

ZUR WIRKUNGSWEISE VON WUCHS- UND HEMMSTOFFEN

V. DIE KONZENTRATIONS-WIRKUNGSKURVE VON INDOL-3-ESSIGSÄURE
IN GEGENWART ANDERER SYNTHETISCHER WUCHSSTOFFE

VON

HANS LINSER UND OSWALD KIERMAYER

Biologisches Laboratorium der Österreichische Stickstoffwerke A.G., Linz (Österreich)

In Fortsetzung von Untersuchungen (LINSER^{1,2,3}) über die Wirksamkeit von Indol-3-essigsäure und anderen Wuchsstoffen bei Mischung mit verschiedenen zellstreckungshemmenden Stoffen im Pastentest⁴, die zu einer Modellvorstellung über das Verhalten von Wuchs- und Hemmstoffen innerhalb des lebenden Systems nach dem Prinzip der gegenseitigen Verdrängung führten^{1,5}, schien es insbesondere im Hinblick auf die von KAINDL⁶ durchgeführte mathematische Behandlung der Ergebnisse im Sinne einer trefferstatistischen Deutung notwendig Indol-3-essigsäure nicht nur in Mischung mit Hemmstoffen, sondern auch in Mischung mit anderen chemisch verschiedenartigen Wuchsstoffen zu testen. Für die nachfolgenden Versuche wurden als Wuchsstoffe neben der Indol-3-essigsäure noch α -Naphthylessigsäure, 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure und Indol-3-acetonitril ausgewählt. Die Methodik war die gleiche wie in bereits früher beschriebenen Versuchen. Jede Mischungsreihe wurde viermal getestet*, so dass jeder Versuchspunkt ein Ergebnis aus 100–120 Einzelpflanzen darstellt. Folgende Mischungsreihen wurden in verschiedenen Konzentrationsverhältnissen im Pastentest geprüft:

1. Indol-3-essigsäure (I3E) + 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure (2,4,5-T)
2. Indol-3-essigsäure + Indol-3-acetonitril (IAN)
3. Indol-3-essigsäure + α -Naphthylessigsäure (α -N)

Das für unsere Versuche zur Verfügung stehende Indol-3-acetonitril wurde uns freundlicherweise von Herrn Prof. E.R.H. JONES (Manchester) überlassen. Es zeigte im Pastentest die gleiche Wirksamkeit wie ein später im Hauptlaboratorium der Österr. Stickstoffwerke A.G. hergestelltes Präparat von Indol-3-acetonitril. Die Konzentrations-Wirkungskurve von IAN welche in Mittelwerten aus 11 Wiederholungen in Fig. 1 wiedergegeben ist, zeigt im allgemeinen einen ähnlichen Verlauf wie Indol-3-essigsäure, doch liegt ihr Optimum nicht wie bei I-3-E bei 10^{-1} %, sondern in der Größenordnung von 10^{-2} %. Auch zeigte IAN im Wirkungsoptimum etwas höhere Zuwachswerte als die I-3-E. Ein grober Vergleich der Wirkung beider Substanzen an Hand ihrer Konzentrations-Wirkungskurven (Fig. 1) lässt die Aussage zu, dass Indol-3-acetonitril zellstreckungsfördernd etwa 8–10 mal so wirksam ist wie I-3-E. Es er-

* Für die Ausführung der mühevollen Testarbeit danken wir besonders Frau L. HALLER.

wies sich damit, übereinstimmend mit den Angaben von JONES als der bisher am stärksten wirksame synthetisch zugängliche Zellstreckungswuchsstoff.

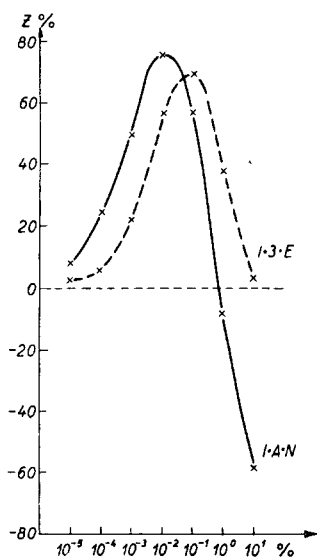


Fig. 1. Konzentrations-Wirkungskurve von Indol-3-essigsäure und Indol-3-acetonitril im Pastentest. Die Kurvenpunkte der I-3-E-Kurve stellen Mittelwerte aus 37 Versuchen, die der IAN-Kurve aus 11 Versuchen dar.

Die Herstellung der für die Versuche verwendeten Pasten erfolgte in der Weise, dass gleiche Gewichtsteile von Pasten miteinander vermischt wurden, welche die zu mischenden Komponenten enthielten. So wurde z.B. um eine Mischung von $10^{-1}\%$ I-3-E + $10^{-3}\%$ IAN zu erhalten 1 Gewichtsteil einer Paste $2 \cdot 10^{-1}\%$ I-3-E mit ebenfalls 1 Gewichtsteil einer Paste $2 \cdot 10^{-3}\%$ IAN vermischt. Die zur Testung gelangende Paste enthielt somit neben $10^{-1}\%$ I-3-E noch $10^{-3}\%$ IAN.

