

Wpływ substancji wzrostowych na pobieranie wody i metabolizm węglowodanowy w skrawkach ziemniaka

*The influence of auxins on the uptake of water and carbohydrate
metabolism in potato discs*

J. BUCZEK i L. BADURA

WSTĘP

Powszechnie wiadomo, że tkanki roślinne potraktowane substancjami wzrostowymi takimi jak kwasy β -indolooctowy (KIO) i α -naftylooctowy (KNO) mają zdolność pobierania znacznie większych ilości wody niż tkanki nie traktowane tymi substancjami. Badania nad tą właściwością substancji wzrostowych (SW) zapoczątkował D. E. Reinders (1939) przeprowadzając doświadczenia na skrawkach bulw ziemniaczanych. Zjawisko to niebawem potwierdziły późniejsze badania Reindersa (1942) oraz B. Commonera i współpracowników (1943), dotyczące indukowania absorpcji wody pod wpływem SW przez rozmaite tkanki roślinne. W dalszych badaniach prowadzonych przez J. van Overbeeka (1944), J. Levitta (1948), D. P. Hacketta (1952), D. P. Hacketta i K. V. Thimanna (1952) oraz J. Bonnera (1953) próbowano wyjaśnić to zjawisko oraz wytłumaczyć wpływ SW na pobieranie wody.

Uogólniając wyniki doświadczeń wyżej cytowanych autorów możemy stwierdzić, że: a. pod wpływem SW pewne tkanki roślinne wykazują zdolność do pobierania wody w większych ilościach niż tkanki nie traktowane tymi związkami; b. pod wpływem SW niektóre tkanki roślinne znajdujące się w roztworach hipertonicznych nie tracą wody, a nawet posiadają zdolność pobierania jej z tych roztworów; c. wpływ SW na absorpcję wody jest uzależniony od warunków aerobowych, proces zupełnie ustaje w warunkach anaerobowych; d. proces ten jest hamowany przez typowe inhibitory oddechowe.

Bardzo ciekawe badania odnośnie do działania inhibitorów przeprowadził J. Bonner (1953). Badał on wpływ KIO i 2,4-dwunitrofenolu

na pobieranie wody przez skrawki sporządzone z bulw karczocha. Okazało się, że 2,4-dwunitrofenol hamował pobieranie wody. Wnioskować stąd można, że wzmożone pobieranie wody pod wpływem KIO, jest zależne od przemian energetycznych, co z kolei nasuwa przypuszczenie, że wpływ SW na absorpcję wody przez tkanki rozmaitych roślin jest uzależniony od ogólnego metabolizmu komórkowego.

Omawiając dalej to zagadnienie należy z kolei przytoczyć dane dotyczące samego mechanizmu działania SW na wzmożone pobieranie wody przez komórki roślinne. Znane są rozmaite próby starające się wyjaśnić to zagadnienie. I tak B. C o m m o n e r i współpracownicy (1943) badając wpływ SW na pobieranie wody przez skrawki ziemniaka z roztworów hipertonicznych w obecności soli potasu stwierdzili, że KIO zapobiega utracie wody przez te skrawki. Zjawisko tu tłumaczy C o m m o n e r indukowaniem przez KIO pobierania osmotycznie czynnych substancji np. jonów potasu. Wzmożone pobieranie wody jest natomiast wtórnym procesem działania SW. Do innych wniosków dochodzą J. L e v i t t (1948) i J. v a n O v e r b e e k (1944). Przeprowadzone przez tych autorów pomiary wartości osmotycznych w skrawkach ziemniaczanych przez oznaczanie punktu zamarzania, chociaż są nieco różne (w doświadczeniu O v e r b e e k a wartość osmotyczna jest niższa o około 6% niż w kontroli, a w doświadczeniach L e v i t t a około 1,8%), wykazują jednak zbieżne tendencje, mianowicie: dużemu pobieraniu wody pod wpływem SW towarzyszy zawsze spadek wartości osmotycznej wewnątrz komórek. Obydwaj autorzy są zgodni co do tego, że absorpcja wody pod wpływem KIO czy KNO nie polega na zwiększeniu ciśnienia osmotycznego wewnątrz komórki. Doświadczenia te potwierdzone zostały w kilka lat później przez H a c k e t t a (1952) również na skrawkach ziemniaka. Dotyczyły one pobierania wody i obniżania punktu zamarzania pod wpływem KNO. Autor nie stwierdził wzrostu ciśnienia osmotycznego pod wpływem KNO, a nawet obserwował w skrawkach moczonych w SW pewne zmniejszanie się wartości osmotycznej (o 25%).

Zgodnie z powyższymi badaniami, wpływ SW na pobieranie wody nie polegałby na zwiększaniu ciśnienia osmotycznego, ale — jak przypuszcza H a c k e t t — auksyny wpływałyby na zmianę turgoru (zmiana plastyczności lub elastyczności ściany komórkowej) lub regulowałyby jakieś bliżej nie określone wnikanie wody do komórki.

