L'impiego dei radioisotopi nella ricerca forestale

Autor(en): **Liani, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **122 (1971)**

Heft 7

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-767285

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

L'impiego dei radioisotopi nella ricerca forestale*

Parte II

Oxf. 0 — — 014.28 : 015.28

Di *A. Liani,* Roma

(Dell'Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta,
Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale)

Nel laboratorio per l'applicazione degli isotopi radiattivi come traccianti, l'argomento di ricerca, di carattere prevalentemente applicativo, è stato quello della nutrizione minerale di pianta forestali (eucalitto, pioppo e pino) con particolare riguardo al trasporto, alla destinazione ed alle funzioni specifiche degli elementi chimici assorbiti dal vegetale non trascurando, nel contempo, problemi relativi al terreno. Tutto ciò, nella consapevolezza che da un tipo di indagine così altamente perfezionato potessero scaturire approfondimenti maggiori dei problemi accennati, impensabili con i metodi tradizionali.

Soltanto per cause inerenti alla complassità di attrezzatura sono stati omessi studi sul miglioramento genetico con le radiazioni ionizzanti, i quali, in caso di necessità, potevano essere compiuti in collaborazione con il laboratorio di Genetica Vegetale del Centro Studi Nucleari del CNEN alla Casaccia (Roma).

C'è da rilevare, innanzitutto, che gli isotopi impiegati nella ricerca forestale sono di solito emettitori di particelle beta e di radiazioni gamma con esclusione di quei radioisotopi che possiedono un tempo di dimezzamento troppo breve, di alcuni giorni o addirittura di secondi.

Non presentano questa limitazione il C, P, K, Rb, S, Ca, H, Na, Fe, Cu, Zn, Co, I, Br, Mg, Sr, Mn, mentre l'N e l'O, esistendo come isotopi pesanti incapaci di emettere radiazioni quando usati coma traccianti, sono svelabili soltanto con lo spettrometro di massa, un apparecchio in grado di apprezzare la differenza di massa, ad esempio, fra N^{14} e N^{15}.

Tenendo presente queste restrizioni e con un equipaggiamento iniziale minimo, costituito da un contatore automatico di impulsi ed un tubo GM, sono state iniziate le prime indagini limitatamente al P^{32}, elemento a partecipazione attiva nei processi nutrizionali, rilevabile facilmente per l'energia elevata delle sue radiazioni beta ed avente un periodo di dimezzamento di 15 giorni circa. L'esperienza acquisita, in breve tempo, portava all'ampliamento dei problemi di partenza e quindi ad un potenziamento delle attrezzature che consentiva la manipolazione di qualunque nuclide radioattivo di interesse biologico, in condizioni di completa sicurezza. Inoltre, sono stati impiegati lo S^{35} ed il Ca^{45}, isotopi che, rispetto al fosforo, rendono possibile l'attuazione di prove per tempi più lunghi senza l'obbligo di ricorrere a quantitativi troppo forti e, perciò, pericolosi.

* Lettura tenuta a Firenze presso l'Academia Italiana di Science Forestali, il giorno 8, marzo 1971

Da quanto ora detto si puo già intuire quali possono essere state le cause principali della minore diffusione della tecnica isotopica nella ricerca forestale nei confronti di quella agricola e cioè: impiego di radionuclidi in dosi generalmente elevate per fare fronte alla sensibile diluizione che l'isotopo subisce dentro l'albero; presenza di un ciclo vegetativo lungo che rende impossibile una conoscenza immediata e completa del fenomeno in studio; difficoltà manuale di marcatura e di campionamento; ragioni queste che giustificano pure il numero elevato di lavori sperimentali condotti in vivaio, su piante di giovane età, paragonabili a quelle agrarie almeno per le dimensioni. Pertanto, solo se i risultati così conseguiti appaiono specifici e caratteristici del comportamento di una specie vegetale di fronte ad un qualunque processo biologico, possono essere estesi anche a piante adulte, altrimenti, la loro validità deve restare nell'ambito delle condizioni sperimentali che li hanno determinati. Al contrario, le metodologie di trattamento, eccezione fatta per qualche particolare tecnico facilmente modificabile, si adattano bene, nella totalità dei casi, a piante di età e di specie diverse.

Non sembra opportuno dilungarsi in questa sede con una descrizione particolareggiata della tecnica radiometrica, sarà però utile ricordare che, sia per la determinazione di tracce di materiali sia per lo studio dinamico degli ioni nei rapporti fra piante e suolo, essa è basata sul calcolo della diluizione isotopica. Questa consiste nell'incorporazione uniforme di una quantità minima di sostanza marcata nel materiale da analizzare e nella susseguente separazione dalla miscela di un porzione della sostanza stessa per determinarne il contenuto isotopico che va raffrontato a quello del composto «segnato» originario.

La sensibilità del metodo è rilevante andando da 10^{-6} a 10^{-9} grammi.

Infine è comune alla maggioranza delle ricerche con i traccianti in campo biologico ed agrario l'uso di prodotti marcati sotto forma liquida; se ciò non costituisce un inconveniente per l'esame degli aspetti fisiologici e biochimici della nutrizione, come veicolizzazione, accumulo e trasformazione di un qualunque metabolita, nel campo della fertilizzazione, potrebbe suggerire applicazioni errate dei concimi che normalmente sono reperibili allo stato solido.

