

Interaktionen zwischen der Anwendung von Wachstumsregulatoren und dem Hormongehalt der Früchte (IAA, ABA und GAs) im Rahmen der Ertragsbildung bei der Ackerbohne (*Vicia faba* L.)

Doctoral Thesis

Author(s):

Diethelm, Regina

Publication date:

1985

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000350179>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH 7915

Interaktionen zwischen der Anwendung von Wachstumsregulatoren
und dem Hormongehalt der Früchte (IAA, ABA und GAS) im Rahmen
der Ertragsbildung bei der Ackerbohne (*Vicia faba* L.)

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der technischen Wissenschaften
der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZUERICH

vorgelegt von
REGINA DIETHELM
Dipl. Ing. Agr. ETH
geboren am 28. Januar 1954
von Glarus (GL)

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

SUMMARY

During the vegetative period, field beans lose a large number of flowers and pods. This fact plays an important role in the great fluctuations in yield which is often disappointing. An important reason for fruit drop seems to be an insufficient supply of assimilates to the young fruits. Growth regulators (PGR) make it possible to influence growth and developmental processes which in turn affect assimilate partitioning and the yield of the plants. The application of growth regulators seldom results in an improvement in yield. The analysis of the content of phytohormones should therefore provide more information about the hormonal balance of the fruits as well as about the possible role which hormones play in flower and pod drop. Kellerhals (1985) investigated a related topic.

The following methods of analyses were used in these investigations: barley endosperm bioassay for gibberellins, gas chromatography for ABA determination and spectrofluorimetry for IAA determination. Problems with the determination of IAA (field beans contain chlorinated IAA) were considered. Determination of the cytokinin content in the fruits and the investigation of ethylene production of the flowers and young pods could not be carried out due to methodic difficulties.

Step 1: Screening test with 67 PGR (summer 1981)

During the summer of 1981, Kellerhals (1985) conducted a screening test, under field conditions, in which he examined the influence of combinations of various PGR taking hormone, dose and time of application into account. In this study, the general course of extractable IAA, ABA and GAs in the developing fruits as well as the influence of applied PGR on the course of hormones in the fruits of particular interest were determined.

Step 2: Trials with decapitated plants and PGR (summer 1982)

None of the screening treatments conducted in 1981 resulted in a significant increase in fully ripened pods as compared with the control plants. Plants under field conditions, therefore, were decapitated so as to attain a higher number of pods on the remaining reproductive nodes. IAA and ABA analyses of the inflorescences which were separated into two proximal fruits (most of which ripen to pods) and into distal fruits (most of which abscise during the vegetative period), showed that the course of IAA in the flowers varies according to their position in the inflorescence and the treatment. This could, therefore, lead to the loss of the distal flowers and young pods. In addition to the control plants and plants which had been decapitated, reproductive material of plants which had been treated with PGR was analysed for IAA and ABA on selected dates.

Step 3: Trials with PGR and other treatments (summer 1983)

The information gained in 1982 showed that the difference in the course of IAA in the flowers of proximal and distal fruits of the inflorescence could be responsible for the eventual abscission of the distal fruits. This hypothesis was investigated in various treatments in the field. The 1982 results were not supported by the results obtained in 1983.

Following two unsuccessful years, there was a significant increase in pod number as compared to the control plants after the application of GA₃ at the sixth leaf stage.

Extractable IAA, ABA and GAS were determined in vegetative material (stems and leaves) of various treatments in order to gain insight into the hormonal balance in the vegetative material.

Step 4: Trials with GA₃ (summer 1984)

During the experimental years 1982 und 1983, fruits were analysed for IAA and ABA only; the results for GA in 1981 were too inconclusive. Therefore, in 1984, the course of gibberellins in the fruits was investigated in two treatments under field condition. At the same time, the results of the GA₃ application 1983 were checked.

Results

Applying growth regulators with the aim of improving the yield proved to be difficult and the results were not easily duplicated (see Kellerhals, 1985). A single ABA treatment ($10^{-4}M$) at the sixth leaf stage led to a significant increase in grain yield in 1981 only. And only in 1983 did a single GA₃ application ($10^{-4}M$) lead to a significant increase in pod number and yield and only when applied at the sixth leaf stage. Various treatments in which NAA was applied, showed clearly the importance of time of application and concentration. Applications of growth regulators as well as other treatments resulted, for the most part, in yields which were similar to those of the control plants.

