Warunki rozwoju wyizolowanego końca korzenia

Conditions of the development of isolated root tips

Napisali

B. Niklewski, Z. Wójcikówna i M. Pestka

(Wpłynęło do redakcji 20 kwietnia 1939 — Received for publication April 20, 1939)

(Z czterema rycinami w tekście — With four text-figures)

WSTĘP

Celem poznania właściwości fizjologicznych komórek, względnie tkanek roślinnych próbowano hodować tkanki w izolacji od całości organizmu roślinnego. Dopóki hodowla zajmowała się tkankami wyrosniętymi, rezultaty tych badań były nikłe. Wprawdzie tkanki te utrzymywały się w hodowli nawet przez czas dłuższy przy życiu, ale nie wykazywały zdolności do podziału komórek. Natomiast hodowla tkanek merystematycznych, posiadających zdolność rozwojową w warunkach izolacji, wzbudza większe zainteresowanie.

Kotte (1922) pierwszy rozpoczął badania nad hodowlą tkanki merystematycznej. Hodował on odcięte końce korzeni grochu i kukurydzy zawierające prócz czapeczki tylko tkankę merystematyczną. Jako pożywkę stosował roztwór Knopa z dodatkiem różnych ciał organicznych stwierdzając, że dla rozwoju odciętych końców korzeni potrzebne są węglowodany, natomiast jako źródło azotu wystarczają substancje azotowe zawarte w tkance. Obserwował on wzrost końców korzeni, dzielenie się komórek i ich różnicowanie oraz przejście tkanek merystematycznych w trwałe tkanki korzeniowe. Po pewnym czasie ustawały podziały komórek i kończył się wzrost korzenia. Stąd doszedł Kotte do przekonania, że jego pożywkom brak jakiegoś ciała powodującego podział komórek, i że komórki wytworzyć go nie potrafią.

Prowadzący równocześnie badania w tym samym kierunku Robbins (1922) dodawał do pożywki Pfeffera oprócz glukozy związków azotowych w formie asparaginy i peptonu, wyciągu z drożdży oraz wyciągu z tkanek embrionalnych. Autor stwierdził dodatni wpływ powyższych substancji na rozwój tkanek. Wraz z Manevalem stwierdził Robbins (1923) zależność wzrostu tkanek od koncentracji glukozy, przy czym najlepsze wyniki dawał roztwór 4% glukozy. Przy tym hodowali korzenie różnej długości, od 2 do 60 mm, i stwierdzili, że pierwotna długość nie ma znacznego wpływu na ich rozwój.

Dalsze badania szły w kierunku określenia, jaka ilość tkanki jest konieczna dla podtrzymania jej normalnego rozwoju i jaka jest zależność przyrostu od pierwotnej długości odciętego fragmentu. Chambers (1923) stwierdził, że fragmenty korzeni do 1 mm długości rozwijały się nienormalnie, natomiast dłuższe wykazywały wzrost prawidłowy. Podobnie Scheitterer (1931) potwierdziła, że wielkość przyrostu zależy od pierwotnej długości.

Heidt (1932) wykazał na korzeniach gorczycy (*Sinapis alba*), że przyrost korzenia jest proporcjonalny do ilości tkanki wziętej do hodowli.

Gautheret (1933) obserwował dezorganizację korzenia kukurydzy przy użyciu do doświadczeń koniuszka długości 0.5—1 mm; tkanka wykazywała wzrost bezkierunkowy i brak różnicowania.

Fiedler (1936) określa, że korzonki długości od 1 do 3 mm, tj. ucięte bez uszkodzenia strefy wzrostu, rozwijają się coraz lepiej w miarę zwiększenia początkowej długości; jednakże dalsze zwiększenie długości nie daje żadnego zwiększenia przyrostu.

Badania nad zagadnieniem, czy izolowany korzeń rozwija się czas nieograniczony, wykazały, że wzrost korzenia po pewnym czasie ustawał. Kotte stwierdził okres wzrostu do 12 dni, Gautheret do 3 miesięcy, przy czym autor ten zmieniał pożywki; korzonki były coraz cieńsze, a po ósmej z kolei zmianie pożywki wzrost ustawał. Natomiast White (1932) stwierdził nieograniczony wzrost korzenia pomidora.

Podjęto również badania nad tym, które części korzenia kierują jego rozwojem i różnicowaniem się tkanek. Od czasu badań Haberlandta (1921) panowała powszechnie opinia, że tkanka merystematyczna, hodowana w warunkach odizolowania, tylko wtedy różnicować się może w tkanki trwale, jeśli zawiera choć trochę elementów wiązki sitowej. Jednakże Kotte ustalił, a badania White'a to potwierdziły, że korzeń rozwijać się może zupełnie normalnie na-

wet wtedy, gdy tkanka merystematyczna pozbawiona jest zupełnie tkanki trwałej. Scheitterer sądzi, że główną rolę w różnicowaniu się tkanek odgrywa szczytowa część korzenia, czemu jednak Gaucheret zaprzecza.

Kwestię słabego wzrostu hodowanych tkanek próbowano tłumaczyć sposobem izolacji końców korzeni po ich odcięciu. Przypuszczano, że zahamowanie wzrostu następuje na skutek wytworzonych ran. Jednak badania prowadzone nad hodowlą komórek oddzielonych za pomocą plazmolizy lub przez samorzutną macerację tkanki nie dały przewidywanych wyników dodatnich. White zauważa, że zahamowanie wzrostu jest tym większe, im większa jest powierzchnia zranienia w stosunku do całkowitej ilości tkanki. Jest to jeden z powodów, dla którego większe fragmenty tkanki rozwijają się w hodowli lepiej niż mniejsze.

Inni badacze starali się określić, jaki jest najodpowiedniejszy stan fizyczny środowiska dla hodowli tkanki. Ulehla (1928) dochodzi w swych badaniach nad miększem rdzeniowym do wniosku, że tkankę należy hodować na stałym podłożu przy dostatecznym dostępie powietrza. White (1932) uzyskiwał jednak dobre wyniki używając wyłącznie płynnych pożywek. Również chińscy badacze Tsung-Lê Loo i Shih-Wei Loo (1935) wykazali, że płynna pożywka jest zupełnie odpowiednim środowiskiem dla hodowli odciętych końców korzeni kukurydzy. Badania Fiedlera (1936) stwierdzają jednakże, że rozwój odciętych korzeni prowadzi w pożywkach płynnych do postaci patologicznych, natomiast hodowla korzonków na pożywkach stałych daje formy normalnie takie, jakie powstają w związku z rośliną. Jako stałego podłoża używał piasku i głównie 1% agar-agaru. Nienormalny rozwój w płynnych pożywkach Fiedler tłumaczy brakiem dostatecznej ilości powietrza, stałe przewietrzanie roztworu dawało bowiem wyniki podobne do tych, jakie otrzymywano na pożywkach stałych. Nie robił jednak doświadczeń z przewietrzaniem pożywek agarowych.

Zwrócono także uwagę na hormony wzrostu jako czynniki niezbędne dla normalnego wzrostu korzenia. Powstaje zagadnienie czy koniuszek korzenia posiada zdolność wytwarzania hormonów wzrostu, względnie czy te hormony muszą być doprowadzone z innych części rośliny, wreszcie czy normalnie powstające hormony w roślinie mogą być zastąpione innymi ciałami doprowadzonymi z zewnątrz.

