

Prom. N° 3118

**Étude du développement du trèfle blanc  
en relation avec les fluctuations  
de quelques substances organiques**

**THÈSE**

présentée à l'Ecole polytechnique fédérale, Zurich,  
pour l'obtention du grade de docteur ès sciences techniques

par

**Alexandre Vez**

ing. agr. dipl. EPF  
de Veyrier (GE) et Cheseaux (VD)

Rapporteur: Prof. Dr R. Koblet

Corapporteur: Prof. Dr A. Frey-Wyssling

### 5.3. Conclusion

La résistance du trèfle blanc à la fréquence des coupes est bien connue. Nous avons constaté toutefois qu'une augmentation de la fréquence des coupes, bien qu'elle n'influence que peu le rendement, entraîne une réduction notable de la masse des organes de réserve sans influencer cependant la teneur de ceux-ci en glucides utilisables et en substances azotées. La résistance hivernale n'est pas affectée. Le type géant Ladino est plus sensible à la fréquence des coupes que les deux autres types.

Une dernière coupe d'automne élevée favorise la croissance des organes de réserve au cours de l'arrière-automne et dans une mesure plus faible l'accumulation des réserves durant cette période. Cet effet se marque significativement sur la vigueur de la repousse printanière. Il est plus marqué sur les types courts que sur le type géant Ladino.

### Résumé

#### I

Dans la première partie de ce travail, nous avons suivi au cours de 2 années le développement de 3 types de trèfle blanc; un type géant (variété Ladino), un type intermédiaire (variété S 100) et un type commun (variété Wilkla). Les fluctuations saisonnières des glucides de réserve, des substances azotées et, sur une variété, des acides organiques ont été examinées.

Nous avons pu faire les observations suivantes:

1. La masse des racines, très faible, est sujette à de fortes variations saisonnières: forte réduction hivernale (tout particulièrement durant le premier hiver par suite d'une infection cryptogamique des racines); développement durant toute la saison de végétation, plus particulièrement marqué en automne.
2. La masse des stolons est relativement élevée. Ceux-ci constituent les principaux organes de réserve du trèfle blanc. Les variations saisonnières sont nettement plus fortes que celles des racines: très forte réduction hivernale et croissance estivale et automnale très marquée.
3. Chaque coupe entraîne une diminution de la masse des stolons et des racines.
4. La teneur en glucides utilisables des parties aériennes est peu élevée. La teneur en amidon reste constamment basse. Les réserves glucidiques s'accumulent avant tout dans d'autres organes et échappent ainsi à la coupe.

5. Les glucides accumulés dans les racines et dans les stolons varient plus ou moins parallèlement. On observe une accumulation lente durant l'été et très marquée en automne, une forte diminution hivernale (en particulier pendant le premier hiver), une mobilisation importante et très brusque après la coupe suivie d'une réaccumulation rapide; 3 semaines après la coupe, les réserves mobilisées sont remplacées. Après la coupe, la mobilisation des glucides est, en quantité, nettement plus forte dans les stolons que dans les racines.
6. La vigueur de la repousse printanière des parties aériennes est influencée par les quantités de glucides utilisables encore présents dans les organes de réserve au printemps.
7. L'amidon est le principal des glucides de réserve. Ses variations reflètent celles de l'ensemble des glucides. Toutefois, sous l'effet des froids hivernaux ou de la sécheresse (été 1959), ce glucide se convertit dans une large mesure en saccharose.

La teneur en sucres réducteurs des organes de réserve est basse et ne présente que de faibles variations.

Les coupes entraînent une brusque et forte diminution de la teneur en amidon et en saccharose. L'effet n'est que faiblement marqué sur les sucres réducteurs.

