

Diss. ETH Nr. 6667

EINFLUSS VON WACHSTUMSREGULATOREN INSBESONDERE GIBBERELLIN-
SAEURE 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

SERGIO BELLUCCI

dipl. ing. agr. ETH
geboren am 29. Oktober 1950
von Lugano (TI)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. E.R. Keller, Referent
Prof. Dr. F. Bangerth, Korreferent

Zürich 1980

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

1. Der Fruchtfall der Ackerbohne (*Vicia faba* L.) wird unter anderem von Wachstumsregulatoren beeinflusst. Das Ziel dieser Arbeit war, durch die Einwirkung auf den Hormonhaushalt der Ackerbohne den Fruchtfall zu vermindern und dadurch den Ertrag zu steigern.
2. Der experimentelle Teil umfasste Feldversuche während einer Dauer von drei Jahren.
 - Im ersten Versuchsjahr (1977) untersuchten wir zehn Wachstumsregulatoren mit unterschiedlicher Konzentration und in verschiedenen Entwicklungsstadien auf eine Verbesserung der Ertragsstruktur der Ackerbohne.
 - Im zweiten und dritten Versuchsjahr (1978-79) prüften wir in umfangreicheren Feldversuchen den Einfluss von GA_3 mit unterschiedlicher Konzentration und in verschiedenen Entwicklungsstadien auf das Wachstum und den Ertragsaufbau der Ackerbohne. Den Hauptgegenstand dieser Untersuchungen bildete die Wirkung von GA_3 auf die vegetative und auf die reproduktive Entwicklung, insbesondere auf die Ertragskomponenten. Die ^{14}C -Versorgung junger Früchte von GA_3 -behandelten und unbehandelten Pflanzen wurde im Jahre 1978 analysiert. Dabei berücksichtigten wir das Alter und die Position der Früchte im Blütenstand.
 - Im Jahre 1979 nahmen wir eine Prüfung verschiedener Wachstumsregulatoren an 11 Orten in der Schweiz vor. Wir wollten dabei erste praktische Erfahrungen mit Wachstumsregulatoren bei der Ackerbohne sammeln.

3. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Feldversuch 1977

Der erste Anwendungszeitpunkt (6-Blattstadium) zeigte bei allen Wachstumsregulatoren die deutlichsten Wirkungen. Es bestanden starke Interaktionen zwischen den Konzentrationen und den Anwendungszeitpunkten der Wachstumsregulatoren. Von den zehn geprüften Wachstumsregulatoren zeigte nur GA_3 klare positive Wirkungen auf die Ertragsbildung. Mit der Applikation von GA_3 im 6-Blattstadium bei einer Konzentration von 10^{-4} M konnte der Hülsenansatz signifikant erhöht werden. Auch der Körnerertrag wurde heraufgesetzt, jedoch nicht signifikant; ebenso stieg die gesamte Trockenmasseproduktion (ca. 20%). Der Ernte-Index blieb unverändert. Den wachstumsfördernden Regulatoren wird im Vergleich zu den wachstumshemmenden Substanzen die bessere Eignung zu einer Ertragssteigerung zugesprochen.

Feldversuche 1978-79

In diesen ausgedehnten Versuchen bestätigte sich das 6-Blattstadium als der beste Anwendungszeitpunkt. Die GA_3 -Konzentration 10^{-4} M zeigte wieder die besten Ergebnisse. GA_3 förderte nur kurz nach der Applikation das Längenwachstum. Die Verschiebung der Internodienlänge durch GA_3 entlang dem Haupttrieb war in den drei Versuchsjahren ähnlich. Die unteren Internodien waren länger, die mittleren kürzer und die obersten wiederum länger als diejenigen der Kontrolle. Die Trockenmasse der Stengel, der Wurzeln sowie die der gesamten Pflanze wurde durch GA_3 vermehrt. Die Blattfläche pro Pflanze veränderte sich nicht deutlich. Die Blattfläche pro Internodium wurde hingegen durch GA_3 an den oberen, wiederum gestreckten Internodien vergrößert und an den unteren, etwas gestauchten Internodien verkleinert. Im Jahre 1978 beobachteten wir bei den GA_3 -Verfahren ein höheres spezifisches Blattgewicht während der Kornfüllungsphase. Zum Zeitpunkt der

Reife war bei den GA_3 behandelten Pflanzen eine Verbesserung der Ertragskomponenten festzustellen. GA_3 verminderte den Fruchtfall. Aufgrund der Markierung mit ^{14}C konnten wir nachweisen, dass die Früchte der mit GA_3 behandelten Pflanzen in der kritischen Phase der Fruchtentwicklung besser mit Assimilaten ernährt wurden.

