O wpływie tiouracylu na wzrost roślin

(On the influence of thiouracil on the growth of plants)

ARTUR BER

(Z Zakładu Endokrynologii Akademii Medycznej w Łodzi)

(wpłynęło 16. IX. 1949)

W poprzednim doniesieniu¹ opisałem zaburzenia wzrostu występujące u różnych gatunków roślin pod wpływem barbituratów i wyraziłem przypuszczenie, że barbituraty blokują kwasy nukleino-we zajmując w nich miejsce uracylu, co z kolei hamuje lub znosi działanie auksyn. Prowadząc dalej badania w tym samym kierunku, zwróciłem uwagę na tiouracyl*, pospolity preparat wolotwórczy stosowany w leczeniu nadczynności tarczycy. Uwzględniając daleko idące podobieństwo budowy przestrzennej do uracylu oraz opierając się na fakcie, że wprowadzenie siarki do niektórych metabolitów podstawowych zmienia je łatwo w antymetabolity (np. kwas pantoteny i pantoilotauryna, biotyna i sulfonobiotyna, kwas p-aminoben-zoesowy i p-aminosulfanilowy itp.) przypuszczałem a priori, że związek ten winien wykazywać typowe cechy antymetabolitu w stosunku do uracylu i jeszcze silniej hamować wzrost roślin niż barbituraty. Badania poniżej opisane potwierdziły całkowicie te czysto teoretyczne rozważania.

Doświadczenia wykonane były z nasionami grochu, gorczycy, rzeżuchy, gryki i owsa w sposób zupełnie identyczny jak w badaniach dotyczących się wpływu barbituratów na te rośliny. Tiouracyl stosowano w najrozmaitszych stężeniach od 1/2 000 do 1/50 000 000 (pH około 7). Uzyskane wyniki powtarzały się z niezwykłą regularnością

* Firmie Ciba w Bazylei dziękuję serdecznie za bezinteresowne dostarczenie tiouracylu i metylotiouracylu.

w ciągu trzech lat badań, niezależnie od pory roku, wykazując nieznaczne tylko wahania. Hodowla bez dostępu światła dawała jeszcze wyraźniejsze efekty niż na świetle.

Jeśli chodzi o groch, to tiouracyl w stężeniu $1/4\ 000$ powoduje te same zupełnie zmiany co Luminal, a więc zahamowanie rozwoju łodyg, a pobudzenie pędów bocznych, co w rezultacie powoduje rozwój form krzaczkowatych, względnie wybitnie rozgałęzionych, oraz zahamowanie tworzenia się korzeni bocznych i niekiedy pobudzenie rozwoju korzenia głównego, który jest gruby i mocny, zupełnie lub prawie zupełnie pozbawiony odnóg bocznych. W większych stężeniach tiouracylu groch zupełnie się nie rozwija, w większych rozcieńczeniach natomiast aż do $1/64\ 000$ wykazuje jeszcze tendencję do krzaczkowania. Jak widać z powyższego efekt uzyskany u grochu jest zupełnie prawie taki sam jak przy stosowaniu barbituratów, toteż przypuszczać można, że i w tym przypadku zachodzi swoiste blokowanie kwasu nukleinowego przez podstawianie się tiouracylu w miejsce uracylu.

Znacznie ciekawsze jeszcze efekty niż u grochu udało się uzyskać tiouracylem u owsa, gorczycy, rzeżuchy i gryki. Okazało się mianowicie, że tiouracyl w bardzo znacznych rozcieńczeniach wykazuje jeszcze wybitną zdolność zupełnego prawie hamowania wzrostu tych roślin. I tak w stężeniu 1 na 30—60 tysięcy owies rośnie w postaci karłowatej, a gorczyca, gryka i rzeżucha są jeszcze wrażliwsze, bo wykazują wybitne zahamowanie wzrostu aż do rozcieńczenia 1 na 60—250 tysięcy. Wpływ hamujący na rozkorzenie zaznacza się jeszcze u owsa w stężeniu $1/500\ 000$, a u gryki, gorczycy i rzeżuchy w $1/1\ 000\ 000$. Jest rzeczą charakterystyczną, że tiouracyl w bardzo znacznych rozcieńczeniach działa pobudzająco na wzrost łodyg u wszystkich wymienionych gatunków roślin.

