

Diss. ETH Nr. 7731

EINFLUSS VON KOMBINATIONEN VERSCHIEDENER WACHSTUMSREGULATOREN AUF  
DAS WACHSTUM UND DEN ERTRAGSAUFBAU DER ACKERBOHNE (VICIA FABA L.)

---

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines  
Doktors der Technischen Wissenschaften  
der EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

MARKUS KELLERHALS  
Dipl. Ing.-Agr. ETH  
geboren am 1. September 1957  
von Niederbibpp BE und Basel

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. E.R. Keller, Referent  
Prof. Dr. F. Bangerth, Korreferent

1985

## V. ZUSAMMENFASSUNG

Die kombinierte Anwendung von Wachstumsregulatoren stellt eine Möglichkeit dar, abgestimmt auf die natürliche Pflanzenentwicklung gezielt in Wachstums- und Entwicklungsprozesse einzugreifen.

Der Begriff Kombination umfasst die Komponenten WR, Anwendungszeitpunkt und Dosierung, die eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten zulassen. Bei der Ackerbohne wird mit Kombinationen mehrerer WR in erster Linie eine Verbesserung des Ertragsaufbaus und der Ertragsicherheit angestrebt. Damit könnten Voraussetzungen für die vermehrte Berücksichtigung der Ackerbohne als wertvolle Körnerleguminose in der Fruchtfolge geschaffen werden. Eine zentrale Rolle bei der Verbesserung der Ertragsstruktur spielt bei der Ackerbohne der Ansatz reproduktiver Organe. Es wird angenommen, dass den Phytohormonen bei der Regulierung des Fruchtansatzes eine grosse Bedeutung zukommt.

Die wenigen früheren Arbeiten mit Kombinationen mehrerer WR und die geringen Kenntnisse über die endogenen phytohormonellen Interaktionen verlangten ein stufenweises und weitgehend empirisches Vorgehen in der vorliegenden Arbeit:

### 1. Schritt: (Versuchsjahr 1981)

Mit Hilfe eines Kleinparzellenversuchs wurde die Wirkung von einzeln und kombiniert angewendeten WR auf die vegetative und reproduktive Entwicklung von Ackerbohnen untersucht. Folgende WR gelangten zur Anwendung: GA<sub>3</sub>, GA<sub>4/7</sub>, ABA, BA, NAA, Alar, Atrinal und Wuxal.

### 2. Schritt: (Versuchsjahr 1982)

Eine Auswahl interessanter Verfahren aus dem Kleinparzellenversuch von 1981 wurde an zwei Standorten genauer geprüft. Zusätzlich konnten die Problematik von Anwendungszeitpunkt, Dosierung und Kombinationspartner verschiedener WR weiter untersucht und neue WR geprüft werden.

### 3. Schritt: (Gewächshausversuche 1982/83 und Versuchsjahr 1983)

Aufgrund der Ergebnisse von Schritt 1 und 2 mussten wir annehmen, dass mit den geprüften Kombinationen von WR keine, sich in einem höheren Körnerertrag manifestierenden Veränderungen im Ertragsaufbau der Ackerbohne erzielt werden können. Deshalb wurde im Rahmen von Schritt 3 versucht, den Wuchstyp der Ackerbohne unter Einbezug neuer synthetischer Wachstumsretardantien (Tetcyclacis, Paclobutrazol, PIX) derart zu verändern, dass der Ansatz reproduktiver Organe und die Standfestigkeit im Hinblick auf die Realisierung einer erhöhten Bestandesdichte verbessert werden können.