Istnieją jednak prace, które wskazują, że KIO czy KNO mają zdolność zwiększenia rozkładu skrobi w tkankach niektórych roślin (J. W. M i t c h e l l 1940 a i b; J. M. B e a l 1940; S. C. B a u s o r 1942 i inni). Trudno jednak przyjąć ten fakt, wobec wyżej przytoczonych wyników, aby SW wpływała na zwiększone pobieranie wody poprzez hydrolizę skrobi

w tkankach roślinnych. Natomiast można by przypuszczać, że SW uczestniczą w jakiś sposób w metabolizmie węglowodanowym komórki.

Celem tej pracy było zbadanie, czy istnieje korelacja pomiędzy metabolizmem węglowodanowym a pobieraniem wody pod wpływem KIO i KNO.

METODY

Doświadczenia przeprowadzono na ziemniakach przy użyciu metody potometrycznej opracowanej przez D. P. Hacketta i K. V. Thimanna (1950). Ponieważ dokładny opis metody znajduje się w monografii H. Linsera i O. Kiermayera (1957) ograniczamy się w tej pracy do krótkiego zreferowania toku postępowania.

Z bulw ziemniaczanych wycinano przy pomocy rurki metalowej walce o jednakowej średnicy (1 cm), z których cięto skrawki o grubości 1 mm przy pomocy mikrotomu. Skrawki te płukano w bieżącej wodzie wodociągowej przez 30 minut, następnie pozostawiano w niewielkiej ilości wody na przeciąg 24 godzin. Po upływie tego czasu, po osuszeniu bibułą, ważono je grupami po 10 krążków na wadze torsyjnej z dokładnością do 1 mg. Ciężar tak przygotowanych skrawków oznaczano jako „początkową świeżą masę”. Każdą grupę skrawków układano na gazie naciągniętej na szalki Petriego. Szalki wkładano do krystalizatorów. Do szalek i krystalizatorów nalewano odpowiednich roztworów SW sporządzonych na wodzie wodociągowej. Roztwory te nalewano w takiej ilości, by dotykały rozpostartych na gazie skrawków. Tak przygotowane krążki umieszczano w termostacie o temperaturze 25°C i maksymalnej wilgotności względnej.

Doświadczenia przeprowadzono równocześnie w trzech kombinacjach: I. w wodzie wodociągowej, II. w wodzie wodociągowej z dodatkiem kwasu α -naftylooctowego (KNO) oraz III. w wodzie wodociągowej z dodatkiem kwasu β -indolooctowego (KIO). Ponieważ przypuszcza się, że KIO ulega częściowej inaktywacji wymieniano w czasie trwania doświadczenia w odstępach dwudniowych dany roztwór. Nie wymieniano natomiast roztworu zawierającego KNO, który jest bardziej stabilny. Każda kombinacja miała 27 równoległych powtórzeń. W tabelach dla każdego powtórzenia podano średnią arytmetyczną. Pobraną wodę oznaczano z różnicy ciężarów świeżej masy i „początkowej świeżej masy”.

Równoległe z pomiarami pobierania wody oznaczono cukry posługując się metodami opisanymi przez A. Biełozierskiego i N. Proskuriakowa (1954) z pewną modyfikacją, dotyczącą oznaczania wielocukrów. Mianowicie materiał po ekstrakcji alkoholem cukrów prostych i dwucukrów, po wysuszeniu, zadawano 2% HCl, hydrolizując w ciągu

6 godzin. Oznaczano w ten sposób wszystkie wielocukry, takie jak skrobia, hemicelulozy itp., z wyjątkiem celulozy. Cukry proste i zhydrolizowane wielocukry oznaczano metodą Bertranda. Oznaczenia przeprowadzono dla każdej kombinacji doświadczeń w trzech powtórzeniach.

Ponadto, równolegle z pomiarami pobierania wody i oznaczania cukrów, oznaczano suchą masę skrawków ziemniaka, biorąc po trzy próbki dla każdej kombinacji. Skrawki po zważeniu suszono w suszarce, początkowo w temperaturze 50°C w ciągu 15 minut, po czym w temperaturze 105°C w ciągu 6 godzin. Z różnicy ciężarów obliczano procent ubytku suchej masy. Wszystkich pomiarów (pobierania wody, zawartość węglowodanów oraz sucha masa) dokonywano w odstępach dwudniowych.

Ze względu na przypadkowy charakter pomiarów użyto do obliczeń średniego błędu μ następującego wzoru:

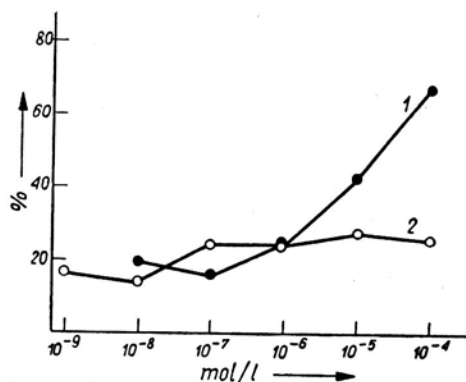
$$\mu \pm \sqrt{\frac{\sum (f)^2}{n-1}}$$

gdzie f różnica pomiędzy poszczególnym pomiarem a średnicą arytmetyczną, n — ilość pomiarów.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