Zaznaczyć trzeba nadto, że w pewnej rozpiętości rozcieńczeń tiouracyl hamuje jeszcze rozwój korzeni, ale pobudza już rozwój łodygi. Szczególnie wyraźnie widać to na fot. 1 i 2. Fot. 1 przedstawia owies po 16 dniach. Pierwsze dwie płytki z lewej strony służą za kontrolę, pozostałe zawierają roztwory tiouracylu w następujących rozcieńczeniach: $1/62\ 500$, $1/125\ 000$, $1/250\ 000$, $1/500\ 000$, $1/1\ 000\ 000$ i $1/10\ 000\ 000$. Widzimy, że zahamowanie wzrostu łodyg zaznacza się aż do rozcieńczenia $1/62\ 500$ i że w rozcieńczeniu $1/125\ 000$ wzrost jest już prawie prawidłowy, a w czterech pozostałych płytkach wybitnie wzmożony, najsilniej w rozcieńczeniu $1/500\ 000$. Jeśli teraz porównamy rozkorzenie (fot. 2), to okaże się, że rozwój korzeni

Fot. 1

Fot. 2

Fot. 3

jest jeszcze zahamowany w rozcieńczeniu $1/500\ 000$, a normalny dopiero w stężeniu $1/1\ 000\ 000$. Zastosowana przez nas metoda badania uniemożliwia równie ściśle określenie ewentualnego pobudzenia korzeni jak lodyg. Odnosi się jednak wrażenie, że tiouracyl w rozcieńczeniu jeszcze znaczniejszym pobudza rozwój korzeni. Należałoby to jednak ustalić jakąś odpowiedniejszą metodą.

Podobnie jak owies zachowuje się i gorczyca, gryka oraz rzeżucha, tyle tylko, że tiouracyl wykazuje tu swoiste działanie jeszcze w znacznie większych rozcieńczeniach. Na fot. 3 widzimy np. gorczycę rosnącą w roztworze tiouracylu w ciągu 10 dni. Dwie płytki z lewej strony zawierają rośliny kontrolne rosnące na wodzie destylowanej, następne zawierają tiouracyl w stężeniu $1/250\ 000$, $1/500\ 000$, $1/1\ 000\ 000$, $1/5\ 000\ 000$ i $1/10\ 000\ 000$. W stężeniach do $1/125\ 000$ wzrostu praktycznie brak, toteż płytek tych nie fotografowano. Na fotografii widać, że w stężeniu $1/250\ 000$ wzrost lodyg jest nieco zahamowany, w $1/500\ 000$ nieco wzmożony, a w pozostałych trzech płytkach silnie pobudzony. Korzenie jeszcze w stężeniu $1/1\ 000\ 000$ wykazywały zahamowanie rozwoju.

Jeśliby przedstawić graficznie wzrost łodygi i rozwój korzeni, zaznaczając na osi rzędnych stopień rozwoju w stosunku do kontroli przyjętej za 100%, a na osi odciętych zwiększające się logarytmicznie stężenie tiouracylu w mgr/ltr, to uzyskamy dwie krzywe, które dla owsa przebiegają jak następuje (rys. 1).

Ryc. 1.

Dla gorczycy, rzeżuchy i gryki otrzymamy te same dwie krzywe, tylko nieco przesunięte na prawo.

Interpretacja uzyskanych wyników nie jest bardzo łatwa. Wiadomo, że tiouracyl do pewnej granicy hamuje rozwój łodyg, a następnie je pobudza. Korzenie ulegają zahamowaniu, a następnie rozwijają się prawidłowo, względnie również ulegają pobudzeniu, co zaznaczono kropkowanym odcinkiem krzywej. Krzywa pobudzenia rozwoju korzeni jest przesunięta w stronę rozcieńczeń większych. Ogólnie powiedziećby można, że tiouracyl zachowuje się jak typowy czynnik wzrostowy rośliny, wiemy bowiem, że wszelkie auksyny powodują pewną strefę zahamowania wzrostu w dużych stężeniach i że dopiero rozcieńczenia większe działają pobudzająco. Jeśli strefa zahamowania rozciąga się aż do stężeń bardzo małych, to mamy do czynienia z czynnikami *przeważnie* hamującymi wzrost np. typu kwasu 2,4-dwuchlorofenoksyoctowego.

