

**THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND PHOTOPERIOD ON PLANT
STRUCTURE AND DEVELOPMENT OF SWEET WHITE LUPIN
(*LUPINUS ALBUS* L.).**

**RONELL KEEVE
B. Sc., B. Sc. Hons.**

**Thesis submitted to the Department of Plant and Soil Sciences of the
Potchefstroom University for Christian Higher Education, in partial fulfilment of
the requirements for the degree**

Magister Scientiae (M. Sc.)

**Supervisor: Prof. Dr. G. H. J. Krüger
Potchefstroom 1997**

OPSOMMING

Die effek van plantdatum op die fenologiese ontwikkeling van *Lupinus albus* word ondersoek in beheerde omgewings en in veldproewe op Potchefstroom. Die genotipes ondersoek, is Tifwhite (verpligte koue behoefte), Esta (lang groeiseisoen), Hantie, Kiev (beide medium groeiseisoen) en LAL 186 (kort groeiseisoen). Vir die veldproef is elf plantdatums geplant vanaf begin Februarie 1996 tot Januarie 1997. Vogstress is vermy deur besproeiing toe te pas. Die invloed van temperatuur (insluitend vernalisasie) en fotoperiode is op die duur van die fenologiese stadiums en op die opbrengs komponente van die genotipes vasgestel.

Beide temperatuur en fotoperiode beïnvloed die groei en ontwikkeling van *L. albus* genotipes. Die invloed van temperatuur sluit in die invloed van vernalisasie by saadontkieming en opkoms wat volgens Rahman en Gladstones (1974) onder 10°C is. Die vernaliserende temperatuur met opkoms van die plant kan die periode van opkoms tot blom versnel, terwyl koeler temperatuur gedurende die ontwikkeling van die plant voor die blomperiode, die periode vanaf plant tot blom verleng, in teenstelling met warmer temperatuur wat die periode verkort. Dae vanaf plant tot blom blyk meer aggressief beïnvloed te word deur vernaliserende temperatuur met opkoms, as dae vanaf plant tot blominitiasie op die apikale meristeem. Koel vernaliserende temperatuur dus, beïnvloed nie net genotipes met 'n verpligte vernalisasiebehoefte nie, maar ook die genotipes met 'n nie-verpligte kouebehoefte wat ondersoek is.

Die invloed van fotoperiode op die blom van *L. albus* is kwantitatief bevestig in beheerde omgewings aangesien plante vinniger tot blom oorgegaan het onder 'n langer fotoperiode. Dit is ook bevestig dat *L. albus* soos 'n langdagplant reageer onder veldtoestande. Hierdie is veral waargeneem vir Tifwhite, die genotipe met die verpligte koue behoefte. Die ander genotipes, Esta, Hantie, Kiev en LAL 186, het dieselfde tendens getoon. Dit is bevind dat langdagplante blom soos die dae langer word gedurende die seisoen, of wanneer 'n kritiese langdagperiode bereik word en deur die plant waargeneem word. Om die kritiese fotoperiode waarop die plant reageer te

bepaal, kan moeilik wees, selfs met ekstreme plantdatums. Die kritiese fotoperiode vir *Lupinus angustifolius* is deur Reader *et al.* (1995) vasgestel as 13,5 uur van eksperimentele data in Engeland. Die langste periode gedurende die somermaande in Potchefstroom is 14,5 uur op 21 Julie, wat dit moontlik maak om die kritiese fotoperiode hier vas te stel deur verdere proefneming. Beheerde omgewing groeikamers kan natuurlik ook benut word.