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Der kombinierte Einsatz von WR liess wenig synergistische oder antagonistische Wirkungen zwischen verschiedenen Kombinationspartnern erkennen. Häufig war die Wirkung eines einzelnen Kombinationspartners auf ein bestimmtes Merkmal dominierend.
- Der Anwendungszeitpunkt und die Dosierung spielen eine zentrale Rolle für die Wirkung von einzeln und kombiniert applizierten WR.
- Das Sprosslängenwachstum wurde durch Gibberelline (GA<sub>3</sub> oder GA<sub>4/7</sub>) kurz nach der Applikation gefördert und später schwach gehemmt. Inhibitoren der Gibberellinbiosynthese (Tetcyclacis, Paclobutrazol), mit Ausnahme von PIX, sowie NAA und BA induzierten in den geprüften Dosierungen eine Wuchshemmung.
- Zweifelsfreie Zusammenhänge zwischen Spross- bzw. Internodienlänge und Ertragskomponenten konnten nicht gefunden werden.

- Als Anwendungstechnik für die Gibberellin-Biosynthese-Inhibitoren Paclobutrazol und Tetcyclacis scheint die Saatgutbeizung bei Ackerbohnen wenig geeignet. Problematisch sind die von Samen zu Samen unterschiedliche Eindringung der WR-Lösung und die kurze Wirkungsdauer.
- Interessant im Hinblick auf eine Verbesserung des Ansatzes reproduktiver Organe erwiesen sich BA und PIX. Durch BA wurde allerdings nur der Ansatz bei direkt von der Applikation erreichten Organen verbessert, alle übrigen Fruchtstände wiesen meist eine kompensatorisch verstärkte Abscission auf.
- Der Blüten- und Hülsenfall scheint insbesondere in der Jugendphase wenig sensitiv auf die Anwendung von direkt oder indirekt abschissionsfördernden WR zu reagieren.
- Mit BA, NAA und gewissen Inhibitoren der Gibberellinbiosynthese konnte der Einfluss einer Verkürzung der Ackerbohnen des traditionellen Wuchstyps auf die Ertragsbildung und die Standfestigkeit geprüft werden. Eine Verbesserung der Standfestigkeit ist Voraussetzung für höhere Bestandesdichten.
- Ein Modellversuch erlaubte, zusätzlich zur oberirdischen Pflanzenentwicklung auch das Wurzelwachstum zu untersuchen. Die Wurzelmasse erreichte bei unbehandelten Kontrollpflanzen nach Abschluss der Blühperiode ein Maximum. Es konnte gezeigt werden, dass Wachstumsretardantien das Wurzelwachstum nicht notwendigerweise hemmen, sondern unter Umständen sogar fördern können.
- Die Wirkung von WR auf das pflanzliche Wachstum und die Ertragsbildung war in manchen Fällen schwer reproduzierbar. Ohne bessere Kenntnisse über die endogenen phytohormonellen und physiologischen Zusammenhänge ist die Reproduzierbarkeit von WR-Effekten kaum zu verbessern.

Zur Steigerung der Wirkungssicherheit bei der kombinierten Anwendung von WR wären vermehrte Kenntnisse über die endogene Phytohormonbalance, ihre Interaktionen mit Wachstums- und Entwicklungsprozessen und ihre Reaktion auf die exogene Anwendung von WR erwünscht.

## RESUME

L'application combinée de régulateurs de croissance constitue une possibilité d'intervenir précisément dans la croissance et le développement d'une plante en accord avec le développement naturel de celle-ci.

Une combinaison peut se faire au niveau des régulateurs de croissance, des moments d'application et des dosages. Les combinaisons possibles sont ainsi nombreuses. Chez la féverole, l'application de plusieurs régulateurs de croissance vise avant tout l'amélioration de la structure et de la sécurité du rendement. On obtiendrait ainsi des conditions préalables qui permettraient de considérer plus souvent la culture de la féverole et son rôle de légumineuses-grains de grande valeur dans la rotation de culture.

Chez la féverole, la formation des organes de reproduction joue un rôle central dans l'amélioration de la structure du rendement. On admet que les phytohormones ont une grande importance dans la régulation de la mise à fruit.

Le fait qu'il existe peu de travaux effectués avec des combinaisons de plusieurs régulateurs de croissance et que les interactions phytohormonales endogènes soient peu connues nous a contraints, dans le présent travail, à procéder par étapes et de façon plutôt empirique:

1<sup>ère</sup> étape: (année d'essai 1981)

Dans un essai en petit parcelles, nous avons étudié les effets des régulateurs de croissance, seuls ou en combinaison, sur le développement végétatif et reproductif de la féverole. Les régulateurs de croissance suivants ont été employés: GA<sub>3</sub>, GA<sub>4/7</sub>, ABA, BA, NAA, Alar, Atrinal et Wuxal.