Fra i molteplici problemi iniziali presentatisi, quello della nutrizione fogliare, di ragguardevole interesse nell'alimentazione tempestiva di piante nei periodi di maggiore fabbisogno, appariva il più idoneo ad essere affrontato con i traccianti per la possibilità che essi offrono di distinguere la parte di elemento assorbita per via aerea da quella assunta, in pari tempo, per via radicale. La penetrazione delle sostanze distribuite, come è noto, dipende dallo spessore della cuticola, dalla temperatura, umidità, luce, età della foglia e pH della soluzione; fattori che sono stati esaminati anche per il pioppo e per lo eucalitto.

In primo luogo, per il pioppo, si è osservato che la foglia possiede attitudini diverse ad assorbire acido fosforico, in soluzione diluita, a seconda dei punti prescelti per l'applicazione. Il trattamento, eseguito ponendo per mezzo di una siringa gocce di liquido su foglie con la lamina predisposta parallelamente al suolo, è più efficace se interessa la ventura centrale e ancora più il picciolo, rispetto al margine, alla parte apicale ed a quella basale. Le foglie apicali sono più pronte all'assunzione del composto fosforico delle mediane ed il trasporto, dopo inoculazione in queste ultima, interessa in misura maggiore le foglie apicali che non le basali. Il fusto, almeno nella zona di media altezza, risulta l'organo meno efficiente all'assorbimento. Questo, poi, decresce col passaggio da pH = 2 a pH = 5 fino a pH = 7 e risente, per il pH inferiore, dell'azione positiva degli ioni NH_4^+ e K^+, mentre, in condizione di neutralità, resta solamente l'influenza dell'ammonio.

L'accumulo nelle radici si dimostra insensibile al pH ed alla presenza di cationi.

Differenze sono emerse fra assorbimento alla luce ed al buio, con un rapporto di 10 a 1 a favore della luce, ed ancora fra pagina inferiore e superiore, risultando, nel primo caso da 3 a 10 volte superiore al secondo, forse per la presenza quasi esclusiva di stomi sulla parte sottostante della foglia.

L'aggiunta dell'acido humico, in concentrazione di 10,50 e 100 p. p. m., attiva l'ingresso degli ioni dell'acido fosforico, già, nella proporzione minima; il saccarosio, in soluzione acquosa al 20 %, deprime la penetrazione, come pure il boro, sotto forma di borace allo 0,2 %, anche se meno intensamente. L'acido nicotinico, allo 0,05 ‰, esercita un azione stimolante paragonabile a quella dell'humato.

Prove analoghe di concimazione epigeica all'eucalitto con differenti sali fosforici da soli od in presenza di stimolanti, come citrato ed urea, sono state intraprese su piante in stato di quiescenza per conoscere la loro reagibilità di fronte a trattamenti fertilizzanti fatti in anticipo sul risveglio vegetativo secondo una pratica provata da tempo con successo in U.S.A. sui fruttiferi. Per stabilire questo erano necessarie indicazioni sul comportamento delle foglie di eucalitto, a cuticola molto spessa, di fronte alle aspersioni.

L'eucalitto, in età giovanile, assorbe i fosfati attraverso il fogliame, anche se in quantità più ridotta, in confronto si fruttiferi. Il fosfato ammonico è superiore ai fosfati mono e bipotassici, e, in tutti in casi, il fosforo si muove prevalentemente verso l'apice vegetativo, accumulandovisi. Tale accumulo per il fosfato monopotassico è accentuato dall'azione complessante del citrato sodico la quale non si esercita su quello bipotassico; l'urea è senza effetto.

Si desume, allora, che le due specie arboree esaminate rispondono favorevolmente alla distribuzione epigeica e che, pertanto, un trattamento con soluzioni ben formulate può sortire risultati pratici eccellenti.

Per il tramite di fertilizzanti differenti marcati con P^{32}, è stato trattato anche il problema della concimazione di giovani piante di pioppo mettendo, fra l'altro, a confronto l'assorbimento fogliare con quello radicale. Si accenna appena a questo punto, che il ricorso fatto con frequenza al radioisotopo del fosforo non deve sembrare eccessivo ove si rammenti il ruolo preminente che questo elemento svolge negli equilibri nutrizionali in genere, l'importanza che esso ha per la lignificazione dei tessuti ed, infine, il fenomeno di insolubilizzazione a cui spesso viene sottoposto nel terreno.

A 2 mesi di distanza dal trattamento del terreno, l'utilizzazione del fosfato, in ordine decrescente per intensità di effetto, è la seguente: fosfato ammonico, acido fosforico, fosfato potassico, e fosfato di calcio. La concentrazione del fosforo è uguale tra foglie e fusti ma sempre più elevata nella parte apicale rispetto alle altre. Alla stessa distanza di tempo, la graduatoria precedente dei prodotti concimanti, nel caso dell'applicazione fogliare, mostra un'inversione per i primi due termini, inoltre a parità di altezza la foglia ha una carica fosforica maggiore del fusto, ferma restando la richiesta notevole delle zone apicali. La distribuzione fogliare del P^{32} è circa 10 volte più efficiente di quella radicale.

