

오차드그라스 (*Dactylis glomerata* L.) 品種들의 刈取에 따른 葉生長과 收量形成 II. 오차드그라스 品種들의 生長指數들과 乾物收量과의 關係

李浩鎭 · 金燾基

Leaf Growth and Forage Yield in Three Cultivars of Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) over Cutting Stages

II. Relationship between forage yield and growth indices

Ho Jin Lee and Hoon Kee Kim

Summary

The response of forage yield was studied with various growth indices to develop yield model and to determine optimum cutting time in three cultivars of orchardgrass.

1. Number of tiller per plant was the highest at 3rd cutting stage. But, it was decreased rapidly at 4th cutting stage. Leaf Area Index (LAI) was the highest at 3rd cutting stage. LAI was increased slowly during 15 days to 20 days after cutting and thereafter increased rapidly.
2. In dry matter yield over cutting stages, 1st cutting and 3rd cutting stages were higher yield than others. Change of dry matter yield was similar to that of LAI in all cutting stages.
3. Leaf Elongation Rate (LER) and Specific Leaf Weight (SLW) were reached to maximum at 20 to 25 days and 25 to 30 days after cutting, respectively.
4. Dry matter yield was highly correlated with LAI ($r=0.905$) and with CGR ($r=0.962$) over three cultivars. Also, LAI was significantly with LER. The best-fit yield model was obtained in multiple regression equation which included both dependent variables of LAI and CGR.
5. Optimum cutting times which were determined by the relationships between D.M. yield and LAI, and between D.M. yield and CGR, were ranged from 32 days to 36 days depend on each cutting stages.

I. 緒 言

牧草의 收量을 增加시키고 또한 收量을 豫測하여 育種의 한 方面으로 利用하려는 研究는 지금까지 많이 行해져 왔는데, 주로 牧草의 光合成 能力面에서 接近을 하거나^{1,3,7,8,9)}, 또는 形態的인 面에서의^{2,6,11,12)} 두가지 方向으로 研究되어 왔다.

光合成과 牧草의 收量은 CO₂ Exchange Rate (CER)로 많이 評價를 했으나, Charles-Edwards¹⁾와 Rhodes⁹⁾ 등에 의하면 서로 다른 收量을 갖는 perennial ryegrass 群落에서 CER은 차이가 없거나, 또는 收量은 높아도 오히려 CER은 떨어진다고 報告하였다. 그 이후 Sheeby¹⁰⁾는 몇가지 禾本科 作物

에서 作物生長率은 各葉의 CER과 關係가 없다고 하였으며, Nelson 등⁸⁾은 CER과 牧草의 收量은 일치하지 않으며, 統計的으로도 負의 相關을 갖는다고 하여 圃場狀態下에서의 牧草 群落에서는 葉을 구성하는 다른 要素들이 收量과 더욱 關係함을 제시하였다.

그러나 우리나라의 栽培環境에서 牧草의 收量解析이나 增收에 관한 기초적 연구는 매우 미흡한 실정이다. 아직 草地生産性이 低位에 머물러 있고 粗飼料에 대한 수요는 검증하는 현실에서 기존 草地들의 收量性 向上方案은 무엇보다도 필요하다.

본 研究는 우리나라의 기본 草種중 하나인 오차드그라스草地에서 牧草收量의 形成과정을 각 刈取

期別로 조사하였다. 아울러 牧草의 增收에 관련되는 指標들을 발견하기 위하여 收量構成에 관계되는 生長指數들을 계산하였고 收量과 이들의 關係를 해석하고 收量豫測 model을 개발하였으며 適正刈取 期의 결정을 시도하였다.

