

Diss ETH 6381

EINFLUSS TIEFER TEMPERATUREN AUF DAS WACHSTUM UND DEN ERTRAGS -
AUFBAU VERSCHIEDENER SOJABOHNENSORTEN (GLYCINE MAX (L.) MERR.)

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN

HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

JUERG ERWIN SCHMID

dipl. ing. agr. ETH

geboren am 2. August 1950

von Udligenswil (LU)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. E.R. Keller, Referent

Prof. Dr. J. Nösberger, Korreferent

1979

IV ZUSAMMENFASSUNG

Für die Anpassung der Sojabohne an die schweizerischen Klimabedingungen ist die Kältetoleranz im Jugendstadium und in gewissen reproduktiven Entwicklungsstadien von ausschlaggebender Bedeutung. Es wurde deshalb versucht, geeignete Sorten bezüglich ihrer Kältetoleranzeigenschaften zu prüfen und grundlegende Angaben über das Kältetoleranzverhalten unter schweizerischen Temperaturbedingungen zu erhalten.

Aus der Literatur und der Korrespondenz mit in- und ausländischen Instituten konnte ein Sortiment von 82 Sorten mit unterschiedlicher Kältetoleranz zusammengestellt und unter Feld- und Kühlraumbedingungen geprüft werden.

Aufgrund der hohen Temperaturen im Jahre 1976 an den Versuchsorten in der Nord- und Südschweiz konnten die Sorten nur auf Frühreife, Wuchsform und Krankheitsanfälligkeit selektioniert werden. Ein Kältetoleranztest in Kühlräumen und Wachstumskammern lieferte ergänzende Angaben bezüglich der Kältetoleranz. Um Informationen über die Kältetoleranz im Jugendstadium zu erhalten, eignen sich vor allem Erhebungen der Trockensubstanzproduktion pro Pflanze unter kühlen Temperaturbedingungen. Für die weiteren Kältestressversuche wurden die kältetoleranten Sorten Amurskaja 41 (Russland), ISZ-7 und I-1 (Ungarn) sowie die eher kältesensible Vergleichssorte Gieso (Deutschland) ausgewählt.

Kältebehandlungen von 4 beziehungsweise 14 Tagen in verschiedenen Zeitabschnitten der vegetativen und reproduktiven Entwicklung führten im Gewächshausversuch 1976 zu einer Einschätzung der Kälteempfindlichkeit in verschiedenen Entwicklungsstadien. Die Ertragsreduktionen infolge des 4-tägigen Kältestress bei Gieso waren vor allem im 1- und 3-Blattstadium sowie zu Beginn der Blüte feststellbar. Die kältetolerante Sorte Amurskaja 41 wies in diesen empfindlichen Stadien signifikant höhere Erträge auf als

Gieso. Zu Beginn der Hülsenbildung wirkte sich die kurzfristige Temperatursenkung im Vergleich zum Kältestress beim Blühbeginn bei beiden Sorten ertragssteigernd aus. Die nachfolgenden Reproduktionsstadien wiesen wiederum eine erhöhte Kälteempfindlichkeit auf. Das Hundertkorngewicht, die Hülsen- und Kornzahl sind Komponenten, welche für die temperaturbedingten Ertragschwankungen in erster Linie verantwortlich sind.

Das vegetative Wachstum wurde durch die Temperatursenkung sofort verlangsamt, doch kam es zu Kompensationsreaktionen, indem die gestressten Pflanzen zum Beispiel im oberen Teil des Haupttriebes längere Internodien bildeten. Die leichte Ueberlegenheit der kältetoleranten Sorte Amurskaja 41 wurde im Vergleich zu Gieso auch deutlich durch die wesentlich höheren Erträge in dem Verfahren mit konstant kühlen Temperaturen.

