

# Pflanzen

## Agronomische Bedeutung lanzettförmiger Blätter bei der Soja

David Rotzler<sup>1</sup>, Peter Stamp<sup>1</sup>, Claude-Alain Betrix<sup>2</sup>, Jean-Charles De Groot<sup>2</sup>, Odile Moullet<sup>2</sup> und Arnold Schori<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich, CH-8092 Zürich

<sup>2</sup>Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-1260 Nyon

Auskünfte: Claude-Alain Betrix, E-Mail: claude-alain.betrix@acw.admin.ch, Tel. +41 22 363 47 44

### Zusammenfassung

**Die Anpassung der Soja an unsere klimatischen Bedingungen kann nicht gelingen, ohne dass die Blattfläche bedeutend reduziert wird. Dieses Ziel wird erreicht durch die Selektion von Pflanzen mit kleinen Blättern und durch Kreuzungen mit Genotypen, die lanzettförmige Blattformen zeigen. Im Allgemeinen bleibt die Einkreuzung des *ln* Allels, das die lanzettförmige Blätter exprimiert, ohne Einfluss auf den Ertrag, verkleinert hingegen die Blattfläche. In dieser Studie wurden neun lanzettförmige/ovale Isolinienpaare (*ln/ov*) auf dem Feld verglichen. Zwei davon wurden ausserdem auf ihre Jugendentwicklung untersucht. Der ovale Blatttyp zeigte eine kräftigere Jugendentwicklung. Beim lanzettlichen Blatttyp liessen sich eine Reduktion der Blattfläche, eine bessere Lichtdurchlässigkeit des Bestandes, eine höhere photosynthetische Aktivität tieferer Blätter sowie eine bessere Ertragsstabilität beobachten. Das *ln*-Allel trägt folglich positiv zur Anpassung der Soja an das schweizerische Klima bei.**

Der Sojaanbau (*Glycine max* [L.] Merr.) wurde 1988 in der Schweiz eingeführt, um die inländische Speiseölproduktion zu ergänzen. Der echte Wert dieser Hülsenfrucht liegt jedoch in seinem hohen Eiweissgehalt, der ihre Verwendung sowohl im Futtermittelsektor als auch für die menschliche Ernährung ermöglicht. Die Sojabohne, die für ausgewogene Fruchtfolgen unentbehrlich ist, gehört zurzeit zu den wenigen für die Schweizer Landwirtschaft verfügbaren Eiweisspflanzen.



Abb. 1. zwei Blattmorphologien: links ein ovaler Genotyp (*ov*); rechts ein lanzettförmiger Genotyp (*ln*).

Die Soja weist in unseren Klimaverhältnissen aufgrund ihrer tropischen Herkunft einen zu grossen Blattflächenindex auf (Blattfläche pro Bodenflächeneinheit, LAI; vgl. Kasten). Die tieferen Blätter werden von den oberen Blättern beschattet und können dadurch keine leistungsfähige Photosynthese erbringen, atmen aber wie die anderen Blätter. Demzufolge können die unteren Schichten des Pflanzenbestandes eine negative Photosynthesebilanz aufweisen. Die dichte Vegetation verursacht ein feuchtes und wenig durchlüftetes Mikroklima, das zu verschiedenen Pflanzenschutzproblemen führen kann. Dieser übermässige Blattwuchs bewirkt zudem eine Überlastung der Pflanze und fördert den Fruchtfall, was die Erntearbeiten erschwert (Schori *et al.* 2003). Seit den Anfängen 1981 versucht Agroscope Changins-Wädenswil ACW durch Züchtung die Blattfläche der Sojabohne zu vermindern, indem Genotypen mit kleinen Blattfiedern selektioniert und/oder Linien mit langen und schmalen Blättern (lanzettförmige Blätter) für

die Kreuzungen verwendet werden (Abb. 1).

In der vorliegenden Arbeit werden die Auswirkungen dieser Blatttypen auf die Blattfläche der Soja sowie deren genetischer Effekt (Pleiotropie) auf die Pflanzenarchitektur und die verschiedenen Ertragskomponenten innerhalb des schweizerischen genetischen Materials unter unseren, für diese Art marginalen, klimatischen Bedingungen untersucht.

