 컸다고 할 수 있으며, 葉面積重(SLW)은 M이 58.9g/m²으로 가장 많이 두꺼웠으나 First는 33.32g/m²으로 얇은 잎에 의하여 葉量이 構成되었다. 莖面積重(SSW)은 莖面積指數가 작았던 First와 Bundy가 컸으며, 單位葉面積當의 乾物收量(DW/LAI)은 葉面積指數가 작았던 Tammisto와 M이 많았으나, 單位莖面積當의 乾物收量(DW/SAI)은 莖面積重이 컸던 First와 Bundy가 많았다. C/F比는 Tammisto가 5.35로 가장 높아서 非光合成部位(莖重과 穗重)의 比率이 높은 品種이었고 M은 2.59로써 光合成部位인 葉重이 많은 品種이었다.

2. 調査形質間의 相互關係

調査形質間의 相互關係는 Table 2와 같다. 乾物收量은 莖重, 葉面積指數와, 莖重은 莖面積指數, 穗

Table 1. Meadow fescue varieties in the experiment and measured some characters

	DW	LW	SW	EW	LAI	SAI	SLW	SSW	DW/LAI	DW/SAI	C/F
M	766.2	213.2	485.6	67.4	3.62	3.16	58.90	153.67	211.66	242.47	2.59
Leto	956.6	186.2	625.0	142.4	4.84	4.32	39.09	144.68	199.50	223.50	4.06
Tammisto	879.0	138.4	547.6	193.0	3.84	4.28	36.04	127.94	228.91	205.37	5.35
Trader	980.0	195.6	647.0	137.4	5.09	4.74	38.43	136.50	192.53	206.75	4.01
First	860.0	165.6	577.0	117.4	4.97	3.06	33.32	188.56	173.04	281.05	4.19
Bundy	727.8	156.4	499.6	71.8	4.25	2.77	36.80	180.36	171.25	262.74	3.65
\bar{x}	861.8	175.9	563.6	121.6	4.44	3.72	40.43	155.29	196.15	236.98	3.98
CV(%)	11.7	15.6	11.6	38.9	13.9	22.0	22.9	15.7	11.4	12.9	22.4

Note. DW; dry weight of plant per square meter(g/m²), LW; leaf weight(g/m²), SW; stem weight(g/m²), EW; ear weight(g/m²), LAI; leaf area index(m²/m²), SAI; stem area index(m²/m²), SLW; specific leaf weight(g/m²), SSW; specific stem weight(g/m²), DW/LAI; dry weight per leaf area index, DW/SAI; dry weight per stem area and C/F; ratio of non-photosynthetic organs to leaves.

Table 2. Correlation coefficients among measured characters

	LW	SW	EW	LAI	SAI	SLW	SSW	DW/LAI	DW/SAI	C/F
DW	0.1445	0.9617***	0.7124	0.6648	0.8966**	-0.3665	-0.5710	0.2097	-0.6123	0.4729
LW		-0.1322	-0.4714	0.0963	0.1011	0.7311	-0.1121	0.0151	-0.0799	-0.7872*
SW			0.5695	0.6392	0.8702*	-0.5696	-0.3273	0.2058	-0.5912	0.6917
EW				0.2419	0.7670*	-0.5298	-0.6554	0.5387	-0.6563	0.9135**
LAI					0.3361	-0.6047	0.1874	-0.5895	0.0826	0.1962
SAI						-0.1973	-0.8600*	0.5119	-0.8975**	0.4922
SLW							-0.1648	0.3865	-0.0618	-0.7783*
SSW								-0.8413*	0.9845***	-0.0170
DW/LAI									-0.7415	0.2699
DW/SAI										-0.3807

Note. * ** and ***; significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

重은 莖面積指數, C/F와 有意한 正相關이었다. 그러나, 葉重은 C/F比, 莖面積指數는 莖面積重, 單位莖面積當의 乾物收量, 葉面積重은 C/F比와 有意한 負의 相關이었다. 또한, 莖面積重은 單位葉面積當의 乾物收量과는 有意한 負의 相關이었으나, 單位莖面積當의 乾物收量과는 有意한 正相關을 나타내었다.

3. 生産構造의 品種間 差異.

品種別 生産構造를 나타낸 것이 Fig. 1이다.