II. 材料 및 方法

本 研究은 第 1 報와 同一한 圃場에서 실시되었고 오차드그라스 品種으로 Potomac, Kay, Sumas 를 대상으로 分蘖數, 葉伸長率(LER), 特殊葉重(SL-W), 葉面積指數(LAI), 純同化率(NAR), 作物生長 率(CGR)을 刈取後 5日 간격으로 조사하였다. 各 시험포장은 40日 간격으로 年 4次에 걸쳐 刈取하였고, 乾燥시켜 收量調査를 실시하였다. 收量에 대한 豫測式은 生長指數들을 사용한 多重回歸式과 多項 式을 model로 하여 Draper의 方法⁵⁾에 따라 best-fit equation을 선정하였다.

III. 結果 및 考察

1. 刈取 時期別 分蘖數와 LAI의 變化

造成된지 오래된 圃場에서는 各 各의 株를 구별하기 힘들기 때문에 分蘖數의 調査는 春 再生期에 株를 鋤서 pot에 옮겨 各 株가 2cm 정도의 間격이 되도록 옮겨 심은 뒤 調査하였다(Fig. 1). 分蘖數의 測定은 刈取後에 새로운 葉이 發生하는 것만을 대상으로 하였다.

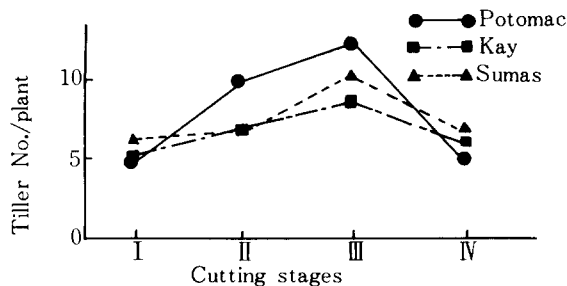


Fig. 1. Change of tiller No. per plant in three cultivars of orchardgrass over cutting date.

株當 分蘖數는 3次 刈取期에서 가장 높게 나타났으며, 春의 1次 및 가을의 4次 刈取에서는 가장 낮은 狀態로, 株當 5~6개의 分布를 보이고 있

었다. 또한, 1次에서 3次 刈取期까지는 分蘖數가 계속 增加를 하다가 가을에 급격하게 그 數가 줄어들었다. 品種別로는 Kay가 Potomac에 比하여 봄과 가을에 더욱 많은 分蘖數를 나타내 株當 2~3개 정도 더 많은 狀態였으나, 2次 및 3次에서는 下部가 다른 品種에 比하여 많이 枯死하는 傾向이 있어서인지 分蘖數가 적게 나타났으며, Potomac이 이 時期에 훨씬 많은 數의 分蘖을 유지하고 있었다. Sumas은 全 生育期에 걸쳐서 다른 品種에 比하여 分蘖數가 적은 狀態로, 1次 및 4次 刈取期에서는 1~2個, 2次와 3次에서는 3~4個 정도의 差異를 보이고 있었다.

한편, 葉面積 指數(LAI)의 季節別 變化를 보면 (Fig. 2), 3次刈取期에서 가장 높은 狀態를 유지하고 있었으며, 2次 刈取期에서 가장 낮았다. 1次와 3次的 경우, 約 20日 까지는 葉面積이 서서히 增加를 하고 있었으나, 그 以後에는 빠른 增加를 나타내었고, 35日 以後에는 完만한 增加를 하고 있었다. 그러나 2次 및 4次 刈取에서는 다음 刈取前까지 아주 느린 速度로 일정하게 增加하는 狀態를 보이고 있었다. 이러한 變化 양상은 各 刈取期에서 乾物重의 變化와 유사한 傾向을 보여주고 있는데, 이는 葉面積의 增加가 乾物重의 確保와 密接한 關係를 가지고 있음을 나타내 준다고 하겠다.

