Regeneracja merystemu wierzchołkowego korzenia

*Apical meristem regeneration in root of *Raphanus sativus**

FR. KADEJ

Najstarsze obserwacje mikroskopowe pochodzą od Prantla (1874), Simona (1904) i Nemeca (1905), ale zdolność do regeneracji odciętych wierzchołków stwierdził morfologicznie Ciesielski w r. 1872. Późniejsze badania (Gautheret 1935 i Torrey 1957) zasadniczo potwierdziły ogólne poglądy poprzednio wyrażane. Analizowano regenerację korzeni kukurydzy, bobu i grochu. Regeneracja według wymienionych autorów przebiega akropetalnie, nowe zastępcze tkanki różnicują się najpierw w częściach głębszych wierzchołka korzenia i stopniowo coraz bliżej powierzchni uszkodzonej. Proces wyodrębniania się zastępczego wzoru rozwojowego odbywa się jednak bardzo szybko i poszczególne jego fazy nie są uchwytne (Simon 1904). Zasadniczym terenem odtwarzania się merystemu wierzchołkowego korzeni jest walec osiowy. Obszar tkanek walca osiowego biorących udział w regeneracji zależy przede wszystkim od stopnia uszkodzenia korzenia. Wszystkie tkanki walca włączają się do procesu w przypadku odcięcia nieznacznej części wierzchołka. W miarę zwiększenia odcinanej części coraz mniejsza część pozostałych tkanek walca osiowego włącza się do konstrukcji regeneratu, tak że biorą w niej udział tylko komórki strefy przylegającej do kory pierwotnej, aż wreszcie tylko komórki perycyklu. Perycyklowi właśnie przypisywano szczególnie aktywną rolę we wszystkich przypadkach regeneracji.

Wyróżniono dwa typy regeneracji wierzchołka korzenia:

- 1) regeneracja bezpośrednia, przy której w odbudowie nowego wierzchołka korzenia uczestniczą wszystkie pratkanki walca osiowego;
- 2) regeneracja częściowa lub prokambialna, kiedy odbudowa nowego wierzchołka jest prawie wyłącznie wynikiem działania perycyklu (Prantl, Simon, Nemec). Torrey opisuje również regenerację bezpośrednią, ujmuje jednak nieco inaczej regenerację prokambialną; według niego regeneracja taka polega na tworzeniu się z perycyklu bocznych korzeni w pobliżu płaszczyzny zranienia i przejęcia przez ten korzeń funkcji wierzchołka korzenia głównego.

Przy regeneracji korzeni u jęczmienia odtwarzanie się wierzchołka odbywa się według jednego wzoru niezależnie od długości odciętego merystemu szczytowego. Nowy merystem wierzchołkowy formuje się w sposób całościowy bez szczególnego udziału perycyklu. Nie ma więc akropetalnego kierunku różnicowania (Kadej 1956).

MATERIAŁ I METODY

Do doświadczeń używałem siewki *Raphanus sativus* z korzeniami o długości 1 cm. Przy pomocy mikromanipulatora obcinałem określone części szczytowe korzeni, następnie zoperowane rośliny oraz rośliny kontrolne hodowano na wodzie wodociągowej zmienianej codziennie. Hodowle na pożywkach okazały się nieprzydatne.

Ryc. 1. Schemat wierzchołka korzenia ze wskazaniem płaszczyzn odcinania części szczytowych

Fig. 1. Diagram of root apex showing the transection planes of the apical parts

Kiedy korzenie wydłużyły się do 20 cm, rośliny przenieśliem na pasy zwilżonej bibuły umieszczonej pionowo w naczyniu. Przyrost korzeni wynosił około 8 mm na dobę.

