

環境要因과 禾本科牧草의 貯藏炭水化物

全 宇 福 *

Environmental Factors and Carbohydrate Reserves of Grasses

Woo-Bock Chun

1. 緒 論

生育初期부터 過重하게 牧草를 刈取하거나 放牧하게 되면 먼저 根重이 減少하고 다음으로 地上部의 取量이 減少되므로써 牧草의 取量減少를 若起시킨다. 따라서 刈取後 草地植生群落의 動態를 把握하기 爲하여 植物生理, 栽培 및 飼料價值面에서 數 많은 研究가 遂行되고 있는데 本稿에서는 日間變化, 季節間變化, 溫度 및 水分關係에 局限된 環境要因과 禾本科牧草의 貯藏炭水化物에 對하여 言及하고자 한다.

貯藏炭水化物은 生長과 呼吸에 利用되므로 同化生成物이 充分하지 못할 때 多年生 禾本科牧草의 越冬, 이른 봄의 生長 및 刈取後의 再生을 爲해 重要하다. 草地管理技術은 環境要因과 刈取處理가 炭水化物의 貯藏에 미치는 影響을 理解하는데 基礎를 두고 있는데 草地管理上 이러한 知識을 理解함으로써 牧草의 質的, 量的 取量을 높이고 植生構成率을 調節할 수 있다.

Graber 등(1927)은 地上部의 生育이 始作되면 蓄積된 貯藏物質이 多量 消耗되고, Alfalfa의 根과 禾本科牧草의 地下莖은 物質의 吸收 傳達器官임과 同時에 貯藏器官인데 物質의 貯蓄은 地上部가 成熟하는 동안에 일어나며 이들 貯藏物質은 地上部와 地下部의 發達에 必須의이기 때문에 이들의 量과 利用은 地上部와 地下部의 生育量을 制限한다고 하였으며, 生育初期부터 頻繁하게 그리고 地上部를 完全히 刈取하면 貯藏物質이 점차 消耗되어 最適氣候, 土壤環境下에서도 植物은 結局 死滅된다는 假說을 提示 하였다 (May, 1960). 牧草에 있어서도 貯藏

炭水化物의 重要性이 主張되어 이에 關한 研究가 많이 遂行되고 있다. 特히 May 및 Davidson (1958) 그리고 May 등(1960)은 貯藏炭水化物이 再生速度를 調節하는데 間接的인 役割만을 하기 때문에 그 重要性이 疑問視된다고 主張하였으나 Graber 등 (1927), Weinmann(1961) 및 White 등(1973)이 報告한 바에 依하면 禾本科牧草의 再生은 貯藏炭水化物의 水準에 依하여 影響을 받는다고 한다.

2. 貯藏炭水化物의 成分

貯藏炭水化物의 成分은 還元糖, 非還元糖, Fructosan 및 澱粉을 包含한 非構造性炭水化物인데 (Sullivan 등, 1943), 北方型牧草의 貯藏炭水化物의 成分은 主로 蔗糖(Sucrose)과 Fructosan이고 南方型牧草는 蔗糖과 澱粉(Starch)이다. 세루로스와 펜토산은 貯藏物質이 아니라는 事實이 確實하여 졌으나 헤미세루로스는 完全한 解明이 이루어 지지 않았다. (May, 1960)

그리고 窒素化合物은 아주 적은 量이 呼吸에 利用되나 貯藏炭水化物처럼 貯藏되거나 利用되지 않는다(Smith 등, 1969).

3. 多年生 禾本科牧草의 養分 貯藏部位

Sullivan 및 Sprague 등(1943)은 貯藏炭水化物의 貯藏部位는 刈株(그루터기), 匍匐莖, 球莖 및 地下莖이며 여기에 貯藏된 貯藏物質은 光合成量이 呼吸量보다 많아질 때까지 再生 에너지源으로 使用되거나 뿌리(根)에 含有된 非構造性炭水化物은 刈取後 再

* 全南大学校 農科大学 教授(College of Agriculture, Chonnam Nat'l University)

生에 直接 使用되지 않는다고 하였다. 그러나 根에 含有된 非構造性炭水化合物이 呼吸이나 刈取後 再生의 構成成分으로 利用되기 爲해서 地上部로 移動되는지의 與否에 關한 問題는 앞으로 ^{14}C 등을 利用하여 確實히 究明하여야 하리라고 생각된다.