그런데, 이러한 葉面積의 增加는 分蘖數의 增加와 또 各 分蘖內에서의 葉面積의 確保라는 두가지 面에서 고려될 수 있는데, 만일 特定한 再生期에서 오차드그라스 群落內의 總 分蘖數가 일정하게 유지된다면, 各 分蘖에서의 葉面積의 增加가 실제로 전체 葉面積의 增加에 가장 重要한 要因으로 작용할 것이다. 따라서 하나의 葉을 구성하는 主要인 葉의 길이와 葉幅의 增加는 葉面積의 確保를 통해 收量에 影響하는 바가 클 것으로 생각된다.

2. 刈取 時期別 乾物重의 變化와 生長分析

年中 乾物收量은 Potomac이 10a當 1,133kg으로 가장 높은 狀態였으며, Sumas의 收量이 가장 낮았다. 各 刈取期 收量은 春 刈取期인 6月 6日과 3次 刈取期인 9月 5日의 收量이 다른 時期에 比하여 훨씬 높게 나타났으며, 2次 및 4次 刈取는 各 各 200~250kg, 120~140kg 정도로 낮은 分布를 보이고 있었다(Table 2).

品種別로는 Potomac이 2次와 3次 刈取에서 他

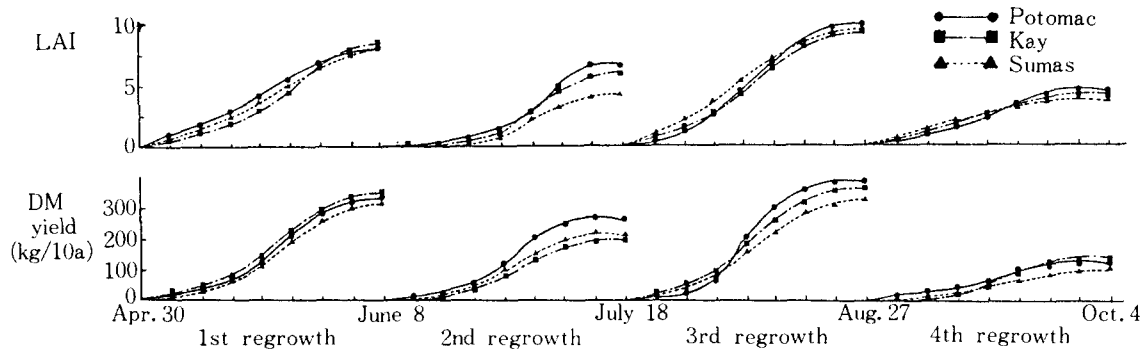


Fig. 2. Leaf area index (LAI) and dry matter yield increase during regrowth in three cultivars of orchardgrass

Table 1. LAI and dry matter yield over cutting stages in three cultivars of orchardgrass

Cutting	Var.	LAI				Dry matter yield (kg/10a)			
		Potomac	Kay	Sumas	\bar{x}	Potomac	Kay	Sumas	\bar{x}
1st cutting		8.7	8.8	8.3	8.60	349	357	323	343.0
2nd cutting		4.5	3.2	4.1	3.93	260	204	222	228.7
3rd cutting		10.4	9.8	10.0	10.07	401	381	335	372.3
4th cutting		4.5	4.3	4.0	4.27	123	145	129	132.3
\bar{x}		7.03	6.53	6.60		283.2	271.8	252.3	
		LSD(0.05) bet. var. 0.455				LSD(0.05) bet. var. 11.62			
		LSD(0.05) bet. cutting 0.779				LSD(0.05) bet. cutting 18.02			

品種에 비하여 乾物收量이 높았으며, 다른 時期에는 모두 비슷한 양상을 보이고 있었다.

各 時期別 變化樣相을 보면, 4次를 除外한 나머지 時期에서 刈取後 15~20日까지는 乾物重이 서서히 增加를 하였으나, 그 以後 30日까지는 빠른 增加幅을 나타내고 있었다. 또한 30日 以後에는 增加가 아주 완만해지는 狀態였다. 4次 刈取에서는 收量增加가 계속해서 완만하다가 30日 以後에는 더 이상 增加하지 않았다.