Die Kälteempfindlichkeit in den erwähnten Entwicklungsstadien wurde auch unter Feldbedingungen untersucht (Feldversuch 1977). Die Kältebehandlung in diesen Stadien erfolgte durch frühe Anzucht im geheizten Treibkasten, verbunden mit dem Pikieren ins Feld im entsprechenden Stadium. Die wachstumshemmende Wirkung der Kältebehandlung zu Beginn der Blüte konnte von der kältetoleranten Sorte ISZ-7 viel schneller kompensiert werden. Die Kälteeinwirkung war gut ersichtlich aufgrund der Strukturänderungen des Haupttriebes, das heisst, der Verteilung der Internodienlängen. Der Blühbeginn wurde als kälteempfindlichstes Stadium bestätigt, wobei die kältetoleranten Sorten Amurskaja 41, ISZ-7 und I-1 verglichen mit Gieso eine geringere Ertragsreduktion beim Stress in diesem Stadium, bezogen auf die Kältebehandlung im Vegetationsstadium V1 (1-Blattstadium) aufwiesen. Das Ertragsniveau war unter Feldbedingungen jedoch ungenügend.

Das Kältetoleranzverhalten dieser vier Sorten wurde im Versuch in Wachstumskammern 1977 hinsichtlich des Temperaturniveaus untersucht, wobei die drei Temperaturbereiche den Bedingungen von Locarno (warm, Saatzeit im Mai), Zürich (kühl, Saatzeit im Mai) und einer Frühsaat in Zürich (kalt, Saatzeit im April)

entsprachen. Die grosse Wuchskraft der kältetoleranten Sorten ISZ-7 und I-1 unter extrem kalten Temperaturen kam vor allem in der gegenüber Gieso und Amurskaja 41 erhöhten durchschnittlichen Wachstumsrate des Haupttriebes 70 - 100 Tage nach der Saat zum Ausdruck. Die grössere Kältetoleranz dieser Sorten zeigte sich nicht im Jugendstadium, sondern in der Fähigkeit, auf einen Kältestress folgende höhere Temperaturen besser ausnützen zu können als Gieso und Amurskaja 41. Diese Fähigkeit bestätigte sich auch in der hohen Korn-TS-Produktion pro Grad Celsius im kalten Temperaturbereich. Der Hülsenansatz war unter Stressbedingungen bei ISZ-7 und I-1 wesentlich höher als bei den anderen Sorten. In der Ertragsreaktion, welche vorderhand die sicherste Einschätzung der Kältetoleranz darstellt, zeigte sich die Stärke der kältetoleranten Sorten ISZ-7 und I-1 vor allem im kältesten Temperaturbereich. So vermochte ISZ-7 den Korn-ertrag tendenzmässig und I-1 wesentlich unter den kühlen und kalten Bedingungen zu steigern. Gieso und Amurskaja 41 zeigten im kältesten Temperaturregime eine starke Ertragsreduktion.

Die Dauer einer Kälteeinwirkung übte ebenfalls einen grossen Einfluss auf das Wachstum und den Ertragsaufbau der Sojabohne aus. Der Gewächshausversuch 1977/78 bestätigte die Kältetoleranzeigenschaften der geprüften Sorten auch hinsichtlich dieses Kältestresskriteriums. Unterschiede wurden vor allem beim Kältestress von langer Dauer deutlich, indem umfassende Kompensationsreaktionen im vegetativen Bereich nur den kältetoleranten Sorten gelangen. Der prozentuale Hülsenansatz, bezogen auf die maximale Blütenzahl, war bei I-1 unter extremen Kältestressbedingungen in allen drei empfindlichen Entwicklungsstadien signifikant höher als bei der Vergleichssorte Gieso. Auch im Harvest Index kam die grosse Ausgeglichenheit unter tiefen Temperaturen zum Ausdruck. Die Ueberlegenheit im Ertrag der Sorten ISZ-7 und I-1, verglichen mit Gieso und Amurskaja 41 zeigte sich vor allem in den Verfahren mit Kältestress von langer Dauer.

Aufgrund dieser Versuchsergebnisse können die Sorten ISZ-7 und I-1 als umfassend kältetolerant bezeichnet werden. Amur - skaja 41 ist nur im Jugendstadium und während der Blüte kälte - tolerant. Gieso ist mit gewissen Einschränkungen in dieselbe Kältetoleranzklasse wie Amurskaja 41 einzustufen. Das Kälte - toleranzverhalten zeigte grundsätzlich, dass die Eigenschaft sich in ganz unterschiedlichen Reaktionsweisen ausprägen und deshalb nur mit möglichst umfassenden Analysen genauer beur - teilt werden kann.