Dekapitację korzeni przeprowadziłem w następujących wariantach przedstawionych na schemacie (ryc. 1). Po odcięciu części wierzchołka wzdłuż wskazanej na rysunku linii, rośliny umieszczałem z powrotem w wodzie. Regenerujące się korzenie utrwalalem po rozmaitych okresach czasu: korzenie ucięte wzdłuż linii 1 lub 2 po 24 i 48 godz., wzdłuż linii 3 po 14, 18, 24, 46, 72 godz. oraz 9, 18, 30 i 60 dniach, wzdłuż linii 4 po 24, 46, 66 godz. oraz po 11 dniach, wzdłuż linii 5 po 3, 10 i 18 dniach. Stosowałem utrwalanie w mieszaninie wodnych roztworów kwasu chromowego, kwasu octowego i formaliny (0,5:1:20). Preparaty barwiłem taniną z alu-mem żelazowym i żelazistą hematoksyliną, safraniną i zielenią trwałą.

OBSERWACJE

Merystem wierzchołkowy korzeni *Raphanus sativus* ma budowę typową dla roślin z rodziny krzyżowych, taką jak merystem *Brassica napus* opisany przez Kny (wg Guttenberga i Heydela 1958). Wzór rozwoju merystemu jest bardzo prze-j-

Ryc. 2. a — Schemat organizacji wzrostu rozwojowego merystemu w korzeniu normalnym; b — Schemat organizacji merystemu wierzchołkowego korzenia po ukończeniu regeneracji

Fig. 2. a — Diagram of organization of development pattern in meristem of normal root; b — Diagram of apical meristem organization in root after the end of regeneration

rzysty (Tabl. I, 1). Centralne położenie zajmuje grupa komórek inicjalnych ułożonych w trzech piętrach i wyraźnie odgraniczonych. Czepek tworzy się z protodermy. Wzór budowy merystemu nie ulega podczas rozwoju zmianom i należy do typu określonego przez Guttenberga jako zamknięty.

Korzenie z odciętą częścią merystemu wierzchołkowego rosły podobnie szybko jak korzenie roślin kontrolnych. Przejawy regeneracji uwidoczniały się już po 10 godzinach po zabiegu. Rozpoczęły się one od uwypuklenia się płaszczyzny cięcia i rozjaśnienia się tkanek w pobliżu zranienia. Po 20 godzinach w szczytowej części korzenia były dostępalne w mikroskopie stereoskopowym zarysy formującego się merystemu, jednak bez wyraźnych granic histogenów. Później nowe granice pomiędzy histogenami były bardzo nieregularne, przy czym nieregularność ta utrzymywała się nawet w korzeniach o długości 50 cm po 60 dniach hodowli. Tymczasem u jęczmienia prawidłowe granice pomiędzy histogenami zjawiały się po ośmu dniach regeneracji (Kadej 1956).

Regeneracja po zranieniu czepka

Odcięcie dwu zewnętrznych warstw komórek na wierzchołku czepka nie wywoływało żadnych głębszych zmian, jedynie w samym czepku następowało kilka dodatkowych podziałów komórek (Tabl. I, 2).

Zaburzenia w merystemie wierzchołkowym pojawiały się dopiero po odcięciu połowy tkanki czepka. Komórki centrum konstrukcyjnego merystemu ułożone

Tablica I — Plate I

Przekroje podłużne przez wierzchołek korzeni

1 — Normalny wierzchołek korzenia; 2 — Regenerat w 48 godz. po uszkodzeniu szczytowych części czepka; 3 — Regenerat w 24 godz. po odcięciu połowy czepka; 4—5 — Regeneraty w 14 godz. po odcięciu czepka. Strzałki wskazują na komórki, w których mitozy odbyły się w innych niż normalnie płaszczyznach; 6 — Regenerat w 18 godz. po odcięciu czepka. Zaznaczają się zarysy nowego wzoru organizacyjnego; strzałka wskazuje granicę nowego czepka.