Rozwój tkanek hodowanych w warunkach izolacji starano się pobudzić przez dodawanie do pożywek różnych ciał. White

dodawał do pożywki mineralnej wyciągu mięsnego, wyciągu z drożdży, kwaśnego siarczku sodowego (NaHS), stwierdzając znaczne zwiększenie przyrostu końców korzeni. Scheitterer stosowała cysteinę, wyciąg mięsny, drożdżowy, plazmę zwierzęcą, kawałki nowotworów, uzyskując również dodatnie wyniki. Wpływ wyciągu z drożdży na rozwój korzeni badał także Fiedler tłumacząc dodatni wpływ tegoż obecnością witamin. Stwierdził także korzystne działanie krystalicznego proginonu w słabych stężeniach, podobnie także i glutathionu. Tłumaczy on działanie to obecnością grupy HS.

Na znaczenie hormonów wzrostu dla rozwoju korzeni zwrócił uwagę Went (1929), wykazując na *Acalypha*, że korzenie wyrastają tylko wtedy, jeśli pęd posiada choć trochę liści. Po usunięciu wszystkich liści korzenie się nie wytwarzają albo są słabe. Wytwarzanie korzeni można pobudzić przez przyłożenie kostki agarowej zawierającej rhizocallinę. Wpływ różnych ciał pochodzenia roślinnego na rozwój korzeni badali Tsung-Lê Loo i Shih-Wei Loo (1935); publikacja ich ukazała się w czasie przeprowadzania naszych badań. Stwierdzili oni dodatni wpływ wyciągu suchych i świeżych liści wierzbowych i morwowych na przyrost odciętych korzonków kukurydzy; natomiast liście herbaty działały szkodliwie.

Fiedler badał wpływ rhizopiny (wyciągu z *Rhizopus swinus*), rhizocalliny (wyciągu z otrąb ryżowych), blastaniny (wyciągu z suchych roztartych zarodków kukurydzy). Ciała te w słabych stężeniach nieco przyspieszały wzrost korzonków, w silnych hamowały wzrost. Te same wyniki otrzymywał przy użyciu heteroauksyny.

Rolę ciał wzrostowych w rosnących korzeniach badał Snow (1923). Korzenie, które po odcięciu wierzchołka utraciły zdolność reakcji geotropijnej, zdobywają ją ponownie, gdy odcięty koniec przyłoży się na jego dawne miejsce. Cholodny (1933) potwierdzając te badania wykazał, że koniec korzenia można zastąpić końcem pochwki kielkowej lub kostką agarową, zawierającą ciała wzrostowe. Stąd wysnuwa wniosek, że koniec korzenia wytwarza ciała wzrostowe. Boysen-Jensen (1933) stwierdził obecność ciał wzrostowych w końcach korzeni przeprowadzając je do agaru zawierającego dekstrozę. Obecność ich ograniczona jest do strefy długości 6 mm, i ilość ich wzrasta ku wierzchołkowi. Jakkolwiek Boysen-Jensen uzyskał podobne wyniki jak Cholodny, uważa jednak, że nie jest dostatecznie uzasadniony wniosek, iż ciała wzrostowe wytwarzają się w korzeniu. Fiedler wykazał, że świeżo ucięte końce korzeni zawierają duże ilości ciał wzrostowych, natomiast końce hodowane w izolacji nie zawierają ich wcale. Po 24 godzinach odcięcia końców

zanikają ciała wzrostowe. Dyfundują one do powierzchni ucięcia i tam niszczej $\dot{a}$ wskutek utlenienia. Przez zalepienie ran lanolin $\dot{a}$ czy żelatyn $\dot{a}$ można ubywanie ciał wzrostowych zmniejszyć.

Zadaniem niniejszej pracy było: zbadanie wpływu związków próchnicznych i roztworów agar-agaru na rozwój wyizolowanych korzeni kukurydzy oraz składu pożywki, potrzebnej do wyżywienia wyizolowanej tkanki. Badania te przeprowadziła Zdzisława Wójcikówna w r. 1936 i Marian Pestka w r. 1937.

Metoda badań

Methodics

Do badań używano nasion kukurydzy *Zea Mays* var. *indurata* (Wczesnej Bydgoskiej). Ziarna dezynfekowano roztworem sublimatu 1/1000 w miseczkach Petriego, p. Wójcikówna przez 20 minut, p. Pestka przez 5 minut, stał $\dot{e}$ mieszaj $\acute{a}$ c bagietk $\dot{a}$. Następnie przepłukiwano ziarna w zlewce krytej czterokrotnie wod $\dot{a}$ sterylizowan $\dot{a}$. 30 sterylizowanych i przemytych wod $\dot{a}$ nasion pozostawiono z mał $\dot{a}$ ilośc $\dot{a}$ wody w miseczkach Petriego i po 3—4 dniach obcinano końce korzonków ostrym wysterylizowanym skalpelem opieraj $\acute{a}$ c je na wygotowanej i przemytej alkoholem płytce szklanej z podziałk $\dot{a}$. Cięcia przeprowadzano najpierw w odległośc $\dot{a}$ 1 mm od szczytu, a w dalszych doświadczeniach w odległośc $\dot{a}$ 3 mm. Zadaniem pracy było zbadanie wpływu różnych ciał na wzrost korzenia, a nie chodziło o badania wpływu wielkośc $\dot{a}$ odciętego kawałka na wzrost. Do kolbki erlenmajerowskiej z odpowiedni $\dot{a}$ pożywk $\dot{a}$ wkładano po 3 odcięte końce korzenia. Wszystkie te czynnośc $\dot{a}$ wykonywano w oszklonej szafce, któr $\dot{a}$ przed założeńiem doświadczenia napełniono par $\dot{a}$ wodn $\dot{a}$ celem oczyszczenia z kurzu i drobnoustrojów przez skraplaj $\acute{a}$ c $\dot{a}$ się wod $\dot{e}$. Każd $\dot{a}$ kombinacj $\acute{e}$ przeprowadzono w 5 powtórzeniach, tzn. przy użyciu 15 korzonków; cyfry w tabelach s $\dot{a}$ średnimi.

Jako pożywki używano roztworu Knopa z dodatkiem różnych ciał organicznych. Przygotowan $\dot{a}$ pożywk $\dot{e}$ dano w ilośc $\dot{a}$ 20 cm³ do kolbki erlenmajerowskiej obj. 100 cm³ zamkniętej korkiem z waty, któr $\dot{a}$ wysterylizowano w autoklawie przy ciśnieciu 1 atm. Hodowano takż $\acute{e}$ korzenie na skońc $\dot{e}$ zastygl $\dot{y}$ m agarze 1% w probówkach. Kwasowośc $\dot{a}$ pożywek wahała się między pH=4·8—5·5, co przy odpornośc $\dot{a}$ kukurydzy na odczyn kwaśny było bez większego znaczenia. (W doświadczeniach Pestki kwasota niekiedy dochodziła do pH=4·2). Kultury na czas doświadczenia umieszczano w zamkniętym termostacie przy temperaturze 26° C.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

A) Ciała eufietyczne¹ działające — The euphietic² substances

I. Wpływ agar-agaru na rozwój końców korzeni

The influence of agar-agar on the development of root tips

(wykonała Z. Wójcikówna)

Doświadczenie — Experiment 1

Do podstawowej pożywki roztworu Knopa z dodatkiem 2% glukozy dodawano czystego agaru w różnych ilościach. Po tygodniu pomierzono długość korzonków; bocznych korzeni w tym okresie nie przybyło.

