牧草の刈取の生理生態学的研究

III 冬作イタリアン・ライグラスの刈取が出葉と茎数とに及ぼす影響*

前田 敏・江原 薫

(九州大学農学部)

大多数のイネ科牧草の収量は出葉（縦の生長）と分けつの増加（横の生長）とによつて構成されるといつてよく、これらはイネ科牧草の維持管理上重要な因子となつている。

Mitchell(1953)によると、出葉と分けつの増加とは互いに相反する傾向があり、条件如何によつて Auxin 作用を通じて同化物質がどちらかの生長場面につかわれるという¹⁴⁾¹⁵⁾。即ち出葉と分けつの間にある種の配分関係が想定される。

しからば刈取後、限られた貯蔵養分をもとにして急速な個体の回復が要求される場合には、まず急速な光合成面の拡大が先行し、ついで新しい分けつの発生がおこるのではないだろうか。

このような見解の下に刈取が出葉と茎数に及ぼす影響について解析をこころみた。一部得られた結果をここに報告する。

まず刈取が分けつに及ぼす影響については古くから多くの研究がある。それらの結果は大きくわけてつぎの二つの範疇に入れられる。

すなわち刈取によつて茎数が減少する場合¹⁾⁵⁾¹⁰⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁹⁾と、逆に増加する場合²⁾⁸⁾⁹⁾¹¹⁾¹⁶⁾²⁰⁾とがあり、刈取操作の茎数にたいする影響は一致しない。

元来、イネ科作物の分けつの出現には簡単な規則性がみとめられており⁹⁾、葉令が同じなら出現可能の分けつ数は同じである。¹⁴⁾¹⁵⁾ しかしその分けつが発育するか否かは環境条件⁹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²¹⁾、体内的に言えば Auxin-level¹¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、更にはこれと共働的に働く代謝物質の level によつて支配されるものとされている。

何れにせよ Auxin-level が分けつの生長と関連をもつのは明らかで、刈取に際しての生長点の切除の有無は Auxin-level の変化を通して、分けつ芽の生長に支配的な影響を及ぼすのは当然考えられることである。

したがつて刈取が茎数に及ぼす影響を検討するにあたり、実験の焦点をまず生長点切除の有無にしばつた。

また刈取が出葉に及ぼす影響に関して、幾つかの報告があり、いずれも刈取はイネ科牧草の葉の生産量を抑えるが、その伸長を促すのを認めている¹³⁾¹⁷⁾。これは刈取による葉の更新がもたらす当然の現象である。

若く、構成要素の単純な刈取区の再生葉と、種々な

年令要素の集合体である対照区の葉の生長とをそのまま比較することはできない。したがつて刈取当時の各葉の令を基準として大まかに三つの群に分けて同一令の葉について比較検討をおこなつた。

実験材料及び方法

材料植物にはイタリアン・ライグラスを用いた。

実験 I 再生葉の生長に及ぼす刈取の影響

$\frac{1}{5000}$ a ワグナーポットに硫安 7g, 過磷酸石灰 7g, 塩化加里 4g を基肥として施し、1960年11月21日に播種して、2～3回間引し、1ポットに10個体育成させた。翌年の2月7日に対照区を残して地際から3cmの高さに一斉に刈取つた。このときの生長点分布は地面下にあり、草丈は26cmであつた。その後12日間をわたり、始めの6日間は連日、つぎの6日間は隔日に1ポットずつ再生部（地際より3cm以上の葉及び葉鞘部）を採取した。

この採取した再生部は直ちに各年層の葉にわけて、それぞれ伸長量及び乾物量測定に供した。すなわち一斉に刈取をおこなつた当時の各葉の生理的年令を基準として、①その当時葉身の抽出を完了していた葉、②葉身が抽出中であつた葉、③未だ抽出していなかつた葉の三つの組に分けた。この組分けの実施は対照区では簡単で、刈取操作当時、抽出中の葉身に目印しをつけ、この葉とそれより古い葉、若い葉の三つの組にわけて測定すればよい。刈取区ではこれが多少繁雑になるが、刈取つた部分の構成を参考にして刈取切断面をみると、各葉の切断部は容易に推定でき、刈取当時葉身が抽出中の葉の切断部に目印しをつけ対照区と同様に処理した。

実験 II 茎数の変化に及ぼす刈取の影響

この実験は刈取により生長点を切除する場合と、切除しない場合の二通りのものからなる。

前者は前報⁹⁾の実験 I における分けつ数の消長を記録したものである。すなわち1959年9月中旬に播種し、11月30日に刈取をおこない、その後1カ月間にわたり8回材料を採取し、茎数の消長を記録した。この間の栽培管理条件は前報⁹⁾¹²⁾に述べたとおりである。

なお1plotの茎数は1箱30個体の茎数の総和で示される。刈取当時には生長点は未だ地面下にあり、地際から2cmの高さの刈取ではそれは切除されない。

つぎに刈取による生長点切除の実験は1960年11月14

* 昭和37年2月20日受理

Fig. 1. Effect of clipping on dry matter production of top growth in Italian ryegrass.