Longitudinal sections through root apexes

1 — Normal root apex; 2 — Regenerating part 48 hr after injury to apical part of root cap; 3 — Regenerating part 24 hr after resection of half of cap; 4—5 — Regenerating parts 14 hr after resection of root cap. Arrows indicate cells in which mitosis occurred in different than normal planes; 6 — Regenerating part 18 hr after resection of cap. The outlines of the new organization pattern are visible. Arrow points to border of new root cap

Tablica II — Plate II

Regeneraty korzeni po odcięciu czepka

1 — Po 24 godz. Kropkami objęte zarysowujące się centrum konstrukcyjne; 2 — Po 24 godz. Zarys nowej organizacji widoczny po zabarwieniu cytoplazmy. Kropkami objęto obszar nowego centrum konstrukcyjnego; 3—4 — Po 48 godz. Zarysy nowej organizacji; 5 — Po 72 godz.; 6 — Po 60 dniach

Regenerating part of roots after resection of root cap.

1 — After 24 hr. Outline of constructive centre marked out by dots; 2 — After 24 hr. Outline of new organization visible after cytoplasm staining. Area of new constructive centre marked out by dots; 3—4 — After 48 hr. Outline of new organization; 5 — After 72 hr.; 6 — After 60 days.

Tablica III — Plate III

Regeneraty po odcięciu szczytowych części wierzchołka w połowie strefy merystematycznej.

Przekroje podłużne przez wierzchołek korzeni

1 — Po 14 godz. Strzałki wskazują na miejsce różnicowania się nowego centrum konstrukcyjnego. 2 — Po 24 godz. Kropki obejmują obszar różnicującego się centrum konstrukcyjnego. Strzałki pokazują granicę pomiędzy nowym dermatogenem a czepkiem; 3—4 — Po 48 godz. Kropki obejmują zarysy nowego centrum konstrukcyjnego. Strzałki wskazują na granice między nowym walcem środkowym a korą pierwotną oraz między korą a czepkiem; 5—6 — Po 48 godz. Dalej posunięta regeneracja; 6 — Prawdopodobnie ostatecznie wykształcony nowy wzór rozwojowy

Regenerating parts after resection of apical part of tip half-way up the meristematic zone

1 — After 14 hr. Arrows indicate the site of differentiation of new constructive centre; 2 — After 24 hr. The differentiating area of the constructive centre is marked out by dots. Arrows indicate the border between the new dermatogen and the cap. 3—4 — After 48 hr. The outline of the new constructive centre is marked out by dots. Arrows indicate the border between the new stele and primary cortex, and between the cortex and the root cap. 5—6 — After 48 hr. Further advanced regeneration; 6 — Probably definitively developed new development pattern

1

2

3

4

5

6

w trzech piętach zatracają właściwy sobie kierunek podziałów. Rosną one wtedy tylko ku szczytowi i przekształcają się w wydłużone kompleksy wnikające do czepka. W rezultacie wzrostu tych kompleksów stopniowo zanikały istniejące granice pomiędzy histogenami. Równocześnie w obrębie wydłużonych kompleksów komórkowych uwidaczniają się nowe granice histogenów i ustala się nowy wzór konstrukcji merystemu. Charakteryzuje się on wielką nieregularnością i utrzymuje się przez wiele dni życia korzenia (Tabl. I, 3).

Odcięcie czepka tuż przy jego wewnętrznej granicy wywołuje zupełnie inne zmiany w głębszych częściach merystemu w porównaniu ze zmianami spowodowanymi odcięciem połowy czepka. Istniejące centrum konstrukcyjne ulegało dezorganizacji, a nowe centrum powstawało powyżej w wewnętrznych częściach merystemu.