2<sup>ème</sup> étape: (année d'essai 1982)

Les traitements ayant donné des résultats intéressants dans l'essai en petit parcelles ont été étudiés plus en détail à deux endroits différents. Nous avons, en plus, pu étudier les problèmes de moments d'application, de dosage et des parties des combinaisons des différents régulateurs de croissance. Nous avons pu également tester de nouveaux régulateurs de croissance.

3<sup>ème</sup> étape: (essais en serre 1982/83 et année d'essai 1983)

Au vu des résultats des étapes 1 et 2, il nous a fallu admettre qu'il n'était pas possible d'obtenir, avec les combinaisons de régulateurs de croissance étudiées, une amélioration de la structure du rendement de la féverole, qui, elle, aboutirait à une augmentation du rendement en grains. C'est pourquoi, dans le cadre de la 3<sup>ème</sup> étape, nous avons cherché à modifier le type de croissance de la féverole à l'aide de nouveaux inhibiteurs de croissance synthétiques (Paclbutrazol, Tetcyclacis, PIX), de façon à améliorer la formation des organes reproductifs et la résistance à la verse, ce qui permettrait d'augmenter la densité de plantation.

Voici, en résumé, les résultats les plus importants:

- L'utilisation combinée de régulateurs de croissance a révélé peu d'effets synergistes ou antagonistes entre les différentes parties d'une combinaison. Souvent, l'effet sur un caractère particulier d'une seule des parties de la combinaison était prédominant.
- Le moment d'application et le dosage jouent un rôle primordial en ce qui concerne l'effet d'un régulateur de croissance, seul ou en combinaison.
- La croissance en longueur des pousses a été activée juste après l'application de gibbérelline, pour ensuite être légèrement inhibée. Les inhibiteurs de la biosynthèse de la gibbérelline (Tetcyclacis, Paclbutrazol),

à l'exception de PIX, ainsi que NAA et BA ont provoqué une limitation de la croissance.

- Il ne nous a pas été possible de constater des rapports indubitables entre la longueur des pousses, respectivement des entrenœuds, et les composants du rendement.
- Les techniques pour appliquer les inhibiteurs de la biosynthèse de la gibbérelline, Paclobutrazol et Tetcyclacis aux semences de la féverole semblent peu adaptées. La pénétration de la solution de régulateurs de croissance, bien différente d'une graine à l'autre, pose des problèmes, de même que la durée d'action plutôt brève.
- BA et PIX se sont révélés intéressants pour une amélioration de la pousse des organes de reproduction. BA n'a toutefois favorisé celle-ci que pour les organes atteint directement, la chute des organes de fructification non atteints étant d'autant plus forte.
- La chute des fruits semble, en particulier dans la phase juvénile, peu sensible à l'application de régulateurs de croissance connus pour favoriser directement ou indirectement la chute.
- BA, NAA et certains inhibiteurs de la biosynthèse de la gibbérelline ont permis d'étudier l'influence d'un raccourcissement des plantes de féverole du type de croissance traditionnel sur la formation du rendement et la résistance à la verse. L'amélioration de la résistance à la verse est une condition nécessaire pour cultiver à une densité de plantation plus élevée.
- Un essai modèle nous a permis d'étudier, en plus du développement aérien de la plante, la croissance des racines. Les plantes témoins non-traitées ont atteint la plus grosse masse des racines à fin-floraison. On a pu montrer que les inhibiteurs de croissance ne limitent pas forcément la croissance des racines, mais peuvent, selon les conditions, même favoriser celle-ci.
- Il fut souvent très difficile de reproduire les effets des régulateurs sur la croissance de la plante et la formation du rendement. Sans mieux connaître les rapports endogènes phytohormonaux et physiologiques, il est bien difficile d'améliorer la reproductibilité des effets des régulateurs de croissance.

