

POLARIDADE E REGENERAÇÃO NAS ESTACAS DE MANDIOCA

F. G. BRIEGER e E. A. GRANER

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo

I — INTRODUÇÃO

No presente trabalho apresentamos primeiramente, a explicação que justifica os métodos há muito tempo em prática sobre a propagação vegetativa de Mandioca. A literatura sobre este ponto é escassa, salientando-se, aqui no Estado de São Paulo, os trabalhos de MENDES (4, 5, 6).

Em segundo lugar demonstramos que mesmo hoje experiências fisiológicas com plantas podem ser executadas sem aparelhamento muito complicado. Os resultados foram tão constantes que dispensaram uma análise estatística detalhada. As repetições dos tratamentos nunca mostraram variações dos resultados, e os tratamentos deram sempre, entre si, resultados bastante diferentes.

O problema principalmente visado foi a *questão da polaridade*. E' costume plantar-se as estacas em posição horizontal e, com alguns meses, elas parecem estar enraizadas nas duas extremidades. Durante a realização destas experiências surgiram também outros problemas que serão depois discutidos.

II — TÉCNICA

Foram utilizadas “Caixas de Sachs” (Sachs’sche Wurzelkästen), introduzidas no estudo da fisiologia das plantas há cerca de 100 anos pelo famoso botânico Julius Sachs, fundador deste ramo da Biologia. As caixas referidas podem ser construídas segundo os tamanhos necessários para as experiências em vista, sendo essencial que nos dois lados inclinados, as paredes sejam de vidro, ao qual encosta-se por dentro a terra onde se desenvolvem as raízes. Estas crescem na superfície, encostadas ao vidro, permitindo assim um fácil controle. Estes lados devem ser cobertos afim de evitar que a luz forte e contínua afete o desenvolvimento das raízes, retardando o seu crescimento e provocando uma reação fototrópica negativa.

A forma das caixas, em detalhe, pode ser vista na figura 1. As caixas que serviram para as nossas experiências medem 50 centímetros de comprimento, 30 centímetros de largura e 30 centímetros de altura. O desenvolvimento das plantas foi perfeitamente normal, como pode ser observado também na figura 1.

III — PRIMEIRA SÉRIE DE EXPERIÊNCIAS

As estacas foram colocadas nas caixas aproximadamente a uma mesma altura, mas em diferentes posições:

posição horizontal

posição vertical (parte apical para cima)

posição inclinada de cerca 45° (parte apical para cima)

posição vertical invertida (parte apical para baixo)

posição inclinada de cerca 45° invertida (parte apical para baixo).

O desenvolvimento foi continuamente controlado pelos lados de vidro, sendo tiradas fotografias 15, 30 e 60 dias, após a plantação das estacas nas caixas.

a) *Formação do "callus"*

A formação de "callus" se verificou somente na parte basal da estaca. A parte apical não reagiu e com o tempo apodrece até o lugar da inserção do primeiro broto.

b) *Formação das raízes*

A formação de raízes nas estacas foi bastante uniforme. Quinze dias após a plantação apareceram muitas raízes no "callus" da parte basal, as quais de início, não se mostraram muito influenciadas pelo geotropismo. Somente após ter obtido o comprimento de alguns centímetros, elas reagiram geotropicamente, crescendo para baixo num ângulo pouco pronunciado (figuras 2c e 3c).

Existe assim uma forte polaridade que permite a formação de raízes somente na extremidade basal da estaca. Pelas fotografias anexas pôde-se ver que esta polaridade não é alterada pela posição, porém o desenvolvimento das raízes nas estacas em posição horizontal e em posição vertical ou inclinada normal (parte basal para baixo) foi mais forte do que nas estacas em posição vertical invertida (ponta basal para cima). No primeiro caso elas foram bem numerosas e atingiram cerca de 4 centímetros de comprimento e no outro, elas foram menos numerosas, não atingindo nem a metade deste comprimento.

Trinta dias após a plantação, estas diferenças se acentuaram (Fig.3 e 4). Em nenhum caso houve formação de raízes na parte apical e raramente apareceram raízes nos nós das estacas (axilas das folhas quando haste da planta). As raízes nas estacas horizontais e nas estacas verticais ou inclinadas em posição normal se desenvolveram bem, atingindo 10 centímetros de comprimento. Nas estacas invertidas, a formação de raízes foi muito fraca (figuras 3B e 4B).

Sessenta dias após a plantação, a situação ficou bastante mudada. (Figs. 5 a 7). Apareceram, além das raízes da estaca, outras raízes nas partes basais dos brotos novos. Devemos considerar estes dois grupos de raízes separadamente.

As raízes do "callus" basal da estaca apresentaram-se todas bem desenvolvidas, mas ainda as raízes nas estacas em posição normal ficaram, em comparação, um pouco mais fortes do que as das estacas em posição invertida.

Na estaca plantada em posição vertical e normal, com a parte apical para cima, quasi não se desenvolveram outras raízes além daquelas do "callus" basal. Todas as demais estacas tiveram porém um numero grande de raízes fortes e numerosas, que saíram dos internós basais dos brotos, mas não mais da estaca. Ha ainda mais uma peculiaridade. Já era visível, nas janelas da caixa, que as raízes dos brotos mantinham uma mesma profundidade, de cerca de 5 centímetros abaixo da superfície. (Fig. 1B). As fotografias tiradas das estacas depois de lavadas, mostram que a origem das raízes nos brotos se deu sempre numa mesma altura. A figura 7 B mostra uma estaca plantada em posição invertida e com uma inclinação de cerca de 45°. Formaram-se três brotos, dois dos quais tinham muitas raízes numa mesma altura. Uma estaca plantada em posição vertical e invertida, mostrada na fotografia da figura 5 B desenvolveu também três brotos. Estes ficaram porém tão juntos na estaca que não foi facil ver os detalhes e foram porisso separados e fotografados (fig. 6) mantendo-se sempre a sua posição relativa. Todas as raízes dos brotos formaram-se na mesma profundidade da terra, independente do tamanho do broto e do numero de nós que ficaram entre a região de enraizamento e o ponto da inserção do broto na estaca.

Resumiremos estes resultados de uma forma mais geral.

Constatamos que existe uma *polaridade* muito forte nas estacas. Somente na parte basal formou-se um "callus" e as raízes, quasi que exclusivamente, saíram desse ponto. A posição, em relação à *gravidade* ou, como podemos dizer, a posição geotropica, teve somente efeito relativamente fraco. A gravidade não provocou a formação de raízes na parte apical quando esta estava voltada para baixo nas estacas em posição invertida, mas retardou o desenvolvimento das raízes na parte basal, que estava para cima.