Das Ertragsniveau der kältetoleranten Sorten ISZ-7 und I-1 sollte höher sein, um die Anforderungen der Praxis zu erfüllen ; Kältetoleranz ist jedoch eine wichtige Eigenschaft, die, in ertragsstärkere Sorten aus günstigeren Klimagebieten eingebaut, auch in Grenzlagen für den Anbau die Ertragssicherheit ver - bessern dürfte.

RESUME

Afin d'introduire le soja sous nos conditions climatiques en Suisse, on doit tenir compte de la tolérance au froid de cette culture. En effet, ce facteur est d'une importance déterminante au cours des premiers stades de développement ainsi que dans certaines phases du développement reproductif. Nous avons ainsi testé différentes variétés appropriées par rapport à leurs propriétés de tolérance au froid. Nous nous sommes efforcés en plus d'obtenir des données fondamentales sur le comportement de la tolérance au froid de cette culture sous nos températures en Suisse.

Après un travail de bibliographie et des contacts pris avec des instituts suisses et étrangers, nous avons mis sur pieds un assortiment de 82 variétés avec une tolérance au froid différente. Nous les avons testées en champ et en chambre frigorifique. En raison des températures élevées qui reagnaient en 1976 aux lieux d'essais dans le nord et le sud de la Suisse, nous n'avons sélectionné les variétés que sur les critères précocité, type de croissance et sensibilité contre des maladies. Un teste de tolérance au froid dans des chambres frigorifiques et climatisées livra des informations complémentaires en ce qui concerne la tolérance au froid. Pour gagner de l'information sur la tolérance au froid dans les premiers stades de développement nous avons effectué spécialement des relevés de production de matière sèche par plante sous des conditions de basses températures. Pour les autres essais de stress au froid nous avons choisi les variétés tolérantes au froid telles Amurskaja 41 (Russie), ISZ-7 et I-1 (Hongrie) ainsi que la variété Gieso (République Fédérale Allemande) plutôt sensible au froid comme contrôle.

En 1976 nous avons effectué sous serre des essais de traitements au froid d'une durée de 4 et de 14 jours respectivement à divers stades du développement végétatif et reproductif. Cela nous

servit d'appréciation de la sensibilité au froid à différents stades du développement végétatif et reproductif. Les baisses de rendement se sont manifestées avant tout aux stades 1 feuille et 3 feuilles ainsi qu'au début de la floraison à la suite du stress au froid de 4 jours chez Gieso. La variété tolérante au froid Amurskaja 41 livra des rendements plus élevés que Gieso à un degré significatif à ces stades sensibles. Au début de la formation des gousses, la baisse de température de courte durée influença de manière positive le rendement des deux variétés par comparaison au stress de froid pendant le début de la floraison. Les stades reproductifs suivants présentèrent de nouveau une sensibilité au froid plus élevée. Le poids de cent grains, le nombre de gousses et le nombre de grains sont des composantes qui en premier lieu sont responsables des variations du rendement liées à la température.

La croissance végétative ralentissa tout de suite après la baisse de température. Cependant nous avons observé des phénomènes de compensation, dans ce sens que les plantes stressées formèrent par exemple des internoeuds plus longs dans la partie supérieure de la tige principale. Le léger avantage de la variété tolérante au froid Amurskaja 41 par rapport à Gieso s'est signalé également par des rendements passablement supérieurs dans le procédé aux températures toujours froides.

Nous avons également étudié la sensibilité au froid aux stades de développement cités dans des essais en champ. (Essais en champ de 1977). Le traitement au froid à ces stades s'est fait en repiquant dans le champ les plantes au stade désiré qui avaient été cultivées auparavant dans des couches chauffées. L'action dépressive sur la croissance du traitement au froid au début de la floraison a pu être compensée plus rapidement par la variété tolérante au froid ISZ-7. L'action du froid s'est marquée visiblement par les changements de structure de la tige principale, c. à d. dans la répartition de la longueur des internoeuds. Le début de la floraison s'affirma être le stade le plus sensible au froid. Comparées à Gieso, les variétés

Amurskaja 41, ISZ-7 et I-1, tolérantes au froid, démontrèrent une réduction de rendement moindre d'ue au stress à ce stade par comparaison au stade de végétation 1 (stade 1 feuille). Le niveau de rendement était cependant insatisfaisant pour des conditions en champ.

Le comportement à la tolérance au froid de ces 4 variétés a été étudié dans des essais en chambre climatisée en 1977 quant au niveau de température. Les 3 niveaux de température correspondèrent aux conditions de Locarno (chaud, date de semis en mai), de Zürich (frais, date de semis en mai) et d'un semis précoce à Zürich (froid, date de semis en avril).

