

28. Jan. 1989

Diss. ETH Nr. 8375

**EINFLUSS DES LICHTANGEBOTES UND DER TEMPERATUR
AUF DIE ERTRAGSBILDUNG
UND DIE BIOLOGISCHE STICKSTOFF-FIXIERUNG
VON WEISSKLEE (*Trifolium repens L.*)**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
WILLY KESSLER
dipl. ing. agr. ETH
geboren am 9. Juli 1956
von Mettmenstetten (ZH)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J. Nösberger, Referent
Prof. Dr. H. Hennecke, Kofreferent

J.

Zürich 1987

ADAG Administration & Druck AG

V. Zusammenfassung

Für das Weisskleewachstum sind das Lichtangebot und die Temperatur von grosser Bedeutung. Unter kontrollierten Bedingungen wurde bei zwei Stufen der Nitraternahrung (1.0 und 7.5 mM) untersucht, ob die Abhängigkeit der biologischen Stickstoff-Fixierung (BNF) von diesen Faktoren bei der Beeinflussung des Weisskleewachstums eine Rolle spielt.

In einer ersten Serie von Versuchen mit nodulierten Weisskleepflanzen wurde die Photonen-Bestrahlungsstärke (E_p ; $100-500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) und die Tageslänge (11, 16 h) bei konstanten Luft- und Bodentemperaturen variiert. Höhere E_p steigerten den Trockensubstanzertrag pro Pflanze und gleichzeitig den Anteil der Wurzel- und Knöllchentrockenmasse. Die Nitrogenaseaktivität (C_2H_2 -Reduktion) war eng korreliert mit der Trockenmasse der nodulierten Wurzeln, so dass die BNF-Aktivität pro Pflanze bei höheren E_p nur über die Ausdehnung der nodulierten Wurzel gesteigert werden konnte. Bei Lichtmangel ($100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 16 h) und bei Kurztag (11 h) wurde die BNF-Kapazität der nodulierten Wurzel als Folge einer Anpassung an einen geringeren N-Bedarf reduziert.

In einer zweiten Serie von Versuchen mit konstanten E_p variierten einerseits die Luft- und Bodentemperaturen in einem mittleren Bereich (13/13 - 23/13°C Tag/Nacht) und andererseits die Bodentemperaturen in einem tieferen Bereich (5, 15°C konstant). Steigende Lufttemperaturen begünstigten die Trockensubstanzbildung und parallel dazu die Stickstoffträge pro Pflanze. Die Bodentemperatur wirkte sich im mittleren Bereich weder auf das Wachstum noch auf die Stickstoffakkumulation noch auf die BNF (^{15}N -Analyse) aus. Mit Hilfe der spezifischen Stickstoff-Absorptionsrate wurde gezeigt, dass die Lufttemperatur für die BNF-Aktivität pro Pflanze von grosser Bedeutung war. Diese konnte wiederum nur durch das Wachstum der nodulierten Wurzel gefördert werden. Bei tiefen Bodentemperaturen wurde neben einer Reduktion der Trockensubstanzerträge eine stärkere Reduktion der N-Erträge und eine Abnahme des BNF-Anteils am Gesamt-N pro Pflanze festgestellt. Mögliche Ursachen dafür wurden diskutiert.

Bei stärkerer Abhängigkeit von der BNF (1.0 mM NO_3^-) konnten die Pflanzen ihr Wachstumspotential nicht voll ausnutzen. Die Beeinträchtigung gegenüber Pflanzen mit einem höheren Nitratangebot (7.5 mM) nahm mit steigenden E_p und Lufttemperaturen ab und war zeitlich begrenzt.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass die BNF bei der Beeinflussung des Weisskleewachstums durch das Lichtangebot und die Temperatur eine untergeordnete Rolle spielt. Bei einer erhöhten Abhängigkeit von der BNF dürfte sich eine allfällige stärkere Beeinträchtigung des Wachstums durch diese Umweltfaktoren auf die Zeit der Jugendentwicklung beschränken. Es ist unwahrscheinlich, dass die BNF für die jahreszeitlichen Schwankungen des Weissklee-Ertragsanteils in gemischten Pflanzenbeständen verantwortlich ist. Alle Massnahmen, die dem Weissklee zu besseren Lichtbedingungen verhelfen, fördern seinen Beitrag zur Stickstoffversorgung von Wiesen und Weiden.

Summary

Light and temperature are two major factors determining the growth of white clover. The extent to which clover growth is influenced by the response of biological nitrogen fixation (BNF) to the two factors was assessed in growth chambers at two levels of nitrate fertilization (1.0 and 7.5 mM).

In a first set of experiments with nodulated white clover plants different regimes of photon irradiance (E_p) levels (100–500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) and daylengths (11, 16 h) were maintained at constant air and soil temperatures. Plant dry matter production, as well as root and nodule weight ratios, increased at higher E_p levels. Whole-root nitrogenase activity (acetylene reduction) was closely correlated with root dry weight. Increased root mass thus accounted for the higher BNF activity per plant at the higher E_p levels. Under low light (100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 16 h) or short day (11 h) conditions the BNF capacity of the roots was reduced in accordance with the decreased nitrogen demand of the plant.

In a second set of experiments plants were grown under constant light conditions at air and soil temperatures in a medium range (13/13°C–23/13°C day/night) as well as at soil temperatures in a low range (5, 15°C constant). Higher air temperatures favoured dry matter production and along with it also nitrogen yield per plant. Soil temperature in the medium range had neither an effect on growth and nitrogen accumulation nor on BNF (^{15}N analysis). Based on the calculation of specific absorption rates for nitrogen, air temperature was shown to be of great importance for the BNF activity per plant. Higher BNF activity was again solely attained through increased root growth. At low soil temperatures not only was a reduction in dry matter production observed, but also an even greater reduction in nitrogen yield and a decrease in the proportion of nitrogen derived from the atmosphere. Possible causes for this were discussed.

The more the plants were dependent on BNF for their nitrogen supply, the less they were able to fully utilize their growth potential. The differences between these plants and those grown at a higher level of nitrate fertilization (7.5 mM) were not only limited in time but also decreased as E_p levels and air temperatures increased.

This study shows that BNF plays a secondary role in determining the extent to which white clover growth is influenced by light and temperature. Any greater impairment of growth under increased dependence on BNF may be limited to the early stages of development. It is improbable that BNF is responsible for the seasonal fluctuations in the proportion of white clover in the yield of mixed swards. All measures leading to improved light conditions for white clover enhance its contribution to the nitrogen supply of meadows and pastures.