1. Zależność absorpcji wody od stężenia SW.

Dla użytych do doświadczeń ziemniaków należało znaleźć przede wszystkim odpowiednie stężenie auksyn, które najkorzystniej wpływałoby na pobieranie wody. Dlatego też doświadczenia rozpoczęto od zna-



Wykres 1. Przyrost świeżej masy skrawków ziemniaka w procentach w zależności od stężenia substancji wzrostowych: 1 — kwas naftylooctowy (KNO); 2 — kwas indolooctowy (KIO)

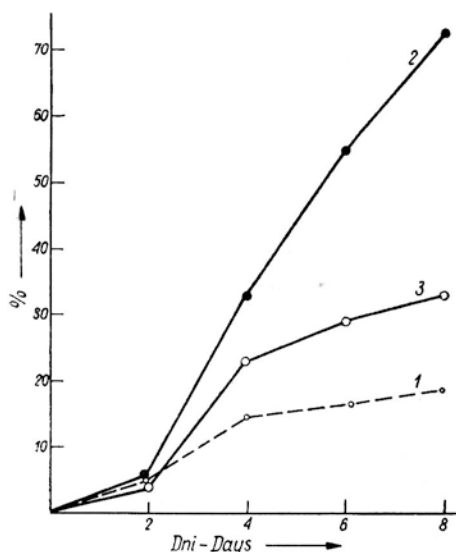
The effect of various concentrations of auxins on the increase in fresh weight of potato discs: 1 — naphthaleneacetic acid (NAA); 2 — indoleacetic acid (IAA)

leżenia odpowiedniego stężenia dla KIO i KNO. Skrawki sporządzono w sposób opisany w części metodycznej niniejszej pracy i następnie badano efekt różnych stężeń tych związków na pobieranie wody. Doświadczenie trwało 6 dni. Stosowano następujące stężenia dla KIO i KNO: 10^{-4} mol/l, 10^{-5} mol/l, 10^{-6} mol/l, 10^{-7} mol/l, 10^{-8} mol/l oraz 10^{-9} mol/l. Wyniki podane są na wykresie 1.

KNO działał najkorzystniej w stężeniu 10^{-4} mol/l dlatego w dalszych doświadczeniach stosowano to stężenie. KIO natomiast działał prawie identycznie przy stężeniu 10^{-4} i 10^{-5} mol/l. Z tego więc powodu w następnych doświadczeniach stosowano dla KIO stężenie 5×10^{-5} mol/l.

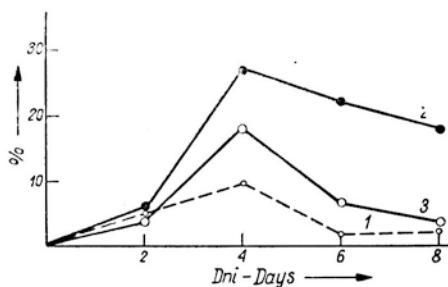
2. Wpływ KNO i KIO na pobieranie wody przez skrawki z bulw ziemniaka

Wyniki pomiarów pobierania wody przez skrawki ziemniaka podane są w tabeli 1. Obliczono je jako średnie z 27 powtórzeń. Doświadczenie trwało 8 dni. W odstępach dwudniowych skrawki ważono.



Wykres 2. Przyrost świeżej masy skrawków ziemniaka w procentach w zależności od czasu trwania doświadczenia: 1 — H₂O; 2 — KNO; 3 — KIO

The effect of duration of experiments on the increase in fresh weight (in per cent): 1 — H₂O; 2 — NAA; 3 — IAA



Wykres 3. Intensywność pobierania wody w poszczególnych dniach pomiaru wyrażona w procentach początkowej świeżej masy: 1 — H₂O; 2 — KNO; 3 — KIO

The increase in fresh weight (in per cent) as calculated from the differences between experiments: 1 — H₂O; 2 — NAA; 3 — IAA

Tabela 1 — Table 1

Przyrost świeżej masy skrawków ziemniaka w procentach. Wyniki obliczono z 27 powtórzeń dla każdej kombinacji.

The increase in fresh weight of potato discs (in per cent). 27 samples in each experiment were taken, the mean values are given

Doświadczenie Experiment		Dnie od rozpoczęcia doświadczenia — Days from start									
		0		2		4		6		8	
		Świeża masa Fresh weight mg	Ciężar Weight mg	% przyrostu Per cent increase	Ciężar Weight mg	% przyrostu Per cent increase	Ciężar Weight mg	% przyrostu Per cent increase	Ciężar Weight mg	% przyrostu Per cent increase	
I	H ₂ O	1035,3	1087,3	5,0	1185,6	14,5	1206,3	16,5	1233,6	19,1	
II	KNO 10—4 NAA	1037,0	1095,3	5,6	1377,3	32,8	1605,3	54,9	1790,3	72,7	
III	KIO 5 × 10—5 IAA	1036,0	1080,3	4,2	1271,7	22,8	1339,3	29,3	1378,0	33,0	

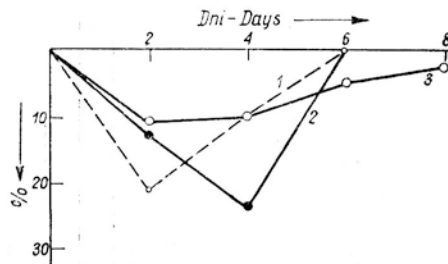
Cyfry określają przyrost świeżej masy skrawków wyrażony w procentach „początkowej świeżej masy”. Okazało się, iż silniejszy wpływ na pobieranie wody wywiera KNO, natomiast KIO działa słabiej (wykres 2).