8. La teneur en protéine brute des stolons et des racines varie au cours d'une saison de végétation suivant une large courbe en U avec ses maxima au printemps et en automne. Une diminution en quantité n'est sensible qu'au premier printemps; l'augmentation est lente durant l'été et s'accroît en automne. Au cours de l'hiver, la teneur augmente dans l'ensemble des organes de réserve, mais les quantités accumulées ne varient que peu dans les racines; elles baissent par contre dans les stolons. Les coupes entraînent une diminution momentanée des substances azotées dans les organes de réserve.
9. La teneur globale en acide organique varie au cours d'une saison entre 6% et 8% dans les parties aériennes, entre 3% et 5% dans les stolons et entre 2,2% et 3,4% dans les racines. Les dosages d'automne sont les plus bas.
10. Les 3 variétés examinées présentent dans l'ensemble peu de différences. Nous pouvons mentionner toutefois: la sensibilité hivernale du Ladino (forte mortalité et grosse consommation des réserves), la bonne résistance de Wilkla, le développement particulièrement marqué des organes de réserve du Ladino au cours de l'été et de l'automne accompagné d'une accumulation très intense des réserves et la masse racinaire relativement élevée de S 100 par unité de surface.

## II

Dans la seconde partie de ce travail, nous avons examiné l'effet de 2 régimes de coupe (intervalles de 6 et 3 semaines) et de la hauteur de la dernière coupe d'automne (2,5 cm et 10 cm) sur le développement du trèfle blanc, l'accumulation des réserves et la repousse. Les constatations suivantes ont été faites :

1. Au cours de la première année, les 2 régimes de coupe n'ont pas fourni des rendements significativement différents.
2. Des déterminations effectuées à fin novembre mettent en évidence les points suivants :
  - Le régime de coupe de 3 semaines a réduit significativement la masse des racines et stolons.
  - La teneur en réserves de ces organes n'a pas été influencée par le régime de coupe.
  - La coupe d'automne effectuée à 10 cm a favorisé le développement des organes de réserve au cours de l'arrière-automne.
  - La variété géante Ladino a été davantage entravée par la fréquence des coupes ; la variété Wilkla par la hauteur de la dernière coupe.
3. Les déterminations effectuées en mars montrent que tous les écarts constatés en novembre sont encore bien marqués au printemps. La mortalité hivernale a été toutefois légèrement plus faible dans les parcelles soumises aux coupes fréquentes.
4. La coupe d'automne élevée a agi significativement sur le rendement de la repousse printanière.  
Le régime de coupe de 6 semaines a influencé favorablement la richesse en trèfle de la repousse.

## Zusammenfassung

### I

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit haben wir während zweier Jahre die Entwicklung von drei Weißkleearten, einer hochwachsenden (Ladino), einer mittleren (S 100) und einer niedrigwachsenden Sorte (Wilkla) verfolgt. Wir untersuchten die jahreszeitlichen Schwankungen der Reservekohlehydrate, des Rohproteins und – bei einer Sorte – der organischen Säuren.

Es wurden folgende Beobachtungen gemacht:

1. Die Wurzelmasse ist gering und unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen. Wir stellten während des Winters eine beträchtliche Abnahme, während der Vegetationsperiode und besonders im Herbst dagegen eine Zunahme fest. Die Abnahme war während des ersten Winters infolge einer Pilzinfektion der Wurzeln besonders stark.
2. Die Stolonenmasse ist verhältnismäßig groß; die Stolonen stellen die wichtigsten Reserveorgane des Weißklees dar. Die jahreszeitlichen Schwankungen sind bedeutend stärker als bei den Wurzeln: sehr starker Rückgang im Winter und intensives Wachstum im Sommer und im Herbst.
3. Jeder Schnitt verursacht eine Verminderung der Stolonen- und Wurzelmasse.
4. Der Kohlehydratgehalt der oberirdischen Teile ist gering. Der Stärkegehalt bleibt durchwegs niedrig. Die Reservekohlehydrate haben sich vor allem in anderen Organen angereichert und entgehen somit dem Schnitt.
5. Die in den Wurzeln und Stolonen gespeicherten Kohlehydrate variieren mehr oder weniger gleichartig. Man beobachtet während des Sommers eine langsame, im Herbst eine bedeutende Ansammlung; eine starke Abnahme im Winter (besonders während des ersten Winters), eine rasche und weitgehende Mobilisation nach dem Schnitt, gefolgt von einer raschen Neueinlagerung. Drei Wochen nach dem Schnitt sind die mobilisierten Reserven praktisch wieder ersetzt. Die in den Stolonen angesammelten Kohlehydrate nehmen nach dem Schnitt stärker ab als diejenigen der Wurzeln.
6. Geschwindigkeit und Rippigkeit des Frühjahrsaustriebes werden durch die im Frühling in den Reserveorganen noch vorhandene Menge an Kohlehydraten beeinflusst.
7. Die Stärke ist das wichtigste Reservekohlehydrat. Die Schwankungen im Stärkegehalt spiegeln jene des Gesamtgehaltes an Kohlehydraten wider. Unter dem Einfluß der winterlichen Kälte oder der Trockenheit (Sommer 1959) wandelt sich jedoch dieses Kohlehydrat zum Teil in Saccharose um. Der Gehalt an reduzierenden Zuckern in den Reserveorganen ist niedrig und weist nur schwache Variationen auf. Die Schnitte bringen eine sofortige und starke Abnahme des Stärke- und Saccharosegehaltes mit sich. Der Einfluß auf die reduzierenden Zucker ist unbedeutend.
8. Der Rohproteingehalt der Stolonen und der Wurzeln variiert im Laufe einer Vegetationsperiode gemäß einer breiten U-förmigen