Die Hülsenzahl, die Körnerzahl und der Körnerertrag pro Pflanze waren erhöht; der Hülsenansatz wurde in allen Versuchsjahren signifikant gesteigert, während der Körnerertrag nur im Jahr 1978 signifikant anstieg. Im Jahr 1978 war das Einzelkorngewicht bei den GA_3 behandelten Pflanzen grösser als bei der Kontrolle. Das höhere Einzelkorngewicht ist möglicherweise auf eine höhere Assimilation während der Kornfüllungsphase zurückzuführen. In dieser Entwicklungsperiode war das spezifische Blattgewicht der GA_3 behandelten Pflanzen höher als jenes der Kontrolle. Hormonale Zustände in der Pflanze sowie die vorhandenen Umweltbedingungen (Klima, Bodentyp usw.) scheinen dabei eine wichtige Rolle gespielt zu haben. In allen Verfahren blieb der Ernte-Index unverändert, ebenso konnte eine starke Korrelation zwischen der gesamten Trockenmasse und dem Körnerertrag berechnet werden. Dies zeigt, dass eine Steigerung des Körnerertrages durch Wachstumsregulatoren mit einer Erhöhung der Trockenmasseproduktion verbunden werden muss.

Um abzuschätzen, mit welcher Sicherheit die in Exaktversuchen 1977-79 festgestellte positive GA_3 -Wirkung auch in praxisüblichen Feldbestände erwartet werden kann, wurde 1979 an 11 Orten der Schweiz, GA_3 im 6-Blattstadium auf kleinen Teilflächen angewendet. Ein einheitlich positiver Einfluss auf den Ertrag konnte unter diesen Voraussetzungen nicht mehr nachgewiesen werden; als Hauptursache hierzu muss u.a. wohl die unterschiedliche Entwicklung der Einzelpflanzen im Behandlungszeitpunkt angesehen werden.

RESUME

1. La chute des fruits de la féverole (*Vicia faba* L.) est influencée entre autres par les régulateurs de croissance. Ce travail avait pour but de diminuer la chute des fruits et par conséquent d'augmenter le rendement en agissant sur le régime hormonal de la féverole.

2. Les expériences prolongées sur trois années comprirent des essais en champ:

- Au cours de la première année d'essai (1977) nous avons testé dix régulateurs de croissance à différentes concentrations et à différents stades phénologiques en vue d'une amélioration de la structure de rendement de la féverole.
 - Pendant la deuxième et troisième année d'essais (1978-79), nous avons étudié par des essais en champ l'influence de l'acide gibberellique (GA_3) à différentes concentrations et à différents stades phénologiques sur la croissance et la structure du rendement de la féverole. Nous nous sommes concentrés dans des recherches à l'action de la GA_3 sur le développement végétatif et reproductif, et plus précisément sur les composantes du rendement. En 1978, nous avons analysé l'approvisionnement en ^{14}C des plantes traitées à la GA_3 par rapport à celles sans traitement. Nous avons tenu compte de l'âge et de la position des fruits dans l'inflorescence.
 - En 1979, nous avons testé différents régulateurs à 11 lieux en Suisse pour gagner quelques expériences pratiques chez la féverole.
3. Nous pouvons résumer les résultats les plus importants de la manière suivante:

Essai en champ de l'année 1977

Le premier stade d'application (stade 6 feuilles) eut les meilleures réactions pour tous les régulateurs de croissance. On relève de fortes interactions entre les concentrations et les stades d'application des régulateurs de croissance. Parmi les dix régulateurs testés, seul l'acide gibberellique influença

positivement la formation du rendement. Le traitement des plantes au stade 6 feuilles avec GA_3 d'une concentration de 10^{-4} M eut un effet significativement positif sur le nombre de gousses. Le rendement des grains s'éleva également, quoique pas assuré statistiquement; il en est de même pour la production de matière sèche totale (environ +20%). Quant à l'indice de rendement, il resta constant. Les meilleures chances de voir le rendement s'élever se confinent à l'application de régulateurs stimulant plutôt que freinant la croissance.

Essais en champ des années 1978-79

Dans ces amples essais, le meilleur stade d'application se confirma être celui des 6 feuilles. La concentration de GA_3 10^{-4} M redonna les meilleurs résultats. GA_3 stimula la croissance en longueur seulement juste après le traitement. La dislocation de la longueur des internoeuds provoquée par GA_3 se répéta de manière très identique les 3 années consécutives. Les internoeuds du bas des plantes étaient plus longs, ceux du centre plus courts et ceux du haut de nouveau plus longs que ceux des plantes de référence. GA_3 augmenta la matière sèche des tiges, des racines ainsi que celle de la plante entière. Aucune différence marquante ne fut relevée au niveau de la surface foliaire. Toutefois la surface foliaire par internoeud fut accrue par GA_3 pour les internoeuds du haut qui s'étaient de nouveau allongés, et diminuée pour ceux du bas, quelque peu raccourcis. En 1978 nous avons observé parmi les procédés de GA_3 un poids spécifique des feuilles supérieur pendant la phase de remplissage des grains. Au stade de maturité on a constaté une amélioration des composantes du rendement en faveur des procédés avec GA_3 . GA_3 diminue la chute florale. Sur la base des résultats avec le marquage au ^{14}C , nous avons pu démontrer que l'approvisionnement en assimilats pendant la phase critique de développement des fruits était meilleur chez les plantes traitées au GA_3 . On constata une augmentation du nombre des gousses, du nombre des grains et du rendement des grains par plante. A chaque année d'essais, la mise à gousses fut meilleure de manière signifi-

cative, alors que le rendement des grains ne le fuit qu'en 1978. Le poids d'un grain fut supérieur dans les procédés avec GA₃ en 1978, ce qui s'explique par une assimilation supérieure pendant la phase de remplissage.