Curve C and D indicate dry matter production in top growth of control and clipped plants for 12 days after clipping.

Curve d₁, d₂ and d₃ indicate dry matter production in half-emerged, pre-emerged and post-emerged leaf blades from the sheaths at the time of clipping respectively.

日に播種し、翌年4月8日に刈取をおこなった。刈取時の草丈は29cmで、生長点の高さの分布は地際から平均して3.4cmのところにあつた。このように生長点分布が高くなるとキシロール浸漬によつて、容易にその位置の判別ができる。

刈取操作は無刈取区と、地際から2cm刈、6cm刈の3区をもうけた。刈取後の茎数の消長は、刈取当時の各plotの茎数(30個体の総分けつ数)を基準にして、時間経過と共に起こるその減少増加の比率で示した。なお、分けつは緑色を呈するものをそれと見做し、枯死して緑色を失つたものは除外した。

実験結果及び考察

実験Ⅰ 再生葉の生長に及ぼす刈取の影響

①生理的年令別の再生葉の乾物増加

Fig.1に示すように対照区(C)の地際から3cm以上の部分の乾物増加は刈取区のそれに比べて顕著である。すなわち刈取区(D)の初期の再生葉は対照区とほとんど同じ乾物増加速度を示すが、やがてその速度は低下して一時停滞気味となり、時間経過と共に再び乾物増加率の回復をみとめる。したがつて刈取区の乾物増加は逆S字的な曲線を示し、その内訳をみると次の

Fig. 2. Fluctuations of nitrogen concentration in top-regrowth and carbohydrate concentration in root stubble after clipping.

Curve d₁ and d₂ indicate the fluctuations of nitrogen concentration in half-emerged and emerged leaf blades from the sheath at the time of clipping respectively.

Curve C indicates the fluctuation of nitrogen concentration in control top growth.

Curve R and S indicate the fluctuation of carbohydrate concentration in root and stubble respectively.

通りである。

すなわち刈取当時すでに葉身の抽出を完了していた葉、及びその葉鞘部(d₃)は刈取直後にわずかに再生し、一時的な乾物増加を認めたが、やがてその再生部の乾量は徐々に減退し、刈取後12日目には再生部の乾物構成のわずか1%を占めるにすぎない。

また刈取当時、葉身が抽出中であつた葉(d₁)は、はじめは大きな再生部の乾物増加を示し、その後次第に停滞する傾向をみとめたけれども、12日目には再生部の乾物の70%近くを占めている。

さらに刈取当時、葉身が未抽出の葉(d₂)は、刈取直後きわめて緩慢な再生部の乾物増加を示すが、時日の経過と共に次第に乾物増加速度の上昇をしめし、同じく12日目には再生部の乾物の30%近くを占めるに至つた。

したがつて刈取後の再生地上部の乾物構成は、ほとんど刈取当時、葉身が抽出中の葉によつて占められる。DAVIS (1960), LONGER (1954) ちもこれを各種のイネ科牧草において認めている。

なお、前報⁶⁾でものべたように葉の再生過程においてその窒素濃度は一時的増加を示すが、それがピーク

に達する時期は、一般に株・根の炭水化物の消耗から回復への転換の時期とよく一致する。しかれば刈取後の再生葉の窒素濃度と、株根の炭水化物濃度の変化過程をしらべることにより、刈取当時どの stage に属する葉が株根の回復を主導したかを推定することができる。

Fig. 2 にしめすように刈取当時葉身が抽出中であった一群の葉は、刈取後 6 日目頃にその窒素濃度がピークに達し、刈取当時葉身が未抽出の一群の葉は刈取後 12 日たつても未だ窒素濃度増加期にある。

他方、株根の炭水化物は刈取後一週間前後でそれぞれ消耗から回復への転換がみとめられる。

以上の結果から、株根の回復は刈取当時葉身が抽出中であった一群の葉によつて主導されたことがわかる。

②生理的年令別の再生葉の伸長生長

各種の年令要素集合体としての対照区の葉にくらべ、刈取区の葉はその構成が単純で若い。したがつて対照区にくらべ刈取区の初期の葉は乾物増加速度が小さく、伸長速度は大である。

また対照区と刈取区の同一年令要素の葉を比較すると、Fig. 3 に示すように後者の方が伸長速度が大き

Fig. 3. Effect of clipping on elongation of leaf in Italian ryegrass.