Kurve mit den Maxima im Frühjahr und im Herbst. Eine Abnahme der auf die Flächeneinheit bezogenen Menge kann nur im Vorfrühling festgestellt werden; während des Sommers geht die Zunahme langsam vor sich; im Herbst erfolgt eine stärkere Anreicherung. Im Verlaufe des Winters steigt der Gehalt in allen Reserveorganen an; die angesammelten Mengen variieren in den Wurzeln nur wenig, sie sinken jedoch in den Stolonen ab. Die Schnitte bewirken eine momentane Abnahme der Rohproteine in den Reserveorganen.

9. Der gesamte Gehalt an organischen Säuren variiert im Laufe einer Saison zwischen 6% und 8% in den oberirdischen Teilen, zwischen 3% und 5% in den Stolonen, zwischen 2,2% und 3,4% in den Wurzeln. Im Herbst wurden die niedrigsten Werte gefunden.
10. Die drei untersuchten Sorten unterscheiden sich im gesamten nur wenig. Zu erwähnen sind immerhin: die geringe Winterfestigkeit des Ladino (hohe Sterblichkeit und starker Reservestoffverbrauch), die gute Resistenz des Wilkla, die besonders kräftige Entwicklung der Speicherorgane des Ladino im Sommer und im Herbst, begleitet von einer intensiven Stoffeinlagerung, sowie die relativ hohe Wurzelmasse von S 100 pro Flächeneinheit.

## II

Im zweiten Teil dieser Arbeit haben wir den Einfluß zweier Schnittverfahren (drei- und sechswöchige Intervalle) sowie der Höhe des letzten Schnittes im Herbst (2,5 und 10 cm) auf die Entwicklung des Weißklee sowie auf die Reservespeicherung und den Frühjahrsaustrieb geprüft. Es wurden folgende Feststellungen gemacht:

1. Während des ersten Jahres zeigten sich keine gesicherten Ertragsunterschiede zwischen den zwei Schnittverfahren.
2. Die Ende November ausgeführten Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:
  - Bei dreiwöchigem Schnitt wurde die Masse der Stolonen und Wurzeln herabgesetzt.
  - Der Reservestoffgehalt dieser Organe wurde von der Schnitthäufigkeit nicht beeinflusst.
  - Die Entwicklung der Speicherorgane im Laufe des Spätherbstes war um so besser, je höher der letzte Schnitt geführt wurde.
  - Der hochwachsende Ladino litt mehr unter der raschen Folge der Schnitte, die niedrigwachsende Sorte mehr unter dem scharfen Rückschnitt bei der letzten Futterernte.

3. Die im März ausgeführten Untersuchungen zeigen, daß alle im November festgestellten Abweichungen noch gut erkennbar sind. Die Wintersterblichkeit war in den häufig geschnittenen Parzellen ein wenig schwächer.
4. Der Ertrag des Frühjahraustriebes wurde durch den letzten Schnitt im Herbst (10 cm hoch) vorteilhaft beeinflusst.  
Durch die größere Häufigkeit der Schnitte wurde der Kleeanteil des Frühjahraustriebes herabgesetzt.