In die huidige ondersoek is termiese en fototermiese eenhede bereken en gekorreleer met die periode van plant tot blom in 'n poging om die dae tot blom van die gewas te voorspel by enige plantdatum. Uit veldeksperimente is die kombinasie van temperatuur en fotoperiode data verkry, waaruit die berekening van die hoeveelheid termiese (hitte) eenhede, wanneer die plant nie deur fotoperiode beïnvloed word nie, en fototermiese eenhede wanneer fotoperiode wel 'n invloed het op groei en ontwikkeling, bereken is. Daar word in hierdie studie gebruik gemaak van fototermiese en dagligtermiese eenhede met 'n basis temperatuur van 4 °C soos voorgestel deur Huyghe (1991). In die vergelyking vir fototermiese eenhede word die naglengte van die komplementêre fotoperiode (insluitend skemer tydperke) van die betrokke dag gebruik, en in die vergelyking vir dagligtermiese eenhede, die naglengte van die komplementêre dagliglengte (uitsluitend skemerlig) van die betrokke dag. Die gebruik van dagligtermiese eenhede het 'n meer konstante verband getoon met dae tot blom gedurende die verskillende plantdatums van die genotipes Esta, Hantie en Tifwhite en sal dalk lei tot verdere voorspelling van akkurate blomtye by dié genotipes in ander omgewings. Baie faktore mag 'n invloed uitoefen op die model, soos byvoorbeeld, 'n ander basistemperatuur, die insluiting van die invloed van vernalisasie op ontkieming en opkoms van die plant, saad grootte (Huyghe, 1991), en selfs verskillende basistemperatuur vir die verskillende genotipes. Dit is waargeneem dat die balans tussen die invloed van vernaliserende temperatuur gedurende ontkieming en opkoms, en koeler temperatuur gedurende die groei van die plant verskil het tussen die genotipes van *L. albus* wat ondersoek is. Hierdie verskynsel is ook waargeneem in die poging om die aantal fototermiese eenhede te bepaal wat die gewas benodig om oor te gaan tot blom. Dit is ook waargeneem dat enkelsaadmassa en opbrengs verband hou met die

periode vanaf plant tot rypwording, met ander woorde die totale groeiperiode van die gewas. Dit beklemtoon die belangrikheid van die bepaling van die totale invloed van klimaat op die groei en ontwikkeling van die plant. In hierdie studie was dit duidelik dat die variasie in die rypheidsdatum 'n meer konsekwente effek gehad het op saadopbrengs as dae tot blom, veral vir die vertakte genotipes. Dus, die duur van die reprodktiewe fase het 'n meer betekenisvolle effek gehad op algemene groei en saadopbrengs van die plant, as die duur van die vegetatiewe fase.

Rahman en Gladstones (1972) het bevind dat saailinge wat gevernaliseer word tydens ontkieming minder sensitief is vir langer fotoperiode en meer sensitief vir korter fotoperiode, as plante wat nie gevernaliseer is nie. In hierdie studie is dit bevestig vir Tifwhite en Kiev, maar nie vir Esta nie. Literatuur gegewens dui daarop dat die bevinding wel toegepas kan word op die genotipes van *L. luteus*, *L. angustifolius*, *L. cosentini* en *L. albus* wat aan die betrokke navorsing onderworpe was. In die huidige studie is verskille in die reaksie van *L. albus* genotipes op vernalisasie ook bepaal. Die resultate verkry bevestig dat variasie in die groei en ontwikkeling van *L. albus* kan dui op verskille tussen die genotipes in reaksie op temperatuur en fotoperiode.

Daar is al vele modelle ontwikkel wat blomdatum-voorspelling van 'n verskeidenheid gewasse beskryf, maar dit bly steeds moeilik om die gebeurtenis akkuraat te voorspel, veral wanneer die plant aan verskillende omgewings met verskillende klimaatsomstandighede blootgestel word. Die belangrikste rede hiervoor is die beperking van die datastel wat gebruik word. Om meer akkurate voorspellings te maak in verband met fenologiese groeistadiums, moet die datastel 'n wye area van omgewings en plantdatums insluit (Grimm *et al.*, 1993). Uit die huidige studie blyk die mees geskikte plantdatums vir Potchefstroom, vir al die genotipes, gedurende die eerste week in Junie te wees. Plantdatums tussen Februarie en einde Maart word nie aanbeveel nie, aangesien ryp waarskynlik gedurende die blomperiodes sou kon voorkom wat tot terminering van die groei van die plant kan lei. Die eerste week in Oktober word aanbeveel as die beste plantdatum vir die genotipes Hantie, Kiev en LAL 186, maar is ongeskik vir Tifwhite en Esta.

Verdere studies betreffende die aantal fototermiese eenhede wat benodig word vir 'n genotipe, wat kan lei tot 'n model vir al die genotipes, wat die periode van blom akkuraat kan voorspel, is essensieel in verdere uitbreiding op die studie. Meer akkurate voorspellings kan dan gemaak word vir die blomdatum en blomtydperk van *L. albus* wat kommersieel gebruik kan word in areas waar lupien nog nie voorheen verbou is nie, of waar daar nuwe genotipes ontwikkel word. Wanneer akkurate voorspellings van dié aard gemaak kan word, wat gekorreleer kan word met opbrengs, word dit verwag dat die area onder lupienverbouing sal toeneem. Hierdie studie kan gebruik word as basis vir hierdie werk. Die voorgestelde model van dagligtermiese eenhede, wat die naglengte teenoor die dagliglengte insluit, en wat 'n sekere mate van stabiliteit vir Esta, Tifwhite en Hantie voorspel, mag 'n betekenisvolle begin wees vir die bepaling van die stabiliteit van nuwe areas vir die verbouing van huidige en nuwe lupien genotipes. As 'n basis kan die aantal dagligtermiese eenhede gekorreleer word met koördinate soos hoogte bo seespieël en lengte- en breedtegraad, vir die kartering van verbouingsmoontlikhede van die gewas. Die grondslag van so 'n model sal gebaseer word op die interaksie van gewas-klimaatbehoefte en grondkwaliteite soos die suksesvolle bewerkbaarheid van die grond by optimale plantdatums en grond eienskappe.