A characteristic course of the hormone contents under investigation (extractable IAA, ABA and GAS) was found in the developing fruits. The content of the hormones shows a slight decrease from the buds to the fully opened and to the withered but fertilized blossoms. A strong increase was found parallel to the increase in dry matter in the young pods, followed by a decrease up to maturity. Of the three hormones which were investigated, IAA shows an increase in the young pods prior to the increase in dry matter. ABA and GAS show an increase which practically coincides with the increase in dry matter. The course of the hormones corresponds well with the development of the fruits. It is noteworthy that the period of highest pod drop occurs when the hormone content is at its lowest level. This, however, can not serve as an explanation for fruit drop since this low point occurs also in the proximal flowers which mature to pods. -

On 70-80% of the investigated inflorescences, flowers and young pods which cannot ripen to mature pods (distal fruits of the inflorescences) show a somewhat lower IAA content than do fruits which can develop into mature pods (proximal fruits of the inflorescences). These differences in IAA content are not found in decapitated plants in which more pods per inflorescence reach maturity. The content of extractable ABA and GAs does not vary according to the position of the fruits in the inflorescence i.e. according to their chances of reaching maturity.

For the most part, all applications of growth regulators had a similar effect on the course of the hormone content. In 1981, all applications led to a reduction in the maximum content of IAA in the pods whereas the maximum content of ABA increased. A decrease in the maximum content of both hormones was found in 1982! Great differences in maximum content of hormones were found from year to year. All treatments in a single year showed the same changes in the course of the hormones in the fruits and yield components were only seldom influenced to a significant extent by the application of PGR. For these reasons, it is not possible to relate the course of hormones in the fruits to the yield components. It is not clear as to whether a relationship exists between changes in the maximum content of IAA and ABA and the increase in TKW as a result of the applications of most of the PGR. In 1984, the application of GA₃ influenced neither the course of gibberellins in the fruits nor TKW.

GA₃, applied at the sixth leaf stage, sometimes had a positive effect on yield components, whereas when applied at the fifth or seventh leaf stages no effect could be determined. An analysis of the hormonal balance in the vegetative plant material at these three stages did not provide an explanation for these findings. GA₃ changed the growth pattern of the plant and may, therefore, influence the assimilate partitioning in favour of the young fruits.

Plants, which had been treated repeatedly with NAA, showed no change in growth, but had a lower content of IAA in vegetative and reproductive organs as compared with the untreated plants. The treated plants were, apparently, able to make use of the exogenously available auxin instead of using that which they produced internally and, as a result, synthesized less auxin themselves. Following a treatment with tetcyclacis, sprout growth was greatly reduced which coincided with a tendency to a lower content of IAA in stems and leaves. The course of the content of IAA could be more easily influenced than the course of ABA.

In addition to the content of extractable and diffusible hormones in the various plant organs, the sensitivity of plant tissue seems to play an important role in the effect which hormones or applied PGR have. The determination of hormone content in this study must be interpreted with caution until more is known about the way in which hormones function. In addition, we were able to follow only 3 of the 5 hormone groups and therefore could not obtain a complete picture of the hormonal balance.

RESUME

On constate, chez la féverole, une forte chute de fleurs et de jeunes gousses au cours de la période de végétation, qui est en partie responsable des rendements fortement changeants et souvent insatisfaisants. Il semble qu'une raison importante du rejet de ces fruits réside dans le fait que l'approvisionnement en assimilats des jeunes fruits est insuffisant. On peut, à l'aide de régulateurs de croissance (RC), intervenir dans le processus de croissance et de développement de la plante et ainsi également dans la formation du rendement. L'application de RC n'apporte, chez la féverole, que rarement des améliorations de rendement, qui, de plus, sont difficiles à reproduire. De ce fait, des analyses de phytohormones devraient permettre d'élargir nos connaissances sur le régime hormonal des fruits, ainsi que sur d'éventuelles causes hormonales à la chute des fleurs et des gousses. Un projet en relation avec le travail présenté ici a été étudié par Kellerhals (1985).