W dalszych doświadczeniach ważne było określenie intensywności pobierania wody w określonym czasie, innymi słowy, w jakim czasie od chwili założenia doświadczenia skrawki ziemniaka najintensywniej pobierają wodę. Zależność tę obrazuje wykres 3.

Wyniki obliczone są z różnicy procentowego przyrostu świeżej masy pomiędzy poszczególnymi pomiarami (odstępów dwudniowe). Najintensywniejsze pobieranie wody zachodzi pomiędzy 2 a 4 dniem doświadczenia i to niezależnie od tego, czy proces ten jest indukowany względnie nie jest indukowany przez auksyny. Silniejszy wpływ wykazuje tutaj KNO, natomiast działanie KIO jest nieco słabsze. W następnych dniach, we wszystkich kombinacjach intensywność procesu wyraźnie spada.

3. Metabolizm węglowodanowy skrawków z bulw ziemniaka traktowanych KNO i KIO

Równoległe z pomiarami pobierania wody przeprowadzono analizy przemian węglowodanów w badanych skrawkach. Badano ubytek wielocukrów oraz poziom jedno- i dwucukrów (tabela 2).



Wykres 4. Intensywność ubytku wielocukrów w procentach pomiędzy poszczególnymi pomiarami: 1 — H₂O; 2 — KNO; 3 — KIO

Rate of decrease of polysaccharides (in per cent calculated from the difference between experiments): 1 — H₂O; 2 — NAA; 3 — IAA

Tabela 2 ilustruje dane dotyczące ubytku wielocukrów. Poszczególne wyniki dla każdej kombinacji podane są jako średnie z trzech powtórzeń. Przy porównaniu procentowego ubytku wielocukrów oddzielnie dla każdego doświadczenia, okazuje się, że udowodnione statystycznie różnice w ubytku wielocukrów zachodzą tylko pomiędzy 2 a 4 dniem pomiaru

Tabela 2 — Table 2

Ubytek zawartości wielocukrów w skrawkach ziemniaka. Różnice w ilości wielocukrów wyrażone w % początkowej świeżej masy
The decrease in the content of polysaccharides in potato discs. The differences in the content of polysaccharides are given in per cent of initial fresh weight

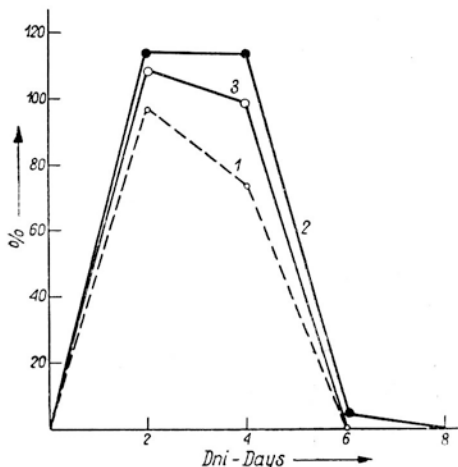
Doświadczenie Experiment	Dnie od rozpoczęcia doświadczenie — Days from start										
	0		2		4		6		8		
	mg	mg	% ubytku Per cent decrease	mg	% ubytku Per cent decrease	mg	% ubytku Per cent decrease	mg	% ubytku Per cent decrease	mg	% ubytku Per cent decrease
I H ₂ O	164	130	20,7 ± 4,5	113	31,1 ± 3,9	117	28,7 ± 3,9	115	29,9 ± 3,9		
II KNO NAA 10 ⁻⁴	164	143	12,8 ± 6,9	104	36,6 ± 3,7	108	34,2 ± 5,7	107	34,8 ± 4,1		
III KIO 5 × 10 ⁻⁵ IAA	164	146	10,9 ± 5,3	130	20,7 ± 3,4	122	25,6 ± 4,8	118	28,1 ± 4,7		

Tabela 3 — Table 3

Przyrost zawartości jedno- i dwucukrów w skrawkach ziemniaka, wyrażony w % początkowej świeżej masy
The increase in mono- and disaccharides in potato discs (given in per cent of initial fresh weight)