### Genetisches Material

Um den Effekt des Blatttyps auf ähnliche genetische Grundlagen zu untersuchen, wurden Isolinien (F6:12) gebildet. Als Ausgangsmaterial für das *ln*-Allel wurden die kanadische Linie «OX611» und eine chinesische Linie gewählt. Gesamthaft wurden neun Isolinien aus vier verschiedenen Kreuzungen verwendet. Die besten aktuellen Schweizer Linien sowie einige interessante kanadische oder amerikanische Züchtungen («Ozzie», «Harcor» und «Maple Presto») erscheinen ebenfalls in den verschiedenen Kombinationen.

### Jugendentwicklung

Es wurden zwei Isolinienpaare untersucht, die wegen eines markanten Unterschieds beim TKG ausgewählt wurden. Dazu wurde eine Split Plot-Versuchsanordnung mit randomisierten Blöcken in Saatkasten ausgewählt (4 Wiederholungen), wobei die Isolinie als Hauptfaktor und der Blatttyp als Nebenfaktor fungierten. Um die Wüchsigkeit der Kultur zu

### Übermässiger Blattwuchs - ein typisch europäisches Problem!

Allgemein unterscheiden sich die Sojasorten aus Nordeuropa von denjenigen aus dem amerikanischen oder asiatischen Kontinenten durch kleinere Blattoberflächen und demzufolge durch eine kleinere Blattfläche. Diese Tendenz erklärt sich mit den klimatischen Unterschieden zwischen diesen Regionen. Der bedeckte Himmel und die hohe Luftfeuchtigkeit im Sommer, die das kontinentale und subtropische Klima charakterisieren, vermindern die Verdunstung. In Westeuropa erhöhen hingegen die grosse Lichtintensität und die tiefe Luftfeuchtigkeit die Verdunstung erheblich. Die übermässig grosse Blattfläche wird von verschiedenen Autoren als typisches Problem der temperierten Klimaregionen betrachtet. Sakamoto und Shaw (1967) zeigten, dass das Licht hauptsächlich an der Peripherie der Kronenschicht abgefangen wird. Die der Sonne ausgesetzte Blattfläche ist demnach kaum grösser als 1 LAI, was nur rund 20 bis 25% der Gesamtfläche entspricht. In ihrer Studie schätzen Hicks *et al.* (1969), dass die schlechte Lichtdurchlässigkeit in einer Sojakultur den Ertrag signifikant beeinträchtigen kann.

### Das lanzettförmige Blatt (*ln*)

Die Mehrheit der in Europa angebaute Sojasorten haben ovale Blätter (*ov*). Auch in der Schweiz ist dies der Standardtyp. Einige Sorten aus Asien oder den USA weisen längere und schmalere Blattoberflächen auf (Abb. 1). Dieser Typ wurde erstmals 1919 beschrieben. Für die lanzettförmige Eigenschaft ist ein einziges rezessives Gen im homozygoten Zustand verantwortlich (Palmer und Kilen 1987). Die Form des Blatts bei der heterozygoten Form (*Ln/ln*) liegt zwischen dem lanzettförmigen (*ln/ln*) und dem ovalen Typ (*Ln/Ln*). Verschiedene Autoren untersuchten die lanzettförmige Eigenschaft mithilfe von Isolinien mit praktisch identischem genetischen Hintergrund, die sich einzig durch das Allel, welches den Blatttyp kodiert, unterscheiden. Beim lanzettförmigen Typ ist die Blattfläche kleiner und das Licht dringt besser durch die Kronschicht ein (Hicks *et al.* 1969). Die zweite Eigenschaft, die durch das *ln*-Allel beeinflusst wird, ist die Körnerzahl pro Hülse, die beim lanzettförmigen Typ höher ist. Man spricht von einem pleiotropischen Effekt.

Die Frequenz der Hülsen mit vier Körnern und die Körnerzahl pro Pflanze sind beim *ln*-Typ meistens höher (Dinkins *et al.* 2002). Hingegen sind das Tausendkorngewicht (TKG) und - seltener - die Hülsenzahl pro Pflanze kleiner. Aus diesem Grund konnten manchmal nur kleine Ertragsunterschiede zugunsten des *ln*-Typs aufgezeigt werden. Wells *et al.* (1993) erwähnen, dass die Verminderung der Zwischenreihe die Produktivität des lanzettförmigen Typs im Vergleich zum normalen Typ verbessern kann. Mandl und Buss (1981) beobachteten eine leicht spätere Reife beim *ov*-Typ, ohne hingegen einen Ertragsunterschied festzustellen.

bestimmen, wurde die Trocken-substanz pro Pflanze zu verschiedenen Frühstadien der Kultur bestimmt (V1-4).