Quarenta a 50 dias após a plantação, constatou-se também a *polaridade dentro dos brotos* novos. Eles formaram raízes nas suas partes basais, independentemente da parte basal da própria estaca. A única exceção foi a estaca plantada em posição normal e vertical, onde a gravidade e a polaridade da estaca se combinaram, desenvolvendo-se muito poucas raízes na parte basal do broto e ficando a parte basal da estaca como principal polo basal.

Nas raízes dos brotos fez-se sentir um novo fatôr: a profundidade da terra. Raízes nos brotos somente se formaram a uma certa profundidade, que segundo as nossas observações, nas caixas de Sachs, com terra muito bôa, bem penerada e de grão uniformemente fino, foi de cerca de 5 centímetros. Rai- zes se formando mais acima ou mais abaixo desse ponto, nos brotos, foram exceção.

Para completar, descreveremos a situação em estacas três meses após a sua plantação em canteiros. Não foi possível deixar as plantas por tanto tempo nas nossas caixas de Sachs. Como mostra a figura 8, obtida de estacas plantadas em posição horizontal e a pouca profundidade, o enraizamento foi completo. As raízes da parte basal da estaca, que são as mais velhas, começam o engrossamento, transformando-se em órgãos de reserva. E' evidente, como já mencionado acima, que estas raízes, no início, foram ageotropicas. Somente depois de alguns centímetros de distancia da sua origem elas reagiram geotropicamente, crescendo num angulo de cerca de 45°, para baixo. GRANER (2) mostrou, em outro trabalho, que as raízes de reserva ficam bastante deformadas em plantas que crescem durante algum tempo em vasos. Isto parece ficar agora bem explicado. As primeiras raízes, não podendo crescer durante muito tempo, na sua direção, que é muito pouco inclinada para baixo, encontramos paredes do vaso e são forçadas a acompanha-las. Uma vês que estas primeiras raízes já são futuras raízes de reserva, qualquer deformação delas fica permanente e será mantida depois do seu engrossamento.

c) *Formação das hastes*

Consideremos agora a formação dos brotos. Nela encontramos uma grande diferença em comparação à formação das raízes. Os brotos sempre se originaram das gemas dormentes nas axilas das folhas caídas da estaca e, sempre em numero de um por cada axila. Na raiz trata-se da formação, de novo, de primórdios, dentro do "callus". Os brotos todos se desenvolveram de pontos vegetativos já preformados na planta anterior, da qual se obtém as estacas. A polaridade, gravidade e profundidade, que agem sobre a formação das raízes, produzem efeito não só sobre a origem delas como sobre o seu desenvolvimento futuro. No caso dos brotos, trata-se apenas da ativação de gemas dormentes e seu crescimento posterior.

Nas *estacas verticais, em posição normal*, notamos que se desenvolveu um broto e, muito raramente, dois brotos. Nem sempre é a gema da primeira axila que é ativada; pode acontecer muito facilmente que esta gema se encontre mecanicamente prejudicada. O único broto, na maioria das estacas é por isso proveniente seja da primeira ou da segunda gema. Quando se ativa mais do que uma gema, ela é a da axila imediatamente abaixo da superior. Depois da ativação, somente o broto superior continua a crescer e desenvolver-se, como pode ser visto na figura 3 A que mostra uma estaca 30 dias após o plantio.

Nas estacas em *posição inclinada*, com a parte apical para cima, notamos que a inibição dos brotos inferiores não é muito forte. A figura 4 B mostra uma estaca 30 dias após a sua plantação. O broto mais apical é bastante forte, o da segunda axila é ainda relativamente forte e o da quarta axila cresceu também um pouco. Temos então uma ativação geral das gemas, sem um efeito forte da polaridade e uma inibição do desenvolvimento pela ação da gravidade e da polaridade em conjunto.

Na estaca reproduzida na figura 7 A 60 dias após o plantio, foram ativadas as 1a., 3a., 4a. e 6a. gemas. O crescimento depois foi controlado pela polaridade e pela gravidade. Unicamente o broto da axila mais apical se desenvolveu fortemente

e a inibição do crescimento dos demais aumentou-se a medida que se aproximavam da base da estaca.

As estacas plantadas em posição *horizontal* comportaram-se do mesmo modo que as estacas inclinadas, no que diz respeito ao desenvolvimento dos brotos. A inibição do crescimento das gemas mais baixas não foi porém muito forte. Podem se desenvolver uma, duas ou ainda mais gemas igualmente.

Nas estacas plantadas em posição invertida, com a parte apical para baixo, notamos um comportamento bem diferente. A situação das gemas ainda é semelhante áquela das estacas horizontais porém são sempre ativadas varias gemas. A inibição é depois controlada não pela polaridade, mas somente pela gravidade.

Na estaca em posição vertical e invertida e, 15 dias após o *plantio*, ativou-se a primeira gema apical (em baixo, figura 2 B), que parou depois imediatamente o seu crescimento. As segunda e terceira gemas não crescem nada. A quarta porém, ficou a mais forte de todas e a quinta ou ultima, um pouco menor. Na mesma época e na estaca inclinada e invertida (figura 2 E) encontramos uma situação correspondente. O broto mais forte veio da terceira gema e os brotos das gemas 1 e 2 e também das 4 e 7 ficaram bem menores. Evidentemente os dois fatores, gravidade e polaridade, se contrabalançaram. A polaridade favoreceu o desenvolvimento dos brotos das gemas mais apicais, e a gravidade favoreceu o crescimento dos brotos das gemas mais da parte basal da estaca, e que se encontram bem em cima. Como resultado, os brotos do meio da estaca ficaram os mais fortes.

Em se tratando de fatores fisiológicos antagônicos encontramos certas variações no desenvolvimento dos brotos.

Trinta dias após o plantio e na estaca vertical invertida (figura 3 B) o broto bem perto da parte basal da estaca e já acima da terra desenvolveu-se bem, a gravidade tendo assim vencido a polaridade. Mas, nos demais brotos desta estaca, o efeito da polaridade foi ainda bem forte, sendo o desenvolvimento dos brotos de baixo maior que aquele dos brotos do meio. Numa estaca invertida e inclinada (figura 4 B), o broto do

meio ficou o mais forte, seguindo-se-lhe os brotos mais apicais e afinal o broto do nó basal.