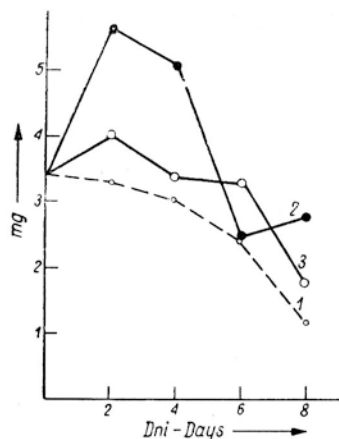
Doświadczenie Experiment	Dnie od rozpoczęcia doświadczenia — Days from start										
	0		2		4		6		8		
	mg	mg	% przyrostu Per cent increase	mg	% przyrostu Per cent increase	mg	% przyrostu Per cent increase	mg	% przyrostu Per cent increase	mg	% przyrostu Per cent increase
I H ₂ O	6,8	13,4	97,2 ± 1,0	18,4	170,8 ± 9,5	18,3	169,5 ± 14,3	17,6	161,5 ± 11,6		
II KNO ₃ NAA 10 ⁻⁴	6,8	14,5	113,5 ± 11,0	22,2	226,4 ± 25,6	22,6	231,2 ± 8,3	22,4	229,8 ± 1,3		
III KIO ₃ 5 × 10 ⁻⁵ IAA	6,8	14,2	108,9 ± 18,6	20,9	207,5 ± 15,6	20,7	204,5 ± 12,5	20,5	200,5 ± 12,8		

we wszystkich trzech kombinacjach. Różnica ta po uwzględnieniu błędów średnich dla skrawków moczonych w wodzie wynosi 2,0%, dla KNO 3,2%, dla KIO 2,1%. Jednakże w doświadczeniu trzecim z KIO obserwuje się pewną tendencję dalszego ubytku wielocukrów, chociaż różnice w ubytku tych węglowodanów nie wychodzą poza granice błędu.



Wykres 5. Intensywność przyrostu jedno- i dwucukrów w procentach pomiędzy poszczególnymi pomiarami: 1 — H₂O; 2 — KNO; 3 — KIO

Rate of increase of mono- and disaccharides (in per cent calculated from the difference between experiments): 1 — H₂O; 2 — NAA; 3 — IAA



Wykres 6. Zawartość sacharozy wyrażona w mg w czasie trwania doświadczenia: 1 — H₂O; 2 — KNO; 3 — KIO

Sucrose content in mg in potato discs: 1 — H₂O; 2 — NAA; 3 — IAA

Jest to o tyle interesujące, że nie obserwuje się podobnych tendencji u skrawków moczonych w wodzie czy w KNO. Zależności te podaje wykres 4.

Analizując procentowy ubytek wielocukrów pomiędzy poszczególnymi kombinacjami, można stwierdzić, że statystycznie uzasadnione różnice w ubytku wielocukrów zachodzą pomiędzy skrawkami moczonymi w wodzie i KIO w 4 dniu, oraz pomiędzy skrawkami moczonymi w KNO i KIO również w 4 dniu pomiaru. Nie obserwuje się natomiast różnic pomiędzy skrawkami moczonymi w wodzie i KNO.

Równocześnie z badaniem ubytku wielocukrów określano zmiany, jakie zachodzą w zawartości jedno- i dwucukrów. Wyniki tego doświadczenia umieszczone są w tabeli 3. Okazuje się że już w drugim dniu po-

miaru zawartość jedno- i dwucukrów wzrasta dwukrotnie we wszystkich kombinacjach. Ten intensywny wzrost cukrów utrzymuje się do 4 dnia doświadczenia, a ich ilość zwiększa się prawie trzykrotnie. Po tym intensywnym wzroście jedno i dwucukrów, w dalszych dniach ilość ich utrzymuje się na stałym poziomie (wykres 5). Przy porównaniu procentu przyrostu jedno- i dwucukrowców pomiędzy poszczególnymi kombinacjami, okazuje się, że różnice statycznie udowodnione występują pomiędzy skrawkami moczonymi w wodzie i KNO we wszystkich dniach doświadczenia, pomiędzy skrawkami z wody i KIO zachodzą również (z wyjątkiem pomiaru w 2 dniu), natomiast pomiędzy KNO i KIO różnice w przyroście cukrów występują tylko w dwu ostatnich pomiarach, to znaczy w 6 i 8 dniu.

Ze względu na zachowanie się cukrów prostych, na uwagę zasługuje wykres 6 charakteryzujący zmiany, jakie zachodzą w poziomie sacharozy w trakcie trwania doświadczenia we wszystkich kombinacjach.

Tabela 4 — Table 4

Stosunek — wielocukry: jedno i dwucukry
Ratio — polysaccharides: mono- and disaccharides

Doświadczenie Experiment	Dnie od rozpoczęcia doświadczenia — Days from start				
	0	2	4	6	8
I H ₂ O	24,1±0,60	9,7±0,60	6,2±0,47	6,4±0,52	6,5±0,53
II KNO					
10 ⁻⁴	24,1±0,60	9,9±1,10	4,6±0,47	4,8±0,47	4,8±0,46
NAA					
III KIO					
5×10 ⁻⁵	24,1±0,60	10,3±1,00	6,2±0,40	5,9±0,51	5,7±0,50
IAA					

Z wykresu tego widać wyraźnie, że KNO bardzo silnie wpływa na gromadzenie się sacharozy w 2 i 4 dniu pomiaru. KIO działa nieco słabiej na ten proces, natomiast w kombinacji z wodą obserwujemy powolny, lecz stały spadek sacharozy.