### Versuchs-anordnung auf dem Feld

Der Versuch fand über eine Zeitspanne von zwei Jahren statt (2006 und 2007). Eine Split Plot-Versuchsanordnung mit randomisierten Blöcken und vier Wiederholungen an drei repräsentativen Standorten des westlichen Mittellandes (Changins, Goumoëns und Giez) wurde angelegt. Untersucht wurden der Effekt der Linie (9 Paare) in der Hauptparzelle und der Allel-Effekt (Typen *ln* und *ov*) in alterniert angelegten Nebenparzellen. Zwei kleine Versuchsuntereinheiten von 0,4 Laufmeter in der Reihe (Probefläche) wurden zu Beginn der Vegetation bei jedem Unterverfahren und an jedem Standort abgesteckt (Abb. 2). Diese Probeflächen waren den destruktiven Messungen vorbehalten (Blattfläche und Ertragskomponenten).

### Blattfläche

An den Standorten Changins und Giez wurde die Blattfläche mithilfe eines Planimeters (LICOR 3100C) gemessen. Diese destruktive Messung wurde auf eine Untereinheit von 0,4 m bei einem ausreichenden Entwicklungsstadium (R4), aber noch vor dem Verlust der Basalblätter vorgenommen.

Die Lichtdurchlässigkeit der Blätter und der LAI wurden an

den Standorten Changins und Goumoëns mit dem LAI 2000 Canopy Analyser gemäss der von Malone beschriebenen Methode (2002) für die Sojakultur gemessen.

### Photosynthetische Aktivität

Zur Bewertung der photosynthetischen Aktivität wurde beim Vegetationsstadium R4 ein PAM-2000-Gerät verwendet, mit welchem die Fluoreszenz des



Abb. 2. Versuchsuntereinheiten (Probeflächen), die innerhalb der Hauptparzellen für die Messung der Blattfläche und der Ertragskomponenten abgesteckt wurden.



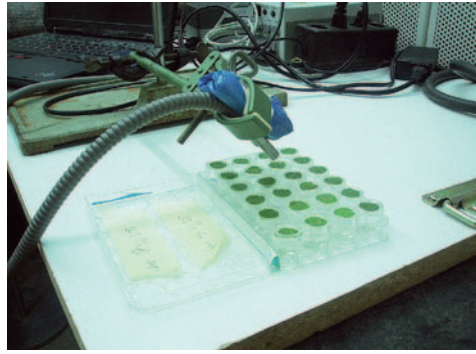
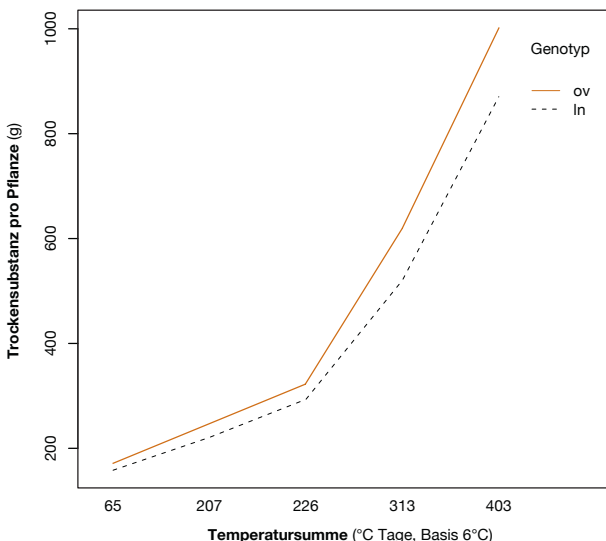
**Abb. 3. Probenahme von Blättern auf dem Feld, gefolgt von der Messung der Fluoreszenz des Chlorophylls *a* (PAM-2000) in einer Klimakammer nach einer spezifischen Anpassungsperiode (Dauer und Lichtintensität).**

Chlorophylls *a* gemessen werden kann. Der erhaltene Wert - «Genty-Parameter» - ist eng mit der CO<sub>2</sub>-Assimilation und demzufolge mit der photosynthetischen Aktivität korreliert (Oxborough und Baker 1997). Diese Messung erfolgte in Klimakammern bei kontrollierter Lichtintensität (66 microEinstein) und nach einer präzisen Anregungszeit (5, 30 und 60 min.). Es wurden Feldproben der zwei Blatttypen in beschatteter tiefer Lage und in proximaler Position (Scheitel) an der Sonne analysiert (Abb. 3).