Sempre impiegando il P^{32} si è cercato di stabilire la proporzione di fosforo prelevata da un terreno sabbioso, opportunemente modificato, con apporti di un terricciato, di NPK e di ossido di ferro, da parte dei cloni di pioppo *Populus x euramericana* cv. 'I 214' e *P. deltoides* cv. 'UAS 235'. Il primo di questi, in presenza di sola sabbia, possiede un'attitudine ad attingere fosforo dal fertilizzante marcato, aggiunto a 4 mesi di distanza dall'inserimento della talea nel terreno, quasi doppia dell'altro clone; la sostanza organica influisce sempre in maniera negativa, analogamente al concime ternario ed all'ossido di ferro sia pure, quest'ultimo, in maniera meno intensa. A parità di condizioni sperimentali, l'euramericano cresce più del deltoides e, in particolare, per entrambi i cloni, gli effetti maggiormente evidenti sullo sviluppo verticale si verificano col terricciato e col concime ternario. Questi materiali, rispetto al testimone in sabbia, hanno dato incrementi medi del 15 % e 11 % per 'I 214' e 'UAS 235' rispettivamente.

In un'altra ricerca, volta a studiare le interazioni N-P e K-P ampiamente dimostrate su altre colture con studi tradizionali, sono state impiegate talee di 'I 214' in sabbia concimata con K_2SO_4, NH_4NO_3 e $NH_4H_2PO_4$ più fosfato radioattivo, aggiunto 60 giorni dopo la concimazione iniziale.

I sali potassici ed azotati non hanno incentivato l'assorbimento fosforico da parte delle cacciate e la stessa percentuale di P dal fertilizzante ritrovata nel P totale delle foglie è pari soltanto a 0,12, dimostrando che le piante non necessitano di altri apporti fosforici già quando la dotazione in P_2O_5 del terreno è di 50 p. p. m.

A proposito delle correlazioni tra elementi minerali e fosforo, un'esperienza in idroponica su semenzali di *E. trabutii,* dapprima variamente alle-

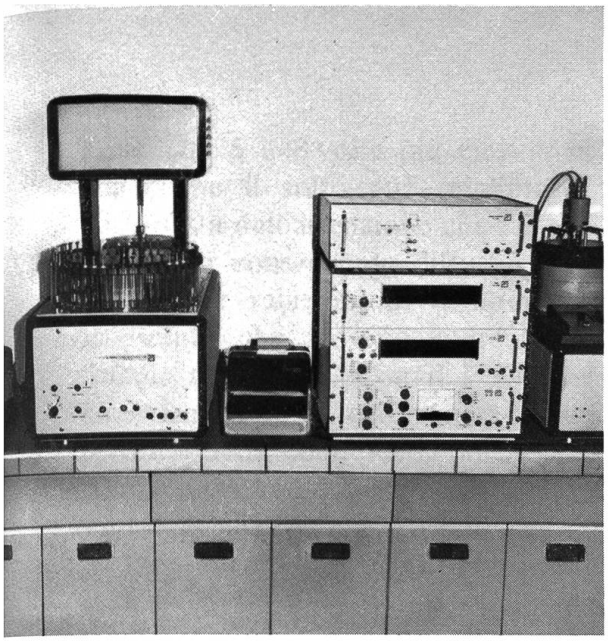
vati in acqua distillata, in soluzione completa, in soluzione carente di P, oppure di N od ancora di K e messi, poi, a contatto per 5 ore con una soluzione completa contenente P^{32}, ha mostrato che le piante risentono della qualità di alimentazione precedente al trattomento con l'isotopo nel modo seguente: i soggetti cresciuti, in un primo momento, in acqua distillata non riescono ad approvvigionarsi, in seguito, di sufficienti ioni fosforici più per ragioni di squilibrio nutritivo che per la brevità del tempo di assorbimento; al contrario, quelli allevati in soluzione carente di P assumono una quantità più grande di questo elemento, ma, ancora inferiore alle tesi con la soluzione completa. La carenza di azoto non ha impedito alle piante di rifornirsi di fosfato nel primo stadio della nutrizione, non potendo esse, in queste condizioni, avvalersi della disponibilità successiva di P^{32}, la carenza di K, non consentendo un'assunzione idonea di P, ha indotto le piante ad assorbire radiofosforo in proporzioni simili alle tesi con soluzione completa, una volta in presenza di K.

Noti, sia la sensibilità particolare del pioppo alle disponibilità del calcio nel suolo sia il ruolo prevalente di questo elemento negli equilibri nutrizionali, soprattutto per l'interazione col potassio; mediante calcio 45, sono stati studiati i rapporti fra calcitazione e capacità vegetativa del clone 'I 214' allevato su sabbia fertilizzata con urea, K_2SO_4 e NPK con e senza calcio.