Ciekawy jest obraz, jaki daje tabela 4, uwzględniająca stosunek wielocukrów do jedno- i dwucukrów. Wartość tego stosunku wyraźnie spada w 2 i 4 dniu pomiaru. W dalszych dniach natomiast, utrzymuje się

Tabela 5—Table 5

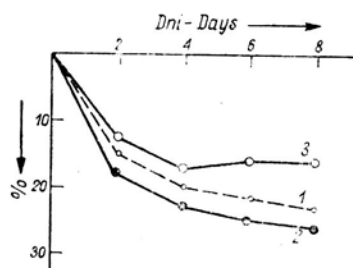
Ubytek suchej masy skrawków ziemniaka wyrażony w % początkowej suchej masy
The decrease in dry weight in potato discs given in per cent of initial dry weight

Doświadczenie Experiment	Dnie od rozpoczęcia doświadczenia — Days from start									
	0		2		4		6		8	
	mg	gm	% ubytku Per cent decrease		mg	% ubytku Per cent decrease	mg	% ubytku Per cent decrease	mg	% ubytku Per cent decrease
I H ₂ O	209	177	15,3±7,1		173	20,2±4,0	162	21,5±4,0	160	23,4±3,9
II KNO ₃ NAA	209	172	17,7±3,6		161	22,9±4,8	157	24,9±4,7	155	25,9±4,1
III KIO ₅ × 10 ⁻⁵ IAA	209	184	11,9±4,5		174	16,7±5,8	177	15,3±4,0	175	16,2±4,7

na stałym poziomie. Z danych umieszczonych w tabeli 4 wynika, że w 2 dniu wartość stosunku: *Wielocukier/cukier* jest jednakowa dla trzech kombinacji. W 4 dniu wartość stosunku spada dalej we wszystkich kombinacjach, przy czym spadek ten jest silniejszy dla KNO.

4. Ubytek suchej masy

Oznaczanie suchej masy (sm) przeprowadzono równolegle z pomiarami pobierania wody. Wyniki tych pomiarów podane są w tabeli 5.



Wykres 7. Intensywność ubytku suchej masy w procentach początkowej suchej masy pomiędzy poszczególnymi pomiarami: 1 — H₂O; 2 — KNO; 3 — KIO
Rate of decrease in dry weight (in per cent calculated from the difference between experiments): 1 — H₂O; 2 — NAA; 3 — IAA

Obserwuje się tutaj stały spadek sm bez istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi doświadczeniami (wykres 7).

DYSKUSJA WYNIKÓW

1. Zależność pomiędzy metabolizmem węglowodanowym a pobieraniem wody

Z przeprowadzonych doświadczeń na skrawkach bulw ziemniaczanych wynika, że w trakcie trwania obserwacji (8 dni) woda jest bardzo silnie pobierana przez komórki parenchymatyczne w 2 i 4 dniu pomiaru. W następnych dniach intensywność ta zmniejsza się (szósty dzień), ustalając się w końcu na stałym poziomie (wykres 3). Równocześnie z tym intensywnym pobieraniem wody obserwujemy wyraźny spadek zawartości wielocukrów (wykres 4). Wraz ze spadkiem ilości wielocukrów obserwo-

waliśmy wyraźne nagromadzanie się cukrów prostych (wykres 5), przy czym zwiększanie się cukrów prostych ustaje w 4 dniu doświadczenia. O takim nagromadzeniu się cukrów prostych kosztem hydrolizy wielocukrów mówi nam również obliczony stosunek wielocukrów do jedno- i dwucukrów (tabela 4). Z wartości tego stosunku wyraźnie widać, że zmiany w poziomie węglowodanów zachodzą do 4 dnia pomiaru. Proces ten przebiega więc równolegle z najintensywniejszym pobieraniem wody przez skrawki ziemniaka.

Nieco odmiennie zachowuje się krzywa ubytku suchej masy, która spada dość szybko do drugiego dnia pomiaru, a następnie obniża się stale, lecz bardzo wolno (wykres 7).

Z tych zestawień wynika, że proces pobierania wody jest skorelowany z przemianami węglowodanowymi. Można również przypuścić, że w tym czasie zachodzą najintensywniejsze procesy oksydoredukcyjne, które są związane z czynnym pobieraniem wody.