### Ertrag, agronomische und qualitative Eigenschaften

Der Ertrag und seine Stabilität sind die Hauptziele von Züchter und Landwirt. Die quantitative Eigenschaft wird durch zahlreiche Gene kontrolliert. Bei der Sojabohne wird der Ertrag von den Ertragskomponenten Pflanzenzahl x Hülse pro Pflanze x Körnerzahl pro Hülse x TKG bestimmt.

**Abb. 4. Entwicklung der Trockenmasse pro Pflanze je nach Wachstumsstadium bei beiden Blatttypen.**



### Blattfläche

Im zweijährigen Durchschnitt zeigen die Planimeter-Messungen eine erheblich kleinere Blattfläche beim lanzettförmigen Typ. Zwischen den Faktoren Linien und Blatttyp wurde keine Wechselwirkung beobachtet. 2007 war die Blattfläche beim lanzettförmigen Typ um 14 % kleiner. Diese Unterschiede ergeben sich hauptsächlich aus den Blättern an den zentralen Knoten des Stängels (Abb. 5). Die alten Blätter an der Basis des Stängels und die jungen Blätter am Scheitel unterscheiden sich hinsichtlich der Blattfläche pro Knoten kaum oder überhaupt nicht.

Blattflächenindex ist im Durchschnitt bei der lanzettförmigen Soja um eine Einheit tiefer (Tab. 1). Die Ergebnisse von drei der neun Isolinien zeigen allerdings eine kleine Differenz im LAI zwischen den zwei Blattmorphologien und manchmal sogar eine umgekehrte Tendenz.

Diese verschiedenen Ertragskomponenten betreffen unterschiedliche Entwicklungsstadien der Kultur ein. Ihre Untersuchung ermöglicht es, den Einfluss eines Gens (*ln*) auf den Ertrag zu beschreiben. Andere Standardparameter wie die Bewertung des Fruchtfalls und die Vegetationsdauer pro Standort wurden während den zwei Jahren bewertet. 2006 wurden die Eiweiss- und Ölgehalte (NIRS) gemessen.

Die Benotung erfolgte anhand einer Skala von 1 bis 9, wobei 1 die beste und 9 die schlechteste Note war.

### Jugendentwicklung

Das Tausendkorngewicht ist bei den ovalen Linien erheblich höher als bei deren lanzettförmigen Isolinien. Dasselbe gilt für den Trockenmassengehalt vom Keimblatt (VC) bis zum Stadium 4. Dreiblatt entfaltet. Im VC-Stadium ist die Masse der Keimblätter beim ovalen Typ markant grösser. Die Differenz zwischen beiden Blatttypen nimmt im Verlauf des Wachstums tendenziell zu (Abb. 4).

### Photosynthetische Aktivität

Die photosynthetische Aktivität zeigt grosse Differenzen, die praktisch alle stark signifikant sind, zwischen den oberen und den unteren Blättern der Soja, zwischen den verschiedenen Linien und zwischen den zwei Blattmorphologien. Bei beiden Typen weisen die oberen Blätter, die dem Licht ausgesetzt sind, eine stärkere photosynthetische Aktivität als die unteren Blätter auf, die jedoch zwischen

**Tab. 1. Blattfläche in cm<sup>2</sup> pro Pflanze, gemessen mit einem Planimeter LI-COR 3100C. LAI (Leaf Area Index) gemessen mit einem LAI 2000 Canopy Analyser. Die Messungen für 2007 sind signifikant bei P = 0,05. ln = lanzettförmig und ov = oval**

| Jahr<br>Ort | Blatttyp | Blattfläche [cm <sup>2</sup> /Pflanze] |      | LAI<br>Changins |
|-------------|----------|--|------|-----------------|
|             |          | Changins                               | Giez |                 |
| 2006        | ln       | 1172                                   |      |                 |
|             | ov       | 1285                                   |      |                 |
| 2007        | ln       | 1171                                   | 1045 | 2,95            |
|             | ov       | 1355                                   | 1218 | 3,90            |

den Typen vergleichbar ist. Bei den unteren beschatteten Blattfiedern wurde die Photosynthese der lanzettförmigen Isolinien gegenüber dem ovalen Typ erheblich verbessert (Abb. 6).