Uzyskane krzywe można jednakże interpretować inaczej, a mianowicie jako dwufazowe działanie antymetabolitu podstawowego, który w dostatecznie dużych stężeniach blokuje kwasy nukleinowe, a w małych powoduje pobudzenie, zgodnie z ogólnie obowiązującymi prawami biologicznymi. Jeśli stanąć na tym stanowisku, to wytłumaczyć trzeba jeszcze dlaczego krzywa rozwoju korzeni przesunięta jest nie w lewo, jakby tego należało oczekiwać, a w prawo. Gdyby tiouracyl bezpośrednio unieczynniał auksynę, to w miarę zmniejsza-

nia się koncentracji tiouracylu ilość czynnej auksyny byłaby powoli się zwiększała, co musiałoby powodować najpierw rozwój korzeni, reagujących jak wiadomo na mniejsze ilości auksyn niż łodygi, a dopiero następnie rozwój łodyg. Ponieważ jednak tiouracyl, według naszego przekonania, działa nie na auksynę, a unieczynnia kwasy nukleinowe, możemy sobie łatwo wyobrazić, że po dodaniu niewielkich jego ilości ulegnie on związaniu przede wszystkim w nukleoproteidach komórek korzeni, które go resorbują i że do łodyg nie dochodzi on już wcale lub w ilości tak małej, że działa tylko pobudzająco, podczas gdy nukleoproteidy korzeni mogą jeszcze być zablokowane.

Badania histochemiczne mogące być może potwierdzić tę hipotezę nie mogły być dotychczas ze względów technicznych przeprowadzone, byłyby jednakże bardzo pożądane.

Poza tiouracylem zbadano jeszcze inne związki pokrewne z grupy ciał wolotwórczych, a mianowicie 4-, 5- i 6-metylo-2-tiouracyl oraz tiomocznik.

2-tiouracyl

4-metylo-2-tiouracyl

tiomocznik

Okazuje się, że metylotiouracyl najwyżej w stężeniu 1/2 000 wywołuje u grochu wzrost zbliżony do tego jaki powstaje pod wpływem tiouracylu.

U owsa, gorczycy, rzeżuchy i gryki lekkie zahamowanie wzrostu zaznacza się w rozcieńczeniach nie większych niż 1/2 000. Widocznie obecność grupy metylowej w pozycji 4, 5 lub 6 utrudnia włączenie metylotiouracylu do większego jakiegoś sympleksu czynnego. Potwierdza to zresztą naszą hipotezę, że działanie tiouracylu nie może być traktowane jako toksyczne, a zależy od blokowania przezeń określonego ośrodka czynnego w kwasie nukleinowym, do którego dostaje się na zasadzie podobieństwa budowy przestrzennej z uracylem.

Co się tyczy tiomocznika, to w stężeniach bardzo wysokich (do 1/4000) hamuje on rozwój zarówno łodygi jak i korzeni, wydaje się jednak, że mamy tu do czynienia raczej z działaniem nieswoistym, o charakterze toksycznym.

Z e s t a w i e n i e :

Opierając się na budowie przestrzennej tiouracylu wyrażono przypuszczenie, że jest on antagonistą uracylu i wobec tego winien działać na rośliny podobnie jak barbituraty. Przypuszczenie to potwierdziło się, okazało się bowiem, że działanie tiouracylu jest bardzo wybitne.

W stężeniach bardzo małych hamuje on jeszcze rozwój łodyg i korzeni u owsa, gorczycy, rzeżuchy i gryki. W rozcieńczeniu natomiast od 1/500 000 do 1/10 000 000 pobudza on rozwój łodyg. Przeprowadzono analizę tego zjawiska, dochodząc do wniosku, iż w bardzo małych stężeniach tiouracyl blokuje tylko nukleoproteidy korzeni, natomiast podrażnia i pobudza nukleoproteidy łodyg.

4-, 5- i 6-metylo-2-tiouracyl wykazuje tylko nieznaczną aktywność, tiomocznik w stężeniach dużych (do 1/4 000) wywiera działanie o charakterze raczej toksycznym.

PIŚMIENNICTWO.

B e r A. — O wpływie barbituratów na wzrost roślin. Acta Soc. Bot. Pol. XX, 1, p. 125, 1950.