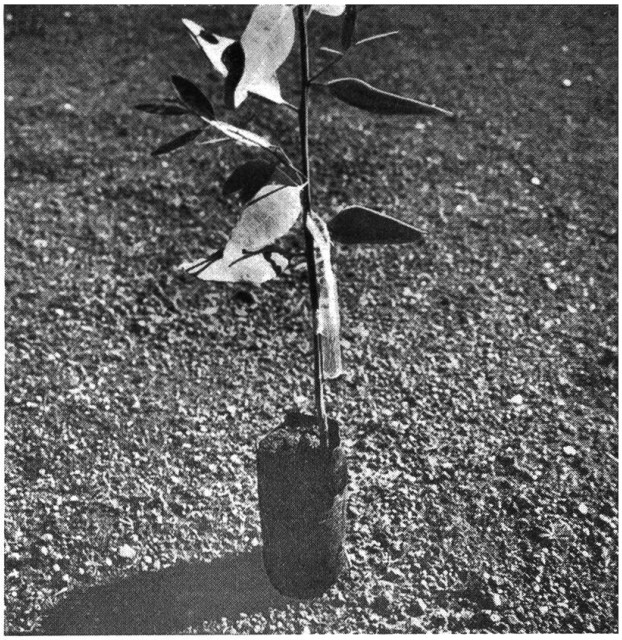
La presenza di K nel terreno riduce l'assorbimento di calcio rispetto al testimone (sabbia) ed agli altri trattamenti fertilizzanti, ciò per l'interazione K-Ca; riduzione che risulta però meno evidente per la tesi fosfo-azotata. Il contenuto totale di calcio nelle foglie di piante calcitate è sempre superiore alle corrispondenti senza calcitazione, ma, queste ultime, rispetto alle altre traggono dal calcare aggiunto al terreno una quantità di calcio fino a 3 volte più grande. Evidenti sono gli effetti positivi del calcio sulla crescita in altezza, in diametro e sullo sviluppo fogliare; effetti che si esaltano a seguito del trattamento fosfo-azotato.

Un argomento che soltanto di recente e soprattutto nella produzione agricola va attirando interessi sempre più vasti nel nostro paese riguarda l'impiego del solfo come fertilizzante. Il S^{35} sembrava particolarmente conveniente per conoscere anche nelle piante da cellulosa il grado di utilizzazione del solfati, la probabile interazione con altri elementi macronutritivi e l'effetto sulla crescita.

Somministrazioni di 60, 120 e 240 p. p. m. di S, sotto forma di $Na_2S^{35}O_4$, eseguite a 5 mesi di distanza dall'interramento di talee di pioppo 'I 214' in sabbia fertilizzata con $Ca(H_2PO_4)_2$, KCl e CaO, hanno dimostrato quanto segue: la percentuale di solfo nelle piante aumenta con il crescere della dotazione solfatica del suolo e diminuisce per effetto del P, KCl e CaO. In particolare il potassio, congiuntamente al cloruro, determina sull'assorbimento del solfo l'azione deprimente più vistosa che si ripercuote anche nella distribuzione dell'elemento all'interno della pianta; inoltre, tale distribuzione

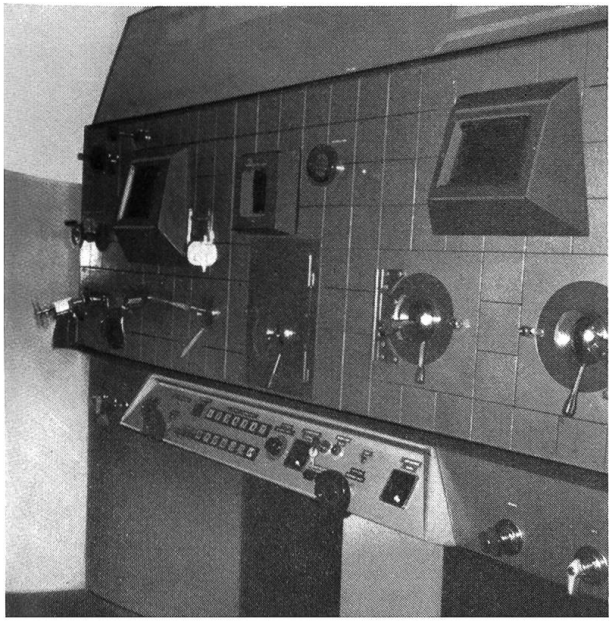


1. Apparecchiatura da laboratorio per misure di radioattività.



2. Metodo per introdurre soluzioni radioattive entro il fusto.

3. Complesso chermato per la manipolazione di materiali radioattivi.



4. Misure dell'umidità nel terreno con sonda a neutroni.

appare da 5 a 8 volte più elevata nelle foglie che nel fusto. E' accertato, infine, che il solfo può migliorare la crescita delle cacciate di pioppo.

In vista dell'attenzione che l'E.N.C.C. ha posto nella produzione vivaistica e nella conseguente diffusione in Italia del pino insigne si è indagato anche sulle relazioni di carattere alimentare, ancora in gran parte poco conosciute, che possono intercorrere fra queste specie esotica ed il fungo *Boletus granulatus*. Con il P^{32} si desiderava accertare la misura in cui la micorriza di tipo ectotrofico partecipa ai meccanismi di assorbimento fosforico della conifera detta, sapendo che, per altre specie, le associazioni simbiontiche conferiscono agli apparati radicali una maggiore attività nutrizionale attraverso un aumento della superficie assorbente ed un ritardo nel processo di suberificazione del tessuto corticale.