Curve D₁, D₂ and D₃ indicate the elongations of post-emerged, half-emerged and pre-emerged leaf blades from the sheath at the time of clipping respectively.

Curve C₁, C₂ and C₃ indicate the elongation of control leaves which are same leaf age with D₁, D₂ and D₃ respectively.

い。すなわち刈取当時すでに葉身の抽出を完了した葉及びその葉鞘は別として、刈取当時葉身が抽出中であった葉（その窒素濃度変化からもわかるように、6 日目頃まで器官形成期にあり、この間活発な生長をつづける）は刈取区のほうが伸長生長が長期間持続した。

さらに刈取当時葉身が抽出していなかった葉では初期の伸長速度は小さいが、その後急激に増大し、10 日目前後には刈取当時葉身が抽出中であった葉を追い越して伸長速度がもつとも大になる。また刈取区にくらべて対照区のほうは伸長速度の増大が緩慢で刈取区のほうが対照区よりよけいに伸びている。

このように刈取は葉身が抽出中及び未抽出の若い葉の本来の伸長を短期間において促進する傾向を示す。これが如何なる機構によるものであるか判然としないけれども、刈取後の急速な光合成面の拡大に役立つことは明らかである。

実験II 茎数の変化に及ぼす刈取の影響

①刈取により生長点を切除しない場合の茎数の変化

Fig. 4 に示すように対照区ではほぼ直線的な茎数の増加を示し、25 日間に約 10% の増加がみられる。他方、刈取区は刈取後しばらくしてから急減し、15 日目頃に

Fig. 4. Fluctuations of tiller numbers of plants subjected to defoliation treatment at 2 cm height above ground-level.

At the time of clipping the distribution of growing points were almost found underground.

Dotted and solid line indicate fluctuations of tiller number in control and clipping treatment plants respectively.

Fig. 5. Influence of clipping to 2 cm height above ground-level on the fluctuation of stubble weight in Italian-ryegrass.

Dotted and solid lines indicated fluctuations of stubble dry weight in control and clipping treatment plants respectively.

最低となり、刈取当時より約13%の減少が認められ、その後再び徐々に増加する傾向をしめしている。

刈取によるこの茎数変化をその株の乾物量変化と比較すると、Fig. 5に示すように乾物は刈取後15日目頃に最小値をしめし、刈取当時の値にくらべて40%も減少している。このように茎数とその乾物量との消長は時期的にはよく一致するが、その量的な変動にはかなりの開きがみられ、数の変動よりも重さのそのほうが著しい。

つぎに株の乾物量低下は刈取直後にもつとも急激であるが、茎数の減少は刈取直後よりもしばらく時間が経過したのちに急激におこる。すなわち乾物量または内容物の消耗がさきで、それに引続いて数の減少がみとめられる。

したがって刈取による茎数の減少はその貯蔵養分の著しい消耗に由来する分けつの発育停止、枯死などによるものと思われる。

②刈取により生長点が切除される場合の茎数の変化 Fig. 6 にしめすように刈取当時1箱あたりの茎数を100とすると、対照区ではその後35日間にわたり約18%増加した。2cm刈区においては刈取後一時、茎数がいちぢるしく減少するが、その後急激に増加して対照区を凌駕するにいたる。

いつぼう6cm刈区は刈取直後にしばらく茎数が増加するが、やがて停滞するにいたる。

したがって刈取後2週間目ごろの茎数は対照区がもつとも多く、ついで6cm刈、2cm刈の順に少なくなっており、より低刈したほうが茎数の少ないのが認められた。

Fig. 6. Influence of clipping to 2 cm and 6 cm height above ground level on the fluctuation of the rate of tiller numbers in Italian ryegrass.

Rates of tiller numbers were expressed as a percentage for the number at the time of clipping.

Average height of growing point were found at 3.4 cm height from ground-level. At 2 cm height clipping a lot of growing points were removed, whereas at 6 cm height clipping a few growing points were removed.