部位別 分布를 보면, 葉重은 M, Leto, Tammisto, Trader, First가 120cm層까지, Bundy는 110cm層까지 分布되었으나 最大葉重은 M이 30-40cm層, Leto, Tammisto, Bundy가 50-60cm層, Trader First는 40-50cm層에 分布되어 品種間 差異가 認定되었다. 莖重은 下層部에서 上層部로 갈수록 減少된 傾向으로 M이 60-70cm層, Tammisto와 Bundy는 80-90cm層, Leto Trader, First는 90-100cm層까지 分布되었다. 品種別로는 M이 10cm 까지의 莖重이 많아서 莖이 굵었으나 莖長이 짧았고, Tammisto는 10-20cm層에서 莖重이 많았으며 First는 10-40cm層까지는 거의 같은 莖重을 나타내어 他品種과는 다른 傾向이었다. 穗重은 M이 50-100cm, Leto는 60-130cm Trader와 First는 50-130cm, Tammisto와 Bundy는 50-120cm層에 分布되었으며, Tammisto, Leto, Trader의 順으로 穗重이 많았으나 M의 穗重이 가장 적어서 出穗特性에 따른 品種間 差異가 認定되었다.

4. 葉面積과 莖面積指數의 垂直分布

葉面積과 莖面積指數의 品種別 垂直分布를 나타낸 것이 Fig. 2이다.

最大葉面積이 分布된 層을 基準으로 垂直分布의 品種間 差異를 보면, M은 下層部에서 最大葉面積이 分布되었고, Leto, First, Bundy는 中間層, Tammisto는 上層部에 葉面積의 大部分이 分布되었으며 Trader는 葉面積이 各層에 比較的 高르게 分散되었다. 또한, 莖面積指數의 垂直分布는 下層部에서 上層部로 갈수록 減少되었으나 莖의 굵기와 莖長에 의한 莖面積의 差異가 認定되었다.

IV. 考察

植物體 部位別 收量과 葉分布에 의한 受光態勢의 差異는 層別刈取를 통한 乾物生産量의 垂直的 分布인 生産構造로써 나타낼 수 있다. 2, 3, 4의 生産構造와 葉面積 및 莖面積指數의 垂直分布에서 品種間 差異가 認定되어 乾物生産特性이 群落構造의 差異에 起因되었음을 示唆하였다. (Fig. 1, 2). 群落構造는 形態의 形質에 의하여 規制되나, 本試驗에서는 葉分布의 空間的 配列에 따른 有効葉面積指數의 大小와 乾物收量, 出穗特性과 有効葉面積指數, 有効葉面積指數와 葉面積量과의 關係를 中心으로 品種의 乾物生産特性을 解析하려고 하였다.

葉重과 葉面積指數의 垂直分布로써 品種을 分類하면 (Fig. 1, 2). 最大葉重과 葉面積이 下層部에 分布되어 上層部로 갈수록 葉量이 적어지는 品種(M)