ABSTRACT

It is predicted that one miljard Rand of protein will be imported into South Africa during 1997/98. Local oilcake production was 286 000 t during 1995/1996, of which the largest contributors were sunflower, 215 000 t and soybean, 36 000 t. The total amount of protein imported was 367 000 t, of which 71 000 t were sunflower and 131 000 t soybean (Ebedes, 1996). It can thus be stated that South Africa is a major under-producer of high-quality feed protein. In the cooler areas of South Africa, lupins can make a contribution to protein production. At this stage the small amount of lupins (*L. albus*, 35% protein and *L. angustifolius*, 30% protein) produced are mostly used as on farm protein and only small amounts enter the animal feedmarket. It is estimated that ca 5 000 t *Lupinus albus* grain is produced in the summer rainfall areas, and 20 000 t lupins (*L. albus* and *L. angustifolius*) in the winter rainfall region. This amounts to only ca 8750 t protein.

The area under lupin production is increasing due to a project undertaken by the Agricultural Research Council, and financed by the Protein Research Trust that is focusing on suppling farmers with an extension service in lupin cultivation. Lupins can be utilized directly without heat treatment and is thus promoted and produced as an on-farm protein, provided that it has a low alkaloid concentration (<0.03%). The advantages of this crop are many. Besides being a cheap source of protein produced on farm, it is a pulse crop that fixes nitrogen, thus supplying nitrogen to the soil that is available for the next crop. Lupins have also been planted in rotation with maize and wheat with advantage to both crops.

The widespread interest in the advantages of lupins is leading to the crop being produced in areas where it has not been grown before. The best planting dates and genotypes suited to these new areas are not known. Many lupin genotypes have a vernalization requirement for flowering. It is not clear whether failure of genotypes in new production areas is due to vernalization or temperature requirement, or the influence of photoperiod, thus resulting in very short and sometimes excessively tall plants. Due

to the interaction between these factors it is therefore difficult to predict suitable planting dates for lupin genotypes in such areas. To develop recommendations for cultural practices to enhance the production of lupins in other areas it is important to determine the effect of planting date and vernalization on flowering. The fact that lupins have a potentially much wider spectrum of possible planting dates than many other crops, adds to the complexity of this problem.

The influence of temperature (including vernalization) was examined under controlled environment and in field experiments at Potchefstroom. The results obtained in the controlled environment chamber indicated the influence of photoperiod on the growth of the plant. The plant flowered earlier under the longer photoperiod treatment of 16 hours of light, presenting the response of a long day plant. In the field trial, 11 planting dates were planted in order to examine the various influences of the interaction between temperature and photoperiod throughout the season. These results confirmed that in the *L. albus* genotypes studied, time to flowering was related to both mean temperature and daylength, or photoperiod. This study also confirmed that lupins act as long day plants. The vernalization period during germination of the seedlings, not only influenced Tifwhite, the obligatory vernalizing requiring genotype, but also had an influence on the other genotypes, causing them to flower quicker. This vernalization period during germination differed from cool temperatures influencing the plant during the vegetative stage of development before the onset of flowering. Here, cool temperatures delayed the onset of the inflorescence formation, while warmer temperatures shortened the period to flowering for all genotypes.

The influence of temperature and photoperiod was assessed on the period from planting to flowering and yield of different *L. albus* genotypes. With such information it may be possible to attempt to predict the response of these and newly developed genotypes to new production environments. Results obtained from the calculation of photothermal units indicated the influence of photoperiod, as well as temperature, on flowering. However, it seemed that daylength thermal (incorporating the night length opposite the natural daylength, excluding twilight, in the equation) and not photothermal units

(incorporating the night length opposite the photoperiod, including twilight) explained flowering more accurately suggesting that certain factors in the model would have to be scrutinized in order for the model to provide a better fit. It may also be necessary that the period from emergence to flowering or initiation be wider explored. The model incorporating the night length of the daylength term for Esta seemed to enable future predictions of this nature at least for Esta.