4. 貯藏炭水化合物의 日間 및 季節間 變化

貯藏炭水化合物의 含量은 에너지 均衡上 可變性을 나타내고 있는데 日間變化가 가장 甚한 草種은 Bromegrass로써 夜間에 非構造性炭水化合物의 $\frac{1}{3}$ 을 消失하며 植物의 非構造性炭水化合物은 午前 6時에 가장 낮고 그 後부터 午後 6時까지 直線的으로 增加한다고 한다(Holt 등, 1969). Jameson(1963)에 依하면 貯藏炭水化合物의 季節變化는 草種에 따라서 다르며 어떤 草種은 結實期 後에 貯藏炭水化合物이 가장 낮으나 대부분의 草種은 두번째와 세번째 葉의 出現時 貯藏炭水化合物 含量이 가장 낮다고 한다(White, 1973). 報告된 바에 依하면, 北 Carolina 에서 生育中인 *Arundinaria tecta* (새類)의 地下莖과 地上莖에 있어서 可溶性 炭水化合物은 新葉出現時에 急激히 減少하였으나 세번째 葉이 出現한 後 增加하기 始作하여 10월에 最大로 增加한 後 겨울부터 초봄까지 減少하였으며 南 Africa에서 生育中인 *Themeda triandra* (술새類)의 根에 있어서 可溶性 炭水化合物은 여름에 乾物重의 8.4%로 가장 낮고 겨울철에 18~19%로 가장 높았다. 그리고 Bermudagrass의 根과 地下莖에 있어서 可溶性 炭水化合物含量과 成分量은 봄철에 低下하였으나 봄철 地上部 生長은 地下莖의 貯藏炭水化合物만을 消耗하였고 地上部 生育이 活潑하여짐과 同時에 消耗된 貯藏炭水化合物이 補充되었는데 新葉出現時 地下莖은 可溶性 炭水化合物의 80~90%, 乾燥 有機物의 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3}$ 을 消失하였으며 다른 系統의 Bermudagrass에서는 季節變化가 나타나지 않았다. Star Bermudagrass의 根과 莖部는 南 Rhodesia에서도 一定한 季節變化를 나타내지 않았다. 獨逸에서 遂行한 Orchardgrass, Kentucky bluegrass 및 Tall oatgrass의 試驗 結果에 依하면 可溶性 炭水化合物은 겨울철에 減少하였다(Weinmann, 1961).

이러한 現象은 溫度, 水分, 養分이 貯藏炭水化合物

의 季節變化에 影響을 미치고 있기 때문이며 光合成量과 呼吸量의 均衡에 依하여 나타난다. 植物을 暗室에 놓아 두거나 每週 刈取하면 主로 呼吸作用에 依하여 有機物이 消失되므로 植物의 有機物 消耗量은 生成量을 超過하게 되는데 May(1960)는 Alfalfa와 永年生 禾本科牧草의 可溶性 炭水化合物 含量이 乾物重의 3~5%일때 地上部의 生育이 停止된다고 報告하였다.

以上에서 살펴본 바와 같이 貯藏器官에 있는 可溶性 炭水化合物의 季節變化는 대부분의 禾本科 草種에서 봄철 新葉出現時 減少하였으며 成熟하는 동안 增加하였으나, 어떤 草種은 典型的인 季節變化를 나타내지 않았는데 Weinmann(1961)에 依하면, 이러한 現象은 試料採取 過程의 不完全, 牧草의 生育習性 및 動態의 差異에 起因한다고 하였다. 그리고 貯藏된 可溶性 炭水化合物의 상당량은 組織形成 期間 및 濕氣가 많은 겨울철 休眠期間에 呼吸作用에 依하여 消失된다고 報告하였다.

5. 溫度의 影響

莖部에 있어서 貯藏炭水化合物의 溫度影響은 草種에 따라서 다르다. 北方型 牧草의 生育適溫은 20~25°C 이고 南方型 牧草의 生育適溫은 30~35°C인데 이는 主로 탄산가스 固定 酵素의 最適溫度의 差異에 起因한 것으로 알려져 있다. 卽 北方型 牧草와 南方型 牧草로 大別하여 보면 ribulose 1,5-diphosphate carboxylase의 活性은 北方型 牧草에서 더 높고 phosphoenol pyruvate carboxylase의 活性은 南方型 牧草에서 더 높는데 北方型 牧草는 Calvin(C₃) 光合成 回路, 南方型 牧草는 C₄ 및 C₃ 光合成 回路에 依하여 炭水化合物을 合成하며 北方型 牧草의 C₃ 回路는 維管束鞘組織의 葉綠體, 南方型 牧草의 C₄ 回路는 葉肉組織의 葉綠體에서 일어난다고 한다. (Kortschak 등, 1970, Lehninger, 1975, 高井康雄, 1976) (Fig. 1 参照).