On a utilisé les méthodes analytiques suivantes: test de l'endosperme de l'orge pour les gibbérélines, chromatographie en phase gazeuse pour l'ABA et spectrofluorimétrie pour l'IAA. On reviendra sur les problèmes de la détermination de l'IAA (la féverole contient des IAA chlorés). En raison de difficultés méthodologiques, on a dû renoncer à la détermination du contenu en cytokinine des fruits, ainsi qu'à l'étude de la production d'éthylène des fleurs et des jeunes gousses.

1^{ère} étape: Screening avec 67 combinaisons de RC (été 1981)

Pendant l'été 1981, Kellerhals (1985) a conduit, dans le cadre d'un essai en plein champ, un screening, pour tester l'influence de 67 combinaisons de RC différentes harmonisées entre elles selon l'agent actif, la dose et le moment d'application. Dans le travail présenté ici, on a choisi un certain nombre de traitements qui paraissaient intéressants pour y étudier dans les grandes lignes l'évolution des contenus en IAA, ABA et GAS extractibles dans les fruits en développement; on a établi également l'influence des RC appliqués sur l'évolution des hormones dans les fruits.

2^{ème} étape: Essais avec des plantes écimées et avec des RC (1982)

Du fait qu'aucun des traitements de screening de 1981 n'avait amené une augmentation significative du nombre de gousses arrivées à maturité, comparé au témoin, on a choisi d'écimer des plantes en plein champ, de façon à obtenir un plus grand nombre de gousses sur les noeuds reproductifs. Les analyses de IAA et de ABA des inflorescences, effectuées séparément pour les deux fruits proximaux (dont la plupart peuvent arriver à maturité) et les fruits distaux (dont la plupart tombent au cours de la période de végétation) ont indiqué que l'évolution de l'IAA dans les fleurs est différente selon la position dans l'inflorescence et selon le traitement, et qu'elle pourrait être ainsi une des raisons de la chute des fleurs et des jeunes gousses

distales. Outre les plantes témoins et les plantes écimées, on a également analysé du matériel reproductif de plantes traitées avec des RC, récoltées à des moments choisis (analyses de IAA et de ABA).

3^{ème} étape: Essais avec des RC et d'autres traitements (1983)

Les indications obtenues en 1982, selon lesquelles le développement de l'IAA, différent entre les fleurs en position proximale et distale sur l'inflorescence, pouvait être responsable de la chute tardive des fruits distaux, ont été revues en plein champ selon différentes méthodes. Les résultats de 1982 n'ont pas pu être confirmés.

Après deux ans sans succès, on a pu constater qu'une application de GA₃ au stade 6 feuilles avait provoqué une augmentation significative du nombre de gousses par rapport au témoin.

Pendant cet été-là, on a également analysé du matériel végétatif (tiges et feuilles) de différents traitements, pour en connaître le contenu en IAA, ABA et GAS extractibles, afin d'avoir un aperçu du régime hormonal du matériel végétatif.

4^{ème} étape: Essais avec GA₃ (été 1984)

Du fait que les analyses de fruits de 1982 et 1983 n'avaient porté que sur l'IAA et sur l'ABA et que les résultats de 1981 concernant les gibbérellines semblaient trop peu sûrs, on a étudié, en 1984, avec plus de précision, l'évolution des gibbérellines dans les fruits en condition de plein champ. En même temps, il était possible de vérifier les résultats des applications de GA₃ de 1983.

Résultats

L'amélioration du rendement d'une plante à l'aide d'application de régulateurs de croissance s'est avérée difficile et que très peu reproductible (voir aussi Kellerhals, 1985). Une application unique de ABA ($10^{-4}M$) au stade 6 feuilles a amené, en 1981 seulement, une augmentation significative du rendement en grains; et ce n'est qu'en 1983 et que lorsque le traitement a eu lieu au stade 6 feuilles, que l'application unique de GA₃ ($10^{-4}M$) a conduit à une augmentation significative du nombre de grains par plante et de la matière sèche des grains par plante. Différents traitements avec des applications de NAA montrent clairement l'importance, non seulement du moment d'application, mais encore de la concentration choisie. Les applications de RC effectuées, de même que d'autres traitements ont amené en gros des rendements très semblables à ceux des témoins.