Wpływ stężeń agaru na rozwój korzeni po 1 tygodniu

The influence of agar-agar concentrations on the development of the root after one week

Koncentr. agaru w % Concentration of agar-agar in %	Średnia długość 3 korzonków w kolbce w mm Mean length of three roots in mm					Średnia w mm Average in mm
0%	16.7	15.0	16.3			16.0
0.1%	26.0	26.3	21.7	20.0	19.0	22.6
0.5%	31.0	30.7	29.0	27.3	22.3	28.1
1%	52.7	42.3	36.7	36.3	26.7	38.9

Agar przyspiesza przeto wzrost korzeni, przy czym działanie wzrasta wraz ze stężeniem roztworu.

Doświadczenie — Experiment 2

Dla zbadania dłuższego działania agaru następne doświadczenie przeprowadzano przez 3 tygodnie z wynikiem następującym:

Wpływ stężeń agaru na rozwój korzeni po 3 tygodniach (średnie)

The influence of agar-agar concentrations on the development of the root after three weeks (average)

Koncentr. agaru w % Concentration of agar-agar in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	30.9	0.6	32.0
0.01	37.4	0.8	38.7
0.05	49.7	15.0	79.8
0.10	53.1	9.8	72.1
0.50	63.3	44.4	310.3
1.00	137.3	74.5	638.8

¹ Objaśnienie tego słowa znajduje się na str. 112.

² S. page 113.

Agar-agar działa przeto na wzrost korzenia już przy niskich koncentracjach, przy których nie tworzy galarety. Toteż tłumaczenie Fiedlera przypisujące korzystne działanie agaru pośredniemu wpływowi dostępu powietrza w stałych pożywkach nie wytrzymuje

Ryc. (Fig.) 1. — Wpływ agar-agaru na rozwój korzeni po 3 tygodniach.
The influence of agar-agar on the development of roots after three weeks.
1. 1% agar-agar; 2. 0.5% agar-agar; 3. 0.1% agar-agar; 4. bez agar-agaru
(without agar-agar).

krytyki, aczkolwiek na stałej pożywce dodatni wpływ ułatwionego dostępu powietrza nie jest wykluczony.

Zewnętrznie obserwowano już w pierwszych dniach hodowli, że korzonki hodowane na agarze były przeważnie nieco cieńsze niż korzonki hodowane bez tego dodatku. Po dłuższym czasie wystąpiły silniejsze różnice. Wszystkie korzenie, z wyjątkiem na pożywce 1% agaru, były zgrubiałe, rozdęte, zwłaszcza w najstarszej części, powierzchnia ich była pokaźniejsza, warstwy korowe odchodziły od walca osiowego. Natomiast korzenie rosnące na pożywce z 1% agar-em były gładkie, warstwy korowe nie oddzielały się, a korzenie były cienkie i silnie rozgałęzione, normalne, zdrowe, pokryte dużą ilością włosników; natomiast korzenie rosnące w pożywkach płynnych miały mało włosników albo ich zupełnie nie miały.

II. Wpływ związków próchnicznych na rozwój końców korzeni

The influence of humic substances on the development of root tips

Wobec wielokrotnie stwierdzonej silnej wrażliwości roślin na próchnicę podjęto doświadczenia z różnymi związkami próchnicznymi na rozwój wyizolowanych końców korzeni.

a) Humian amonowy — Ammonium humate

(Z. Wójcikówna)

Torf wymieszano z 2—3% amoniakiem, po 49 godzinach ekstrakt odsączono przez płótno i rozcieńczono wodą destylowaną. Po przesączeniu przez bibułę ekstrakt odparowano na łaźni wodnej prawie do sucha i następnie osad suszono przy temp. 60—70° C. 1 g humianu amonowego rozpuszczano w 100 cm³ wody i przesączało; w ten sposób przygotowano 1% roztwór.

Doświadczenie — Experiment 3

Do pożywki Knopa z dodatkiem 2% glukozy dodawano różne ilości humianu amonowego i po tygodniu mierzono długość korzonków.

Wpływ humianu amonowego na rozwój korzeni po jednym tygodniu

The influence of ammonium humate on the development of roots after one week

Humian amonowy w % Ammonium humate in %	Średnia długość korzeni w mm Mean length of roots in mm					Średnia w mm Average in mm
0	24·3	15·0	16·0	14·0	17·3	17·3
0·001	26·7	24·7	18·0	21·3	14·0	20·9
0·0025	19·0	19·7	24·2	22·0	20·0	20·9
0·0050	31·3	14·3	16·7	17·7	16·0	19·2
0·0100	31·7	25·7	28·0	26·3		27·9
0·0500	29·0	29·3	30·0	24·7	28·3	28·3

Wpływ humianu jest przy 1 tygodniowej obserwacji nieznaczny.

Doświadczenie — Experiment 4

Doświadczenie zorganizowano w sposób podobny jak doświadczenie 3, lecz pomiary wykonano po 3 tygodniach.

Wpływ humianu amonowego na rozwój korzeni po 3 tygodniach

The influence of ammonium humate on the development of roots after three weeks

Humian amonowy w % Ammonium humate in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	75·7	43·0	329·7
0·001	78·0	37·0	345·3
0·005	82·0	42·0	340·0
0·010	127·5	34·0	472·5
0·050	162·5	52·0	607·0

Niskie koncentracje 0·001 i 0·005% wywarły słaby wpływ, dopiero koncentracje 0·01 i 0·05% zaznaczyły silne oddziaływanie na korzenie.

Wygląd korzeni na pożywkach bez próchnicy był nienormalny: korzenie były rozdęte, zgrubiałe, pokręcone, boczne korzenie były krótkie choć liczne, czasem rozgałęzione, łatwo odłamujące się.

Ryc. (Fig.) 2. — Wpływ humianu amonowego na rozwój korzenia. — The influence of ammonium humate on the development of the root: 1. 0·05% humianu amonowego (ammonium humate); 2. 0·01% humianu amonowego (ammonium humate); 3. bez humianu amonowego (without ammonium humate).

Powierzchnia ich była nierówna, warstwy korowe oddzielały się od walca osiowego. Natomiast korzonki hodowane w roztworach próchnicy nieco stężonej były zdrowe, długie, cienkie, o równej gładkiej powierzchni, jedynie barwa ich była nieco przyciemniona.

b) Humian potasowy — Kalium humate

(Z. Wójcikówna)

Przygotowano analogiczny ekstrakt z torfu przy użyciu węglanu potasowego.