### Ertrag

2006 wiesen die lanzettförmigen Linien eine grössere Körnerzahl pro Hülse und eine um rund 8% höhere Frequenz von vierkörnigen Hülsen auf. Der ovale Typ lieferte eine Hülse mehr pro Pflanze und ein um 16 g höheres TKG. Am Schluss konnte an unseren verschiedenen Standorten keine Ertragsdifferenz zwischen den zwei Blattmorphologien aufgezeigt werden (Tab. 2). Die Körnerzahl pro Pflanze war tendenziell beim *ln*-Typ höher, aber nicht signifikant.

2007 unterschieden sich die Hülsen- und Körnerzahl pro Pflanze zwischen den zwei Blatttypen nicht voneinander. Die Körnerzahl pro Hülse und die Anzahl vierkörniger Hülsen waren beim *ln*-Typ erneut signifikant höher, aber viel weniger markant als im Vorjahr. Beim TKG wurde eine Differenz um 14 g zugunsten des ovalen Typs festgestellt; für beide Typen wurde eine Zunahme um rund 20 g zwischen 2006 und 2007 registriert. 2007 war der Ertrag beim lanzettförmigen Typ signifikant höher (3 kg/Are in Changins und 1,7 kg/Are in Giez; Tab. 3).

### Andere agronomische und qualitative Eigenschaften

2006 wurde am Standort, welcher dem Fruchtfall am meisten ausgesetzt ist (Goumoëns), eine Abweichung um einen halben Punkt zugunsten des lanzettförmigen Typs festgestellt (auf einer Skala von 1 bis 9). 2007 betrug diese Abweichung 2 Punkte (zugunsten des *ln*-Typs).

2007 war die durchschnittliche Reife bei den *ln*-Isolinien um ca. 18 Tagesgrade (Basis: 6 °C) vor-

**Tab. 2. Durchschnitt der verschiedenen Ertragskomponenten für 2006 und 2007. n.s.= nicht signifikant, \* P < 0,05 und \*\* P < 0,01. ln = lanzettförmig und ov = oval**

| Jahr | Blatttyp | Anzahl Hülsen pro Pflanze | Anzahl Körner pro Hülse | Frequenz der Hülsen mit 4 Körner pro Pflanze | Anzahl Körner pro Pflanze | TKG [g] |
|------|----------|---------------------------|-------------------------|--|---------------------------|---------|
| 2006 | ln       | 14,8 *                    | 2,77 **                 | 13,4 % **                                    | 42,9 n.s.                 | 203 **  |
|      | ov       | 16,0                      | 2,38                    | 5,0 %  | 40,3                      | 218     |
| 2007 | ln       | 19,9 n.s.                 | 2,00 **                 | 3,5 % **                                     | 39,7 n.s.                 | 223 **  |
|      | ov       | 20,6                      | 1,87                    | 0,7 %  | 38,6                      | 237     |

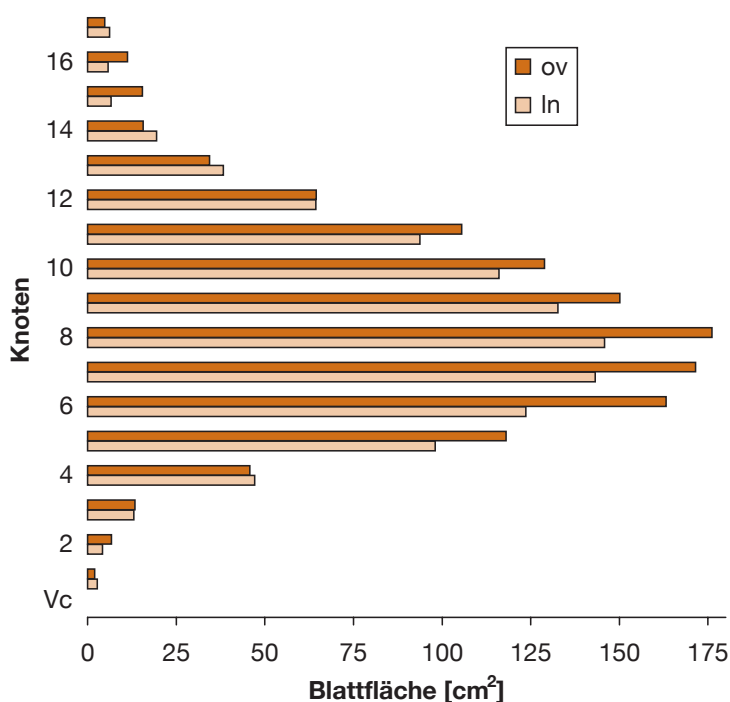
gelegt, was rund zwei Kulturtagen am Ende der Saison entspricht. Über die zwei Versuchsjahre war die Reife bei den lanzettförmigen Typen durchschnittlich um 1,5 Tage vorgelegt.

