

Thèse EPFZ n° 8696

**ETUDE DES MECANISMES DE LIMITATION DU RENDEMENT
PAR DES TEMPERATURES FRAICHES
CHEZ DES VARIETES DE SOJA (GLYCINE MAX (L.) Merr.)
DE TOLERANCES AU FROID CONTRASTEES**

THESE

présentée à
l'ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE ZURICH
pour l'obtention du titre de docteur ès sciences techniques

par

PATRICK SCHLEPPI
Ing. agr. dipl. EPFZ
né le 11 mars 1962
de Lignièrès (NE)

Acceptée sur proposition des
Prof. Dr. E.R. Keller, rapporteur,
Dr. A. Soldati et
Prof. Dr. P. Stamp, corapporteurs

Zurich, 1988

Des essais en champs (10 génotypes, 2 ans et 2 lieux d'altitudes différentes en Suisse Orientale) ont montré que des températures estivales fraîches ($\leq 15^{\circ}\text{C}$) peuvent fortement limiter le rendement du soja en réduisant le nombre de grains par fruit et la masse moyenne des grains. Le nombre de gousses est plus faible sur les noeuds dont les feuilles n'étaient pas encore dépliées pendant une période fraîche. Sauf en conditions trop défavorables, les génotypes assez tolérants aux températures fraîches parviennent à bien compenser ce manque de fruits en en produisant plus haut sur la tige; mais cette compensation retarde le remplissage des fruits, qui se fait alors imparfaitement, sur une somme de températures réduite. Le rendement est ainsi limité par des retours de froid en été même si le cycle de végétation se fait entièrement sur une somme de températures constante.

Des essais en pots ont été conduits en serres; 4 génotypes ont été soumis à un stress de froid en début floraison (11-12/8-9°C jour/nuit contre 21-22/15-17°C pour les témoins). D'après des marquages de plantes entières au $^{14}\text{CO}_2$, la translocation des photoassimilats hors des limbes puis vers les organes floraux n'est (relativement au carbone assimilé et à la masse sèche des différents organes) pas limitée par des températures fraîches. Une accumulation au froid de glucides non-structuraux (amidon, saccharose, glucose et fructose) a lieu dans les limbes et est attribuable à leur croissance en surface ralentie. Les génotypes sensibles ou tolérants aux températures fraîches pendant la floraison ne se distinguent pas à ce stade quant à leur répartition des photoassimilats. Ces essais confirment toutefois que les fruits et grains sont en nombre inférieur sur les noeuds qui portaient des boutons floraux pendant la durée du froid. Après un stress de froid en serre de 18j, on observe le même type de compensation qu'en champ; le potentiel de mise à fruits compensatoire sur la partie supérieure des tiges est très grand.

Les variétés les plus tolérantes aux climats tempérés froids (ayant une sécurité de rendement suffisante) semblent être celles qui ont une fructification assez rapide après un stress de froid pour profiter aussi de courtes périodes plus chaudes et ainsi ne pas trop retarder le remplissage des grains.

SUMMARY

Studies of the mechanisms by which cool temperatures limit yield at soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars with contrasting cold tolerance.

Field trials (10 genotypes, 2 years and 2 locations in eastern Switzerland) demonstrated that cool summer temperatures ($\leq 15^{\circ}\text{C}$) can limit drastically the yield of soybean by reducing the number of grains per pod as well as the average grain weight. The pod number is lower on those nodes whose leaves were not yet unfolded during a cool weather period. Except when conditions are too unfavorable, genotypes sufficiently tolerant to cool temperatures can well compensate for this lack of fruits by producing some higher up on the stem; this compensation, however, delays pod filling which is therefore only partially achieved, under a reduced temperature sum. The yield is thus limited by cold weather periods in summer even if the vegetation cycle is completed under a constant temperature sum.

