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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 122 (1971)

Heft: 6

Artikel: L'impiego dei radioisotopi nella ricerca forestale

Autor: Liani, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767282

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

L'impiego dei radioisotopi nella ricerca forestale*

Parte I

Di *A. Liani,* Roma

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

Quando si parla di applicazioni dell'energia nucleare nella sfera delle attività umane, generalmente, viene da pensare alle armi atomiche, mezzi terrificanti di distruzione, alla bomba al cobalto, strumento efficace nella terapia di alcune forme tumorali od ai reattori di potenza, quali fonti ineguagliabili di produzione dell'energia elettrica. Però, accanto ai tipi di utilizzazione accennati, che potremmo definire sensazionali, ne esistono altri, forse meno conosciuti, che, legati all'uso «diretto» delle radiazioni, attraverso raggi X e gamma, od a quello «indiretto», attraverso i traccianti radioattivi, hanno consentito all'energia nucleare di penetrare, con risultati spesso lusinghieri, in molteplici discipline.

I contributi di ricerca scientifica nel settore delle scienze forestali sono stati molti ed hanno toccato aspetti che vanno dai prodotti forestali alla fisiologia, all'ecologia, alla pedologia, alla genetica, all'entomologia ed alla patologia.

Per quanto concerne i *prodotti forestali* e loro derivati, la radiazione beta degli isotopi radioattivi è risultata utile pre controllare nelle cartiere l'uniformità di spessore e la variazione dell'umidità nei fogli di carta uscenti dalle macchine continue durante il ciclo di lavorazione e per stabilire, con rapidità e sicurezza, l'età degli alberi mediante misure di densità del legno nelle cerchie annuali del tronco.

I^{131}, Cu^{64} e La^{140} sono stati impiegati in studi relativi alla produzione della pasta da legno ove è importante la conoscenza del movimento dei chips, delle fibre di cellulosa, dei liquidi sbiancanti, nonchè il grado di mescolamento finale della pasta.

Nel settore della *tecnologia,* composti ad azione preservatrice sul legno, come pentaclorofenolo-Cl^{36}, sono stati efficaci per stabilire concentrazione, tempo di applicazione più idonei di tali prodotti e, sorgenti di Co^{60}, sono servite per determinare gli effetti della radiazione gamma sulle proprietà chimico-strutturali e sulla resistenza alla degradazione del legno.

Per numero e varietà di problemi la *fisiologia* è la disciplina nella quale i radioisotopi del fosforo, rubidio, calcio, carbonio, solfo, sodio e altri sono risultati molto utili prevalentemente per studi sul traslocamento degli elementi chimici e dell'acqua dentro gli alberi senza bisogno di abbattimento.

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

Un impiego così considerevole e vario dei radionuclidi è legato alla facilità con la quale essi possono essere identificati e misurati, anche in quantità dell'ordine di 10^{-6}g, e dipende dalla proprietà di essere sostituibili appieno, dal punto di vista fisiologico, con i corrispondenti isotopi stabili dei quali possiedono le stesse caratteristiche chimiche.

Sono state colte, per questa via, differenze nella velocità di movimento della linfa grezzia fra conifere e latifoglie e, per un'unica specie, in funzione della temperatura, dell'umidità e della luce.

In particolare, introducendo I^{131} e Rb^{86} in tronchi di quercia la velocità del movimento ascendente della linfa è risultata compresa fra 45 e 90 cm/min, in una giornata di sole pieno e con un'umidità relativa dell'aria, bassa. Anche il movimento discendente è stato molto rapido, ma, verso le radici, è stato rallentato, a meno che esse non fossero innestate con altre di alberi adiacenti; dopo somministrazione fogliare, trascorsi 20 minuti, la radioattività si è ritrovata nella maggior parte dei rami e foglie di piante, alte 1 metro circa. Lo spostamento degli isotopi è variato considerevolmente durante 24 ore; massimo al mattino, quando la luce solare riusciva a colpire le foglie, scendeva col diminuire dell'intensità luminosa, della temperatura e coll'aumentare dell'umidità relativa verso il tramonto. Di notte, la velocità di trasporto discendeva a 1,5—3,0 cm/min; la presenza di nubi la riduceva a 12 cm/min, quella di rugiada a 5 cm/min, per annullarsi del tutto alla temperatura di 0 °C. Variazioni stagionali del trasporto hanno indicato che, nel periodo di riposo vegetativo, la velocità era prossima a 0,9 cm/min. Studi simili a quello ora descritto sono stati eseguiti su betulla con Rb^{86} e Ca^{45}; su pino con P^{32}, mentre su salice è stato notato che il movimento di P^{32} e di C^{14} nei i vasi cribrosi è contemporaneo ma di direzione opposta.