Zu jeder dieser Mischungsreihen wurden stets auch die reinen Substanzen mitgetestet. In den nachfolgenden drei Tabellen (I, II, III) sind die Längenzuwachswerte der mit Pasten verschiedener Wuchstoffs-konzentrationen behandelten Koleoptilen in Prozenten des Zuwachses der Kontrollkoleoptilen (Z%) angegeben. Während Fig. 1 die Durchschnittswerte aller bisher mit IAN durchgeführten Versuche wiedergibt wurde in den, auf den Tabellen I, II und III dargelegten Versuchen nur die *gleichzeitig* in der Mischungsreihe angesetzten Kontrollversuche berücksichtigt. Dies erfolgte deshalb, um beim Vergleich der einzelnen Werte untereinander die möglichen jahreszeitlich bedingten Schwankungen der Empfindlichkeit des Testes auszuschalten.

Ergebnisse der Versuche

1. Mischung: I-3-E + 2,4,5-T: Wie aus Tab. 1 ersichtlich ist, verursachte die Beimischung von $10^{-4}\%$ und $10^{-3}\%$ 2,4,5-T zu I-3-E eine merkliche Verschiebung des Optimums der reinen I-3-E-Kurve, sodass dieses nun bei $10^{-2}\%$ I-3-E liegt. Die Zugabe von $10^{-2}\%$ 2,4,5-T bewirkte bereits eine Verschiebung des Optimums um eine weitere Zehner-Potenz nach $10^{-3}\%$. Durch Beimischung noch höherer Konzentrationen von 2,4,5-T (10^{-1} , $10^0\%$) erfolgte eine Verschiebung sämtlicher Werte in den Hemmungsbereich.

TABELLE I

MISCHUNG VON INDOL-3-ESSIGSÄURE UND 2,4,5-TRICHLORPHENOXYESSIGSÄURE (DIE ZAHLEN STELLEN DURCHSCHNITTSWERTE AUS 4 NICHT GLEICHZEITIG DURCHFÜHRTEN VERSUCHEN DAR)
Werte für Z %:

Indol-3-essigsäure %:	0	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure %:	0	+ 0.1	+ 32.3	+ 65.9	+ 70.9	+ 10.3
10^{-4}	+ 12.7	+ 6.0	+ 28.5	+ 70.9	+ 53.6	+ 15.8
10^{-3}	+ 25.8	+ 22.8	+ 40.5	+ 70.5	+ 47.8	+ 8.0
10^{-2}	+ 47.0	+ 37.8	+ 53.6	+ 43.1	+ 19.7	+ 8.0
10^{-1}	+ 14.1	+ 24.7	+ 15.4	+ 21.2	+ 16.1	+ 22.2
10^0	+ 46.6	+ 61.5	+ 51.0	+ 53.1	+ 51.8	+ 53.8

TABELLE II

MISCHUNG VON INDOL-3-ESSIGSÄURE UND INDOL-3-ACETONITRIL (DIE ZAHLEN STELLEN DURCHSCHNITTSWERTE AUS 4 NICHT GLEICHZEITIG DURCHFÜHRTEN VERSUCHEN DAR)

Werte für Z %:

Indol-3-essigsäure %:	0	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
Indol-3-acetonitril %:						
0		+ 18.4	+ 43.5	+ 89.2	+ 81.8	+ 38.1
10^{-4}	+ 32.9	+ 29.0	+ 50.7	+ 64.0	+ 74.8	+ 57.4
10^{-3}	+ 63.6	+ 61.6	+ 77.5	+ 76.9	+ 76.9	+ 39.7
10^{-2}	+ 67.0	+ 76.3	+ 67.8	+ 76.4	+ 77.5	+ 37.3
10^{-1}	+ 51.9	+ 53.7	+ 50.0	+ 56.4	+ 46.2	+ 19.1
10^0	— 20.4	— 9.0	— 24.0	— 21.4	— 22.2	— 22.1

TABELLE III

MISCHUNG VON INDOL-3-ESSIGSÄURE UND α -NAPHTHYLESSIGSÄURE (DIE ZAHLEN STELLEN DURCHSCHNITTSWERTE AUS 4 NICHT GLEICHZEITIG DURCHFÜHRTEN VERSUCHEN DAR)

Werte für Z %:

Indol-3-essigsäure %:	0	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1
α -Naphthyl-essigsäure %:							
0		— 3.5	+ 8.9	+ 35.1	+ 50.8	+ 37.2	+ 5.9
10^{-4}	— 1.6	— 2.1	+ 10.5	+ 38.3	+ 63.5	+ 34.5	— 6.1
10^{-3}	+ 4.8	+ 11.2	+ 11.9	+ 48.0	+ 66.2	+ 26.5	— 4.0
10^{-2}	+ 31.0	+ 33.3	+ 36.1	+ 58.3	+ 62.9	+ 31.5	+ 0.0
10^{-1}	+ 49.0	+ 50.8	+ 38.1	+ 56.4	+ 55.6	+ 27.7	— 8.6
10^0	— 28.4	— 27.1	— 33.0	— 26.9	— 27.2	— 31.8	— 32.4
10^1	— 42.9	— 34.0	— 45.5	— 45.7	— 46.4	— 39.4	— 40.1