Ao fim de 60 dias, as diferenças todas quasi desapareceram. (Figs. 5 B e 7 B). As duas estacas tinham três brotos cada uma, todos bem fortes e com bastante folhas. Nas duas, o broto da gema apical se desenvolveu bem, apesar de ter atravessado uma camada de terra bem mais profunda daquela atravessada pelos brotos das gemas basais.

Em resumo, pudemos constatar que existe uma ação, tanto da polaridade como da gravidade sobre o desenvolvimento dos brotos de uma estaca. Polaridade e gravidade se combinam harmonicamente, nas estacas em posição normal e vertical e são antagonicas em extremo, nas estacas verticais invertidas. Dissemos tambem que em consequencia desta ação alguns brotos são ativados e favorecidos e outros prejudicados. Não pode haver duvida de que aqueles que se desenvolvem bem o fazem em consequencia direta dos fatores mencionados, gravidade e polaridade. A inibição do desenvolvimento dos outros brotos é já uma consequencia secundaria, como resultado de uma correlação fisiológica interna. E' um fato bastante comum e conhecido que brotos que crescem inibem o crescimento de outros ligados à eles. Muitas vezes temos uma correlação inibidora entre o ponto vegetativo, na ponta de uma planta e os botões laterais. Se removemos esta ponta, os galhos laterais começam a se desenvolver, em numero mais ou menos elevado, até que se estabelece entre eles uma nova correlação balanceada. Nas estacas colocadas na terra, com bastante humidade, as gemas laterais dormentes começam a se desenvolver e a polaridade e gravidade, em conjunto, determinam e localisam esta ativação. Uma vez determinado qual o broto lateral mais favorecido, estabelece-se uma correlação inibidora entre eles e os demais, tanto nas estacas em posição vertical como nas em posição inclinada. As estacas horizontais não têm muitas vezes um broto mais favorecido e não aparecem então correlações inibidoras tão pronunciadas.

As correlações inibidoras podem produzir uma inibição oempleta, como no caso das estacas verticais com a parte apical para cima, ou somente um retardamento do desenvol-

vimento dos outros brotos. Algum tempo depois que os brotos de uma estaca chegaram à superfície da terra e um numero de folhas está já em pleno funcionamento, o que se dá mais ou menos 40 ou 50 dias após o plantio, as correlações desaparecem.

Os brotos de uma estaca, 60 dias após o plantio, são praticamente independentes do ponto de vista da nutrição. Eles têm as suas próprias raizes, como mencionado atrás, indicando que se desenvolveu uma polaridade dentro de cada broto. Igualmente, não existe mais correlações entre êles.

IV — SEGUNDA SÉRIE DE EXPERIÊNCIAS

Uma outra série de experiências foi realizada afim de determinar, com maior detalhe, o efeito da profundidade na qual as estacas foram plantadas. Todas as estacas foram plantadas em posição horizontal, a três profundidades (cerca de 5, 10 e 15 centímetros) dentro das caixas de Sachs. Uma vez que na experiência anterior o desenvolvimento das raizes e dos brotos estava pouco adiantado em 15 dias, fizemos as observações e fotografias 30 e 60 dias após o plantio. Foram plantadas 4 repetições completas, que deram resultados absolutamente idênticos.

Trinta dias após o plantio — Uma estaca plantada a 5 centímetros de profundidade está reproduzida na figura 9 A. As raizes do "callus" (lado direito) ficaram bem desenvolvidas, numerosas e compridas. Algumas raizes foram formadas nas gemas das estacas, mas não constatamos formação de raizes nos brotos. A parte aerea, apresenta-se já bem desenvolvida, com folhas grandes.

As estacas plantadas a 15 centímetros de profundidade quasi que não apresentam raizes no "callus". (Fig. 9 C). As raizes são pouco numerosas e têm apenas metade do comprimento das raizes das estacas plantadas em posição bem alta. Dois brotos se desenvolveram das duas gemas apicais, chegando acima da terra. As folhas ficaram porém pequenas, não havendo também formação de raizes nos brotos (fig. 9 C).

As estacas plantadas a cerca de 10 centímetros de profundidade comportaram-se de modo intermediário, como indica a figura 9 B. As raízes do "callus" ficaram um pouco mais numerosas e compridas do que as raízes das estacas plantadas a profundidade maior.

Sessenta dias após o plantio o desenvolvimento das raízes do "callus" mostrou ainda as mesmas diferenças. As estacas plantadas em posição alta tinham raízes bem compridas e ramificadas. (Fig. 10 A). Nas estacas plantadas a 15 centímetros de profundidade o número e comprimento de raízes foi menor (fig. 10 C), as estacas plantadas a 10 centímetros apresentando um estado intermediário. (Fig. 10 B).

Todos os brotos desenvolveram também as suas raízes, nas suas bases. Nos três casos estas raízes foram mais ou menos iguais, e se tentarmos uma classificação, seriam postas em primeiro lugar as raízes dos brotos das estacas plantadas mais profundamente e que por isso têm menos raízes no "callus" da estaca. Talvez se trate aqui de uma correlação compensadora. Lembraremos um caso inverso: nas estacas plantadas em posição vertical, normal, na experiência descrita anteriormente, não havia, após 60 dias, raízes nas bases dos brotos mas apenas um enraizamento perfeito no "callus".

Um outro fato foi também bem notável. Mencionamos acima que as raízes dos brotos sempre foram formadas aproximadamente a mesma profundidade. Isto ficou bem evidente nas estacas plantadas a diferentes profundidades. Aqui também a formação de raízes foi independente do comprimento dos brotos e apenas determinada pela grossura da camada de terra que estava acima da estaca. As raízes dos brotos se formaram a cerca de 5 centímetros de profundidade, em todas as nossas experiências realizadas em caixas de Sachs, sem nenhuma exceção.

E' difícil dizer, sem outras experiências mais complicadas, qual foi a causa deste comportamento interessante. Luz e distribuição da humidade são fatores que podemos provavelmente deixar de lado. Também parece duvidoso que exista uma variação da composição dos gases no sistema capilar de terra, que só numa região bem limitada permite a origem de

raízes. Aachamos assim inutil formular hipóteses mais detalhadas sobre este ponto. E' preciso porém lembrar que não se trata de um comportamento completamente novo. E' conhecido que em muitas plantas, os órgãos subterraneos se mantêm sempre a uma profundidade fixa. Bulbos de várias *Liliaceae* conseguem isto pela ajuda de raízes contrateis que podem puchar os bulbos para regiões mais baixas. Em outras especies rhizomas subterraneos se mantem a mesma profundidade pelo crescimento dos pontos vegetativos. Tambem em todos estes casos parece faltar uma explicação dos fatôres por êles responsaveis.