I lavori eseguiti a questo proposito, in soluzione nutritiva contenente fosfato radioattivo, confermano che le strutture micorriziche dei semenzali di pino insigne costituiscono una via di accesso preferenziale per gli ioni fosforici e che l'assorbimento dipende dal grado di infezione della radice, dalla composizione del mezzo nutritivo e dal tempo di contatto fra radice e soluzione. Inoltre, la micoclena funziona da tessuto di riserva capace di trattenere la maggiore parte del fosforo messo a disposizione. Queste prove preliminari, tuttavia, essendo eseguite con piante a radice micorrizata e non micorrizata precedentemente allevate in terricciato da vivaio, non presentavano condizioni del tutto idonee ad evidenziare con sicurezza eventuali differenze di comportamento. Ripetuta l'indagine su sabbia di quarzo irrorata, secondo le esigenze temporanee, con una soluzione nutritiva completa a bassissimo contenuto di fosforo, si è accertato che le piante micorrizate distribuiscono entro quattro giorni il fosforo nella parte aerea a differenza delle non micorrizate che fino al quattordicesimo giorno lo trattengono nella micoclena per accumularlo successivamente in foglie e fusto in quantità superiori rispetto alle prime. Oggetto di ricerca ulteriore sarà lo studio della mobilizzazione del fosforo trattenuto nella micoclena in funzione del contenuto fosforico nel mezzo nutritivo esterno per stabilire se la pianta ricorre all'utilizzazione del P accumulato nella micoclena solo quando la concentrazione di fosforo della soluzione del suolo è bassa, ed attinge, invece, al P della soluzione che possieda una concentrazione elevata di questo elemento.

Alcuni risultati emersi da una prova con un insetticida citotropico, Parathion-P^{32}, fatta su pioppelle di cloni diversi e su salice, per controllare la profondità di penetrazione nella corteccia di questa sostanza già introdotta nella lotta contro gli insetti xilofagi e corticicoli, hanno dimostrato, per via autoradiografica, che la penetrazione, dopo somministrazione eseguita con pennello su corteccia in una giornata calda e leggermente ventilata del mese di maggio, è molto limitata e localizzata negli strati corticali. Il trasporto all'interno è praticemente nullo e l'efficacia del trattamento nei

confronti delle larve di Crittorrinco poco soddisfacente anche se il numero totale di larve presenti è stato scarso.

La tecnica di somministrazione è ormai sperimentata; pertanto, con una ripetizione della prova in condizioni ambientali diverse, si potrebbero conseguire esiti più favorevoli.

Nell'intento di mettere a punto un procedimento non distruttivo atto a studiare lo sviluppo profondo e laterale dell'apparato radicale si è pensato di ricorrere all'impiego di P^{32}, il quale, se opportunemente immesso nella rizosfera, una volta raggiunto dalle redici può essere rilevato sulle foglie attraverso la radioattività. (Foto 3)

Una prima esperienza effettuata su piante di *Eucalyptus camaldulensis* di un anno trapiantate in un terreno con strati contenenti $Na_2HP^{32}O_4$ aggiunto aprendo fosse a cm 25—30 e 35 di profondità, al di sotto della pianta, ed a cm 20, di lato, pur dimostrando la rispondenza del procedimento non è apparso di facile applicazione pratica nel caso di piante adulte. Il ricorso al palo iniettore col quale si riesce ad introdurre con sufficiente rapidità numerose dosi di materiale radioattivo in prossimità della radice non è sembrato conveniente, causa la ridotta probabilità di intercettamento da parte della radice della zona «marcata». Per ovviare a questa difficoltà si sta ora provando un'altra via che consiste nell'introdurre l'isotopo nel fusto di una pianta con susseguente rilevammento della radioattività in «carote» di terreno prelevate a varie distanze dal fusto stesso e su tutta la profondità desiderata di terreno. Così facendo oltra che una stima qualitativa, sarà possibile anche una valutazione quantitativa della distribuzione radicale, purche il campionamento venga effettuato quando la distribuzione dell' isotopo all'interno del vegetale sia uniforme. Basterà, allora, incenerire separatamente i campioni di terra prelevati su tutta la profondità del profilo, mescolare la radice incenerita con la massa terrosa che la conteneva, comprimere con pressione notevole per formare una pastiglia sulla quala misurare gli impulsi di radioattività. Il valore relativo ad uno strato di terreno, moltiplicato per 100 e diviso per la somma dei valori di tutti gli strati, fornisce la quantità, espressa in percentuale, dell'apparato radicale.

Il procedimento accennato è ancora in fase preliminare di studio e sarà materia di ricerca per i prossimi mesi; sulla base delle prove fin qui eseguite, che riguardano soprattutto le modalità di immissione del tracciante nel fusto, esso si dimostra promettente.

Assieme alle ricerche sulla penetrazione degli apparati radicali, attualmente, ve ne sono in corso altre sulla determinazione dell'umidità, volte a stabilire il bilancio idrico del suolo utile anche per le piante arboree, ai fini sia dell'irrigazione sia delle riserve di acqua disponibile. (Foto 2)

Di solito tali informazioni discendono da misure, laboriose, perché basate sull'umidità ponderale e sul peso specifico apparente secco e, indirette, perchè bisognevoli di trasformazioni per calcolare in m^3/ha le

riserve idriche del terreno. Al contrario, con l'umidometro a neutroni, i valori di umidità essendo espressi in percento di volume e non di peso, forniscono direttamente i metri cubi/ettaro di acqua. La misurazione può essere eseguita con grande rapidità e ripetuta un numero considerevole di volte senza bisogno di trivellazioni continue per il prelievo di campioni di terra.