Le régime hormonal momentané dans la plante ainsi que les conditions d'environnement présentes (climat, type de sol etc.) semblent avoir joué un grand rôle. L'indice de rendement resta constant pour tous les procédés. Une forte corrélation subsiste entre le rendement des graines et la matière sèche totale. Ceci montre qu'une augmentation du rendement des grains à l'aide de régulateurs de croissance doit être liée à une augmentation de la production de la matière sèche.

Etant donné que nos expériences positives avec GA₃ ont été obtenues au cours des années 1977-79 dans des essais exacts, nous avons testé ce produit au stade 6 feuilles à 11 lieux en Suisse sur des parcelles semées par des agriculteurs. Aucune influence positive nette ne s'est répétée sur le rendement sous les conditions données. Une des raisons principales doit être mise sur le compte du développement très inhomogène de chaque plante au moment du traitement.

SUMMARY

1. Shedding of fruits in the field bean (*Vicia faba* L.) is influenced by growth regulators as well as other factors. The objective of this study was to lessen abscission of fruits and thereby increase the yield by influencing the hormonal balance of the field bean.

2. The experimental part included field trials over a three year period.

- During the first year (1977) we tested a range of concentrations of ten growth regulators and applied them at different developmental stages. The aim was to improve the yield components and thus ultimately the yield.

- During the second and third years (1978-79) we conducted more detailed experiments to test the influence of various concentrations of GA₃, applied at different stages of development, on growth and yield components.

The main aim of these experiments was to determine the effect of GA₃ on the vegetative and reproductive development as well as on the yield components. The supply of ¹⁴C to the young fruits, some of which had been treated with GA₃, was analysed in 1978. We also took into account the age and position of the fruit in the inflorescence.

- In 1979 we tested various growth regulators at eleven locations in Switzerland. The objective was to gain first practical experiences with the use of growth regulators in field beans.

3. The most important results can be summarised as follows:

Field trial 1977

The first time of application (at the sixth leaf stage) proved to be the most effective for all growth regulators. There was a strong interaction between concentration and time of application of the growth regulators. Of the ten growth regulators

tested, only GA₃ had a clearly positive effect on yield development. Pod number was significantly increased by an application of GA₃ at the sixth leaf stage and a concentration of 10⁻⁴ M. Grain yield also rose, though not significantly, and total dry matter production increased by about 20%. The harvest index remained unchanged. Growth regulators which enhance growth are considered more suitable for increasing yield than those which inhibit growth.

Field trial 1978-79

These experiments confirmed that the sixth leaf stage is the best time for application. A concentration of 10⁻⁴ M of GA₃ proved again to produce the best results. Increase in length was enhanced by GA₃ only shortly after application. The change of position and length of distinct internodes on the main stem was similar in all three years. The lower internodes were longer, the middle ones shorter and the upper internodes again longer than those of the control. Dry weight of leaves and roots as well as total dry weight were increased by GA₃. There was no significant change in leaf area per plant. On the other hand, leaf area of the upper internodes increased whereas that of the lower internodes decreased. In 1978 we observed a higher specific leaf weight during the grain filling period for the GA₃-treatment. At maturity yield components also improved. GA₃ lessened fruit drop. Due to labelling with ¹⁴C, we were able to show that the fruits of plants treated with GA₃ received a better supply of assimilate during the critical phase of fruit development than the untreated plants. Pod number as well as grain yield per plant rose, pod number increased significantly in all three years whereas grain yield increased significantly only in 1978. The single grain weight of GA₃ treated plants was higher than for the control. This can be accounted for by better assimilation during the grain filling period. At this stage the specific leaf weight was higher than that of the control.

The hormonal balance in the plant as well as environmental con-

ditions (climate, soil type etc) appear to have played a very important role. For all trials the harvest index remained unchanged and a strong correlation was found between total dry matter and grain yield. This suggests that an increase in grain yield due to growth regulators must be related to an increase in dry matter production.

In 1979 field plots, as is usual in practical farming, were sown at 11 locations in Switzerland. GA₃ was applied at the sixth leaf stage in order to estimate whether the same positive effects could be expected as had already been determined in exact field trials. Under these conditions it was no longer possible to determine a uniform positive effect on the yield. The accepted reason for this was the varying development of the single plants during the period of treatment.