* * *

O desenvolvimento dos brotos nas estacas horizontais desta série de experiências, foi bastante uniforme. Todas as seis estacas das figuras 9 e 10 tinham dois brotos cada uma, que se originaram nas duas gemas mais apicais das estacas.

DISCUSSÃO

Os fatôres fisiológicos que entram em jogo no desenvolvimento das estacas de mandioca podem ser divididos em dois grupos: fatôres externos e fatôres internos ou biológicos.

Os fatôres externos que parecem ser de importância são: gravidade e profundidade da terra. Distinguimôos como fatôres internos: a polaridade e as correlações entre órgãos.

A existencia de uma *polaridade* nas plantas é conhecida desde muito tempo. Temos porém que admitir que não avançamos muito na compreensão dêste fenomeno, desde a sua descoberta por Vöchting em 1878. Sabemos apenas que não somente existe uma polaridade em plantas inteiras ou em suas partes, mas tambem em suas proprias celulas. Isto foi comprovado para celulas de plantas superiores, nas experiências classicas de Vöchting (1892) e Neef (1914, 1922), e para celulas de *Algas* (*Bryopsis*) (Berthald 1882), *Fucus* (Winkler

1900, Kniep 1907, Wulf 1910), *Fungos* (Basidiobolus) (Raciborski 1907) e *Pteridophyta* (Equisetum) (Stahl 1885). (*)

Os modernos estudos sobre auxinas ocupam-se também bastante com a polaridade, em vista da descoberta de que o transporte desta substância acompanha a polaridade, no sentido basípeta. Como se pode por exemplo ver na compilação de VENT (7), os autores não chegam a uma explicação da natureza da polaridade. A polaridade não é provocada simplesmente pela ação da gravidade, sendo grandemente independente dela. Não basta, por exemplo, inverter a posição de uma planta ou de uma estaca, durante algum tempo, para alterar e inverter também a polaridade. Sobre este ponto existe já uma literatura relativamente extensa. Pudemos também constatar o mesmo. A ação da polaridade, que permite exclusivamente uma formação de "callus" e de raízes novas na parte basal da estaca, não é em nada alterada pela ação da gravidade, mesmo em estacas em posição vertical e invertidas.

No desenvolvimento dos brotos, a polaridade e a gravidade agem em conjunto, mas como fatores de origem independente. A interação, nos seus efeitos, é variada e a gravidade se comporta como um fator quantitativo, enquanto que a polaridade é constante. Assim, em estacas verticais, a ação da gravidade é máxima e tem nas estacas não invertidas a mesma direção que a polaridade, de modo que se desenvolve somente o broto mais apical, enquanto que nas estacas invertidas a ação é antagonica, notando-se o desenvolvimento de, no mínimo, dois brotos: o mais apical, favorecido pela polaridade e um outro basal, agora favorecido pela gravidade.

A polaridade pode também ser considerada como uma forma de correlação biológica entre órgãos ou regiões da planta. Se numerarmos os internós de uma planta, da base até o seu ápice, com os números 1 até 30, poderemos fazer uma observação: cortando uma estaca que se estende do 10º ao 20º internó, o 10º representa o polo basal, que forma "callus" e

raízes e o 20° o polo apical. Mas se cortamos uma estaca do 20° ao 30° internó, então o mesmo 20° internó que era o polo apical anteriormente, fica sendo o polo basal que agora passa a produzir "callus" e raízes.

Uma separação de partes de uma planta, como aquela produzida mecanicamente, pode ser realizada também pela própria planta e por meios fisiológicos. Mencionamos uqe nas estacas com 30 dias, encontram-se quasi que exclusivamente raízes na parte basal da própria estaca. Com 60 dias, temos uma situação diferente: cada broto formado é uma unidade em si, que produz bastante raízes na sua base, independentemente da estaca e dos outros brotos da mesma. Não se trata de uma mudança de polaridade. Unicamente podemos constatar que cada broto de uma estaca comporta-se de maneira como se fosse isolado e mecanicamente separado da estaca mesma. Trata-se então de uma alteração das correlações inibidoras dos brotos entre si e entre a estaca.

Não podemos explicar, por enquanto, por qual processo fisiológico se dá esta alteração das correlações. Não pensamos porém que seja por acaso que ela se dê num momento onde pela primeira vez as novas hastes dispõem de um numero de folhas completamente desenvolvidas.

Existe mais uma outra *correlação inibidora entre brotos*. A sua existencia, aliás comum em muitas plantas, é bem notavel durante o desenvolvimento normal da mandiocã. Os brotos de mandioca crescem, inicialmente, sem nenhuma ramificação. O desenvolvimento de todas as gemas axilares é impedido pelo desenvolvimento do ponto vegetativo principal. Após um certo tempo porém este muda em sua diferenciação e em vez de produzir folhas, começa transformar-se em inflorescencia. Ao mesmo tempo desaparece o efeito inibidor e em geral, cerca de três gemas, imediatamente abaixo da região transformada em inflorescencia, começam a se desenvolver fortemente. Em consequencia, os ultimos internós da haste principal ficam muito curtos, os brotos laterais originando-se praticamente numa mesma altura e formando um verticilo. Estes, por sua vez, repetem o mesmo processo, não se ramificam até a transformação do ponto vegetativo da

haste em inflorescencia, quando então se desenvolvem cerca de três ramos laterais em cada um dêles.

Uma reunião fisiológica das correlações inibidoras, impostas pela polaridade, podemos constatar também em nossas experiências. Inicialmente raízes se formam somente na parte basal da estaca e não em outros lugares. As raízes em numero sempre muito reduzido, que se formam nas gemas das estacas podem ser desprezadas. Podemos assim concluir que esta região basal da estaca é o polo basal absoluto e único da polaridade. Podem porém desenvolver-se varios brotos de modo que teremos mais de um polo apical. A inibição da formação de raízes, exercida por este polo basal, é então bem forte. Quando porém os brotos chegam acima da terra e têm já algumas folhas completamente desenvolvidas, a situação muda. Neste momento cada broto produz novas raízes, perto de sua base e acima da estaca. Os diferentes brotos ficam agora independentes da estaca e estabelecem cada um o seu proprio polo basal.