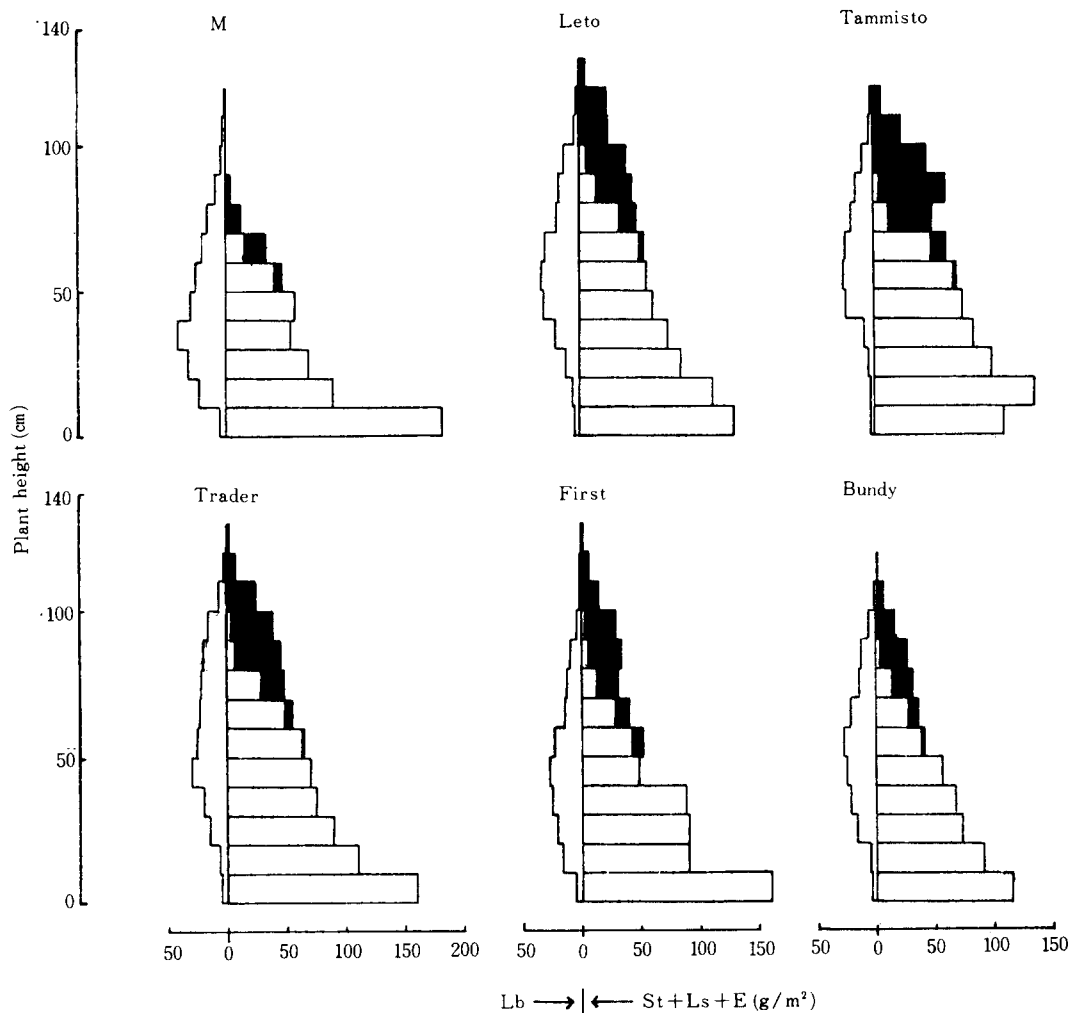


Fig. 1. Differences in productive structure of 6 varieties at the heading stage.
 Note. Lb; leaf blades, St; stem, Ls; leaf sheaths and E; ear (■)

中間層에 最大葉重과 葉面積이 分布되어 上·下層部로 갈수록 葉量이 減少하는 品種(Leto, First, Bundy). 最大葉重과 葉面積이 中間層에 分布되어 있으나 上層部에 葉量의 大部分이 集中分布된 品種(Tammisto) 및 下層部에서 最大葉重과 葉面積을 나타내나 全層에 葉量이 比較的 均等히 分布된 品種(Trader)의 4 가지 型으로 分類할 수 있으며, Trader의 乾物收量이 가장 많았다. 이는 葉面積의 垂直分布가 受光態勢에 影響을 미치기 때문에¹⁾ 全層에 葉面積이 均等히 分布된 品種일수록 他品種보다 下部葉까지의 光의 透過가 좋아 光을 効率的으로 吸收, 利用할 수 있는 葉面積이 컸음을 意味한다.

草地群落에서 乾物生産速度가 最大가 될 때 群落内部에 吸收되는 光은 95%가 되며 이때의 葉面積을 限界葉面積指數라고 한다. ²⁾ 다시말하면, 乾物生産速度가 最大가 될 때 地表面의 相對照度는 5%가 되기 때문에, ¹⁾ 相對照度 5% 以下에 分布된 葉面積은 光補償點 以下の 光條件이므로, ³⁾ 乾物生産에 有効한 葉面積은 相對照度 5% 以上の 光條件에 分布된 葉面積이라고 할 수 있다.

一般的으로 群落内部의 受光態勢는 吸光係數로써 나타나나, ⁴⁾ 葉面積의 垂直分布로 볼 때 相對照度 5% 以下에 分布되는 葉面積은 最大葉重과 葉面積을 나타내는 層 以下에 分布되므로, ⁵⁾ 最大葉面積을 나타내는 層 以上の 葉面積이 有効葉面積指數가 된다.