各 刈取期 乾物重의 變化는, 葉生長의 增加에 가장 重要한 要因이라고 할 수 있는 溫度나 光條件의 變化와 密接한 關係를 갖고 있었는데 즉, 봄의 1次 刈取期에서는 溫度條件이 좋아지고 또한 日長이 길어지기 때문에 生育條件이 매우 有利하여 높은 乾物收量을 보이고 있었으며, 가을의 4次 刈取期에서는 봄과는 對照的인 환경조건들 때문에 收量이 낮은 狀態를 유지하였다.

葉面積을 구성하는 LER, SLW와 乾物收量에 관계있는 NAR, CGR, LAI들의 各 再生期別 變化를 최적 一次多項式으로 나타내고 最高值(M)와 最高值閾(threshold level)을 표시하였다(Fig. 3).

먼저 葉의 길이신장을 LER로서 나타내었을 때 刈取初期부터 급속히 증가하여 20~30日 사이에 最大에 도달하였다. 이것은 刈取後 光透過가 向上되고 各 葉間에 차광이 없으므로 同化능력이 많이 증가되어 빠른 伸長을 이룰 수 있었다. LER은 약 30日 이후부터는 대체로 감소하였는데 1次와 2次 刈取期에는 서서히 감소하였지만 4次 刈取期에서는 급격히 감소하는 것으로 밝혀졌다.

또한 葉面積의 增加와는 달리 葉의 乾物重 集積에 대한 指標인 SLW(specific leaf weight)를 구해보면 2次 刈取期에서 그 값이 가장 컸으며, 나머지 刈取期에서는 조금 낮은 狀態를 보이고 있었다. 各 刈取期에서 보통 25~30日 정도에서 最高에 도