La grande vigueur de croissance des variétés ISZ-7 et I-1 tolérantes au froid, sous des températures extrêmement froides se remarqua par un taux de croissance moyen élevé de la tige principale entre 70 et 100 jours après le semis par rapport à Gieso et Amurskaja 41. La plus grande tolérance au froid de ces variétés ne se montra pas dans les premiers stades de développement, mais dans la faculté à mieux faire valoir les températures plus élevées à la suite d'un stress au froid par rapport aux variétés Gieso et Amurskaja 41. Cette faculté se confirma également dans la forte production de matière sèche en grains par degré de température Celsius dans la zone de température froide. Sous les conditions de stress la mise à gousse était plus élevée chez ISZ-7 et I-1 que chez les autres variétés. Quant au rendement, ce qui représente finalement l'estimation la plus sûre de la tolérance au froid, les variétés ISZ-7 et I-1 tolérantes s'affirmèrent supérieures spécialement dans la zone de température la plus froide. Ainsi, sous les conditions fraîches et froides de température, ISZ-7 a pu livrer un rendement en grains supérieur de quelque peu et I-1 de manière importante. Gieso et Amurskaja 41 démontrèrent une forte baisse de rendement dans le régime de température le plus froid.

La durée du stress au froid eut une grande influence également sur la croissance et les composantes du rendement du soja.

L'essai en serre de 1977/78 confirma les propriétés de tolérance au froid des variétés testées, également pour ce qui ressort de ce critère de stress au froid. Les différences se sont marquées avant tout lors du stress au froid de longue durée. De grands phénomènes de compensation ont eu lieu seulement sur les variétés tolérantes au froid au stade végétatif. La mise à gousse estimée en pourcentage, par comparaison au nombre maximal de fleurs était plus grande significativement chez I-1 que chez Gieso servant de contrôle dans les périodes extrêmes de stress au froid aux 3 stades sensibles du développement. L'indice de rendement s'est avéré également fort constant sous les basses températures. Les rendements supérieures des variétés ISZ-7 et I-1 par rapport à Gieso et Amurskaja 41 apparurent avant tout dans les procédés de stress au froid de longue durée.

Sur la base de ces résultats d'essais nous pouvons qualifier les variétés ISZ-7 et I-1 comme tolérantes au froid dans leur ensemble. Amurskaja 41 n'est tolérante au froid que pendant les premiers stades de développement et pendant la floraison. A part quelques restrictions on peut mettre Gieso dans la même classe de tolérance au froid que Amurskaja 41. Le comportement de la tolérance au froid fit apparaître fondamentalement que cette propriété peut se manifester par des modes de réactions totalement différents. Aussi est-il nécessaire d'avoir recours à des analyses précises de grande envergure si possible avant de prendre positions. Le niveau de rendement des variétés ISZ-7 et I-1 devrait être encore plus élevée avant de pouvoir satisfaire les exigences des praticiens. La tolérance au froid est cependant une propriété de grande importance. En l'introduisant dans des variétés à haut rendement provenant de régions climatiques favorables, cette propriété devrait également mieux assurer le rendement pour la culture en régions marginales.

SUMMARY

Cold tolerance in the early stages and in certain stages of reproductive development is of decisive importance for the adaptation of soybean to climatic conditions in Switzerland. Therefore, an attempt was made to test suitable varieties with regard to their cold tolerant characteristics in order to obtain fundamental details about cold tolerant behaviour under such climatic conditions.

Based on literature and correspondence with Swiss and foreign institutes, an assortment of 82 varieties with varying cold tolerant characteristics was selected. Due to the high temperatures at the experimental sites in the northern and southern parts of Switzerland in 1976, the varieties could only be selected with respect to their early ripening, growth form and resistance to disease. A test in the cool rooms and growth chambers gave supplementary details with regard to cold tolerance. Investigations on dry matter production per plant under cold temperature conditions are especially suitable for obtaining information about cold tolerance in early stages of development. The cold tolerant varieties Amurskaja 41 (Russia), ISZ-7 and I-1 (Hungary) as well as the rather cold sensitive comparison variety Gieso (Germany) were chosen for further cold stress investigations.