Le applicazioni di C^{14} sono state determinanti per comprendere meglio alcune fasi del processo fotosintetico ed in campo forestale questo isotopo è già servito per studiare l'assimilazione della CO_2, oltre al trasporto ed incorporazione di composti neoformati in tessuti nuovi.

In materia di somministrazione fogliare di elementi minerali gli isotopi radioattivi hanno chiarito le condizioni migliori per l'assorbimento e mostrato l'efficacia maggiore di questa tecnica rispetto alla concimazione del suolo, anche nel periodo invernale. Sempre per via radiometrica sono state tentate o migliorate indagini sul dilavamento meteorico degli elementi dalle foglie; sulla competizione per essi da parte di organi differenti, nonchè sull'importanza dei microelementi per la crescita.

L'analisi per attivazione, la cui sensibilità, talvolta, arriva al centomilionesimo di grammo è stata uno strumento valido per stabilire nei casi più difficili di carenza di nutrizione, la correlazione fra sintomo osservato ed elemento micronutritivo responsabile.

Nell'ambito dell'*ecologia* forestale, intesa come studio delle condizioni ambientali interessanti lo sviluppo arboreo, sono stati registrati risultati eccel-

lenti sulla propagazione degli apparati radicali, sul rilevamento delle asportazioni minerali, sulla trasformazione della sostanza organica nel suolo e sulle modificazioni della flora naturale operate dal fall-out o da scorie radioattive in genere.

Anche nel *campo pedologico* la tecnica radiometrica ha incontrato un largo impiego soprattutto per stabilire l'efficacia dei fertilizzanti e per valutare disponibilità e movimenti d'acqua nel suolo. Gli isotopi, infatti, possono consigliare adeguatamente sulla convenienza di concimi in forme chimiche e fisiche diverse, nella combinazione delle miscele, sull'epoca di somministrazione in rapporto alla crescita e sul punto di applicazione in relazione allo sviluppo delle radici.

L'impiego massiccio di P^{32} e Ca^{45} ha fatto progredire le indagini relative ai fenomeni che presiedono alla fissazione fosforica in terreni calcarei ed al grado di utilizzazione dei concimi attraverso la possibilità che i radioisotopi offrono di lasciare distinguere la frazione proveniente dal suolo da quella che deriva dal fertilizzante.

Dall'uso della tecnica isotopica sono scaturite, poi, informazioni interessanti a proposito della interazione fra elementi, del dilavamento e della volatilizzazione, in suoli forestali, di forme azotate differenti, dei meccanismi di equilibrio fra suolo e soluzione circolante ed, infine, dell'estrazione dal terreno di vari ioni, con fini strettamente analitici.

Come altra applicazione ai problemi del suolo, l'aggiunta di P^{32}, di Rb^{86} e di H^3 alle acque superficiali ed a quelle di irrigazione è servita a determinare, nel primo caso, l'intensità e la direzione del drenaggio interno e, nel secondo, la ripartizione dell'acqua nel terreno.

La sonda a neutroni, per la determinazione dell'umidità nel suolo può essere impiegata per calcolare un bilancio idrico con grande rapidità di esecuzione.

Il settore di applicazione delle radiazioni al *miglioramento genetico,* iniziato in pratica da Gustafsson nel 1954, è abbastanza nutrito.