L'évolution des hormones étudiées (IAA, ABA et GAS extractibles) dans les fruits en développement se révèle caractéristique: du bourgeon à la fleur ouverte et ensuite sèche mais fécondée, le contenu de toutes les hormones étudiées baisse légèrement, augmente ensuite rapidement parallèlement à l'augmentation de la matière sèche dans la jeune gousse pour retom-

ber finalement jusqu'à maturité à un bas niveau. L'IAA est la première des trois hormones étudiées, dont le contenu augmente dans les jeunes gousses et ceci même avant la matière sèche, alors que les teneurs en ABA et en GAS augmentent à peu près en même temps que la matière sèche. L'évolution de ces hormones correspond bien au développement des fruits. Il est frappant de constater que le moment où le contenu de ces trois hormones est le plus faible correspond au moment où la chute des fruits est forte. Cette correspondance ne donne cependant pas une explication hormonal à la chute des fruits, puisque l'on trouve ce point le plus bas également dans les fleurs proximales, qui vont se développer jusqu'à maturité. - Dans 70-80% des inflorescences étudiées, les fleurs et jeunes gousses, qui ne pourront pas arriver à maturité (fruits distaux d'une inflorescence) montrent un contenu en IAA un peu plus faible que les fruits qui arriveront à maturité (fruits proximaux d'une inflorescence). Chez les plantes écimées, sur lesquelles un plus grand nombre de gousses par inflorescence arrivent à maturité, on ne retrouve pas ces différences de contenus en IAA. - Le contenu des fruits en ABA et GAS extractibles ne varie pas selon leurs positions dans l'inflorescence, c'est-à-dire selon leur chance d'arriver à maturité.

Pour ainsi dire toutes les applications de régulateurs de croissance étudiées ont eu le même effet sur l'évolution des hormones. En 1981, tous les traitements ont eu pour effet d'abaisser le contenu maximal de IAA des gousses et d'augmenter le contenu maximal d'ABA. En 1982, les deux contenus maximaux ont été réduits! On constate, d'une année à l'autre, de grosses différences dans les contenus maximaux d'hormones. Du fait que tous les traitements d'une année occasionnent les mêmes changements dans l'évolution des hormones des fruits et que les composants de rendement ne peuvent être que rarement et très peu influencés par les RC appliqués, on ne peut pas faire correspondre la formation des composants du rendement à l'évolution hormonale. Il n'a pas été possible d'éclaircir le problème de savoir si les changements dans les contenus maximaux de IAA et de ABA étaient en rapport avec l'augmentation du poids de mille grains causée par toutes les applications. - L'application de GA₃ en 1984 n'a eu d'influence ni sur l'évolution des gibbérellines dans les fruits, ni sur le poids de mille grains.

Il n'y a, dans l'état hormonal des plantes (contenu en IAA, ABA et GAS) aux stades 5, 6 ou 7 feuilles, aucun explication au fait que seule l'application de GA₃ au stade 6 feuilles ait pu occasionnellement influencer positivement les composants du rendement. GA₃ agit, en effet, manifestement indirectement par un changement du rythme de croissance de la tige sur la quantité d'assimilats à disposition des jeunes fruits.

Des analyses de matériel végétatif et reproductif de plantes traitées à plusieurs reprises avec du NAA, ont montré que ces plantes - dont la croissance était semblable à celles des témoins - contenaient moins de IAA que les plantes témoins. Les

plantes traitées ont pu, semble-t-il, utiliser l'auxine exogène offerte à la place de leur propre auxine et de ce fait en ont moins synthétisé elles-mêmes. La croissance des pousses fortement diminuée à la suite du traitement de Tetcyclacis allait de pair avec la tendance des tiges et des feuilles à contenir moins de IAA. L'évolution du contenu en IAA s'est révélé en général plus influençable que l'évolution du contenu en ABA.

Il est manifeste que non seulement le contenu des différents organes de la plante en hormones extractibles et diffusibles, mais encore la sensibilité du tissu joue un rôle important dans l'action des hormones ou des régulateurs de croissance appliqués. Tant que le mode d'action des hormones n'est pas connu plus précisément, les déterminations des contenus en hormones présentées ici doivent être interprétées avec prudence. Il ne faut, de plus, pas oublier que nous ne pouvions étudier que trois des au total cinq groupes d'hormones et qu'ainsi nous n'avons pas saisi le régime hormonal dans son ensemble.

(traduit par Mme D. Hofer-Müller)