C; Control, d₁; 2 cm height clipping
d₂; 6 cm height clipping

しかし刈取後1ヵ月を経過すると2cm刈区の茎数ももつとも多くなり、ついで対照区、6cm刈区の順に少なくなるのがわかった。

このように刈取後しばらくは生長点切除の有無にかかわらず、刈取の強さがはげしいほど、すなわち低刈するほど茎数の減少がはげしい。これは低刈するほど貯蔵養分の消耗がはげしく、限られた代謝物質による個体の生存維持のためには分けつ芽の増加(横の生長)よりも葉の伸長(縦の生長)に貯蔵養分が消費され、それに応じて一部の分けつの枯死、新しい分けつの発現抑制がおこったためであると思われる。

しかしその後時間の経過とともに生長点を切除した場合において茎数は急に著しく増えている。これは刈取により生長点およびその附近のごく若い組織が切除されると、Auxin濃度が低下し、分けつ芽の生長が刺激されるが、刈取直後の消耗期には代謝物質不足のためその発現をみなかつた。その後、拡大された光合成面が独立生長状態に達し、物質供給に余力が生ずると直

ちに急激な茎数増加となつてあらわれるのであろう。

さらに生長点分布より上で刈つた場合では、分けつの増減はほとんど認められず停滞する。これは高刈のため対照区に比べれば代謝物質の level は低下するが、若い分けつの枯死をまねくほど飢餓におちいることなく、また生長点が切除されないので auxin-level が高く維持され、新しい分けつ発生をとくに促すこともなかつたためと思われる。

なお、以上検討した出葉と分けつの両生長要因の配分関係には、刈取以外に前述のように環境条件の変化、特に温度と日長が大きな影響を及ぼすものと思われ、これらの条件如何によつては異つた結果が得られる可能性もある。今後、更に刈取とこれら環境要因との組合せの影響について検討する必要がある。

引用文献

- 1) BAKER, H. K.: J. Brit. Grassld. Soc., **12** 11 6~26(1957)
- 2) BAKER, H. K.: Ibid., **12** 197~208 (1957)
- 3) BAKER, H. K. and E. A. GARWOOD: Ibid., **14** 94~104 (1959)
- 4) DAVIS, W. E. P.: Can. Jour. Plant Sci., **40** 452~6 (1960)
- 5) DAVIES, W. E.: J. Brit. Grassld. Soc., **15** 262 ~9 (1960)
- 6) 江原薫, 前田敏: 日作紀, **29** 307~9 (1961)
- 7) GARDNER, J. L.: Ecology, **23** 162~74 (1942)
- 8) JAMESON, D. A. and D. L. HUSS: J. Range Mgmt., **12** 122~6(1959)
- 9) 片山佃: 稲麦の分けつ秩序に関する研究 (1951)
- 10) LANGER, R. H. M.: J. Brit. Grassld. Soc., **12** 97~102 (1957)
- 11) LEOPOLD, A. D. and K. V. THIMANN: Amer. J. Bot., **36** 437~40 (1949)
- 12) 前田敏: 日作紀, **30** 31~34 (1961)
- 13) McILVANE, S. K.: Plant Physiol., **17** 540~57 (1942)
- 14) MITCHELL, K. J.: Physiol. Planta., **6** 425 (1953)
- 15) MITCHELL, K. J.: Ibid., **6** 21 (1953)
- 16) 西村修一, 荒田久: 四国農試報, **1** 40~5(1953)
- 17) ROBERTSON, J. H.: Plant Physiol., **8** 425~47 (1933)
- 18) 関塚清蔵: 畜産の研究, **12** 8~12 (1958)
- 19) TROUGHTON, A.: The Under Ground Organs of Herbage Grasses, p. 100 (1957)
- 20) 上野昌彦ら: 日作紀, **29** 172~4 (1960)
- 21) 山崎耕宇: 日作紀, **28** 262~4 (1960)

Physiological and Ecological Studies on Clipping of Herbage Plants.

III. Influence of clipping on the tiller number and regrowth of shoot in Italian ryegrass.

Satoshi MAEDA and Kaoru EHARA

Summary

The influence of clipping on the tiller number and regrowth of shoot in Italian ryegrass was investigated under two levels of height of clipping.

In the case of removal of shoot to a 2 cm height, i.e. growing points of shoots were mostly removed, the tillers markedly decreased in number for some time after clipping and then they increased rapidly in number, and were greater in number than those of control plot. In the case of removal of shoots to a 6 cm height, i.e. growing points of shoots were mostly maintained, the tiller increased slowly in number, and they were smaller in number than those of control plot.

The half emerged or pre-emerged leaf blades from sheaths at the time of clipping showed remarkable elongation after the clipping, whereas the post-emerged leaf blade did not show any marked elongation after the defoliation.