Oggi il genetista, oltre ai raggi X, dispone di raggi gamma, protoni, neutroni veloci e neutroni lenti usati come sorgente esterna al soggetto da irradiare e di raggi alfa e beta, somministrati dall'interno a causa della loro minore penetrabilità nei tessuti.

La radiazione, una volta ionizzato il tessuto biologico che l'ha assorbita, agisce aumentando di alcune centinaia di volte la frequenza delle mutazioni spontanee (una per milione) oppure inducendo mutazioni nuove, utili direttamente o da rendersi tali con la selezione e l'incrocio.

Le mutazioni geniche, intese come cambiamento dell'architettura chimica, dipendono dal tipo e dalla dose di radiazione e variano da pianta a pianta; inoltre, dato che il più delle volte sono negative, bisogna trattare un grande numero di individui per ottenere un numero adeguato di mutazioni utili.

Per quanto riguarda le parti da irradiare, per piante a riproduzione sessuale, si preferisce ricorrere al seme, organo in vita latente che conserva tutte le caratteristiche genetiche della specie, facilmente sottoponibile a pretrattamenti tendenti a cambiare l'effetto dell'agente mutageno e adatto per seguire le modificazioni indotte, nei successivi stadi di crescita e di sviluppo. Per piante a moltiplicazione vegetativa si ricorre alle talee, alle marze od a piante intere, quest'ultime di solito sottoposte ad irraggiamento dentro un «campo gamma».

Con dosi basse di radiazione un risultato visibile immediato può non determinarsi, ma elevando la dose si può avere morte, rallentamento di crescita, diminuzione di germinazione, anomalia morfologica oltre all'effetto genetico positivo. La radiosensibilità di un organismo è legata al volume del nucleo ed alla grandezza e numero di cromosomi. Si è osservato sperimentalmente che la tollerabilità all'irraggiamento prolungato con Co^{60} è circa 9 volte superiore nelle specie arboree rispetto alle specie legnose e, fra queste, le conifere sono le più sensibili.

In seguito sono forniti alcuni esempi degli effetti provocati dalle radiazioni ionizzanti su piante forestali giovani ed adulte o su parti di esse.

L'impollinazione di strobili femminili con polline proveniente da strobili maschili irradiati su rami tagliati di *Picea glauca* ha provocato un aumento del numero di semi per cono pari al 23 %, con 600 r, ed al 27 %, con 800 r, rispetto al testimone.

Polline maturo di quercia è risultato molto resistente ad una radiazione di 100 Kr, ma, sia la germinazione che la crescita dei tubi pollinici sono state ridotte con 300 Kr.

Colture di tessuto calloso di *Sequoia sempervirens,* in agar contenente isotopi radioattivi, hanno presentato disintegrazione delle cellule parenchimatiche interne ed ipertrofia dei meristemi marginali in presenza di S^{35}, un'ipertrofia di tutte le cellule in presenza di P^{32}, mentre, il C^{14} non ha impedito una normale attività delle cellule meristematiche.

La capacità di radicamento di talee prelevate da fusti di *Populus nigra* di due anni è stata ridotta del 50 % quando irradiate con 4000 r e annullata, con 10 000 r forniti con un'esposizione acuta.

Semenzali di *P. taeda* di 1 anno, in stato di riposo, infine, dopo esposizione di 3000—7000 r sono morti dopo 8 mesi; la loro crescita è stata ridotta sensibilmente con una dose totale compresa fra 500 e 2800 r.