Der Eiweissgehalt variierte je nach Blatttyp signifikant. Im Durchschnitt der Standorte war der Eiweissgehalt der ovalen Linien um 0,8 % höher als derjenige der *ln*-Typen.

### Jugendentwicklung

Ein hohes TKG hat einen positiven Einfluss auf die Jugendentwicklung der Pflanzen. Beim Aufgang beruht der beobachtete Unterschied bei der Trockenmasse hauptsächlich auf den Keimblättern, also auf der Korn-

grösse. Vom Stadium 1. Einblatt (VC) bis zum Stadium 3. Dreiblatt (V4) ist die Biomasse (Wüchsigkeit) der Soja mit ovalen Blättern signifikant höher. Mit dem Erscheinen der Dreiblätter gewinnt der Faktor Blattfläche an Bedeutung, was die beobachteten Unterschiede grösstenteils erklärt: eine zunehmende Trockenmasse beim *ov*-Typ (Abb. 4). Gewisse Autoren beobachten höhere Erträge bei Pflanzen aus Saatgut mit hohem TKG. Schori (1994) zeigte Wachstumsunterschiede zwischen kleinen und grossen Körnern bis zum Stadium Blühbeginn (R1) auf. Agronomisch sichert eine wüchsige Jugendentwicklung eine optimale Kulturdicke und eine gute Resistenz gegenüber Unkraut.



**Abb. 5. Durchschnittliche Blattfläche pro Knoten in cm² am Standort Changins im Jahr 2007.**

**Tab. 3. Durchschnittliche Erträge an den verschiedenen Standorten für 2006 und 2007. n.s.= nicht signifikant, \* P < 0,05 und \*\* P < 0,01. In = lanzettförmig und ov = oval**

| Jahr | Blatttyp | Ertrag bei 11 % Feuchtigkeit in [kg/are] |      |       |      |         |      |
|------|----------|--|------|-------|------|---------|------|
|      |          | Changins                                 |      | Giez  |      | Goumëns |      |
| 2006 | In       | 36,45                                    | n.s. | 32,66 | n.s. | 35,96   | n.s. |
|      | ov       | 37,12                                    |      | 33,20 |      | 35,25   |      |
| 2007 | In       | 36,79                                    | **   | 29,87 | **   |         |      |
|      | ov       | 33,73                                    |      | 28,22 |      |         |      |

### Blattfläche

Die Einführung des *In*-Gens ermöglicht eine signifikante Reduktion der Blattfläche, und zwar unabhängig vom Standort oder vom genetischen Umfeld (Tab. 1).

Die LAI-Bewertungen, die anhand des LAI2000 Canopy Analysers erfolgten, zeigen einige Wechselwirkungen zwischen dem Blatttyp und dem isogenischen Paar, die wahrscheinlich mit dem frühen Reifestadium verbunden sind, bei welchem die Messungen erfolgen (vgl. Hicks *et al.* 1969). Zu diesem Zeitpunkt ist der Flächenunterschied zwischen den zwei Blattmorphologien nicht sehr stark, da die grossen Blätter im Stängelzentrum noch nicht ganz ausgefaltet sind (Abb. 5).

### Photosynthetische Aktivität

Das Alter der tiefen Blätter und demzufolge ihr physiologischer Zustand könnten ihre schwache photosynthetische Aktivität er-

klären. Im Reproduktionsstadium R4 ist der Alterungsprozess dieser Blätter gegenüber den jungen Blättern am Rand des Bestandes bereits fortgeschritten. Der hohe «Genty-Parameter» bei den unteren Blättern des lanzettförmigen Typs kann mit einer Verlangsamung der Alterung der Blätter als Antwort auf die Zunehmende Lichtdurchlässigkeit, welche die photosynthetische Aktivität der alten Blätter verlängert, erklärt werden. Sung und Chen (1989) haben eine Reduktion des Chlorophylls in den alten Blättern beobachtet. Gewisse Autoren bestreiten jedoch diese Verminderung des photosynthetischen Leistungsvermögens: Nooden *et al.* (1994) zeigten, dass schwache Lichtintensitäten die Alterung der Blätter von *Arabidopsis thaliana* bremsen, während Hopkinson (1966) angibt, eine Beschattung beschleunige die Alterung der Blätter von *Cucumis sativus*. Diese manchmal gegensätzlichen Laborversuchsergebnisse beleuchten verschiedene Prozesse. Sie können jedoch nicht auf einen Feldversuch übertragen werden. Die für uns überzeugendste Erklärung ist, dass die verbesserte Lichtdurchlässigkeit beim lanzettförmigen Typ die Alterung der unteren Blätter bremst und zu einer verlängerten Effizienz des photosynthetischen Apparats der Pflanze beiträgt (Abb. 6).