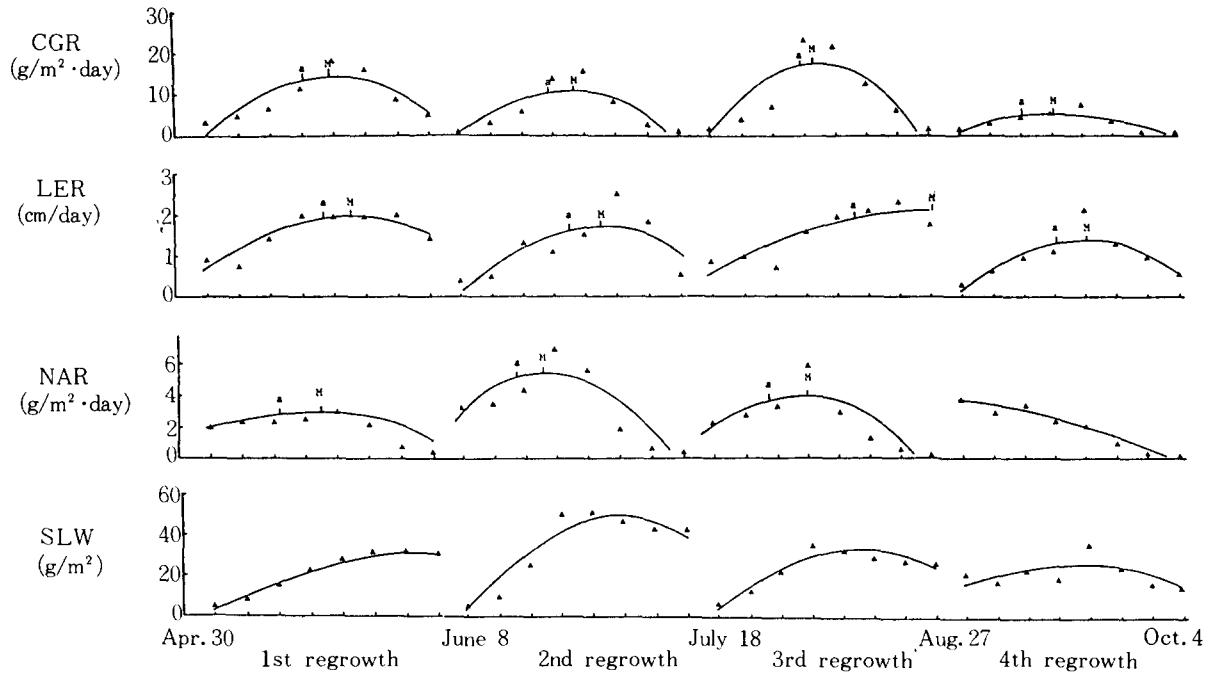


Fig. 3. Changes of growth indices during regrowth stages in potomac orchardgrass (CGR; crop growth rate, LER; leaf elongation rate, NAR; net assimilation rate, SLW; specific leaf weight.

a: the point after which was no more significantly different from maximum level.
M: the point of maximum level).

달하며 그 이후 약간씩 減少를 하는 傾向이었다. 그런데 봄의 1次刈取期에서는 SLW 값이 刈取前까지 계속 增加를 했는데, 이는 봄 再生期の 生育條件이 좋기 때문에, 오차드그라스의 集中 乾物集積速度가 떨어지지 않는 것을 알 수 있다고 하겠다.

牧草地에서의 作物生育은 봄철에는 旺盛하여 빠른 生長速度를 나타내지만, 가을에는 再生力의 不振 등으로 生育이 늦어지는 것이 보통인데, 일반적으로 봄철에는 土壤水分의 不足은 있지만 氣溫의 上昇이 빠르고 光이 充分하여 生育이 좋은 편이나, 가을에는 氣溫의 低下 등으로 生育이 많이 低下하기 때문이다.

本 實驗에서는 作物 生長率(CGR)은 乾物重이 가장 높았던 3次刈取期에서 가장 높게 分布하고 있었으며, 봄의 1次 및 2次刈取期에서는 3次 보다는 낮으나 비교적 높은 水準을 나타내고 있었다. 그러나 마지막 가을刈取期에서는 그 分布가 다른 時期에 비하여 현저히 낮은 狀態였다.

各 刈取期에서 보통 刈取後 20~25일까지는 生長

速度가 계속 增加하여 最大에 도달했으며, 그 이후에는 減少하는 추세를 보이고 있었다.

한편, 純 同化率(NAR)의 變化는 時期別로 상당히 심한 差異를 보이고 있었다. 收量이 比較的 적은 2次刈取에서 가장 높게 나타났으며, 1次와 3次刈取은 비슷한 양상으로 變化하나 3次에서의 最高峯에 도달한 以後 減少가 더 빠른 편이었다. 가을의 4次刈取期에서는 NAR 값이 계속적인 減少를 보이고 있었다. 또한 各各의 刈取時期에서 4次를 除外한 나머지 時期에서는 보통 NAR이 15~20 日 사이에 도달하며, 그 以後는 減少를 하는 狀態였다.

그런데 1次와 3次刈取期에서는 全體 乾物重 및 이들의 變化 樣相이 유사하게 나타나고 있으며 2次에서는 이들보다 낮은 乾物重 分布를 보이고 있는데도, NAR은 2次에서 더욱 높게 나타났다. 또한 葉面積의 增加가 1次와 3次刈取期에서 훨씬 높은 것을 볼때, 乾物重의 確保에는 葉内の 乾物重 集積도 重要하지만 單位面積當 葉面積의 增加

도 그 影響이 상당히 크다고 할 수 있다.