W 14 godzin po operacji układ komórek wierzchołka pozostawał w zasadniczych zarysach nie zmieniony. Pojawiły się jednakże w różnych częściach obszaru szczytowego pierwsze podziały komórek. Płaszczyzny tych podziałów były inne niż w normalnym korzeniu. Szczególnie łatwo były one dostrzegalne w korze pierwotnej, ale występowały także w jeszcze istniejącym centrum konstrukcyjnym (Tab. I, fot. 4, 5). W wyniku tych podziałów został zakłócony pierwotny układ komórek. W 18 godzin po cięciu rozpoczynało się zarysowywanie się nowej organizacji merystemu. Na przekroju podłużnym widać granicę pomiędzy tworzącym się pleromem a komórkami tworzącej się kory pierwotnej (Tabl. I, 6). Granica ta przebiega lekko łukiem, wklęsłym na szczycie, od pokładów starej kory pierwotnej poprzez wałec osiowy. Zaznaczają się także komórki nowej protodermy, łączącej się z komórkami starej protodermy. Nowa protoderma biegnie w postaci zagęszczonego pasma komórek poprzez korę pierwotną, a następnie przez wałec osiowy (stary), poniżej nowoutworzonej granicy kory i walca.

Poniżej piętra kształtującego się pleromu występują komórki, które uległy nieznacznej parenchymatyzacji i wydłużeniu.

Oprócz zarysów protodermy i granicy między tworzącymi się histogenami kształtuje się po 24 godzinach regeneracji zaczątek nowego centrum konstrukcyjnego (Tabl. II, 1), wyodrębniający się w postaci elipsoidalnego pola. Pole takie nazwałem u *Hordeum* polem merystematycznym. Być może jest ono podobne do centrum spoczynkowego (Cloves 1961), na co wskazywałyby: kształt pola, położenie, a głównie zmniejszone wymiary jąder.

W przebudowywującej się strefie korzenia komórki barwią się niejednakowo. Występują wyraźne pasma komórek silnie chromatycznych, reprezentujących prawdopodobnie tworzącą się protoderbę oraz dermatokaliptrogen. Również plerom składający się ze słupowych kompleksów komórek pochodnych dawnego pleromu barwi się silniej. Kora pierwotna w części stanowiącej kontynuację bezpośrednią dawnej kory barwi się słabo, natomiast w części pochodzącej z walca osiowego o wiele mocniej, chociaż nierównomiernie (Tabl. II, 2). Małą chromatyczność przejawiają komórki formującego się centrum konstrukcyjnego kory. Rozmieszczenie silniej i słabiej chromatycznych stref jest w przybliżeniu podobne do rozmieszczenia tak samo barwiących się komórek w normalnym ko-

rzeniu. Organizacja komórkowa tych stref regeneratu jednak w minimalnym tylko stopniu odpowiada organizacji właściwej strefom korzenia normalnego.

Organizacja zastępczego merystemu zaznacza się wyraźniej po 48 i 72 godz. regeneracji (Tabl. II, 3, 4, 5). Ogólne cechy wzoru konstrukcyjnego zostają ostatecznie utworzone, ale różnią się one zasadniczo od normy. W merystemie regeneratu nie ma trzypiętrowego zróżnicowania centrum konstrukcyjnego, właściwego normalnym korzeniom rzodkiewki. Układ komórek w regeneracie (Tabl. II, 5) przypomina układy typowe dla korzeni innych grup roślin, zwłaszcza przypomina merystem typu otwartego. Układ taki utrzymuje się w korzeniach rosnących kilkadziesiąt dni i osiągających długość 50 cm (Tabl. II, 6). Nigdy nie obserwowałem odbudowy normalnego układu konstrukcji wierzchołka korzenia.

Centrum tworzące nowego wierzchołka różnicowało się zawsze w środku przyścztowej części pleromu, jeżeli odcięcie wierzchołka korzenia było wykonane w płaszczyźnie prostopadłej do osi korzenia. Po cięciach ukośnych centrum tworzące różnicowało się na pograniczu walca osiowego i kory pierwotnej.

Regeneracja po odcięciu części merystemu

Regeneracja korzenia następuje również po odcięciu wierzchołkowej części merystemu (wzdłuż linii 4 na ryc. 1). Przejawy zmian strukturalnych, które odbywały się podczas tej regeneracji, były niejednolite. Różnice wiązały się z miejscem inicjacji nowego centrum twórczego. Centrum to może się zakładać w środkowych partiach walca osiowego, bądź na pograniczu walca i kory pierwotnej. Różnice w przebiegu zmian organizacji strukturalnej zaznaczają się już w początkowej fazie regeneracji.