Doświadczenie — Experiment 5

Wpływ humianu potasowego na wzrost korzeni po 3 tygodniach
 The influence of kalium humate on the growth of roots after three weeks

Humian potasowy w % Kalium humate in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	53.0	26.0	202.5
0.01	107.0	25.0	250.7
0.05	132.5	38.0	426.3

Humian potasowy działał podobnie jak humian amonowy na rozwój korzeni.

c) Kwasy humusowe — Humic acids

(Z. Wójcikówna)

Czysty humian amonowy rozpuszczony w wodzie destylowanej i kwasy próchniczne wytrącono 2% kwasem solnym (HCl). Oczyszczano je przez częstą dekantację i przemywano wodą aż do zniknięcia reakcji jonu chloru i amonu oraz usunięto rozpuszczalne w wodzie kwasy fulwonowe. Małą ilość tak oczyszczonego osadu zalano wodą destylowaną i otrzymano w ten sposób roztwór ciemny, koloidalny kwasu hymetamelanowego i humusowego. Ten 100% roztwór rozcieńczono i użyto do doświadczenia.

Doświadczenie — Experiment 6

Wpływ kwasów humusowych na wzrost korzeni
 The influence of humic acids on the growth of roots

Kwas humu- sowy w % ¹ Humic acid in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	40.5	35.5	230.4
0.25	72.7	42.0	320.5
0.50	134.0	74.0	645.0

Doświadczenie to wykazało wyraźny wpływ kwasów humusowych na wytwarzanie się korzenia głównego i na rozrost korzeni

¹ Podane cyfry wyrażające koncentrację mają tylko względne znaczenie, gdyż jako 100% substancji użyto roztworu o nieznanym stężeniu.

bocznych. Kwasy humusowe wywarły wpływ podobny jak preparaty w poprzednich doświadczeniach (3, 4, 5).

Ryc. (Fig.) 3. — Wpływ kwasów humusowych na wzrost korzenia. — The influence of humic acids on the development of the root: 1. 2%¹ roztworu humusowego (humic acid solution); 2. 0·5% roztworu humusowego (humic acid solution); 3. bez dodatku kwasu humusowego (without humic acid solution),

d) Kwas hymetamelanowy — Hymetomelan acid (M. Pestka)

Użyto do doświadczenia kwasu hymetamelanowego, który oddzielono z mieszaniny kwasu hymetamelanowego i humusowego przez ekstrakcję kwasu przy pomocy 95% alkoholu. Z roztworu alkoholowego wytrącono kwas hymetamelanowy 5% roztworem sody, jako hymetamelan sodowy. Zebrany osad zadano kwasem solnym i całość poddano dializie. Uwolniony od jonów sodowych i chlorowych roztwór koloidowy kwasu hymetamelanowego o zabarwieniu żółtobrunatnym uważano jako 100%.

Doświadczenie — Experiment 7

Doświadczenie trwało 21 dni, temp. 24·8° C, pH=4·7.

¹ Jako 100% substancje uważa się roztwór o nieznannej koncentracji.

Wpływ kwasu hymetamelanowego — The influence of hymetomelan acid

Kwas hymetamelanowy w % Hymetomelan acid in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	29·1	9	150·7
10	96·4	69	621·9
15	72·4	43	408·6
25	62·8	25	252·7

Przyjmując roztwór kwasu hymetamelanowego jako 100% użyto do doświadczeń rozcieńczenia 10, 15 i 25%. Najsilniej działał roztwór 10%.

e) Rozpuszczalne w wodzie kwasy próchniczne zbliżone do fulwokwasów — Water soluble humic acids (like fulvoacids)

Przygotowano preparat wedle przepisu, który podano w pracy „Wpływ związków próchnicznych na rozwój roślin”¹.

Doświadczenie — Experiment 8

Doświadczenie trwało 20 dni, temp. 25° C, pH=4·2.

Wpływ rozpuszczalnych w wodzie kwasów próchnicznych na rozwój korzeni

The influence of water soluble humic acids on the development of roots

Kwasy próchniczne w mg na 50 cm ³ Humic acids in mg in 50 cm ³	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	31·2	16	192·4
2·5	84·1	23	332·2
5·5	89·6	27	391·4
11·0	102·3	48	609·7

Najsilniejsze działanie osiągnięto przy zastosowaniu 11 mg kwasów próchnicznych na 50 cm³. Pod wpływem próchnicy rozwój korzeni był normalny, natomiast w kulturach bez próchnicy korzeń rósł nienormalnie, skręcał się, był zgrubiały i warstwa korowa opadała od walca osiowego.

¹ B. Niklewski i J. Wojciechowski — Acta Soc. Bot. Pol. XV, 1938, str. 88.

III. Wpływ ekstraktów liściowych na rozwój korzeni

The influence of leaf extracts on the development of roots

Celem sprawdzenia obserwacji nad dodatnim wynikiem ekstraktów wodnych z liści na rozwój korzeni, poczynionych przez Tsung-Lê Loo i Shih-Wei Loo (1935), przeprowadzała Wójcikówna doświadczenia z ekstraktem z liści kukurydzy, a Pestka zastosował ekstrakt z liści wierzbowych.

a) Ekstrakt z liści kukurydzy — Extract of *Zea Mays* leaves

100 g świeżych, młodych liści kukurydzy zalano w kolbie 100 cm³ wodą destylowaną i ogrzewano przez 30 minut na wrzącej łaźni wodnej. Ekstrakt odsączono przez bibułę, dopełniono do 100 cm³ i sterylizowano w autoklawie. Wyciąg początkowo zielony stał się żółty.

Doświadczenie — Experiment 9

Ekstrakt dodano do pożywki, do której również dano jak w doświadczeniach obu Chińczyków. Po 3 tygodniach przeprowadzono pomiary.

Ryc. (Fig.) 4. — Wpływ wyciągu z liści kukurydzy na wzrost korzenia. — The influence of extract of leaves of *Zea Mays* on the development of the root. 1. bez dodatku (without addition); 2. wyciąg z liści kukurydzy (extract of leaves of *Zea Mays*); 3. peptone 0.04% (peptone); 4. wyciąg z liści i pepton (extract of leaves and peptone).

Wpływ ekstraktu z liści kukurydzy i peptonu na rozwój korzeni
 The influence of *Zea Mays* leaves extract and peptone on the development of roots

Dodatek do pożywki Addition to nu- trient solution of	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	58	46.7	324
0.04% peptonu	73	54.0	341
20 cm ³ ekstr. do			
100 cm ³ pożywki	109	32.7	515
pepton i ekstrakt	82	53.5	366

Doświadczenie — Experiment 10

Celem dokładnego określenia wpływu różnych ilości ekstraktu z liści na wzrost korzeni dodawano do 100 cm³ pożywki różnych ilości wyciągu; pomiary wykonano po 3 tygodniach.

Wpływ różnych ilości ekstraktów dodanych do pożywki na wzrost korzeni
 The influence of various quantities of extracts added to the nutrient solution on the growth of roots

Dodatek do pożywki Addition to nutrient solution of cm ³	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	47.5	18.0	284.6
10	67.0	11.5	356.3
20	92.0	20.8	428.0
40	120.5	17.4	550.0
60	106.5	21.3	574.0

Z przytoczonych dwu tabel (doświadczenia 9 i 10) oraz ryciny 4 uwidacznia się, że dodatek wyciągu ze świeżych liści wpływa na wydłużenie się głównego korzenia i zwiększenie się całkowitej długości korzeni. Powiększenia ilości bocznych korzeni nie obserwowano, natomiast ich długość zwiększała się.