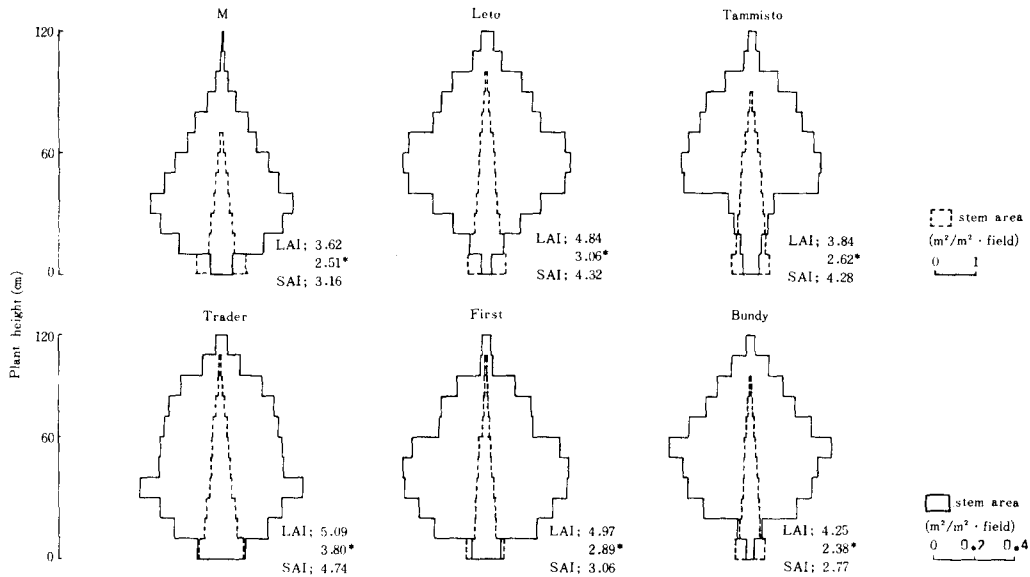


Fig. 2. Vertical distribution of leaf area and stem area within canopy at the heading stage.
 Note.*; Leaf area index above the layer indicating the highest leaf area density within canopy.

10, 11) 본 실험의 결과, 품종별 유효엽면적지수는 M 2.5, Leto 3.1, Tammisto 2.6, Trader 3.8, First 2.9, Bundy 2.4로써 Trader의 유효엽면적지수가 가장 높았으며 (Fig. 2), 엽면적지수에 대한 유효엽면적의 비率は Trader, M, Tammisto의 順으로 높았다. 즉, 乾物收量과 엽면적지수와의 關係는 0.6648로써 有意한 相關이 認定되지 않았으며 (Table 2), 最大葉面積을 나타내는 層 以下에 分布된 葉面積 (無効葉面積)과는 0.0812의 負의 相關을 나타내었다. 그러나, 유효엽면적지수는 乾物收量과 0.8633 ($P < 0.05$)의 有意한 正相關이 認定되었고, 엽면적지수, 莖重, 莖面積지수와도 有意한 正相關을 나타내었다 (Fig. 3). 이는 葉面積의 絶對量이 커질 때 유효葉面積도 增加되나, 葉面積의 絶對量보다는 葉分布의 空間的 配列이 좋아서 유효葉面積지수가 커질 때 莖重이 增加되며, 莖面積지수가 擴大되므로 乾物收量이 많아짐을 示唆하였다. 楠谷等 (1977)은 葉群構造中 全層에 葉面積이 고르게 分散되어 있는 rectangular type (長方形型)의 禾本科牧草에서 유효葉面積이 크므로 受光態勢가 良好한 葉群構造가 乾物生産에 보다 效率的이었다고 報告하여 본 실험의 결과와 一致하였다.

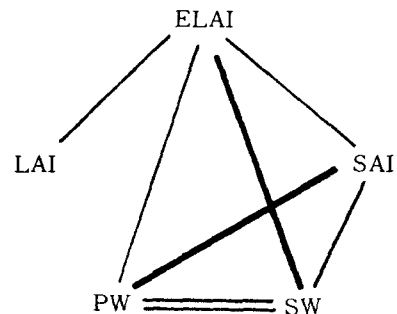


Fig. 3. Schematic diagrams showing the correlations between effective leaf area index (ELAI) and its related characters.

Ranges of correlation coefficients are as follows; — 0.755–0.874 (significant at 5% level), — 0.875–0.950 (significant at 1% level) and == 0.951–1.000 (significant at 0.1 level), respectively.