Po 14 godzinach pionowe słupy komórek merystemu uległy pewnemu wygięciu, w największym stopniu dotyczyło to perycyklu (Tabl. III, 1). W strefie maksymalnego wygięcia nastąpiło nieznaczne zaakcentowanie linii ścian komórkowych. Komórki znajdujące się poniżej maksymalnej krzywizny słupów wydłużyły się nieznacznie w kierunku powierzchni cięcia. W korze pierwotnej podziały komórek odbyły się w ukośnych płaszczyznach, tak że nowe ściany komórkowe są skierowane do wierzchołkowej części pleromu. Zmiany te są najwcześniej dostrzegalnymi przejawami tworzenia się nowego układu komórek w merystemie.

W dalszym rozwoju zaznacza się zwiększone wygięcie słupów komórek w obszarze przyszłego centrum merystemu (Tabl. III, 2). W korze pierwotnej powiększa się liczba ukośnie podzielonych komórek. Komórki części szczytowej zmieniają swój wygląd odróżniając się od komórek położonych dalej od zaciętej powierzchni. Najbardziej istotne przekształcenie nastąpiło w walcu osiowym, a mianowicie wyodrębniło się terytorium o zarysie elipsy. Terytorium to jest prekursorem nowego centrum twórczego.

Jak widać zmiany, które wystąpiły po 24 godz. regeneracji, nie doprowadziły do wyróżnicowania się stref histogenicznych ani do wytworzenia się pięter w centrum twórczym. Podobnie nie wyróżnicowują się one również po 74 godzinach, ani nawet po 11 dniach hodowli.

W procesie regeneracji centrum twórcze może się także różnicować w strefie przy granicy kory i walca środkowego. W centrum twórcze przekształca się bądź grupa komórek perycyklu i innych komórek walca znajdujących się w pobliżu granicy z korą, bądź dość często obok tych komórek w konstytuowaniu centrum biorą udział komórki endodermy, a także innych wewnętrznych warstw kory.

Pierwsze zmiany strukturalne prowadzą do pojawienia się nowego centrum twórczego, gdzie już po 24 godzinach widoczne jest wyraźne zróżnicowanie. Można tam wskazać komórki podobne do komórek inicjalnych normalnego merystemu. Po obu stronach centrum występują komórki podzielone ukośnie zorientowanymi ścianami. Komórki takie są w pleromie, który nie wziął udziału w budowaniu centrum oraz w korze. Stopniowo zaznacza się strefa histogenów, a granice pomiędzy nimi widoczne są po 48 godzinach regeneracji. Granice te są nieregularne w postaci linii łamanych (Tabl. III, 3). Widoczna po prawej stronie preparatu (Tabl. III, 4) granica pomiędzy zregenerowanym walcem osiowym a korą pierwotną biegnie pomiędzy dawną endodermą a przylegającymi do niej komórkami kory pierwotnej. To też endoderma ta wchodzi do obszaru nowego walca. W dolnej części preparatu granica przechodzi ponad komórkami inicjalnymi i wnika do dawnego pleromu rozdzielać go podłużnie na dwie części. W obszarze zawartym wewnątrz granicy zachował się w dużej mierze poprzednio istniejący układ komórek. Zauważa się jednak elementy nowej organizacji — plerom zaznacza się głównie dzięki podłużnym rozszczepieniom dawnej endodermy, perycyklu i innych komórek walca środkowego. W nowej korze pierwotnej powstałej z walca (w lewej części Tabl. III, 4) ukośnie podzielone komórki przypominają zbieżne słupy komórek charakterystyczne dla kory normalnej. Strefa działająca jako dermokaliptrogen wyodrębnia się dzięki grubszym ścianom komórkowym. Obejmuje on część dawnego pleromu. Tworzący się nowy czepek przypomina w wysokim stopniu budowę czepek normalny (Tabl. III,