L'attrezzatura in uso è della ditta Texas Nuclear Corporation ed è composta da una sorgente radioattiva di Americio-Berillio da 30 mCi che emette neutroni veloci; un rivelatore di neutroni lenti al fluoruro di boro; una unità di conteggio indicante il numero di impulsi al minuto ed un contenitore della sorgente e del rivelatore, schermato con paraffina. La misura si basa sul principio che i neutroni veloci, una volta fuoriusciti dalla sorgente, urtando nuclei di un elemento leggero come l'idrogeno, predominanti in un terreno agrario, vengono rapidamente rallentati e riflessi verso il rivelatore che a sua volta, dopo averli captati e trasformati in impulsi elettrici, li invia al contatore per la registrazione. Il processo di rallentamento è funzione dell'umidità dato che nel terreno la maggior parte dell'idrogeno è legata all'ossigeno per formare acqua. I fattori che possono inficiare l'attendibilità dei valori abbassando il conteggio, sono la presenza nel suolo di idrogeno legato al carbonio o ad altri elementi chimici, la capacità non trascurabile del cloro ad assorbire completamente i neutroni dopo collisione col nucleo dell'alogeno, l'influenza dello strato d'aria interposto fra tubo di ferro acciaioso, entro il quale si fa calare la sorgente radioattiva, ed il terreno, oltre alle oscillazioni giornaliere di conteggio imputabili ai circuiti elettronici.

Il volume di terreno esplorato dalla sonda è assimilabile ad una sfera il cui raggio varia in funzione del contenuto di umidità, passando da cm 15, con il 100 % di acqua, a cm 30, con il 12 % di acqua.

Per controllare e ridurre le interferenze negative sopra accenate si deve procedere alla taratura della sonda radioattiva con terreni dalle caratteristiche chimico-fisiche dissimili. Ciò è stato fatto con due terreni; uno, sabbioso e molto povero di sostanza organica e l'altro, un medio impasto, anch'esso scarsamente dotato di materia organica.

L'operazione è stata eseguita in vasche di cemento (diametro cm 80; altezza cm 100), con al centro un tubo di diametro tale da consentire un accesso preciso della sonda, riempite con quantità di terra a contenuto noto di umidità ed aventi peso specifico costante per tutta la profondità.

Le curve di calibrazione eseguite sui due tipi di terreno praticamente coincidono e non mostrano differenze significative neppure con la curva di taratura fornita dalla casa costruttrice. I valori dei due parametri (umidità persentuale in volume e conteggio degli impulsi riferito allo standard), riuniti su un unico grafico, mostrano un andamento rettilineo; il coefficienta di correlazione r, pari a 0,992, è molto elevato.

Il lavoro di taratura ovviamente non può considerarsi concluso con le indagini descritte, soprattutto, perché le curve ottenute non sono applicabili né ai terreni organici né a quelli salsi; tuttavia, alla luce delle prime risultanze già si intravvedono i vantaggi che l'umidometro a neutroni può offrire sotto il profilo di un impiego pratico.

Tanto lo studio sugli apparati radicali quanto quello sull'umidità sono fondamentali per la nutriziona idrica delle piante, pertanto, in un futuro prossimo, la ricerca nel laboratorio radioisotopi verterà in massima parte su questi problemi, intimamente legati fra loro sotto molteplici aspetti, con il conforto di una tecnica d'indagine che a tutt'oggi appare insuperata.

Per concludere, il quadro sommario tracciato sulle possibilità operative dei radioisotopi e delle radiazioni ionizzanti lascia prevedere, infine, che se l'uomo con la sua genialità, in pochi decenni, è riuscito a raggiungere traguardi tanto numerosi ed importanti, in avvenire, anche attraverso una collaborazione più intima fra i settori della scienze forestali, sarà capace di incrementare la produzione e migliorare la qualità del legno e dei suoi derivati, per soddisfare i consumi sempre crescenti della civiltà nostra, in espansione continua.

Résumé

L'emploi des isotopes radio-actifs dans la recherche forestière

(2ème partie)

Les résultats de quelques-unes des recherches conduites dans les laboratoires du Centre d'Expérimentation Agricole et Forestière de l'Office National pour la Cellulose et le Papier par l'application des radioisotopes comme traçants sont rapportés.

L'auteur décrit des essais sur la nutrition minérale et surtout sur la fertilisation foliaire et au sol pour l'eucalyptus et le peuplier, ainsi que le rôle joué par les mycorhyzes pour Pinus radiata. Il explique en détail l'évaluation quantitative et qualitative de la distribution des racines dans les différents horizons du sol au moyen du phosphore-32 et donne quelques indications relatives à l'emploi de l'humidomètre à neutrons pour la détermination de l'humidité dans le sol.