Znaczne różnice występowały między korzeniami hodowanymi na wyciągu z liści a korzeniami wyhodowanymi bez tego dodatku, co również obserwowali autorzy chińscy. Korzenie hodowane na wyciągu z liści były cienkie, gładkie, zdrowe, natomiast w hodowli bez tego dodatku zgrubiałe, pokręcone o nierównej powierzchni; często zewnętrzne warstwy korowe oddzialały się od walca osiowego i trzymały się tylko bocznych korzeni przebijających je. Dodatek peptonu wywołał zgrubienie i skrócenie korzonka (zgodnie z obserwacjami chińskich autorów).

b) Ekstrakt z liści wierzbowych — Extract of *Salix* leaves

W ten sam sposób, jak wyżej podano, przygotowano ekstrakt wodny ze świeżych liści wierzbowych.

Doświadczenie — Experiment 11

Doświadczenie trwało 21 dni, temp. 26°C , $\text{pH}=5.4$. Pożywka zawierała jako źródło azotu 0.1% KNO_3 i jako źródło węgla 2% glukozy.

Dodatek do pożywki w cm^3 Addition of 0.1% KNO_3 and 2% glucose to nutrient solution in cm^3	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	22.1	0	23.5
20	32.6	24	210.4
40	82.6	62	529.3
70	73.5	68	368.2

Przy użyciu 40 cm^3 ekstraktu z liści do 50 cm^3 pożywki korzenie były z początku zgrubiałe, później rosły normalnie, były cienkie i długie. W innych kulturach korzenie nie były tak zdrowe.

Omówienie doświadczeń od 1—11.

Wpływ agar-agaru, związków próchnicznych i ekstraktów wodnych z liści na rozwój wyizolowanych korzeni

Stwierdzić należy, że wszystkie doświadczenia przeprowadzone zarówno przez Wojcikównę jak i przez Pestkę wykazały, że na pożywce zawierającej sole mineralne (także azotowe) i jako źródło węgla glukozę, korzenie rosły, lecz nie rozwijały się normalnie. Korzenie wykręcały się, były grube, krótkie, a warstwy korowe odrywały się od walca osiowego. Normalny rozwój korzeni długich i cienkich o powierzchni gładkiej, często pokrytych włosnikami, uzyskano dopiero w tych kulturach, które otrzymały bądź to agar-agar, bądź jakiegokolwiek związki próchniczne, bądź też ekstrakty wodne z liści. Skład chemiczny ciał jak i stan fizyczny jest tak różnorodny, że trudno dopatrzeć się wpływu jakiegokolwiek pozytywnego czynnika chemicznego czy fizycznego działającego na organizm. Pomijając ekstrakty wodne z liści kukurydzy czy wierzby, zupełnie nie określone pod względem chemicznym jak i fizycznym, podnieść należy, że zarówno kwas hymetamelanowy (który jest typowym koloidem, wykazuje wyraźny efekt Tyndalla i ruchy Browna) jak

i kwasy rozpuszczalne w wodzie, zbliżone do fulwokwasów (a które są raczej krystaloidami) działają na wzrost korzeni zupełnie podobnie. Analogicznie działa agar-agar, który pod względem chemicznym silnie się różni od związków próchnicznych.

Wydaje się prawdopodobne, że różne te ciała przenikając przez błony komórkowe absorbują na powierzchni plazmy, i przez to inaktywują pewne ciała wzrostowe. Nienormalny rozwój korzeni rosnących w pożywce pozbawionej owych ciał (związków próchnicznych, agar-agaru czy ekstraktów z liści) tłumaczy się prawdopodobnie tym, że tkanka pod wpływem pewnych ciał wzrostowych wykazuje nadmierny wzrost w kierunku osi poprzecznej, tak że warstwy korowe odrywają się od walca osiowego. W normalnych warunkach, tj. wtedy, gdy koniec korzenia złączony jest z całym organizmem rośliny, owe ciała wzrostowe powodujące wzrost w kierunku osi poprzecznej dyfundują w znacznej ilości do pędów i liści i dzięki temu korzeń może się normalnie rozwijać. Natomiast w odciętych końcu korzenia wytwarzające się ciała wzrostowe ulegają widocznie inaktywacji, przez co umożliwiają normalny rozwój korzenia. To inaktywowanie następuje na skutek absorpcji przez ciała, które w pożywkach wywarły ów wpływ dodatni. Ponieważ ciał owych nie można nazwać ani stymulatorami ani heteroauxynami, przeto proponuje się określić je mianem ciał eufietycznych [słowo wzięte z greckiego, gdzie *euphyes* *εὐφύης* oznacza dobrze ukształtowany (*bene formatus*)]. Agar-agar, związki próchniczne, ekstrakty wodne liści działają przeto eufietycznie.

Experiments 1—11

The influence of agar-agar, humic substances and water extracts on the development of isolated roots.

In all these experiments it is evident that a solution of mineral salts with glucose as carbon source induces the growth of root tips but their development nevertheless is abnormal. The roots twist, become thick and short, and the cortex is severed from the central cylinder. A normal development of long and thin roots with a sleek surface, often covered with root hairs, was observed in water cultures of agar-agar, humus or water leaves extracts. Different substances varying from the chemical and physical point of view, like hymetomelan acid, fulvo acid and agar-agar gave the same results.

It is possible that these different substances transfusing through the cell walls to the surface of the protoplasm, absorb and inactivate the growth substances.

In normal conditions, when the root tip is joined to the plant organism, the growth substances transfuse into the stem and leaves and the root develops normally. If the root tip is excised, the growth substances cannot diffuse and thus activate the transversal growth of the root. In order to obtain a normal

growth of the root when its tip is excised it is necessary to inactivate the growth substances.

These substances, activating a normal growth of roots, have been termed by us euphietic substances from the Greek *εὐφής* = *bene formatus*.

B) Źródło azotu — Nitrogen source

(M. Pestka)

Znaczenie pożywienia azotowego dla wyizolowanych końców korzeni określiły badania Kottego (1923) i Manevala (1923). Celem dokładniejszego stwierdzenia wartości różnych azotowych ciał dla izolowanej tkanki należało doświadczenia odnośnie przeprowadzić wobec ciał eufietycznie działających, gdyż tylko w ten sposób można było uzyskać normalny rozwój tkanki. Toteż doświadczenia przeprowadzano w dwóch szeregach, tj. 1) w obecności 1% agaru, i 2) w obecności 11 mg kwasów próchnicznych rozpuszczalnych w wodzie na 50 cm³. Prócz tego pożywka zawierała roztwór Knopa i 2% glukozy. Każde doświadczenie trwało 20 dni.