Apesar disso, a separação fisiológica não é forte em outras direções. Por exemplo, os carboidratos são ainda transportados em primeiro lugar para as raízes mais velhas da base da estaca, que começam engrossar, em primeiro lugar, e transformar-se em órgãos de reserva, como pode ser visto na figura 8.

Finalmente, mencionamos o ultimo ponto de interesse geral: o *efeito da profundidade*. A segunda experiência demonstra claramente que tanto a formação de raízes na estaca, como a formação dos brotos, depende da profundidade e são retardados nas estacas quando plantadas mais profundamente. As raízes nos brotos, em todas as experiências, só se desenvolveram a uma mesma profundidade, de cerca de 5 centímetros da superficie do solo.

Não podemos, no momento, explicar este fenomeno. Podemos somente citar da literatura casos análogos. E' bem conhecido na horticultura que, replantando plantas, elas devem ser colocadas mais ou menos a mesma profundidade que se encontravam. Bulbos de muitas *Liliaceae*, plantados altos demais, são puxados para uma maior profundidade, pela ação

de raízes contrateis. Rhizomas de muitas plantas, que crescem horizontalmente na terra, mudam de direção para manter-se a uma mesma profundidade e crescem em terreno inclinado também paralelamente à superfície da terra, mantendo assim a mesma profundidade.

Talvez futuras experiências, com mistura de tipos de terra diferentes em densidade, ajudem esclarecer estes fatos que no momento podemos somente registrar, sem outras tentativas de explicação.

CONCLUSÕES PRÁTICAS

E' costume geral plantar-se estacas de mandioca em posição horizontal e a pouca profundidade do solo. Este método é bem justificado em vista das observações expostas no presente trabalho. De fato, é essa posição que permite um bom enraizamento e um bom desenvolvimento de mais de uma haste por estaca sem grandes dificuldades. Em todos os outros processos de colocação de estacas no solo deveremos tomar bastante cuidado afim de colocar a parte apical da estaca para cima. Assim, um plantador deveria, no momento de colocar a estaca na terra, observar qual a parte apical, o que custará muito mais tempo, além de ser necessário pessoal muito bem treinado.

De acôrdo com outras observações práticas, as diferentes regiões da planta parecem fornecer estacas de valor diferente para a plantação. Sôbre este ponto temos experiências em andamento, cujos resultados serão relatados tão logo que possível.

ABSTRACT

The physiological factors which control the development of roots and shoots in cuttings of *Manihot* have been studied experimentally.

It was found that there is a decisive polarity with regards to root formation which takes place only at the callus formed at basal end of the cutting. Later on (after 30 days) other

roots are formed at the base of the new shoots and always in the same depths of about 5cms.

Shoot formation is governed mainly by the interaction of polarity and gravity.

The intensity of both root and shoot formation depends largely upon the depth in which cuttings are planted.

An explanation is given why it is advantageous to plant cuttings of *Manihot* in a horizontal position and not too deep.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BENECKE, W. e L. JOST (1924) — Pflanzenphysiologie. Vol. II — 4a. edição — Gustav Fischer — Jena.
- 2) GRANER, E. A. (1941) — Formas poliploides de mandioca obtidas pelo tratamento com colchicina. (Em impressão).
- 3) KOSTYTSCHIEW, S. e F. A. F. C. WENT (1931) — Lehrbuch der Pflanzenphysiologie — Vol. II — Julius Springer — Berlin.
- 4) MENDES, C. T. (1929) — O ciclo vegetativo da mandioca — Revista de Agricultura, 4:471 — 490.
- 5) MENDES, C. T. (1930) — Algumas notas para a cultura da mandioca — Revista de Agricultura, 5:95 — 102.
- 6) MENDES, C. T. (1940) — Contribuição para o estudo da mandioca — Publicação da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.
- 7) WENT, F. W. e K. V. THIMANN (1937) — Phytohormones — The MacMillan Company — New York.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS

Figura 1 — Duas vistas das caixas de Sachs utilizadas nas nossas experiências. (Ver medidas no texto).

Figura 2 — Estacas 15 dias após a plantação nas caixas de Sachs: *A* posição vertical normal; *B* vertical invertida; *C* horizontal; *D* com angulo de 45° e parte apical para cima; *E* com angulo de 45° e parte apical para baixo.

Figura 3 — Trinta dias após a plantação. Figs. *A*, *B* e *C* como na figura 2.

Figura 4 — Trinta dias após a plantação. Figs. *A* e *B* como as figuras *D* e *E* da figura 2.

Figura 5 — Sessenta dias após a plantação. Figs. *A*, *B* e *C* como na figura 2.

Figura 6 — Os brotos da estaca mostrada na figura 5-*B*, separados.

Figura 7 — Sessenta dias após a plantação. Figs. *A* e *B* como *C* e *D* da figura 2.

Figura 8 — Noventa dias após a plantação. Estaca plantada em canteiro. Figura *B* detalhe da figura *A*.

Figura 9 — Trinta dias após a plantação em caixas de Sachs e a diferentes alturas. Figura *A* 5 centímetros da superficie da terra. Figura *B* 10 centímetros e Figura *C* 15 centímetros de profundidade.

Figura 10 — Sessenta dias após a plantação. Figs. *A*, *B* e *C* como na Figura 9.