Zdolność do regeneracji mają korzenie, w których usunięto najwyżej około połowy merystemu wierzchołkowego (linia 5 na ryc. 1). Jeżeli usunąć większą część lub cały merystem regeneracja nie następuje, tworzą się natomiast liczne korzenie boczne, często w pobliżu płaszczyzny cięcia. Zdarzają się przypadki, kiedy obok inicjacji korzeni bocznych odbywa się także regeneracja wierzchołka. Przemiany strukturalne są wtedy zasadniczo takie same, jak w przypadku reneracji po odcięciu połowy merystemu. Nowy merystem zakłada się najczęściej w regionie na granicy kory i walca osiowego, rzadziej w centralnej części walca. Niekiedy odbywa się jedynie początkowa faza regeneracji. Regeneracja zostaje następnie przerwana, a tkanka twórcza przekształca się w stałą. W strukturze regeneratu zachowują się jednak ślady pierwszych faz regeneracji, są one takie same, jak w przypadku odcięcia połowy strefy merystematycznej.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przekształcenia układu komórek w merystemie regenerującego korzenia występuje po kilkunastu godzinach od momentu zranienia i stopniowo prowadzi do sformowania się merystemu zastępczego. Charakter przemian i ostateczna budowa

merystemu zależy od miejsca cięcia, czyli od ilości pozostawionej tkanki merystematycznej. Pomimo pewnych różnic w procesie regeneracji, wspólną właściwością tego zjawiska w korzeniach rzodkiewki jest niezdolność odtworzenia układu komórek właściwego dla normalnego merystemu wierzchołkowego korzenia tego gatunku. Sytuacja jest więc tutaj inna niż w korzeniach *Hordeum*, gdzie początkowo układ komórek regeneratu jest inny niż w wierzchołku normalnym, ale po 8 dniach przywrócony zostaje wzór normalnego merystemu wierzchołkowego korzenia (Kadej 1956).

Zróznicowanie w regenerujących się merystemach rzodkiewki odbywa się jednocześnie, a wzór ostatecznej organizacji zarysowuje się od razu i uwydatnia się stopniowo na kształt obrazu na wywoływanej kliszy fotograficznej. Świadczyłoby to o tym, że proces tworzenia się nowych stref zastępczego merystemu ma charakter całościowy, nie związany z jakimkolwiek centrum o inicjującym działaniu. Wspominani autorzy opisywali tymczasem u innych gatunków akropetalny kierunek różnicowania i podkreślali specjalną rolę perycyklu w tym procesie (Prantl 1874; Simon 1904; Nemec 1905).

Przebieg regeneracji korzeni rzodkiewki zależał od stopnia uszkodzenia wierzchołka. Pozbawienie dwu zewnętrznych warstw komórek czepka nie wywołało żadnych głębszych reakcji. Odcięcie połowy czepka powoduje przekształcenie się części centrum konstrukcyjnego merystemu, inicjalne komórki wydłużają się i wnikają do czepka, a granica czepka z osią korzenia zanika. Wydłużone komórki dzielą się i wytwarza się nowy wzór organizacji bez komórek inicjalnych i wyodrębnionych histogenów (ryc. 2). Wzór ten jest zupełnie inny niż w normalnym korzeniu, regenerujący korzeń rośnie pomimo tego tak samo dobrze, jak korzenie kontrolne.

Odcięcie całego czepka powoduje zupełną reorganizację centrum — przekształcenie się go w sparenchymatyzowane komórki czepka. Nowe centrum twórcze zakłada się w głębszych częściach regeneratu.