2. Mischung: I-3-E + IAN: Im Gegensatz zu den Ergebnissen mit 2,4,5-T bewirkte die Zugabe von IAN in einer Konzentration von 10^{-3} und 10^{-2} eine Erhöhung der Z-Werte bei den schwachen I-3-E-Konzentrationen, sodass z.B. bei 10^{-4} % I-3-E + 10^{-3} % IAN eine Förderung von 61 % eintrat, während der Z-Wert der reinen I-3-E bei 10^{-4} % nur 18 % betrug. Bei 10^{-1} % IAN waren im Gegensatz zu 2,4,5-T noch alle Werte positiv und erst die Mischung mit 10^0 % lag im Hemmungsbereich (vgl. Tab. II).

3. Mischung: I-3-E + α -N. Beimischung von 10^{-4} und 10^{-3} % α -N zu I-3-E bewirkte keine merkliche, 10^{-2} und 10^{-1} % α -N eine schwache Verschiebung des Optimums der I-3-E-Kurve. Auffallend war, dass bei 10^{-1} % α -N noch hohe Förderungswerte erhalten wurden, bei Verwendung von 2,4,5-T dagegen bei dieser Konzentration alle Werte bereits im Hemmungsbereich lagen. Erst bei Zufügung von 10^0 und 10^1 % α -N lagen auch hier alle Werte im Hemmungsbereich (vgl. Tab. III).

Die vorläufige Auswertung der Versuche zeigte somit die, durch eine Summation von zwei Wuchsstoffen zu erwartenden Wirkungen. Ob die erhaltenen Ergebnisse mit der in früheren Arbeiten aufgestellten Modellvorstellung für das Verhalten verschiedener Wuchs- und Hemmstoffe an der *Avena*-Koleoptile (Verhalten der Adsorptionskonkurrenz) auch zahlenmässig übereinstimmen, soll eine mathematische Auswertung ergeben, über welche KAINDL in einer späteren Arbeit berichten will.

ZUSAMMENFASSUNG

In Fortsetzung früherer Untersuchungen mit Wuchs- und Hemmstoffgemischen, insbesondere für eine spätere mathematische Behandlung im Sinne einer trefferstatistischen Deutung wurde Indol-3-essigsäure mit drei anderen Wuchsstoffen und zwar mit 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure, Indol-3-acetonitril und α -Naphthyllessigsäure in verschiedenen Konzentrationen gemischt und die Zellstreckungswirksamkeit der Gemische im Pastentest geprüft. Die Versuche ergaben im allgemeinen die zu erwartenden, auf einer Summation von zwei Wuchsstoffen beruhenden Wirkungen. Indol-3-acetonitril ergab im Pastentest eine etwa 8-10-mal stärkere Wirksamkeit als Indol-3-essigsäure. Es erwies sich als der bisher am stärksten wirksame synthetisch zugängliche Zellstreckungswuchsstoff.

SUMMARY

In continuation of previous investigations with mixtures of growth activators and inhibitors as to a future mathematical interpretation concerning the hit theory, indole-3-acetic acid was mixed with 3 other growth substances (2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid, indole-3-acetonitrile and α -naphthalenacetic acid) in different concentrations; the cell-elongating activity of the mixtures was examined by the paste test. The experiments generally confirmed—as was expected—the combined action of 2 growth substances. Indole-3-acetonitrile showed 8 to 10 times more activity than indole-3-acetic acid in the paste test. It proved to be the most effective synthetic growth factor for elongation of cells available up to now.

RÉSUMÉ

Continuant les recherches précédentes avec des mélanges d'accélérateurs et de retardateurs de croissance, en particulier dans le but d'une future interprétation mathématique de la théorie de choc de substances de croissance, l'auteur a examiné à l'aide du test à la pâte l'efficacité de mélanges de concentrations variables, de l'acide indol-3-acétique d'une part avec trois autres substances de croissance (l'acide 2,4,5-trichlorphénoxyacétique, l'indol-3-acétonitrile et l'acide α -naphthylacétique) d'autre part, sur l'élongation des cellules. Comme prévu, les essais ont montré l'action additive des deux substances de croissance. L'indol-acétonitrile décèle une efficacité 8 à 10 fois supérieure à celle de l'acide indol-3-acétique. Il en résulte que ce composé est jusqu'à présent le plus efficace parmi les substances synthétiques de croissance réglant l'élongation des cellules.

LITERATUR

- ¹ H. LINSER, *Biochim. Biophys. Acta*, 6 (1951) 384.
- ² H. LINSER, *Biochim. Biophys. Acta*, 10 (1953) 189.
- ³ H. LINSER, *Biochim. Biophys. Acta*, 15 (1954) 25.
- ⁴ H. LINSER, *Planta*, 28 (1938) 227.
- ⁵ H. LINSER UND K. KAINDL, *Science*, 114 (1951) 69.
- ⁶ K. KAINDL, *Biochim. Biophys. Acta*, 6 (1951) 395.

Eingegangen den 24. Juni 1955