### Ertrag

In Anbetracht der Daten aus der Literatur (Hicks *et al.* 1969; Mandl und Buss 1981; Wells *et al.* 1994; Dinkins *et al.* 2002) und der Ergebnisse unserer früheren Ver-

suche ist der Ertragsunterschied, der 2007 zugunsten des lanzettförmigen Typs beobachtet wurde, erstaunlich (Tab. 3). Er erklärt sich sehr wahrscheinlich mit den aussergewöhnlichen klimatischen Bedingungen im Sommer 2007. Die kühlen Temperaturen während der Blütezeit verursachten einen intensiven Kältestress in den Sojakulturen. Das Fruchttragsprofil zeigte eine sehr klare Abnahme ab dem 8. Knoten. Die Pflanze, die bei der Anlegung der Körnerzahl gestresst war, kompensierte mit einer besseren Kornfüllung. Der tiefere Ertrag des *ov*-Typs scheint aus einer für beide Typen mehr oder weniger äquivalenten Blütenabwurf zu resultieren, jedoch mit schwereren Körnern beim *ov*-Typ. Falls dies tatsächlich der Fall ist, könnte die hohe Fruchtbarkeit pro Hülse der lanzettförmigen Genotypen einen wichtigen Faktor für die Ertragsstabilität unter kühlen Bedingungen darstellen.

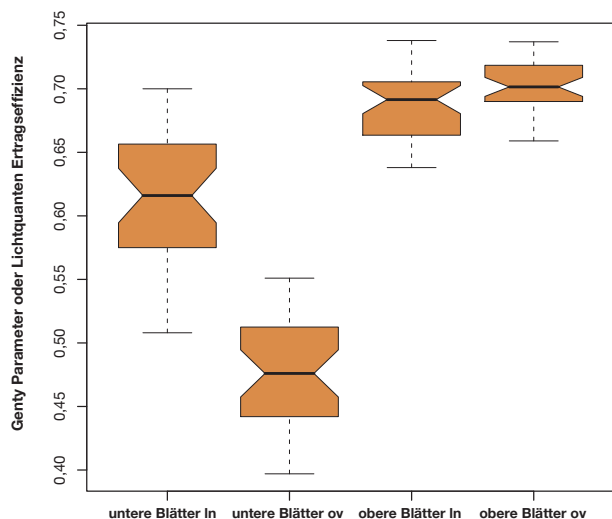
Unter «normalen» klimatischen Bedingungen wirkt sich die Reduktion der Blattfläche um 15% bis 20% beim lanzettförmigen Typ nicht direkt auf den Ertrag aus.

### Andere agronomische und qualitative Eigenschaften

Beim ovalen Typ war Fruchtfall im Reifestadium höher. Die Internodien minderer Grösse und die kleinere Blattmasse verbessern die Stabilität des Bestandes beim lanzettförmigen Typ. Obwohl sie bei den meisten Isolinen beobachtet wurde, hat diese kleine Differenz keine grossen Auswirkungen in der Praxis, wie es bereits Mandl und Buss (1981) aufgezeigt haben.

Der lanzettförmige Typ ist leicht frühreifer. Andere Autoren stellen bereits ähnliche Reifeunterschiede (1,3-1,7 Tage) zwischen den *In*- und *ov*-Typen fest (Mandl und Buss 1981). Allgemein verzögert die Intensität des Frucht-

**Abb. 6. Photosynthetische Aktivität ausgedrückt durch den «Genty-Parameter» in Abhängigkeit von der Blattposition auf dem Stängel des isogenischen Paares Nr. 7. Der Öffnungsgrad der «Einschnitte» zeigt, ob die Behandlung signifikant anders ist, als bei den anderen.**



falls durch seine negative Wirkung auf den Blattfall das Reifen der Pflanzen. Die Reifedifferenz zwischen den zwei Blatttypen ist indirekt dem besseren Verhalten der lanzettförmigen Linien gegenüber Fruchtfall zuzuschreiben.