Pot trials were conducted in glasshouses; 4 genotypes were subjected to a cold stress at the beginning of flowering (11-12/8-9°C *vs.* control at 21-22/15-17°C). Labelling entire plants with $^{14}\text{CO}_2$ show that the translocation of photoassimilates from the leaves and to the flower organs is (relative to the assimilated carbon and to the dry matter of the different organs) not limited by cool temperatures. Nonstructural carbohydrates (starch, sucrose, glucose, fructose) accumulate in the laminae of cold stressed plants, which can be explained by their reduced surface growth. Genotypes which are sensitive or tolerant to cool temperature during flowering show no differences in their partitioning of photoassimilates at this stage. These trials, however, confirm that the number of fruits and grains is lower on those nodes which carried flower buds during the cold period. After a cold stress of 18d in the glasshouse, the same pattern of compensation is observed as compared to field trials; the potential of compensatory pod set on the upper part of the stems is very great.

The cultivars most tolerant to cool temperate climates (i.e. with a good yield stability) seem to be those which have a rapid pod set following a cold stress, thus enabling them to profit also from short periods of warmer weather and so begin seed filling early enough.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchung von Mechanismen der Ertraglimitierung durch kühle Temperaturen bei Sojabohnensorten (*Glycine max* (L.) Merr.) unterschiedlicher Kältetoleranzen

In Feldversuchen (10 Genotypen, 2 Jahre und 2 Orte in der Ostschweiz) wurde gezeigt, daß kühle Sommertemperaturen ($\leq 15^{\circ}\text{C}$) den Sojabohnenertrag stark reduzieren können, indem die Anzahl Körner pro Frucht und die durchschnittliche Masse der Körner abnehmen. Die Anzahl Hülsen ist kleiner auf denjenigen Knoten, deren Blätter während einer kühlen Periode noch nicht entfaltet waren. Unter nicht allzu ungünstigen Bedingungen können die Genotypen, die gegenüber kühlen Temperaturen ausreichend tolerant sind, die fehlenden Früchte gut kompensieren, indem sie später neue Früchte höher am Stengel anlegen; dabei verspätet sich aber die Fruchtfüllung, die dann unvollkommen, bei einer geringeren Temperatursumme abläuft. Kälteeinbrüche im Sommer reduzieren so den Ertrag selbst dann, wenn für den gesamten Vegetationszyklus die Temperatursumme konstant bleibt.

Topfversuche wurden im Gewächshaus durchgeführt; 4 Genotypen wurden an einem Kältestress ab Beginn der Blüte ausgesetzt (11-12/8-9°C gegenüber 21-22/15-17°C für Kontrollverfahren). Markierungen ganzer Pflanzen mit $^{14}\text{CO}_2$ zeigten, daß sowohl der Transport von Photoassimilaten aus den Blättern, als auch der Transport zu den Blütenorganen (bezogen auf den assimilierten Kohlenstoff und auf die Trockenmasse der einzelnen Organe) nicht begrenzt wird durch Tag/Nacht Temperaturen von 11-12/8-9°C (Kontrollverfahren: 21 22/15 17°C). Unter Kälte erfolgt eine Anhäufung von nicht-strukturbildenden Kohlenhydraten (Stärke, Saccharose, Glucose, Fructose) in den Blattspreiten, dies wird als Folge des langsameren Flächenwachstums der Blätter angesehen. Genotypen, die gegenüber kühlen Temperaturen während der Blütezeit entweder empfindlich oder tolerant sind, unterscheiden sich zu diesem Zeitpunkt in der Verteilung ihrer Photoassimilate nicht. Diese Versuche bestätigen jedoch den negativen Einfluß der Kälte auf den Körnerertrag derjenigen Knoten, die während der Kälte-

einwirkung Blütenknospen trugen. Nach einem Kältestreß von 18 Tagen im Gewächshaus wird dasselbe Kompensationsverhalten wie im Feld beobachtet; das Potential für diesen kompensatorischen Fruchtansatz ist sehr groß.

Am tolerantesten gegenüber kühl-gemässigten Klimaten (d.h. mit genügender Ertragssicherheit) scheinen diejenige Sorten zu sein, die nach einem Kältestreß einen genügend raschen Fruchtansatz zeigen; so können sie auch von kurzen wärmeren Perioden profitieren und rechtzeitig mit der Kornfüllung beginnen.