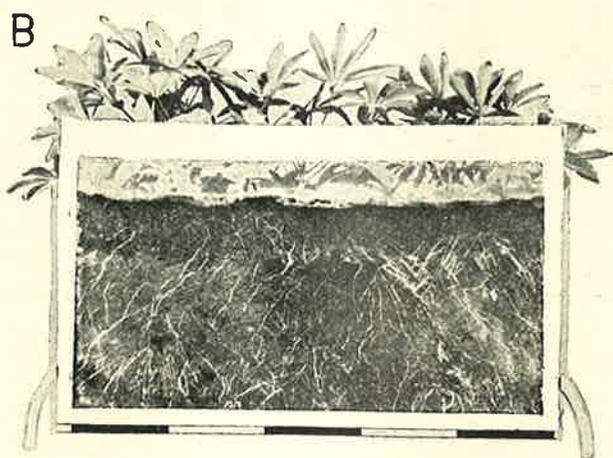


Fig. 1

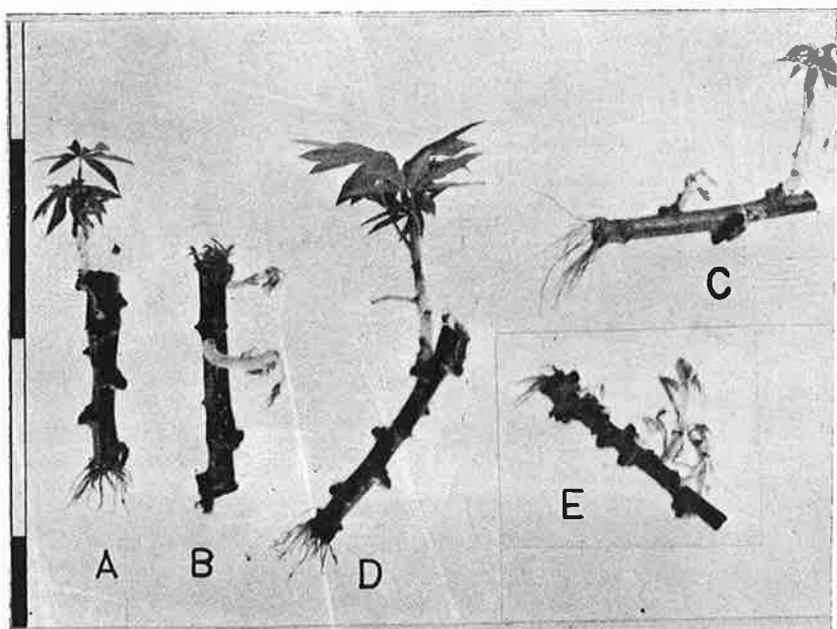
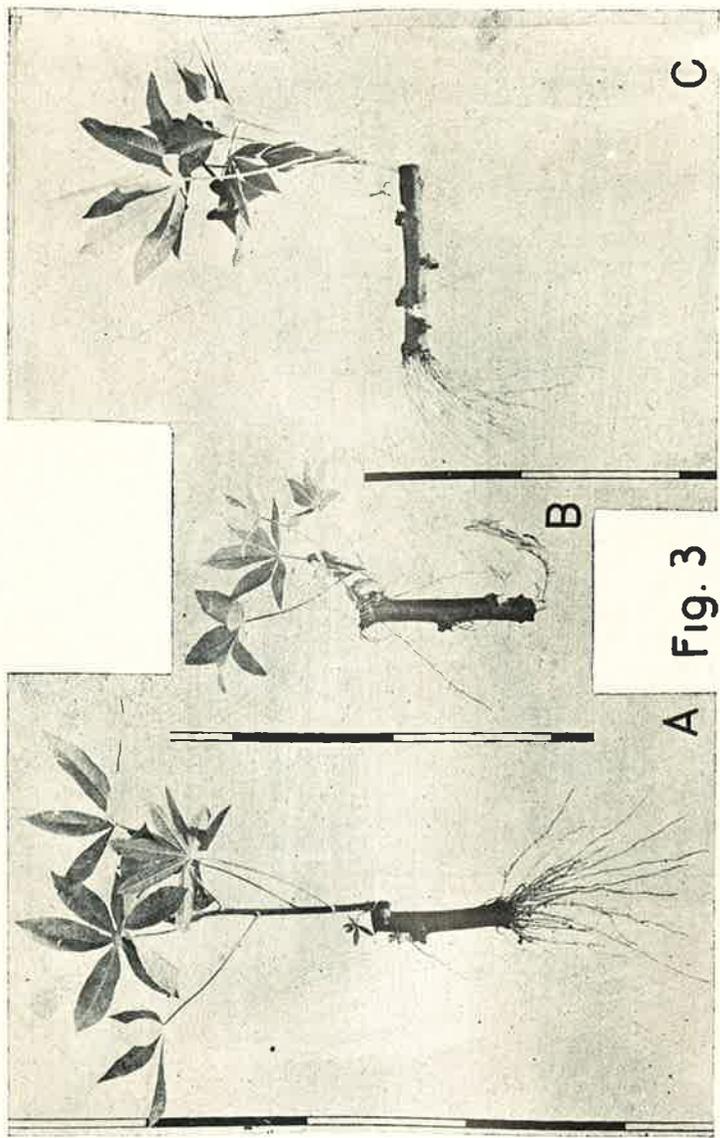