품종의 出穗特性을 유효葉面積지수와 關聯시켜 考察하면, 穗重은 最大葉重과 葉面積을 나타내는 層 以上에 分布하므로 (Fig. 1), 유효葉面積지수의 거의 대부분은 出穗莖葉에 의한 것이라고 할 수 있다. 早生種으로 出穗期가 빠른 Tammisto의 경우, 12

¹²⁾ 穗重은 乾物收量の 21.9%를 나타내어 他品種보다 穗重의 比率이 높았고, 이에따라 C/F비도 增加되었다(Table 1, 2). 그러나, 穗重이 分布되는 50cm 層 以下의 葉面積은 全體의 14%에 不過하기 때문에 有効葉面積指數의 大部分이 出穗莖葉에 의한 것으로, 出穗莖數가 많은 品種은 上層部에서의 有効葉面積指數는 컸으나 下層部에서는 減少되었다고 할 수 있다. 그러나 M은 莖數가 적고 莖長이 짧은 特性을 나타내는 晚生種으로, ^{12, 13)} 穗重은 乾物收量の 8.8%에 不過하였으나, 最大葉面積을 나타내는 層이 下層部에 分布되어 出穗莖葉보다는 榮養莖葉에 의하여 有効葉面積이 構成되었다고 할 수 있다(Fig. 2). 또한, 有効葉面積指數가 컸던 Trader는 莖數가 많은 品種으로, ^{12, 13)} 穗重은 乾物收量の 14%에 不過하였으나(Table 1), 最大葉面積을 나타내는 層이 下層部에 分布되었으나, 全層에 걸쳐 葉面積이 比較的 高르게 分布되므로(Fig. 2), 榮養莖葉에 의한 有効葉面積의 確保가 他品種보다 容易하였다고 할 수 있다.

葉分布의 品種間 差異에 의한 有効葉面積 指數와 葉面積重과의 關係를 보면, 出穗莖數가 많아서 葉面積이 上層部에 偏重되어 있는 品種은 群落内部까지의 光의 透過는 不良하나 群落上層部에 分布된 出穗莖葉에 의하여 光의 吸收가 最大가 되기 때문에,

最大葉面積을 나타내는 層 以上에 分布된 有効葉面積의 葉面積重은 거의 같은 傾向이었다고 생각된다(Table 3). 葉面積重은 個葉의 光合成能率과 有意한 正相關 關係가 存在하므로, ^{14, 15, 16)} 出穗莖數가 많은 品種에서는 葉分布에 의한 受光態勢의 改善보다는 出穗莖葉의 光合成能率을 向上시키는 것이 乾物生産에 有利하다고 할 수 있다.¹⁶⁾ 그러나, 出穗莖葉과 榮養莖葉이 各層에 高르게 分布된 品種에서는 群落内部까지의 光이 透過가 좋아 有効葉面積은 增加되었으나, ^{16, 17)} 群落上層部에서부터 最大葉面積을 나타내는 層까지의 葉面積重은 減少되었다(Table 3). 이는 群落上層部の 出穗莖葉에 의하여 光의 吸收가 最大가 되므로 葉面積重은 커지며 下層部에 分布된 榮養莖葉의 葉面積重은 작기 때문이나, 같은 葉面積일지라도 光合成能率은 差異가 있다고 할 수 있다.¹⁸⁾ 그러나 有効葉面積이 充分히 確保된 品種에서는 莖重의 增加와 莖面積重이 작은 莖面積의 擴大를 위하여 有効葉面積이 効率的으로 作用하므로(Fig. 3), 乾物收量の 增加에 貢獻하였다. 李 등(1984a)은 榮養莖數가 많은 出穗初期에서는 出穗莖의 止葉과 榮養莖의 2葉을 大型化시키는 것이 乾物生産에 有利하다고 報告하여 葉分布의 空間的 配列이 乾物收量の 增加를 위한 重要한 構造的 要因임을 示唆하였다.

Table 3. Relationships between leaf area index(LAI) and specific leaf weight (SLW) in each stratum above the layer indicating the highest leaf area density within canopy

M	-0.8528**	Trader	-0.8988***
Leto	0.4545	First	0.5938
Tammisto	0.6515	Bundy	0.2817

Note. ** and ***; significant at 1% and 0.1% level.

V. 摘要.

Meadow fescue 品種을 供試하여 葉面積의 垂直的 分布와 乾物收量과의 關係를 檢討하였다.