## Summary

### I

In the first part of this work, we examined during 2 years the growth of 3 strains of white clover: a giant type (Ladino), a medium type (S 100) and a common type (Wilkla). We have followed the seasonal variations of the available carbohydrates, sucrose, reducing sugars, nitrogenous substances; on one variety the content of organic acids has been examined as well.

The following results have been obtained:

1. The root weight proved to be very low and showed large seasonal fluctuations. The winter loss was high (especially during the first winter on account of a pathological infection of the roots). Growth is continued during the whole growing season and was particularly intensive in autumn.
2. The weight of the stolons was relatively high. Stolons are the most important storage organs of white clover. The seasonal variations were even greater than those of roots: very high winter losses and very vigorous summer and autumn growth.
3. Each defoliation caused a decrease in the weight of roots and stolons.
4. The available carbohydrate content of the shoot (leaves and petioles) is not very high. The starch content always proved to be low. The carbohydrate reserves are stored in other organs and are thus preserved from defoliation treatments.
5. The available carbohydrate content of roots and stolons shows more or less the same trends: We notice a slow increase during summer, a very intense accumulation in autumn, a great consumption of reserves during the winter (especially during the first winter), a quick and conspicuous decrease after defoliation followed by a rapid reaccumulation. Three weeks after defoliation, the reserves are thus restored to

their previous level. The decrease in the quantity of available carbohydrates after defoliation is more marked in the stolons than in the roots.

6. The spring growth of new shoots is influenced by the quantity of available carbohydrates left in the roots and stolons at the end of the winter.
7. Starch is the principal available carbohydrate in the storage organs. The concentration of starch varies more or less in the same way as the concentration of total available carbohydrates. Under the effect of winter frost or summer drought, however, the starch is partly converted into sucrose.

The concentration of reducing sugars is low, and variations are small. After defoliation, the concentration of starch and sucrose decreases abruptly, whereas the reducing sugars diminish only slightly.

8. The seasonal variations of the total nitrogenous substances of storage organs ( $N \times 6.25$ ) show as far as concentration is concerned a large U-shaped curve with the low point occurring during the summer and maxima in spring and autumn. In quantity, a decrease occurs in the first spring only, followed by a slow increase during summer and a very intensive one in autumn. During winter, the concentration increases both in roots and stolons, but in quantity the nitrogenous substances vary slightly in the roots, while they decrease in the stolons. The defoliation causes a temporary decrease of the nitrogenous substances both in roots and stolons.
9. The organic acid content varied during a growing season between 6% to 8% in the shoot, 3% to 5% in the stolons and 2.2% to 3.4% in the roots.

The lowest contents were found during the autumn.

10. The 3 strains examined do not show a clear difference in behaviour. We may mention, however, the low winterhardiness of Ladino (great injury and important utilisation of storage material), the good winter resistance of Wilkla, the vigorous growth of Ladino's storage organs during summer and autumn accompanied by an intense accumulation of reserves, and the relatively high root weight of S 100.

## II

In the second part of this investigation, we examined the effect of two clipping treatments (one with 6- and one with 3-week interval) as well as the effect of the height of the last autumn defoliation (2.5 cm and 10 cm



above ground) on the development of white clover, the storage of reserves and the new growth in spring.

The main results were as follow:

1. In the course of the first year, the yields obtained by the two clipping treatments were not significantly different.
2. Determinations made at the end of November allow the following statements:
  - The clipping at 3-week intervals reduced markedly the root and stolon weight.
  - The reserve content of the storage organs was not influenced by the clipping treatment.
  - The height of the last autumn defoliation influenced favourably the growth of the storage organs during the late autumn.
  - The giant strain Ladino is more strongly injured by frequent clipping, the common strain Wilkla by a close last autumn defoliation.
3. Determinations made in March showed that all the differences observed in November were still evident in spring. The winter injuries were, however, slightly smaller in the plots clipped every three weeks.
4. The last autumn defoliation (10 cm high) influenced favourably the yield of the new growth. Clipping in 3-week intervals caused a decrease of clover percentage.