Unseres Wissens nach hat keine frühere Studie den Eiweissgehalt untersucht. Im Standortdurchschnitt zeigten alle Paare ausser der Nr. 5 eine minimale Differenz (0,8%) zugunsten der ovalen Linien. Diese Differenz ist keinem Verdünnungseffekt zuzuschreiben, da die Erträge 2006 beider Typen ähnlich waren.

### Schlussfolgerungen und Perspektiven

Die Verwendung des *ln*-Gens reduzierte die Blattfläche der untersuchten Kreuzungen erheblich, ohne den Körnerertrag zu beeinträchtigen.

Die Blattflächenreduktion beim lanzettförmigen Typ wird von einer besseren Lichtdurchlässigkeit begleitet, dank welcher die alten Blätter ihre photosynthetische Aktivität verlängern können (Abb. 7).



Abb. 7. Linie mit lanzettförmigen Blättern. Die Lichtdurchlässigkeit des Bestands wird dank der Reduktion der Blattfläche verbessert.

Die hohe Fruchtbarkeit pro Hülse bei der lanzettförmigen Soja könnte eine bessere Ertragsstabilität unter kühlen Bedingungen während der Blütezeit gewährleisten.

Die Reduktion der Grösse der Internodien und der Blattmasse können die bessere Toleranz gegenüber Fruchtfall und die frühere Reife der lanzettförmigen Sorten erklären.

Die Sorten mit ovalen Blättern eignen sich wegen ihres hohen Tausendkorngewichts besser für die menschliche Ernährung.

Im biologischen Anbau könnten die kleinere Blattdichte und die anfänglich langsamere vegetative Entwicklung beim lan-

zettförmigen Typ den Konkurrenzeffekt gegenüber Unkräutern vermindern.

Die Verwendung des lanzettförmigen Genotyps ist eine Möglichkeit, die Sojabohne besser an unsere marginalen Wachstumsbedingungen anzupassen. Die starke genetische Variabilität für die Blattfläche bei jedem Typ muss natürlich immer genutzt werden.

Die Erhöhung der Saatkichte bei den lanzettförmigen Sorten muss Gegenstand einer zusätzlichen Studie sein.

### Literatur

Das Literaturverzeichnis ist beim Autor erhältlich.

### RÉSUMÉ

#### Intérêt agronomique de la feuille lancéolée chez le soja

L'adaptation du soja à nos conditions climatiques ne peut être réalisée sans une diminution importante de la surface foliaire. Cet objectif est atteint par la sélection de lignées à petites folioles et, conjointement, par l'hybridation avec des génotypes à feuillage lancéolé. En général, l'utilisation de l'allèle *ln* codant pour une feuille lancéolée diminue la surface foliaire sans affecter le rendement. Dans cette étude, neuf paires de lignées isogéniques lancéolées/ovales (*ln/ov*) ont été expérimentées au champ. Deux de ces paires ont été analysées pour leur développement au stade juvénile. Le type ovale a présenté un développement juvénile plus vigoureux que le type lancéolé. Pour le type *ln*, une réduction de la surface foliaire, une meilleure pénétration de la lumière dans le couvert végétal, une photosynthèse plus active des feuilles inférieures ainsi qu'une meilleure stabilité du rendement ont notamment été observées. L'allèle *ln* contribue donc positivement à l'adaptation du soja au climat suisse.

### SUMMARY

#### Agronomic interest of lanceolate leaf in soybean

Adaptation of soybean to Swiss climatic conditions cannot be achieved without a significant reduction of leaf area. This aim can be reached by breeding lines with small leaflets, and also by hybridization using genotypes with lanceolate foliage. In general, the *ln* allele coding for narrow leaves has no effect on yield while reducing the leaf surface. In this study, nine pairs of near isogenic lines lanceolate/ovate (*ln/ov*) were tested in the field. Two of these pairs were analyzed at their juvenile development. At this stage, the oval type plantlets are more vigorous than lanceolate ones. The type *ln* shows a reduction in leaf area, a better light penetration into the canopy, a more efficient photosynthesis of lower leaves and improved yield stability. The *ln* allele contributes positively to the adaptation of soybean to the climate of Switzerland.

**Key words:** *Glycine max* (L.) Merrill, soybean, narrow leaflet, broad leaflet, isolines, juvenile development.