Akhromeiko, A. I., e *Shestakova, V. A.* (1958): The influence of rhizosphere microorganisms on the uptake and secretion of phosphorus and sulphur by the roots of arborest seedlings. Proc. Sec. U.N. Int. Conf. P.U.A.E. *27,* 193—199

Akhromeiko, A. I., e *Zuravlev, M. V.* (1958): The rate of water flow in tree species. Fiziol. Rast. *4,* 164—170

Baccetti, B., e *Zocchi, R.* (1962): Prove di lotta contro la Processionaria del Pino mediante l'uso di radiazioni ionizzanti. Redia *47,* 161—168

Beck, E., e *Walker, L. C.* (1958): Extraction of carbon-14 tagged 2, 4-D and 2, 4, 5-T from woody plants. Proc. Southern Weed Conference 1—4

Bhaskaran, S. (1964): E SR studies on plant seeds of differential radiosensitivity. I. Effect of water content. Radiation Bot. *4,* 285—289

Bletchley, J. D., e *Fisher, B. C.* (1957): Use of gamma radiation for the distribution of wood-boring insects. Nature *179,* 670

Bogoroch, R. (1951): Detection of radio-elements in histological slides by coating with stripping, emulsion. Stain Tech. *26,* 43—50

Bourdeau, P. F., e *Woodwell, G. M.* (1964): Field measurements of carbon dioxide exchange by *Pinus rigida* trees exposed to chronic gamma irradiation. Ecology *45,* 403—406

Bowen, H. J. M., e *Cawse, P. A.* (1963): The determination of inorganic elements in biological tissue by activation analysis. Isotope Res. Div. Wantage Res. Lab. AERE - R. 4309

Bowen, H. J. M., e *Thick, J.* (1961): Effects of seed extracts on radiosensitivity. Effects of Ionizing Radiations on Seeds. IAEA: 75—82, Vienna

Brown, R. M. (1965): Dating tritium dispersal in ground water by tree ring analysis. Annual Report, AECL, Chalk River No. 2251:21

Calvin, M., e *Benson, A. A.* (1948): The path of carbon in photosynthesis. Science *107,* 476—480

Chen, S. L. (1951): Simultaneous movement of P-32 and C-14 in apposite directions in phloem tissues. Am. J. Bot. *38,* 203—211

Clayton, D. W. (1963): The use of radioactive tracers in pulp and paper research. Res. Note N. 39 Pulp Paper Res. Inst., Montreal

Ealy R. P. (1957): A technique for the introduction of radioactive solution into woody stens of trees and shrubs. Oklahoma Agric. Expt. Sta. Tech. Bull. No. T-70

Ely, R. L., e *Loos, W. E.* (1962): The use of backscattered gamma rays for evaluating defects in logs and trees. Industrial Development Lab. Res. Triangle Inst. RID-4500, Durham, N. C.

Eslyn, W. E. (1959): Radiographical determination of decay in living trees by means of the Thulium x-ray Unit. For. Sci. *5,* 37—48

Ferrell, W. K., e *Johnson, F. D.* (1956): Mobility of calcium-45 after injection into western white pine. Science *124,* 364—365

Fraser, D. A. (1958): The translocation of rubidium-86 and calcium-45 in trees. In Thimann K. V., «The physiology of forest trees», Ronald Press Company, New York

Fraser, D. A., e *Mawson, C. A.* (1953): Movement of radioactive isotopes in yellow birch and white pine as detected with a portable scintillation counter. Can. J. Bot. *31,* 324—333

Freeman, F. W., White, D. P., e *Bukovac, M. J.* (1964): Uptake and differential distribution of C-14-labelled simazine in red and white pine seedlings. For. Sci. *10,* 330—334

Gardner, W., e *Kirkham, D.* (1952): Determination of soil moisture by neutron scattering. Soil Sci. *73*, 391—401

Giles, R. M., e *Peterle, T. J.* (1963): Distribution of aerial applied malathion — S-35 in a forest ecosystem. Radiation and radioisotopes applied to insects of agricultural importance IAEA: 55—84

Glubrecht, H. (1961): Die Indikator-Aktivierungsmethode. Atompraxis *7*, 467—470

Graham, B. F. (1957): Labelling pollen of woody plants with radioactive isotopes. Ecology *38*, 156—158

Heaslip, M. B. (1959): Effects of seed irradiation on germination and seedling growth of certain deciduous trees. Ecology *40*, 383—388

Holmes, J. K. (1956): Calibration and field use of the neutron scattering method of measuring soil water content. Austr. J. Appl. Sci. *7*, 45—58

Jenkins, D. W. (1957): Radioisotopes in entomology. In Comar C. L. «Atomic energy and agriculture», AAAS Pubbl. No. 49, Washington

Kaindl, K. (1954): Foliar fertilization with phosphate nutrient labelled with P-32. Proc. Second. Radioisotope Conf. Oxford, Acc. Press, New York

Kaufman, W. J., e *Orlob, G. T.* (1956): Measuring ground water movement with radioactive and chemical tracers. J. Ann. Water Works Assoc. *48*, 559—572

Kettlewell, H. B. D. (1952): Use of radioactive tracere in the study of insect populations (Lepidoptera). Nature *170*, 584

Koontz, H., e *Biddulph, O.* (1957): Factors affecting absorption and translocation of foliar applied phosphorus. Plant Physiol. *32*, 463—470

Kramer, P. J. (1951): Effects of respiration inhibitors on accumulation of radioactive phosphorus by roots of loblolly pine. Plant. Physiol. *26*, 30—36

Lacroix, J. D. (1964): Radiosensivity of Jack pine seed to cobalt-60. For. Sci. *10*, 293—295

Leonard, O. A., e *Crafts, A. S.* (1956): Translocation of herbicides III Uptake and distribution of radioactive 2, 4-D by brush species. Hilgardia *26*, 366—413