3. 收量과 生長指數들 間的 關係와 豫測 model의 推定

오차드그라스의 牧草收量은 葉面積, 葉重등의 生長指數들과 밀접한 關係를 갖고 있다. 본 연구에 사용된 品種들의 乾物收量과 主要生長指數들 間的 關係를 구하여 보았을 때 LAI 및 CGR과는 0.9 이상의 高度의 有意 關係를 나타내었다. 또 收量과 LER 또는 NAR에서도 有意의인 關係를 보여 오차드그라스 품종들의 收量에는 葉에 關連된 生長指數들인 LAI와 LER, NAR이 중요하였으나 葉의 두께를 나타내는 SLW는 높은 關係를 보이지 않았다. 단위면적당 乾物集積의 속도를 표시하는 CGR 은 0.962의 매우 높은 상관 값을 보여 牧草의 收量은 CGR 과 직접적인 연관을 가졌다(Fig. 3).

이들 生長지표들을 종속변수로 하여 수량에 대한 豫測式을 多重回歸로서 도출하였을 때 Table 4와 같이 LAI와 CGR만으로 구성된 model에서 가장 높은 有意性을 보여 best-fit equation으로 선정 되었다. 동일한 방식으로 CGR의 豫測 model에는 L-

AI, LER 및 NAR을 사용하여 best-fit equation이 얻어졌다. LAI는 LER으로 구하여진 직선회귀식이 가장 적합하였으나 R²值 및 F-value 모두 낮아 豫測 model로서는 충분하지 못하였다. LAI에는 葉의 伸長만이 아니라 葉의 面積이나 단위면적당 葉數들이 중요한 종속변수가 될 수 있을 것으로 생각되며 SLW과 NAR은 作物生長率이나 收量에 중요한 變數들로 판단된다. LAI만으로 추정된 乾物收量式에 따르면 LAI가 1이 증가할 때 약 40kg/10a의 수량 증가가 예상되고 오차드그라스 3品種에서 LAI를 10을 유지한다면 약 400kg/10a의 乾物수량을 기대할 수 있었다.

4. 適正刈取期の 決定

牧草의 再生은 처음에는 서서히 葉면적을 증대시켜 同化作用을 개시하고 同化產物을 이용하여 生長이 활발하여진다. 이때 CGR의 증가가 급속히 진행되다가 最大乾物重에 가까워지면 CGR이 감소하고 最高値에 이르면 CGR은 '0'이 되고 만다. 따라서 CGR이 +값을 보이는 동안은 증수가 기대되지만 일부 葉과 組織의 老化가 일어나고 木質化가 심하여지면 TDN收量의 감소가 초래된다. 본 연구에서는 再生期間 동안의 LAI, CGR의 변화와 收量과의 關係를 나타내어 適正刈取期를 산출하였다.

葉面積指數의 증가에 따른 作物生長率과 收量의 變化를 보면 品種間에는 차이가 없으나 刈取期別로 완전히 다른 類型을 나타내었다. 따라서 3品種을 함께 각 刈取期에서의 LAI와 CGR, LAI와 收量과의 關係를 多項式으로 만들고 best-fit equation을 구하였다(Fig. 6). 그리고 CGR이 最高値에 도달한 후 감소하기 시작하고 수량이 最高閾에 도달할 시기가 刈取適期에 해당하였고 1次刈取期에는 LAI가 7.8인 36日, 2次刈取期는 LAI가 4.4인 34日, 3次刈取期는 LAI가 8.8인 35日, 4次刈取期

Table 2. Correlation coefficients between forage dry matter yield and growth in orchardgrass cultivars.

	D.M. yield	LAI	LER	SLW	CGR
LAI	0.905**				
LER	0.796**	0.594*			
SLW	0.474*	0.310	0.434**		
CGR	0.962**	0.866**	0.796**	0.536	
NAR	0.575*	0.354	0.520	0.944**	0.613*

**; Significant at 1% level.

*; Significant at 5% level.

Table 3. Best-fit equations for yield, CGR and LAI prediction.