Fig. 2



A Fig. 3

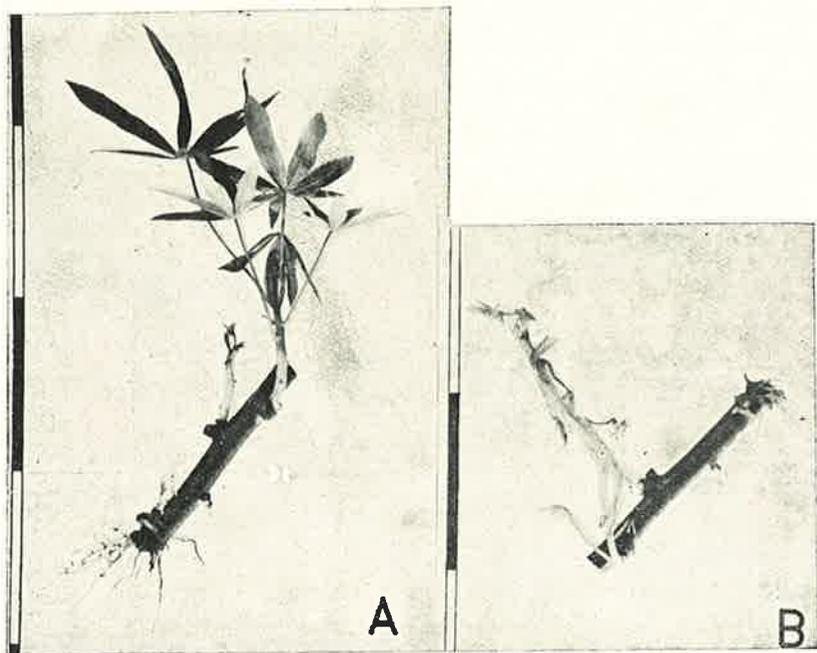


Fig. 4

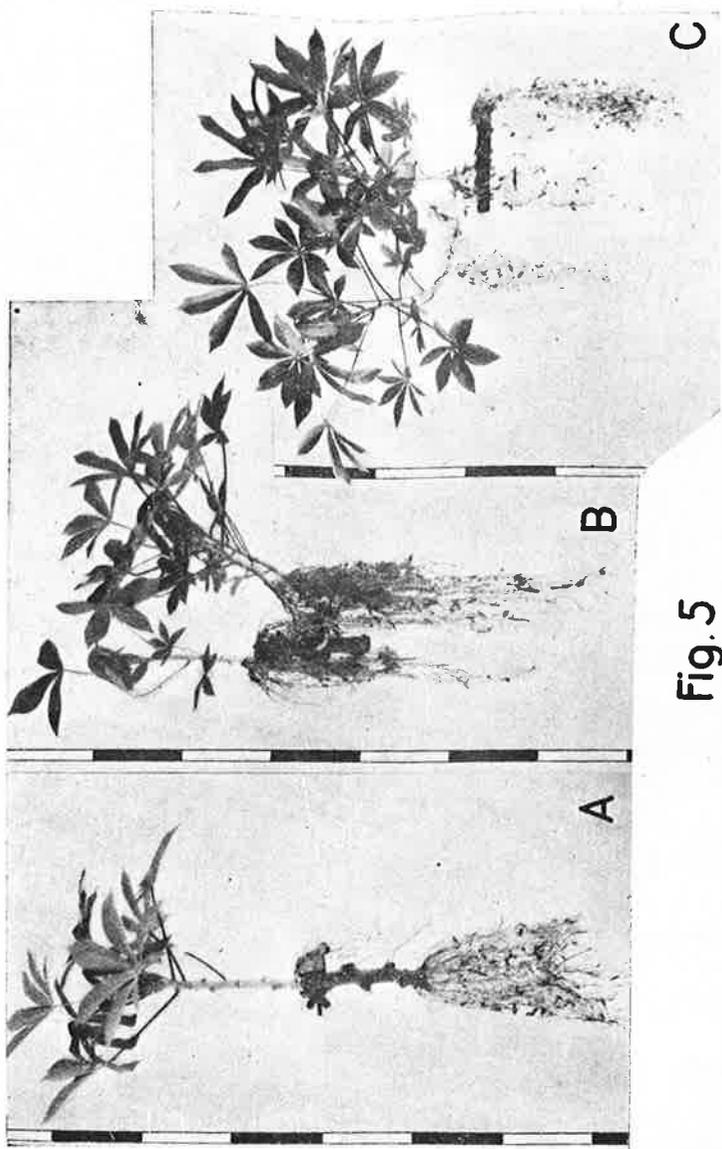


Fig. 5



Fig. 6

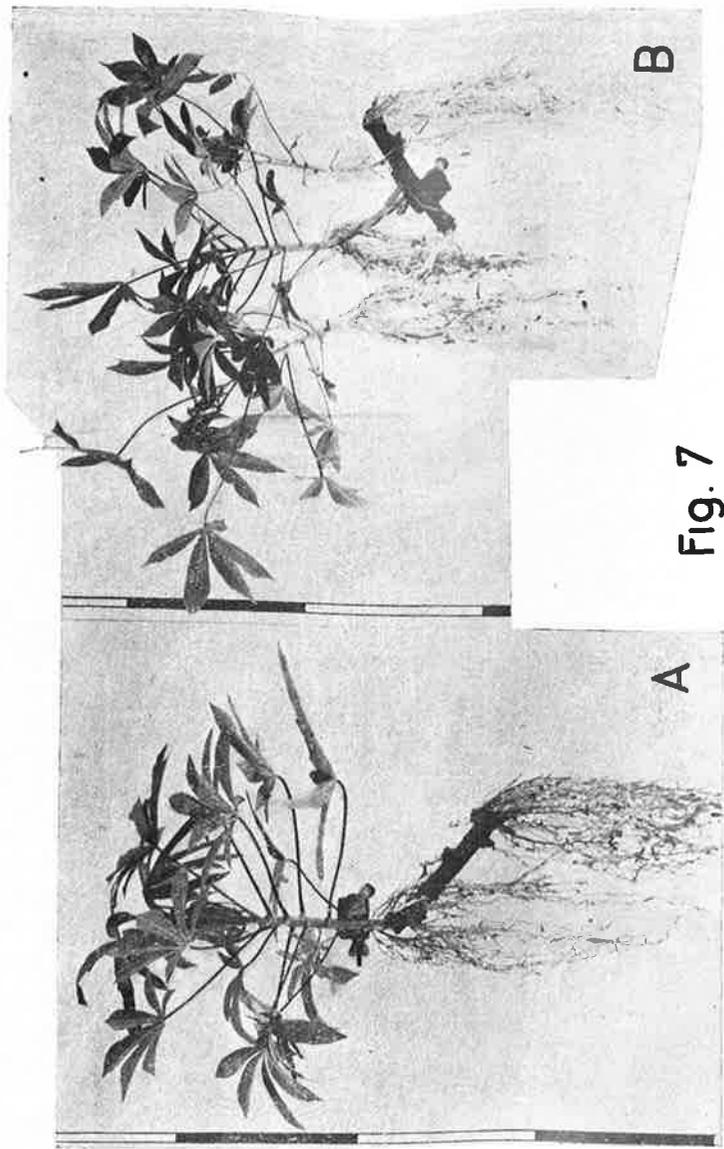


Fig. 7

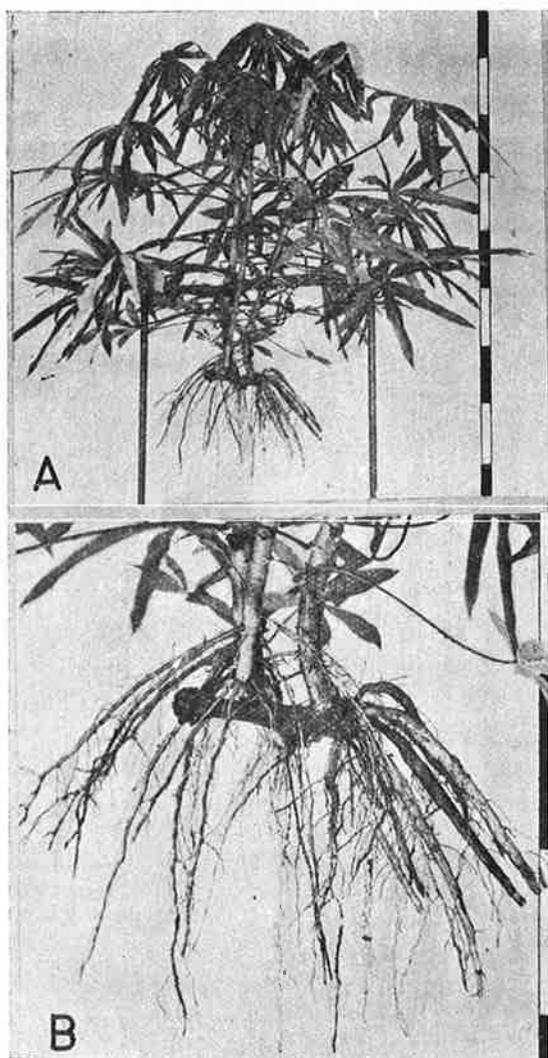