특히 溫度는 貯藏炭水化合物의 季節變化에 顯저한 影響을 미치는데 Colby 등(1966)에 依하면 Orchardgrass 그루터기의 果糖의 季節變化는 地域에 따라 다르다. 卽 日本 北海道에 있어서 Orchardgrass의 果糖은 出穂 後에 增加하였으나 美國 Massachusetts

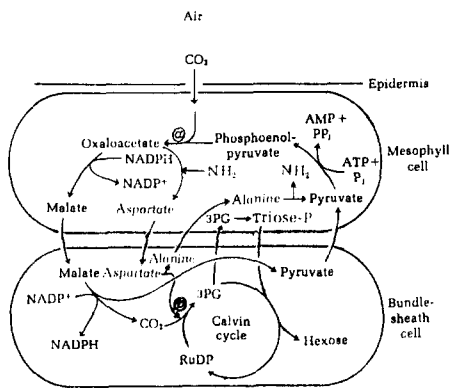


Fig. 1. The Hatch- Slack pathway for CO_2 fixation in C_4 plants. CO_2 is first fixed in mesophyll cells as oxaloacetate, which is then reduced to malate (or transaminated to form aspartate). Malate is then transported to cells of the bundle sheath, where it is decarboxylated by malate dehydrogenase (decarboxylating). The CO_2 formed enters the Calvin cycle and is converted into hexose. The Hatch-Slack cycle is then completed by transport of pyruvate to the mesophyll cell, where it is converted into oxaloacetate via phosphoenolpyruvate. (a): PEP carboxylase, (b): RuDP carboxylase)

ts에서는 출穂後에 減少하였는데 출穂後 果糖의 減少現象은 Massachusetts의 6月氣溫이 높은데 起因한다고 報告하였다. (Fig. 2 参照)

그리고晝夜間에 있어서 높은溫度는 水溶性 炭水化物的 含量을 低下시키며, 특히 夜間 高温은 晝間 高温보다 Timothy, Bromegrass, Orchardgrass 및 Kentucky bluegrass와 같은 北方型 牧草의 貯藏 炭水化物 含量을 더 많이 低下시킨다 (Baker 등, 1968).

한편 最適溫度 以下일때 晝間溫度의 增加는 呼吸量과 純同化量을 增加시키나 夜間溫度의 增加는 呼吸量만 增加시키므로 貯藏物質이 減少한다. 그리고 季節別貯藏炭水化物은 草種의 差異보다는 氣候의 特性에 있다고 White(1973)는 指摘하였다.

이와 같이 氣候는 貯藏炭水化物的 變化에 重要한

役割을 하고 있으므로 季節別 刈取時期는 刈取回数보다도 더 重要한 要因이 된다. 따라서 刈取後 貯藏炭水化物은 먼저 呼吸物質로 使用되고 그 殘量이 生長點으로 移動되어 利用되므로 夏枯期의 刈取는 牧草內 炭水化物的 含量減少를 促進시키게 된다.

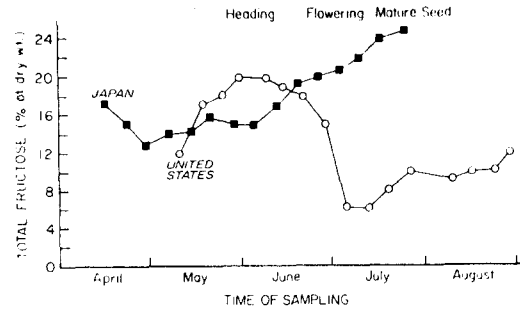


Fig. 2. Percentage of total fructose in stem bases of orchardgrass plants grown in Massachusetts, U. S. A. and Hokkaido, Japan (Colby et al., 1966)