Pour mieux assurer l'efficacité des applications combinées de régulateurs de croissance, il faudrait disposer de plus de connaissances en ce qui concerne la balance hormonale endogène de la plante, ses interactions avec les processus de croissance et de développement et sa réaction à des applications extérieures de régulateurs de croissance.

## SUMMARY

The application of plant growth regulator (PGR) combinations makes it possible to specifically manipulate growth and development according to natural plant development.

PGR combinations must take the following into account: growth substances, time of application and concentration. These factors allow for a multitude of combinations. The application of PGR combinations should lead to an improved yield and yield stability in *Vicia faba*. Both are necessary if faba beans are to be used more frequently as valuable grain legume in crop rotations. Fruit set plays a central role in the improvement of the yield structure in *Vicia faba*. Phytohormones may have an important impact on the regulation of fruit set.

Due to the small number of studies made on combinations of different growth substances and the lack of knowledge of the endogenous interactions of phytohormones, a stepwise and, to a great extent, empiric experimental work was called for:

### step 1: (season 1981)

By means of a screening test with small plots, the effect of single or combined applications of growth substances on the vegetative and reproductive development of faba beans was examined. The following growth substances were applied: GA<sub>3</sub>, GA<sub>4/7</sub>, ABA, BA, NAA, Alar, Atrinal and Wuxal.

### step 2: (season 1982)

Selected treatments from the field screening of 1981 were tested at two locations in more detail. Additionally, time of application, concentration and combinations of different growth substances were further examined and new growth substances were included.

### step 3: (glass house trial 1982/83 and season 1983)

Based on the results of steps 1 and 2, we had to conclude that it was impossible to modify the yield structure of the faba bean with the tested combinations in order to induce an increased grain yield. In step 3, therefore, we tried to modify the growth habit of the faba bean in order to improve the setting of reproductive organs and lodging resistance with a view to higher planting density.

The most important results can be summarised as follows:

- There were only a few synergistic or antagonistic effects found among different members of the PGR combinations. One component of a combination most often had a dominating effect on a particular character.
- The time of application and the concentration play a crucial role both in single and combined applications of plant growth substances.
- Gibberellins (GA<sub>3</sub> or GA<sub>4/7</sub>) increased plant length shortly after application but inhibited it later on. Inhibitors of the gibberellin biosynthesis (Paclobutrazol, Tetcyclacis), NAA and BA generally inhibited growth. PIX was an exception in this respect.
- We could not find clear relations between the plant or internode length and yield components.

- In *Vicia faba*, seed dressing, as a method of applying the gibberellin biosynthesis inhibitors Paclobutrazol and Tetcyclacis, does not seem to be very effective. The main reasons for this are differences in penetration of the growth substances from seed to seed and the short term effect.
- BA and PIX reveal to be interesting as far as an improvement in the setting of reproductive organs is concerned. However, BA improved only the setting of reproductive structures directly affected by the application. Other organs most often showed a compensatory increased abscission rate.
- At least in young faba bean plants, abscission of reproductive organs was not enhanced by growth substances known to promote the process of abscission.
- BA, NAA and certain inhibitors of the gibberellin biosynthesis allowed us to study the influence of shortening the traditional faba bean type on yield formation and lodging resistance. An improved lodging resistance is necessary for higher planting densities.
- In a model trial, we examined root growth as well as aboveground growth. The root mass was largest for untreated control plants after the end of the flowering period. We could show that growth retardants do not necessarily inhibit root growth and even promote it under certain circumstances.
- The effects of growth substances on plant growth and yield formation were, in many cases, difficult to reproduce. Without a better understanding of the endogenous hormonal balance and physiological interactions, a better reproducibility of growth substance effects is difficult to achieve.

To increase the security of combined growth substance application, a deeper knowledge of the endogenous hormonal balance, their interactions with plant growth and development and the effect of exogenous applications of growth substances on endogenous hormonal and physiological processes is necessary.