Po odcięciu połowy merystemu powyżej granicy czepka, przy powierzchni rany następuje parenchymatyzacja i wydłużanie się komórek. W głębszych częściach kory i walca komórki dzielą się ukośnymi ścianami. W rezultacie podziałów i zmian w chromatyczności komórek zarysowują się kształty nowego merystemu. Wszystkie jego składniki wyodrębniają się jednocześnie. Jeżeli jednak centrum twórcze różnicuje się niesymetrycznie, przy granicy walca osiowego z korą, obszar organizującego się centrum zastępczego jest mniejszy w porównaniu z poprzednio opisanym.

Istnienie i dobry wzrost korzeni z niekompletnie zregenerowanymi merystemami wierzchołkowymi sugeruje, że między organizacją merystemów wierzchołkowych a wzrostem i rozwojem korzenia nie ma tak ścisłego związku przyczynowego, jak się często sądzi.

STRESZCZENIE

Od korzeni *Raphanus sativus* odcinano części wierzchołkowe różnej długości. Korzenie regenerowały i rosły z normalną szybkością, jeżeli odcięta część nie obejmowała więcej niż połowę merystemu wierzchołkowego.

W pozostałym, po odcięciu, układzie komórek pojawiają się jednocześnie wszystkie elementy charakterystyczne dla nowego, zastępczego merystemu. Różnicują się one stopniowo na całym obszarze regeneratu z komórek istniejącego układu. Przebieg regeneracji i miejsce tworzenia się nowego centrum konstrukcyjnego merystemu zależały od miejsca płaszczyzny przecięcia.

Po niewielkim uszkodzeniu czepka układ merystemu pozostaje bez zmian. Po odcięciu połowy czepka istniejące centrum ulega reorganizacji i wierzchołek korzenia przekształca się z typu zamkniętego w otwarty. Po odcięciu całego czepka lub czepka ze znaczną częścią merystemu, nowe centrum tworzy się w głębszych strefach pozostałego merystemu.

Pomimo niekompletnego układu merystemu wierzchołkowego, korzenie rosły normalnie przez kilkadziesiąt dni.

Dziękuję Panu Profesorowi dr. Henrykowi Teleżyńskiemu za szczególnie cenne rady i pomoc w czasie prowadzenia badań. Dziękuję Panu doc. dr. Bohdanowi Rodkiewiczowi za dyskusję podczas redagowania pracy.

Katedra Anatomii i Cytologii Roślin U.M.C.S.

Lublin, ul. Akademicka 12

(Wpłynęło: 3.I.1970 r.

SUMMARY

The apical part was cut off from roots of *Raphanus sativus* at various lengths. The root regenerated and grew at a normal rate if the cut off part did not comprise more than one half of the apical meristem.

In the picture of the cells after resection of the tip there appear simultaneously all the elements characteristic of the new substitutive meristem. They differentiate gradually within the whole region of the regenerate from the cells of the existing system. The course and site of formation of a new constructive meristem centre depend on the situation of the transection plane.

After slight injury to the root cap the meristem system remains unchanged. When half of the cap was removed, the existing centre underwent reorganization and the root tip transformed from closed to open. After resection of the whole cap alone or with a considerable part of the meristem a new centre forms in the deeper zones of the remaining meristem.

In spite of the incompleteness of the apical meristem system the roots grew normally for several scores of days.

LITERATURA

- Ciesielski T., 1872, Untersuchungen über Abwärtskrümmung der Wurzel, Beitr. zur Biol. d. Pflanz. 1: 1—30.
Gautheret R., 1935, Recherches sur la culture des tissus végétaux, Paris.
Nemec B., 1905, Studien über Regeneration, Borntraeger, Berlin.
Prantl K., 1974, Untersuchungen über die Regeneration des Vegetationspunktes an Angiospermenwurzeln, Arbeit. d. Bot. Inst. in Würzburg 1: 546—562.
Simon S., 1904, Untersuchungen über die Regeneration der Wurzelspitze, Jahrb. f. Wiss. Bot. 40: 103—143.
Torrey J. G., 1957, Auxin control of vascular pattern formation in regenerating *Pea* roots meristems grown in vitro, Am. Jour. Bot. 44: 859—870.