1. 葉面積의 垂直的 分布로써 品種을 分類한 結果, 最大葉面積이 下層部에 分布되어 上層部로 갈수록 葉量이 적어지는 品種(M), 中間層에 最大葉面積이 分布되어 上·下層部로 갈수록 葉量이 減少되는 品種(Leto First, Bundy), 最大葉面積이 中間層에 分布되어 있으나 上層部에 葉量의 大部分이

集中分布된 品種(Tammisto) 및 下層部에서 最大葉面積을 나타내나 全層에 葉量이 比較的 均等히 分布된 品種(Trader)의 4 가지 型으로 分類되었다.

2. 有効葉面積指數는 乾物收量, 葉面積指數, 莖重 및 莖面積指數와 有意한 正相關을 나타 내었다.

3. 出穗莖이 많은 品種의 有効葉面積은 上層部에 分布되었으나 榮養莖이 많은 品種은 有効葉面積指數의 比率이 높았다.

4. 最大葉面積을 나타내는 層 以上에 分布된 葉面積과 葉面積重의 關係는 M과 Trader가 有意한

負의 相關이 認定되었으나 그외의 品種에서는 有意한 相關이 認定되지 않았다.

VI. 引用文献

1. Brougham, R.W. 1958. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Aust. J. Agric. Res.*, 9: 39-52.
2. Cooper, J.P., I. Rhodes and J.E. Sheehy. 1971. Canopy structure, light interception and potential production in forage grasses. *Rep. Welsh plant breed. station.* 57-69.
3. Delaney, R.H. and A.K. Dobrenz. 1974. Morphological and anatomical features of Alfalfa leaves as related to CO₂ exchange. *Crop Sci.*, 14: 444-447.
4. Hunt, L.A. and J.P. Cooper. 1967. Productivity and canopy structure in seven temperate forage grasses. *J. Appl. Ecol.* 4: 437-458.
5. Lee, J.S. 1982. Effect of nitrogen fertilization levels on the dry matter and total nitrogen yields of orchardgrass varieties under hay-type management. *Korean J. Anim. Sci.*, 24(4): 361-369.
6. Pearce, R.B., G.E. Carlson, D.K. Barnes, R.H. Hart and C.H. Hanson. 1969. Specific leaf weight and photosynthesis in alfalfa. *Crop Sci.*, 9: 423-426.
7. Rhodes, I. 1973. The relationship between productivity and components of canopy structure in ryegrass(*Lolium* spp.). III. Spaced plant characters, their heritabilities and relationship to sward yield. *J. Agric. Sci. Camb.*, 80: 171-176.
8. 窪田文武, 梶 和一, 鎌田悦男. 1972. 牧草の乾物生産. 第3報, 牧草の乾物生産と最適刈取回数におよぼす吸光係数の影響. *日草誌.* 17(4): 235-242.
9. 窪田文武, 植田精一. 1977. チモンシロの個葉の光合成速度で SLA(比葉面積)との関係. *日草誌.* 23: 101-107.
10. 楠谷彰人, 中世古公男, 後藤寛治. 1977. イネ科牧草の群落構造と乾物生産特性. *日作紀.* 46(2): 205-211.
11. 楠谷彰人, 杉山修一, 後藤寛治. 1979. オーチャードグラスの生産性に関する研究. IV. 草地状態における乾物生産特性の品種間差異. *日草誌.* 25(1): 7-5.
12. 李柱三, 鄭忠燮, 尹益錫. 1984a. Meadow fescue의 生産性에 関한 研究. II. 出穂初期의 乾物收量과 草型에 関与하는 形態的 形質의 品種間 差異. *韓畜誌.* 26(2): 200-207.
13. 李柱三, 鄭忠燮, 尹益錫. 1984b. Meadow fescue의 生産性에 関한 研究. III. 出穂末期의 收量構成要素와 形態的 形質의 品種間 差異. *韓畜誌.* 26(3): 310-315.
14. 李柱三, 鄭忠燮. 1984c. Meadow fescue의 生産性에 関한 研究. VI. 草型을 基準으로 한 品種의 收量構成要素. *韓畜誌.* 26(3): 316-321.
15. 三田村強. 1972. 生長様式の違いがオーチャードグラス草地の乾物生産に及ぼす影響. *日草誌.* 18: 152-160.
16. 佐藤庚. 1973. 寒地型イネ科4草種の出穂期における生産構造の比較. *日草誌.* 19: 208-214.
17. 高橋直秀, 杉山修一, 片岡政之, 後藤寛治. 1982. *Festuca* 属における潜在的変異に関する研究. IV. 草地状態におけるメドーフエスクの乾物生産特性の変異. *北海道大学農邦文紀要.* 13(3): 317-323.