I. Azotan potasowy — Kalinitrate

Doświadczenie — Experiment 12

Działanie azotanu potasowego na pożywek agarowej

The influence of nitrate of potassium on agar-agar medium Temp. 25.4° C, pH = 5.1

KNO ₃ w %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	17.7	3	22.6
0.05	58.1	16	89.6
0.10	130.5	54	647.9
0.20	126.4	86	691.9

Doświadczenie — Experiment 13

Działanie azotanu potasowego na pożywek z kwasami próchnicznymi

The influence of nitrate of potassium on humic acid medium. Temp. 25° C

KNO ₃ w %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	13.0	7	32.5
0.05	36.2	8	95.3
0.10	102.4	31	482.6
0.20	108.8	26	496.5

Z obu doświadczeń wynika, że azotan jest znakomitym źródłem azotu. Produkcja korzeni pod wpływem zwiększenia koncentracji azotanu bardzo znacznie wzrasta. Lepszy wzrost na pożywce agarowej aniżeli na roztworze próchnicy tłumaczy się najprawdopodobniej lepszymi warunkami tlenowymi, co zgadza się z obserwacją Fiedlera. W tych kulturach, w których korzenie były zupełnie zanurzone w pożywce, wzrost ich był słabszy.

II. Siarczan amonowy — Ammonium sulphate

Doświadczenie — Experiment 14

Działanie siarczanu amonu na pożywce agarowej
Ammonium sulphate on an agar medium
Temp. 25·4° C

(NH ₄) ₂ SO ₄ w %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	16·0	2	18·3
0·10	21·3	4	30·2
0·15	56·7	41	319·6
0·20	89·6	63	442·7

Doświadczenie — Experiment 15

Działanie siarczanu amonu na pożywce z kwasami próchnicznymi
Ammonium sulphate on humic acid medium
Temp. 25° C, pH=4·8

(NH ₄) ₂ SO ₄ w %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	20·3	4	21·8
0·10	26·9	6	47·8
0·15	50·3	16	210·4
0·20	94·1	27	415·2

Wzrost korzeni na siarczanie amonowym jest słabszy aniżeli na odpowiedniej koncentracji azotanu mimo wyższej zawartości

azotu. Jedną z przyczyn tego zjawiska może być fizjologicznie kwaśny charakter tej soli.

III. Kwaśny fosforan amonowy $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ — Acid ammonium phosphate

Doświadczenie — Experiment 16

Kwaśny fosforan amonowy na pożywce agarowej
 Acid ammonium phosphate on an agar-agar medium
 Temp. 24.8°C

$(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ w %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	10.1	2	12.0
0.10	12.6	12	21.1
0.15	30.5	49	306.2
0.20	43.2	61	520.8

Doświadczenie — Experiment 17

Kwaśny fosforan amonowy na pożywce z kwasami próchnicznymi
 Acid ammonium phosphate on the humic solution
 Temp. 25°C , pH = 4.9

$(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ w %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	10.9	3	14.1
0.10	16.3	6	29.1
0.15	34.6	13	198.2
0.20	30.5	24	262.7

Korzenie główne na pożywce agarowej wyrosły przy kwaśnym fosforanie amonowym nieznacznie; jedynie przy koncentracji 0.20% posiadały bardzo liczne korzenie boczne. Wszystkie korzenie były zdrowe i normalne o gładkiej powierzchni.

Na pożywce z kwasami próchnicznymi wzrost był słabszy, może z powodu utrudnionego dostępu powietrza, a może wskutek silniejszej kwasoty.

IV. Chlorek amonowy — Ammonium chloride

Doświadczenie — Experiment 18

Chlorek amonowy na pożywce agarowej
Ammonium chloride on the agar-agar medium

Temp. 25·6° C pH=4·8—4·9

NH ₄ Cl w %	Średnia długość	Średnia ilość	Średnia całkowita
	korzenia głównego	korzeni bocznych	długość korzeni
	w mm	Quantity of lateral	w mm
	Mean length of the	roots	Total length
	tap root in mm		of roots in mm
0	13·7	3	16·1
0·10	48·1	22	92·8
0·15	47·2	20	85·4
0·20	45·7	18	84·5

Doświadczenie — Experiment 19

Chlorek amonowy na pożywce z kwasami próchnicznymi

Ammonium chloride on humic medium

Temp. 25° C, pH=4·7

NH ₄ Cl w %	Średnia długość	Średnia ilość	Średnia całkowita
	korzenia głównego	korzeni bocznych	długość korzeni
	w mm	Quantity of lateral	w mm
	Mean length of the	roots	Total length
	tap root in mm		of roots in mm
0	10·2	0	10·4
0·10	34·5	18	97·4
0·15	34·6	12	134·5
0·20	39·3	14	106·2

Chlorek amonowy okazał się pośród badanych soli amonowych najgorszym źródłem azotu. Rozwój korzeni był we wszystkich kulturach słaby, korzenie były zgrubiałe, skręcone, o chropawej powierzchni. Rozwój był nienormalny.

V. Alanina — Alanine

Doświadczenie — Experiment 20

Alanina na pożywce agarowej — Alanine on agar-agar medium

Temp. 25·6° C, pH=4·8—5·0

Alanina w % Alanine in %	Średnia długość	Średnia ilość	Średnia całkowita
	korzenia głównego	korzeni bocznych	długość korzeni
	w mm	Quantity of lateral	w mm
	Mean length of the	roots	Total length
	tap root in mm		of roots in mm
0	9·0	0	9·8
0·15	20·3	3	36·4
0·25	28·4	12	189·2
0·50	24·5	8	98·3

Doświadczenie — Experiment 21

Alanina na pożywce z kwasami próchnicznymi — Alanine on humic medium
Temp. 25·0° C, pH = 4·9—5·1

Alanina w % Alanine in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	11·7	2	16·3
0·15	17·3	4	32·1
0·25	31·7	18	106·7
0·50	24·5	17	149·6

Alanina okazuje się słabym źródłem azotu. Korzenie były krótkie, pogrubiałe, z niedużą ilością korzeni bocznych. Między rozwojem w kulturach agarowych a próchnicznych nie zaobserwowano żadnej różnicy.

VI. Glikokol — Glycocol

Doświadczenie — Experiment 22

Glikokol na pożywce agarowej — Glycocol on agar-agar medium
Temp. 24·8° C, pH = 5·6—5·8

Glikokol w % Glycocol in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	15·1	0	16·9
0·15	32·5	1·5	38·2
0·20	40·5	6·0	68·8
0·25	61·2	18·0	139·7

Doświadczenie — Experiment 23

Glikokol ona pożywce z kwasami próchnicznymi — Glycocol on humic medium
Temp. 24·8° C, pH = 4·9—5·0

Glikokol w % Glycocol in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	5·4	3	11·9
0·15	38·6	4	69·3
0·20	68·4	12	127·8
0·25	79·5	26	291·6

Na pożywkach z glikokolem korzenie były zdrowe i normalnie rozwinięte, na pożywce z próchnicą lepiej się rozwijały aniżeli na pożywce agarowej.

VII. Pepton — Peptone

Doświadczenie — Experiment 24

Pepton na pożywce agarowej — Peptone on agar-agar medium

Temp. 25·5° C

Pepton w % Peptone in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	18·3	2	24·1
0·05	44·1	9	228·3
0·10	90·3	14	500·8
0·20	88·2	38	692·5

Doświadczenie — Experiment 25

Pepton na pożywce z kwasami próchnicznymi — Peptone on humic medium

Temp. 25·0° C

Pepton w % Peptone in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	12·7	0	14·7
0·05	33·7	3	45·0
0·10	52·0	20	251·7
0·20	68·3	32	318·4

Na pożywce agarowej pepton okazał się najlepszym ze związków organicznych źródłem azotu. Korzenie przy koncentracji 0·10 i 0·20 % były normalnie rozwinięte, zdrowe, cienkie, białe.