Fig. 8

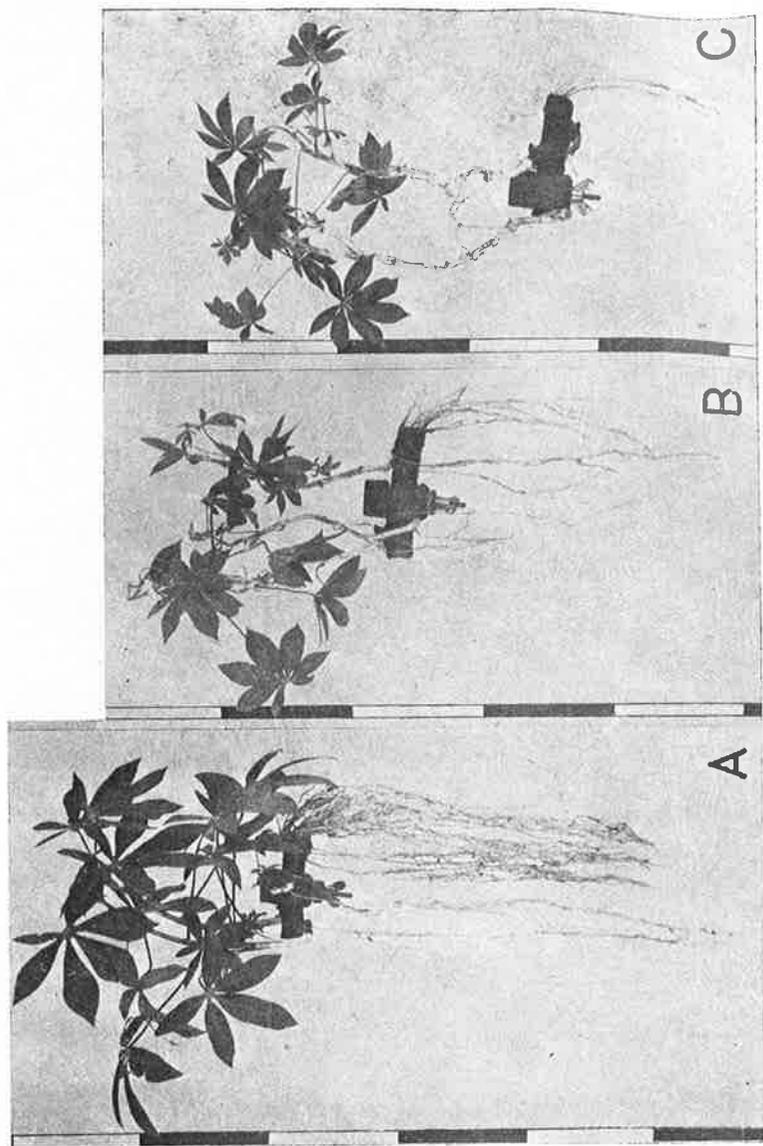
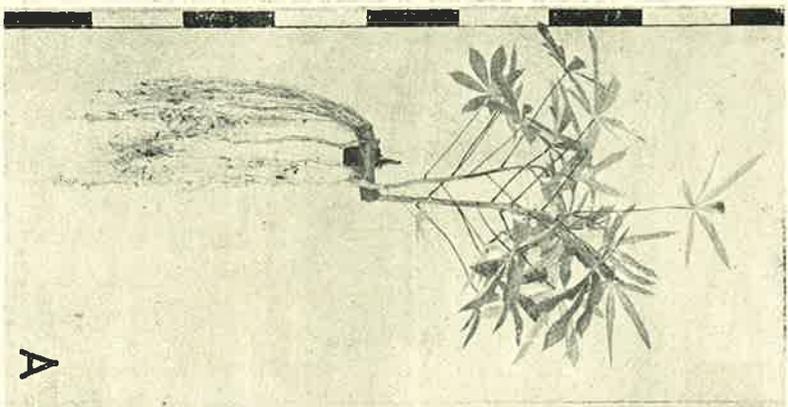
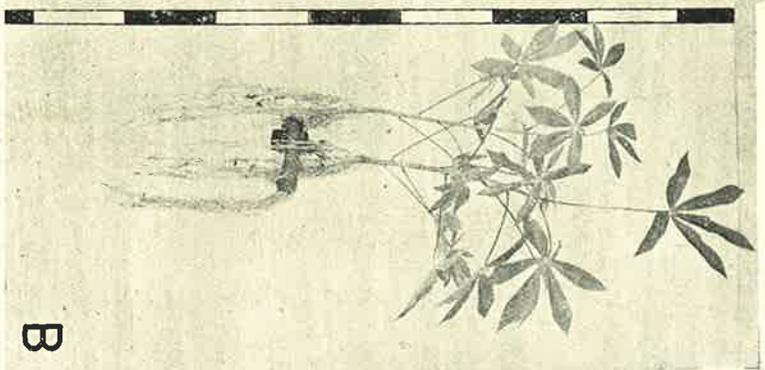


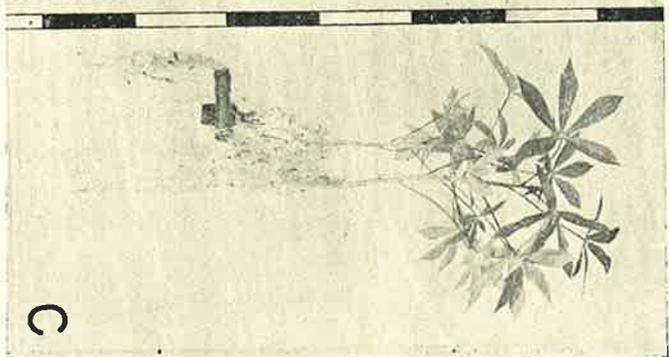
Fig. 9



A



B



C

Fig. 10