Lewis, D. C., e *Burgy, R. H.* (1964): The relationship between oak tree roots and ground water in fractured rock as determined by tritium tracing. J. Geophys Res. *69*, 2579—2588

Lindquist, A. W. (1952): Radioactive materials in entomological research. J. Econ. Ent. *45*, 264—270

Loken, A. (1963): The use of radiography in forest tree seed analyses and experiments. X-Ray Focus *4*, 1—5

Melin, E., e *Nilsson, H.* (1952): Transport of labelled nitrogen from an ammonium source to pine seedlings through mycorrhizal mycelium. Sv. Bot. Tids. *46*, 281—285

Melin, E., e *Nilsson, H.* (1955): Ca-45 used as indicator of transport of cations to pine seedlings by means of mycorrhizal mycelium. Sv. Bot. Tids. *49*, 119—122

Melin, E., e *Nilsson, H.* (1957): Transport of C-14 labelled photosynthate to the fungal associate of pine mycorrhizae. Sv. Bot. Tids. *51*, 166—186

Mergen, F., e *Stairs, G. R.* (1962): Low level chronic gamma irradiation of a pitch pine-oak forest-its physiological and genetical effects on sexual reproduction. Radiation Bot. *2*, 205—216

Muller, H. J. (1928): The effects of X-radiation on genes and chromosomes. Science *67*, 4

Murphy, P. W. (1958): Radioisotope method for determination of rate of disappearance of leaf litter in woodland. Colloquium on research methods in soil zoology. Int. Soc. Soil Sci. Rothamsted No. *9*, 1—6

Nelson, C. D. (1964): The production and translocation of photosynthate C-14 in conifers. The Formation of wood in Forest Trees. Zimmermann, M. H., «The formation of wood in forest trees», Academic Press., New York

Okunewick, J. P., Herrick, S., e *Carlsen, E. N.* (1964): Early response of *Pinus thunbergii* to acute gamma irradiation. Nature *204,* 394—395

Parrish, W. B. (1961): Detecting defects in wood by the attenuation of gamma rays. For. Sci. *7,* 136—143

Postlethwait, S. N., e *Roger, B.* (1958): Tracing the path of the transpiration stream in trees by the use of radioactive tracers. Am. J. Bot. *45,* 753—757

Ramalingam, K. V., Werezak, G. N., e *Hodgins J. W.* (1963): Radiation induced graft polymerization of styrene in wood. J. Polymer Sci. Part. C. No. *2,* 153—167

Ritter, G., e *Lyr, H.* (1965): The significance of mycorrhizal fungi for the utilization of different sources of phosphate by *Pinus slyvestris* L. Plant microbes relationship 277—332. Czech. Acad. Sci. Prague

Sankey, C. A., Mason, S. G., Allen, F., e *Keating, W. R.* (1951): Application of radioactive tracers to measurements of fibre flow and distribution. Proc. Am. Meeting, Tech. Sec. Pulp and Research Institute of Canada

Sato, K., e *Nishina, Y.* (1951): Effects of fast neutrons upon forest tree seeds. II. Relations between the intensities of irradiations and the germination of the seeds, and the growth the seedlings of *Pinus densiflora.* Sci. Bull. Facul. Agric. Kyusha Univ. *13,* 238—242

Scerbakova, M. A. (1964): Determining conifer seed quality by radiography. Lesn. Hoz. *17,* 52—56

Scheffer, T. C. (1963): Effect of gamma radiation on decay resistance of wood. For. Prod. J. *13,* 308

Slankis, V., Runeckles, V. C., e *Krotkov, G.* (1964): Metabolites liberated by roots of white pine *(Pinus strobus* L.) seedlings. Physiol. Plant. *17,* 301—313

Smith, B. W. (1960): Scanning basis weight and moisture gauge systems on paper machines. Tappi *43,* 226—234

Snyder, E. B., Grigsby H. C., e *Hidalgo, J. U.* (1961): X-radiation of southern pine seeds at various moisture contents. Silvae Genetica *10,* 125—131

Sparrow, A. H., Schairer, L. A., e *Sparrow, R. C.* (1963): Relationship between nuclear volumes, chromosome numbers and relative radiosensitivities. Science *141,* 163—166

Sparrow, A. H., e *Woodwell, G. M.* (1962): Prediction of the sensitivity of plants to chronic gamma irradiation. Radiation Bot. *2,* 9—26

Tamm, C. O., e *Östlund, H. G.* (1960): Radiocarbon dating of soil humus. Nature *185,* 706—707

Tukey, H. B., e *Mecklenburg, R. A.* (1964): Leaching of metabolites from foliage and subsequent reabsorption and redistribution of the leachate in plants. Am. J. Bot. *51,* 737—742

Van, S. S. (1964): The speed of the ascending stream in forest trees. Dokl. Akad. Nauk. S.S.S.R. *156,* 706—707

Walker, L. C., Beck, E., e *Dumbroff, E.* (1959): Absorption rates of 2, 4, 5-T tagged with carbon-14. For. Sci. *5,* 128—137

Wood, F. M., e *O'Neal, D.* (1965): Tritiated water as a tool for ecological field studies. Science *147,* 148—149

Woodwell, G. M., e *Sparrow, A. H.* (1965): Effects of ionizing radiation on ecological systems. Ecol. Eff. Nucl. War. BNL 917 (C-43). Upton, New York