Equation	R ²	F-value
Yield = 10.36(LAI) + 16.18(CGR) + 11.82	0.947	79.92***
Yield = 40.21(LAI) + 0.05	0.884	713.24***
CGR = 0.947(LAI) + 6.064(LER) + 1.072(LAR) - 7.640	0.913	28.16**
LAI = 6.999(LER) - 5.025	0.353	5.45*

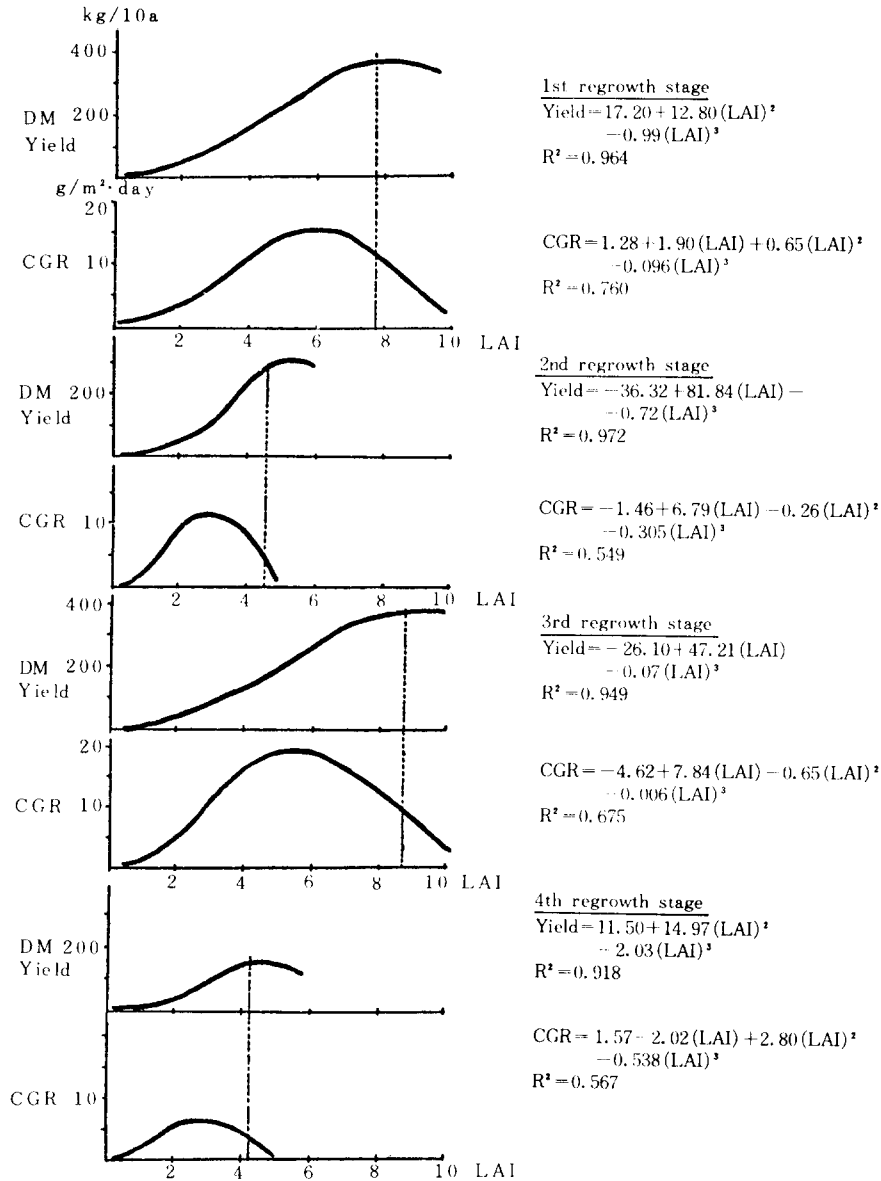


Fig. 4. Response curve of DM yield and CGR on LAI over cutting stage in three cultivars of orchardgrass.

‡Vertical dot line indicates the optimum cutting time.