Na pożywce z próchnicą pepton okazał się słabszym źródłem azotu. Przyczyną może być utrudniony dostęp powietrza lub też silniejsze nieco zakwaszenie. Korzenie były także i na tych pożywkach normalnie zdrowo rozwinięte.

Omówienie doświadczeń od 12—25 («Źródło azotu»)

Z powyższych doświadczeń wynika, że tkanka korzeni posiada zdolność przeróbki azotanów i soli amonowych na azot białkowy. Równie dobry jest pepton. Lepsze jego działanie na agarze aniżeli na pożywkach próchnicznych tłumaczy się prawdopodobnie ułatwionym dostępem powietrza na zestalonej pożywce. W porównaniu z peptonem są glikokol i alanina znacznie gorszym źródłem azotu. Z soli amonowych najlepiej działał siarczan amonu, znacznie gorzej chlerek i kwasny fosforan.

The above experiments (XII—XXV) show, that the root tissue absorbs nitrates, ammonia salts and peptone. The access of air on the solid medium presumably accounts for the better results obtained on agar-agar medium than on humic substances, Glycocol and alanine are much worse sources of nitrogen than peptone.

C) Źródło węgla — Carbon source

(M. Pestka)

W sprawie określenia wartości pokarmowej związków organicznych dla wyizolowanej tkanki merystematycznej korzenia użyto do doświadczeń glukozy, sacharozy, arabinozy, mannitu i kwasu winowego. Przy tym podstawową pożywką był roztwór Knopa z 0·10% azotanem potasu i 1% dodatkiem agaru względnie z rozpuszczalnymi w wodzie kwasami próchnicznymi (11 mg na 50 cm³). Doświadczenia trwały 20 względnie 21 dni.

I. Glukoza — Glucose

Doświadczenie — Experiment 26

Działanie glukozy na pożywce agarowej — Glucose on agar-agar medium

Temp. 25° C, pH=5·8

Glukoza w % Glucose in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	1·9	0	2·0
0·5	38·1	6	49·5
1·5	132·6	33	745·3
3·0	112·5	31	701·2

Doświadczenie — Experiment 27

Działanie glukozy na pożywce z kwasami próchnicz. — Glucose on humic medium
Temp. 25° C

Glukoza w % Glucose in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	8.1	0	9.2
0.5	26.2	8	61.5
1.5	124.7	32	732.3
3.0	129.9	41	789.2

Glukoza okazuje się znakomitym pożywieniem dla tkanki; na pożywce z glukozy korzenie były zdrowe, gładkie, cienkie i posiadały liczne korzenie boczne.

II. Sacharoza — Saccharose

Doświadczenie — Experiment 28

Działanie sacharozy na pożywce agarowej — Saccharose on agar-agar medium
Temp. 25° C

Sacharoza w % Saccharose in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	1.8	0	2.1
0.5	19.9	11	97.3
1.5	108.4	24	308.9
3.0	80.7	28	448.5

Doświadczenie — Experiment 29

Działanie sacharozy na pożywce z kwasami próchnicznymi
Saccharose on humic medium
Temp. 25° C

Sacharoza w % Saccharose in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	9.2	0	12.0
0.5	27.1	17	93.9
1.5	116.5	40	689.1
3.0	128.6	38	769.5

Sacharoza okazała się również dobrym pożywieniem węglowym, jakkolwiek działanie jej jest nieco słabsze aniżeli glukozy. Jednakże

wobec kwasów próchnicznych działanie sacharozy bardzo się poprawia. Wygląd zewnętrzny korzeni na obu cukrach się nie różnił.

III. Arabinoza — Arabinose

Doświadczenie — Experiment 30

Działanie arabinozy na pożywce agarowej — Arabinose on agar-agar medium

Temp. 25° C, pH=4·8

Arabinoza w % Arabinose in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	1·4	0	1·5
0·5	1·5	0	1·9
1·5	7·9	0	9·0
3·0	3·6	0	4·4

Doświadczenie — Experiment 31

Działanie arabinozy na pożywce z kwasami próchnicznymi

Arabinose on humic acid medium

Temp. 25° C

Arabinoza w % Arabinose in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	2·7	0	3·1
0·5	2·6	0	3·7
1·5	3·8	0	4·4
3·0	3·2	0	4·0

Na podstawie powyższych doświadczeń przypuszczać należy, że arabinoza nie nadaje się jako źródło węgla dla badanej tkanki.

IV. Mannit — Mannite

Doświadczenie — Experiment 32

Działanie mannitu na pożywce agarowej — Mannite on agar-agar medium

Temp. 25° C, pH=4·8

Mannit w % Mannite in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	1·8	0	1·8
0·5	2·3	0	3·8
1·5	2·0	0	2·6
3·0	1·7	0	1·7

Doświadczenie — Experiment 33

Działanie mannitu na pożywece z kwasami próchnicznymi

Mannite on humic acid medium

Temp. 25° C, pH=4·8

Mannit w % Mannite in %	Średnia długość korzenia głównego w mm Mean length of the tap root in mm	Średnia ilość korzeni bocznych Quantity of lateral roots	Średnia całkowita długość korzeni w mm Total length of roots in mm
0	3·9	0	4·0
0·5	9·8	0	10·1
1·5	5·8	0	6·2
3·0	4·2	0	7·9

Mannit jest również nie wystarczającym źródłem węgla dla badanej tkanki.

V. Kwas winowy — Wine acid

Doświadczenie z kwasem winowym wykazało jego niezdatność jako źródła węgla dla badanej tkanki.

Omówienie doświadczeń od 26—33 («Źródło węgla» — «Carbon source»)

Okazało się, że dla badanej tkanki najlepszym źródłem węgla jest glukoza, która w koncentracji 1·5—3% najlepiej działa. Nieco słabszym pożywieniem okazała się sacharoza, która jednakże wobec związków próchnicznych była równie dobrym pożywieniem jak glukoza. Natomiast arabinoza, mannit i kwas winowy zupełnie się nie nadawały jako pożywienie dla tkanki merystematycznej korzeni.

The best carbon source is glucose in an optimal concentration of 1·5—3 per cent. The second best is saccharose; in the presence of humic substances it is quite like glucose. Arabinose, mannite or wine acid cannot be used for the nutrition of excised roots.

Omówienie wyników

Merystematyczna tkanka odciętego końca korzenia jest zdolna do samodzielnego wzrostu, do czego służyć może jako pokarm węglowy glukoza lub cukier trzcinowy, a jako pożywienie azotowe saletra, sól amonowa lub pepton; prócz tego potrzebne są sole mineralne.

Nadto do normalnego rozwoju tkanki konieczne są pewne ciała, które nazwaliśmy eufietycznymi, tj. nadającymi normalny wzrost korzeniowi. Może to być agar-agar, różne związki próchniczne lub

ekstrakty z liści. Przypuszczalnie związki te oddziałują na substancje wzrostowe.