2. Zależność pomiędzy metabolizmem węglowodanowym a pobieraniem wody pod wpływem KNO i KIO

W poprzednim punkcie rozpatrzyliśmy zachowanie się tkanek bulw ziemniaka, gdy znajdowały się one w wodzie wodociągowej. Obecnie rozpatrzmy zmiany, jakie zachodzą pod wpływem SW. Z przebiegu krzywej pobierania wody (wykres 2 i 3) wynika wyraźnie, że zmiany, jakie zachodzą, są tylko ilościowe, a nie jakościowe, to znaczy, że pobieranie wody pod wpływem działania KNO i KIO jest tylko intensywniejsze i, podobnie jak dla skrawków moczonych w wodzie, ograniczone w czasie 2 i 4 dnia doświadczenia. W następnych dniach, jakkolwiek absorpcja wody utrzymuje się stale na wyższym poziomie niż w kombinacji z wodą, to jednak zmniejsza się wyraźnie intensywność tego procesu (wykres 3). Temu intensywnemu pobieraniu wody towarzyszy ubytek wielocukrów, podobnie jak w doświadczeniu z wodą (wykres 4). Jednakże ten ubytek wielocukrów w skrawkach poddanych działaniu auksyn bynajmniej nie jest większy od rozkładu wielocukrów w skrawkach moczonych w wodzie. Co więcej w wypadku działania KIO obserwowaliśmy zahamowanie rozkładu wielocukrów w porównaniu z działaniem KNO i czystej wody. Tego niezrozumiałego wpływu KIO na rozkład wielocukrów niestety nie można wyjaśnić bez dalszych badań, tym bardziej że poziom cukrów prostych wykazuje w 2 i 4 dniu doświadczenia silną tendencję wzrostową. Istotne różnice (statystycznie udowodnione) w przyroście cukrów prostych obserwujemy w 4 dniu pomiaru. Poziom jedno- i dwucukrów w skrawkach moczonych w KNO jest wyższy

o 21,1%, a moczonych w KIO o 11,6% (po uwzględnieniu błędów średnich) niż w doświadczeniach z wodą. Widać tu wyraźny wpływ SW na ilość cukrów prostych (tabela 3, wykres 5). Wyraźnie zaznacza się ten wpływ KNO przy wzroście sacharozy (wykres 6). Być może, że jest to związane z mobilizacją sacharozy jako materiału oddechowego, jak to sugeruje W. O. James (1953). O pewnym działaniu KNO na zwiększanie się jedno- i dwucukrów mówi nam również obliczony stosunek: *wielocukry/jedno- i dwucukry*. Z tego stosunku widać wyraźne (poza granicami błędu) działanie KNO na zwiększanie się ilości cukrów i zmniejszanie się ilości wielocukrów. KIO jednakże nie wykazuje żadnych istotnych różnic w stosunku do kombinacji z wodą (tabela 4).

Niewielkie zmiany pod wpływem SW w stosunku do kombinacji z wodą obserwowaliśmy w ubytku suchej masy (wykres 7). Jedynie KIO wykazuje wyraźny wpływ na zmniejszenie ubytku suchej masy. Być może, że pozostaje to w związku z obserwowanym przez nas słabszym działaniem KIO na pobieranie wody i na przemiany węglowodanowe w skrawkach ziemniaka.

Uogólniając te wyniki możemy powiedzieć, że KNO w jakiś sposób wpływa na rozkład skrobi i nagromadzanie się większych ilości cukrów prostych, zwłaszcza sacharozy. Wydaje się natomiast, że działanie KIO na mechanizm pobierania wody jest w tym zestawieniu niejasne i wymaga dalszych badań.

Przytoczone badania sugerują, że mechanizm pobierania wody przez skrawki ziemniaka pod wpływem KIO i KNO jest związany z przemianami węglowodanowymi. Wskazuje na to zwiększony poziom cukrów prostych w kombinacjach z substancjami wzrostowymi w porównaniu z skrawkami moczonymi w wodzie. Mogłoby to wskazywać na pobieranie wody na drodze osmotycznej, przynajmniej w odniesieniu do skrawków moczonych w wodzie i substancjach wzrostowych. Nie dałoby się jednak w ten sposób wytłumaczyć pobierania wody na drodze osmotycznej przez skrawki moczone w KNO i KIO, pomiędzy którymi występują dość znaczne różnice w pobieraniu wody, natomiast nie obserwuje się różnic w przyroście jedno- i dwucukrów w początkowych dniach pomiaru. Należałoby przeprowadzić tutaj równoczesne badania wartości osmotycznej soku komórkowego skrawków ziemniaka. Natomiast z zachowania się krzywej, obrazującej ilość sacharozy w poszczególnych kombinacjach, niedwuznacznie wynika, że mamy tu do czynienia z procesem energetycznym, gdyż sacharoza według O. W. J a m e s a jest u ziemniaków substratem oddechowym. Ponieważ w skrawkach poddanych działaniu KIO i KNO obserwujemy mniejsze zużycie sacharozy, można by przypuszczać, iż pobieranie wody pod wpływem tych substancji odbywa się przy mniejszym nakładzie energii. Sugerowałoby to, że KIO i KNO ułatwiają wejście wody

do komórki przy zużyciu mniejszej ilości energii. Jest to zrozumiałe, gdy weźmie się pod uwagę działanie tych hormonów na błonę komórkową (zmiany elastyczne względnie plastyczne).