는 LAI가 3.1인 32일이 適期였다. 이것은 2次와 4次刈取期에는 잎들의 만곡화가 심화됨으로써 군락내부로 光透過가 악화된 때문이었다. 刈取適期の 決定에는 再生期の 환경조건을 고려하여 貯藏物質의 축적상태를 감안하여야 할 것이며 또 刈株의 生存年限과 分蘖間 更新에 관한 研究도 뒤따라야 하겠다.

IV. 摘要

1. 分蘖數는 3次 刈取期에서 가장 많았으며, 이 時期까지 계속 增加를 하였지만 가을 刈取期에서 급격히 減少했다. 葉面積 指數는 3次 刈取期에서 가장 높았으며, 보통 刈取直後 서서히 增加를 하다가 15~20일부터 빠르게 增加하였다.

2. 各 刈取期 乾物收量은 1次와 3次 刈取가 다른 時期에 比하여 높게 나타났으며, 刈取期別 乾物重 變化는 葉面積 指數의 變化와 비슷한 樣相을 보이고 있었다.

3. LER은 刈取後 20~30日, SLW는 25~30日, CGR은 25~25日 사이에 最大速度에 도달했다. C-GR은 1次 및 3次 刈取期에서 비교적 높았다. N-AR은 約 20日 정도에 最大에 도달했는데, 葉 乾物重에는 NAR 보다 다른 生長指標들이 더욱 크게 作用함을 알 수 있었다.

4. 乾物收量과 가장 높은 相關은 LAI와 CGR으로서 각각 0.905와 0.962를 보여 고도의 正의 相關을 나타내었고 LER과 LAI間에도 正의 相關이 인정되었다. 收量의 推定에 最適式은 LAI와 CGR을 변수로 사용하여 얻어졌다.

5. LAI와 CGR 및 收量과의 關係로서 결정된 刈取의 適期는 各 刈取期別로 다르게 나타났으나 32日에서 36日 사이에 존재하였다.

V. 引用文獻

1. Charles-Edwards, D.E. 1971. Photosynthesis and Photorespiration in *Lolium multiflorum* and *Lolium perenne*. J. Expt. Bot. 22:663-669.
2. Casler, M.D., and A.W. Hovin. 1985. Predicting forage yield from morphological traits in reed canarygrass. Crop Sci. 25:783-787.
3. Delaney, R.H., and Dobrenz, A.K. 1974. Morphological and photosynthetic features of alfalfa leaves as related to CO₂ exchange. Crop Sci 14:444-447.
4. Davidson, J.L., and F.L. Milthorpe. 1965. The effect of temperature on the growth of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). Ann. of Bot. 29: 407-417.
5. Draper, N.R., and H. Smith. 1966. Applied regression analysis. John Wiley and Son, Inc., N.Y.
6. Edwards, K.J.R., and J.P. Cooper. 1963. The genetic control of leaf development in *Lolium*. II. Response to selection. Heredity. 18:307-317.
7. Hanson, W.D. 1971. Selection for differential productivity among juvenile maize plants: Associated net photosynthetic rate and leaf area exchanges. Crop Sci 11:334-339.
8. Nelson, C.J., K.H. Assay, and G.L. Horst. 1975. Relationship of leaf photosynthesis to forage yield of tall fescue. Crop Sci 15:476-478.
9. Rhodes, I. 1972. Yield, leaf-area index and photosynthetic rate in some perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selection. J. Agric. Sci 28:509-511.
10. Sheeby, J.E., and J.P. Cooper. 1973. Light interception, photosynthetic activity and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. J. App. Ecol. 10:239-250.
11. Torpark-Ngram, A, I.T. Carlson, and R.B. Pearce. 1977. Direct and correlated responses to selection for specific leaf weight in reed canarygrass. Crop Sci 17:765-769.
12. Wilhelm, W.W., and C.J. Nelson. 1973. Growth analysis of tall fescue genotype differing yield and leaf photosynthesis. Crop Sci 18:951-954.