Zgodnie z poglądami innych autorów przypuszcza się, że w korzeniach odbywa się ruch różnych hormonów wzrostu w dwóch kierunkach: akropetalnie, tj. dążące do szczytu vegetacyjnego i bazypetalnie, tj. dążące do pędów. Hormony wytwarzane w pędach dyfundują do strefy wzrostowej korzenia i powodują wydłużanie się komórek powstałych z podziału. W badaniach nad chemotropizmem wykazaliśmy, że ciała te można inaktywować różnymi związkami, które, przyłożone do korzenia jednostronnie, wywołują zjawisko chemotropizmu; są to ciała próchniczne, sole uranylu, fosforowe, sublimat, różne barwiki i inne; natomiast agar-agar nie wywołuje reakcji chemotropowej. Inne hormony wzrostu wytwarzane w korzeniowym stożku wzrostu dyfundują ku pędowi. Przez odcięcie końca korzenia i hodowanie go w pożywce owe hormony wzrostu nie mogąc dyfundować do tkanek organów wyrosniętych powodują szkodliwy rozrost korzenia, pobudzając nadmierny wzrost tkanek na grubość oraz odrywanie się warst korowych od walca osiowego. W tych warunkach szkodliwie działające hormony można inaktywować przez związki próchniczne, agar-agar lub ciała zawarte w ekstrakcie liściowym.

Przypuszczenia istnienia dwóch hormonów dyfundujących w przeciwnych kierunkach tj. od pędów i liści do korzenia, i przeciwnie, tłumaczyłyby nam istnienie korelacji między wzrostem pędów a korzeni.

Discussion

The meristematic tissue of an excised root tip may develop spontaneously with glucose or saccharose as carbon source and with nitrates, ammonia, salts or peptone as nitrogen source, mineral salts should also be added. Our experiments show that euphietical substances (agar-agar, humic substances or leaf extracts) are necessary for the normal development of roots. It is believed that these substances influence the growth. In accordance with other authors it is presumed that the growth substances have a twofold direction in the roots: *viz.* acropetal or to the root tip, and basipetal or to the stem. The growth substances formed in the stems diffuse to the growing zone and thus elongate the new formed cells.

Chemotropical experiments have proved that such substances as for instance humic compounds, salts of uranyl, phosphates, subli-

mate and colour substances give rise to chemotropic reactions, but agar-agar does not produce any effect. These compounds probably inactivate growth substances. Other growth substances formed in the root tips diffuse to the stem. In an excised root tip the growth substances cannot diffuse to the stem, they must be inactivated by euphietic substances.

The twofold direction of growth substances explains us the correlation between the growth of the roots and stems.

Zakład Fizjologii Roślin i Chemii Rolnej Uniwersytetu Poznańskiego w Poznaniu. — Institute for Plant Physiology and Agricultural Chemistry of the University in Poznań (Poland).

Literatura

- Boysen-Jensen P., 1933a, Über den Nachweis von Wuchsstoff in Wurzeln. — *Planta*, *t. 19*, 345.
- 1933b, Über die durch einseitige Lichtwirkung hervorgerufene transversale Leitung des Wuchsstoffes in der *Avena*-Koleoptile. — *Planta*, *t. 19*.
- 1933c, Die Bedeutung des Wuchsstoffes für das Wachstum und die geotropische Krümmung der Wurzeln von *Vicia faba*. — *Planta*, *t. 20*.
- Chambers W. H., 1923, Cultures of plant cells. — *Proc. Soc. exper. Biol. a. Med.* *21*, 71; wg Fiedlera.
- Cholodny N., 1933, Beiträge zur Kritik der Blaauwschen Theorie der Wuchsstoffwirkung. — *Planta*, *t. 20*.
- Czaja A. Th., 1935, Wurzelwachstum, Wuchsstoff und die Theorie der Wuchsstoffwirkung. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, *t. 53*, 221.
- Fiedler H., 1936/37, Entwicklungs- und reizphysiologische Untersuchungen an Kulturen isolierter Wurzelspitzen. — *Zeitschrift f. Bot.*, *t. 30*, 385.
- Gautheret M., 1933, Cultures des méristèmes des racines de *Zea Mays*. — *C. Rend. Acad. Sci. Paris*, *t. 197*, 85.
- Haberlandt G., 1908, Über die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Wurzel. — *Jahrb. wiss. Bot.*, *t. 45*, 575.
- 1921, Zur Physiologie der Zellteilung. — *Sitz.-Ber. d. Akad. d. W. Berlin* 221; wedlug *Zeitschrift f. Bot.* *t. 13*, 462 (Küster).
- 1923, Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. — *Beiträge zur allg. Bot.*, *t. II*, 1.
- Heidt, 1932, Über das Verhalten von Explantaten der Wurzelspitze in nährstoff-freien Kulturen. — *Arch. f. exp. Zellf.*, *t. 11*.
- Kotte W., 1922, Wurzelmeristem in Gewebekultur. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, *t. 40*.
- 1923, Kulturversuche mit isolierten Wurzelspitzen. — *Beitr. z. allg. Bot.*, *t. 2*, 413.

- Loo Tsung-Lê and Loo Shih-Wei, 1935, Studies on the culture of isolated root-tips under sterile conditions. The effect of leaf extract on the growth of root-tips. — Nanking, Sc. Rep. of Nat. Central Univ. Ser. B. Biology, Vol. II, 2.
- Pfeiffer H., 1933, Über das Migrationsvermögen pflanzlicher Zelle *in situ* und *in vitro*. — Arch. f. exp. Zellf., t. 14, 152.
- Robbins W. J., 1922, Cultivation of excised root tips and stem tips under sterile condition. Bot. Gaz. 73, 376; wg Friedlera.
- 1922, Effect of autolized yeast and peptone on growth of excised corn root tips in the dark. — Bot. Gaz. 74, 59; wg Friedlera.
- 1924, Effect of light on growth of excised root tips under sterile condition. — Bot. Gaz. 78, 424; wg Friedlera.
- Bartley M. and White V. B., 1936, Growth of fragments of excised root tips. — Bot. Gaz. 97, 554; wg Fiedlera.
- and Maneval W. E., 1923, Further experiments on growth of excised root tips under sterile condition. — Bot. Gaz. 76, 274; wg Fiedlera.
- Scheittrer, 1931, Versuche zur Kultur von Pflanzengewebe. — Arch. f. exp. Zellf., t. 12,
- Snow R., 1923, The geotropic excitation in roots. Ann. Bot. 37, 43; wg Fiedlera.
- Ulehla V., 1928, Vorversuche zur Kultur des Pflanzengewebes. — Arch. f. exp. Zellf., t. 6, 370.
- Went F. W., 1929, Proc. Konk. Akad. Wetensch. — Amsterdam 32; według Pflanzenphysiologie S. Kostytschew i F. A. F. C. Went. t. 2, 1931, Berlin, str. 310.
- White, 1932 a, Plant tissue cultures. The history and present status of the problem. — Arch. f. exp. Zellf., t. 10, 501.
- 1932 b, Plant tissue cultures. A preliminary report of results obtaining in the culturing of certain plant meristems. — Arch. f. exp. Zellf., t. 12, 602.