WNIOSKI

Uogólniając wyniki badań można wysunąć następujące wnioski:

1. KNO i KIO stymulują pobieranie wody przez skrawki ziemniaka.
2. Proces pobierania wody przez skrawki ziemniaka jest zależny od przemian węglowodanowych i to zarówno w skrawkach moczonych w wodzie, jak i w KNO i KIO. Uwidacznia się to w rozkładzie skrobi i nagromadzeniu jedno- i dwucukrów.
3. Stwierdzono stymulujące działanie KIO i KNO na gromadzenie się sacharozy.
4. Nasuwa się uwaga, że pobieranie wody pod wpływem SW jest raczej uzależnione od przemian energetycznych niż od wartości osmotycznej.

*Zakład Fizjologii Roślin
Uniwersytetu we Wrocławiu*

(Wpłynęło dn. 30.3.60 r.)

SUMMARY

The effect of auxins in promoting the uptake of water by certain plant tissues was stated in the works of B. Commoner (1943), J. V. Overbeek (1944), J. Lewitt (1948), D. P. Hackett (1952), J. Bonner (1953) and others. It was also reported that the water absorption process was dependent upon the aerobic conditions of the tissue. The increased water uptake is probably connected rather with the general respiratory processes than with the increase in the osmotic value (J. W. Mitchell 1940, J. M. Beal 1940, S. C. Bausor 1942). If the water absorption is dependent upon the respiratory processes, one should expect that the auxin effect on the water uptake is linked with general metabolism of the cell.

The aim of the present paper was to establish if there was any correlation between carbohydrate metabolism and the promoting effect of naphthalene acetic acid (NAA) and indoleacetic acid (IAA) upon the water uptake. Experiments were done on potato tubers. The methods employed for the preparation of discs were described by D. P. Hackett and K. V. Thimann (1950). The water uptake was measured every two days during 8 days observations. Potato discs were left in (1) water, (2) NAA, (3) IAA. Most suitable concentrations of auxins were determined at the beginning of the experiments (Fig. 1). The water uptake, the amount of starch, mono- and disaccharides, and the decrease of dry weight was determined. The obtained results are shown in tables (1, 2, 3, 4, 5) and diagrams (Fig. 1—7). Reassuming one could state that the hydrolysis of

starch (Fig. 4) and the increase in the amount of sugars (Fig. 5) mainly sucrose (Fig. 6), was stimulated by NAA. In the process of starch hydrolysis the action of IAA was weaker than NAA, it was also weaker when compared with the discs in water alone. Also the values for mono- and disaccharides (Fig. 5) and sucrose (Fig. 6) were lower in comparison with the measurements obtained after NAA treatment. The above mentioned results seem to show that the water uptake is related with the metabolism of carbohydrates. Because no differences in the content of mono- and disaccharides in the discs remaining in water with auxins were stated, one could suggest that water uptake was not connected with the osmotic pressure. However, as is shown in Fig. 5, the decrease of the sucrose content in discs remaining in solution of auxins was smaller than in those discs which were left in water. According to James' results it was stated that sucrose is the respirable material in potatoes. It appears therefore, that the uptake of water is going on with much smaller output of energy when discs are left in auxins solution than in pure water. It is conceivable when one takes into consideration the effect of auxins on the cell wall (elastic and plastic changes).

In concluding the results one could state:

1. NAA and IAA are promoting the water uptake by potato discs.
2. The uptake of water is dependent upon the metabolism of carbohydrates both in the discs left in pure water and in auxin solution.
3. It was shown that auxins had a promoting effect on the increase of sucrose concentration.
4. It seems that the increased water uptake is dependent rather on the processes of respiration than on the osmotic concentration.

LITERATURA

- Busor S. C., 1942, Bot. Gaz. 104: 115—121.
 Beal J. M., 1940, Bot. Gaz. 102: 366—372.
 Bieloziorski A., Proskuriakow N., 1954, Ćwiczenia z biochemii roślin. Warszawa, P.W.R.i.L.
 Bonner J., Bandurski R. S., Millered A., 1953, Physiol. Plant. 6: 511—522.
 Commoner B., Fogel S., Müller W. H., 1943, Amer. J. Botany 30: 23—28.
 Hackett D. P., 1952, Plant. Physiol. 27: 279—284.
 Hackett D. P., Thimann K. V., 1950, Plant. Physiol. 25: 648—652.
 Hackett D. P., Thimann K. V., 1952, Amer. J. Bot. 39: 553—560.
 James W. O., 1953, Plant Respiration. Oxford. At the Clarendon Press.
 Levitt J., 1948, Plant Physiol. 23:505—515.
 Linser H., Kiermayer O., 1957, Methoden zur Bestimmung pflanzlicher Wuchsstoffe. Wien, Springer-Verlag.
 Mittchel J. W., Kraus E. J., Whitehead Muriel R., 1940, Bot. Gaz. 102: 97—104.
 Mittchel J. W., Whitehead Muriel R., 1940, Bot. Gaz. 102: 393—399.
 Overbeek J. von, 1944, Amer. J. Bot. 31: 265—269.
 Reinders D. E., 1938, Proc. Kon. Akad. v. Wetensch., Amsterdam. 41: 820—831.
 Reinders D. E., 1942, Rec. trav. Botan Neerland. 39: 1—140.