During a glasshouse trial in 1976, cold treatments lasting 4 or 14 days at various time periods of vegetative and reproductive development led to an assessment of cold sensitivity at various stages of development. Gieso's reduction in yield, especially in the first and third leaf stages as well as at the beginning of flowering, was ascertained to be the result of a 4 day cold stress. As compared with Gieso, the cold tolerant variety Amurskaja 41 produced significantly higher yields at these sensitive stages. In comparison to cold stress at the beginning of flowering, a short term temperature decrease at the beginning of pod formation

brought about an increase in yield for both varieties. However, the subsequent reproductive stages showed an increase in cold sensitivity. The hundred seed weight, pod and seed number are components which are responsible for the variation in yield due to temperature.

Vegetative growth lessened immediately due to temperature decrease. However, compensation reactions resulted in the fact that stressed plants, for example, formed longer internodes in the upper part of the main stem. The slight superiority of the cold tolerant variety Amurskaja 41 as compared with Gieso was also evident from significantly higher yields in the treatments having constantly cool temperatures.

The cold sensitivity in the above-mentioned stages of development was also investigated under field conditions (field trial 1977). The cold treatment at these stages followed on early cultivation in a hotbed together with transplantation to the field at the appropriate stages. The cold treatment had an inhibiting effect on growth at the beginning of flowering. The cold tolerant variety ISZ-7 compensated for this much more quickly. The cold effect was clearly evident as a cause of structural changes on the main tiller, i.e. the distribution of internode lengths. It was established that the beginning of flowering was the most cold sensitive stage. The cold tolerant varieties Amurskaja 41, ISZ-7 and I-1, as compared with Gieso, showed a smaller reduction in yield due to stress at this stage, compared with the cold treatment in the vegetative stage (first leaf stage). The yielding level was insufficient under field conditions.

The cold tolerant behaviour of these four varieties, with regard to temperature levels, was investigated in a growth chamber experiment in 1977. The three temperature ranges corresponded to the conditions in Locarno (warm, sowing in May), Zürich (cool, sowing in May) and an early sowing in Zürich (cold, sowing in April).

The very vigorous growth rate of the cold tolerant varieties ISZ-7 and I-1, as opposed to Gieso and Amurskaja 41, was clearly evident in the increased average growth rate of the main tiller 70-100 days after sowing, under extremely cold temperatures. The higher cold tolerance of these varieties was not evident in the early stages, but showed itself rather in its ability to utilise higher temperatures following a cold stress. This ability was also verified by the high seed/dry matter production per degree centigrade in the cold temperature range. The number of pods was clearly higher under stress conditions for ISZ-7 and I-1 than for other varieties. The yielding reaction, which at present represents the surest estimation of cold tolerance, shows the strength of the cold tolerant varieties ISZ-7 and I-1 especially in the coldest temperature ranges. Therefore, the grain yield rose slightly for ISZ-7 and markedly for I-1 under the cool and cold conditions. Gieso and Amurskaja 41 showed a definite reduction in yield under the coldest temperature regime.

The length of the cold treatment also had a strong influence on the growth and development of the soybean yield. The glasshouse experiment 1977/78 confirmed the cold tolerant characteristics of the tested varieties, also based on the cold stress criterion. Differences were especially evident under a cold stress of long duration in that only the cold tolerant varieties were capable of extensive compensation reactions in the vegetative area. The percentage number of pods, based on the maximum number of flowers, was significantly higher under extreme cold stress conditions. The harvest index was also very stable under low temperatures. The superiority in yield for the varieties ISZ-7 and I-1, as compared with Gieso and Amurskaja 41, was especially evident in the cold stress experiments of long duration.

The varieties ISZ-7 and I-1 can be termed cold tolerant based on the results of these experiments. Amurskaja 41 is cold tolerant only during the early stages and flowering. Gieso can be placed

in the same cold tolerant class as Amurskaja 41 with certain limitations. The cold tolerant behaviour showed basically that this characteristic can be defined in very different ways. It can, therefore, be considered only by comprehensive analysis. The yielding level of the cold tolerant varieties ISZ-7 and I-1 should be even higher in order to meet practical demands. Cold tolerance is, therefore, an important characteristic. It can improve the structure of yield in areas having unfavorable climatic conditions when bred into high-yielding varieties which come from areas having favorable conditions.