6. 水分의 影響

貯藏炭水化物에 關한 水分스트레스의 影響은 多樣하게 나타난다고 한다. Brown 등(1970)에 依하면 水分스트레스는 Orchardgrass 그루터기의 水溶性 炭水化물을 增加시켰으나 生長率을 減少시켰다고 하였으며 水分스트레스下에서 水溶性 炭水化물과 無機窒素의 形成은 光合成에 依해서 보다도 炭素를 含有한 窒素物質의 轉移에 起因된다고 하였다. 그리고 初期狀態의 旱魃은 生育을 抑制시키고 貯藏炭水化物的 保存을 促進시키나 高温期에 長期間 旱魃이 繼續되면 牧草의 質은 低下된다고 推定하였다. 따라서 水溶性 炭水化物 含量이 반드시 牧草의 質을 表示하는 指標는 아니나 牧草가 枯死되거나 組織이 退化되지 않는 限 旱魃이 牧草의 質을 低下시킨다고 推定하는 것은 疑問視된다고 하였다.

이와같이 Brown 등(1970)은 旱魃이 몇가지 禾本科 草種의 貯藏炭水化물을 增加시켰다고 하였으나 다른 研究者들은 減少시켰다고 報告(White, 1973)하고 있는데 이러한 現象은 旱魃에 依한 水分스트레스의 程度, 水分스트레스가 일어날때 植物生育期의 差異 및 旱魃에 依한 溫度上昇程度에 起因한 것으로 생각된다.

7. 結 論

貯藏炭水化合物은 非構造化炭水化合物인데 北方型 牧草는 蔗糖(Sucrose)과 Fructosan 그리고 南方型 牧草는 蔗糖과 澱粉(starch)으로 貯藏된다. 窒素化合物은 呼吸에 利用되나 炭水化合物처럼 貯藏되거나 利用되지 않는다.

대부분의 貯藏炭水化合物은 刈株(그루터기), 匍匐莖, 球莖 및 地下莖에 貯藏되며 根에 含有된 非構造化炭水化合物은 刈取 後 植物의 再生에 利用되지 않는다.

牧草의 生育期, 溫度, 水分 그리고 窒素施肥는 炭水化合物의 貯藏量에 현저한 變化를 惹起시키며 貯藏炭水化合物의 季節變化는 同一 草種에 있어서도 環境條件이 다른 地域에 따라 다르다.

引用文獻

1. Baker, B. S. and G. A. Jung. 1968. Effect of environmental conditions on the growth of four perennial grasses. 1. Response to controlled temperature. Agron. J. 60: 155~158.
2. Brown, R. H. and R. E. Blaser. 1970. Soil moisture and temperature effects on growth and soluble carbohydrates of orchardgrass (*Dactylis glomerata*). Crop Sci. 10(3) : 213~215.
3. Colby, W. G., Mack Drase, Hisatomo Oohara and Norihito Yoshida. 1966. Carbohydrate reserves in orchardgrass. Int. Grassl. Congr. Proc. 10th. p151~155.
4. Holt, D. A. and A. R. Hilst. 1969. Daily variation in carbohydrate content of selected forage crops. Agron. J. 61:239~242.
5. Kortschak, H. P. and L. G. Niekell. 1970. Calvin-type carbon dioxide in sugarcane stalk parenchyma tissue. Plant physiol. 45:515~516.
6. Lehninger, A. L. 1975. Biochemistry. Worth publishers, Inc. New York. p638.
7. May, L. H. 1960. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. Herb. Abstr. 30(4) : 239~245.
8. May, L. H. and J. L. Davidson. 1958. The role of carbohydrate reserves in regeneration of plants. 1. Carbohydrate changes in subterranean clover following defoliation. Aust. J. Agri. Res. 9(6) : 767~777.
9. Smith, D. and J. P. Silva. 1969. Use of carbohydrate and nitrogen root reserves in the regrowth of alfalfa from greenhouse experiments under light and dark conditions. Crop Sci. 9 : 464~467.
10. Sullivan, J. T. and V. G. Sprague. 1943. Composition of the roots and stubble of perennial ryegrass following partial defoliation. Plant Physiol. 18(4) : 656~670.
11. Weinmann, H. 1961. Total available carbohydrates in grasses and legumes. Herb. Abstr. 31(4) : 255~261.
12. White, L. M. 1973. Carbohydrate reserves of grasses: a review. J. Range Manage. 26(1) : 13~18.
13. 高井康雄. 1976. 植物榮養土壤肥料大事典 養賢堂. 東京. p28.