Riferendosi alla radiosensibilità, esposizioni fra 0,80 e 10,00 Kr sono risultate sempre letali e, se per le conifere il campo si restringe a 0,80—1,50 Kr, per le latifoglie va da 8,00 a 10,00 Kr. Differenze nella sensibilità fra parti vegetali sono state attribuite ad effetti fisiologici; così, la maggiore reattività delle cacciate terminali di *P. taeda,* a confronto delle gemme laterali, è stata collegata alla forte attività di biosintesi auxinica nei meristemi apicali; la

minore resistenza alla radiazione del genere pinus sopra accennata è spiegata con la presenza di un volume nucleare grande e con la lunga durata del periodo che intercorre fra la meiosi e la maturazione del seme. Ricerche su pino strobo, di età fra 3 e 5 anni, hanno mostrato un minore accorciamento degli aghi a seguito di un irraggiamento operato in periodo di ridotta attività vegetativa, quando i volumi nucleari sono più piccoli. La resistenza elevata dei poliploidi è apparsa correlata ai volumi ridotti dei loro cromosomi durante l'interfase ed è emersa una correlazione fra sensibilità all'irraggiamento e contenuto in DNA per cromosomo. Per quanto concerne gli effetti sulla crescita, esperimenti sul pioppo con 2500—5000 r hanno evidenziato l'occlusione del floema per arresto della divisione cellulare; con 5000 r, sono stati lesi mortalmente tutti i tessuti circostanti l'area irradiata.

Somministrazioni croniche di dosi fra 9800 e 35 000 rad hanno ridotto il numero delle fibre del libro in *Quercus alba* e ritardato l'allungamento cellulare e la sviluppo della parete.

La crescita in altezza di *P. taeda* è stata inibita con 1000 rad quella radiale, con 3000—4000 rad; la respirazione è stata in parte influenzata fino a 1300 r, ma la fotosintesi è stata ridotta notevolmente.

Nel campo del miglioramento genetico si accenna, per esempio, ai risultati che sono stati conseguiti irradiando semi di *P. densifera* e *P. thunbergii* con raggi X da 30 KV per periodi da 30 a 120 minuti. Il numero dei mutanti, già elevato, è aumentato col tempo di trattamento ed è variato con la specie, per estinguersi, però, dopo breve scadenza dalla comparsa.

Semi di *Acer negundo,* dopo esposizione compresa fra 1000 e 20 000 r, hanno dato una percentuale di chimere che andava da 3,6 % a 19,8 %; il 25,7 % dei cedui apparentemente normali e provenienti da semi trattati con 10 000 r ha presentato mutazioni che hanno incrementato l'altezza e la resistenza al freddo.

La sperimentazione a tutt'oggi fatta suggerisce, per esempio, che per indurre mutazioni nella quercia occorre trattare gemme e polline con 1—4 Kr, per arrivare a 10 Kr con i semi; per indurre mutazioni somatiche in piante innestate di pino silvestre sono necessari da 500 a 1500 r, e che per talee di pioppo si devono provare intervalli fra 5000 e 30 000 r.

Ricorrendo agli isotopi radioattivi, quale sorgente interna di radiazione, in Russia, usando polline marcato con S^{35} e P^{32} hanno studiato l'esistenza della molteplicità di fecondazione e sono giunti alla conclusione che molto probabilmente la formazione dei metaboliti del seme è influenzata da più granuli pollinici; in Germania, è stata studiata la distribuzione in foresta di polline previa introduzione nei tronchi di manganese stabile e relativa determinazione dell'elemento reso radioattivo per mezzo dell'attivazione neutronica.

Con una base presente nella molecola di DNA, la timidina, marcata con H^3 e C^{14} e con l'aiuto della microautoradiografia, sono stati fatti studi a

livello cellulare sulla riproduzione cromosomica, sulla sintesi del DNA e sui danni della radiazione ai cromosomi.

L'autoradiografia è stata di aiuto nello stabilire l'integrità dei semi, consentendo previsioni sulla capacità germinativa ed evitando la microdissezione.

Gli isotopi radioattivi in *entomologia forestale* si sono dimostrati efficaci per conoscere il comportamento di insetti parassiti per i quali è difficile seguire il ciclo vitale poichè svolto parzialmente sotto terra o sotto corteccia, dentro i germogli o nel legno.

Marcando l'insetto con un tracciante radioattivo è possibile controllare meglio le fasi di sviluppo della larva e stabilire gli spostamenti degli adulti dopo lo sfarfallamento.

Gli isotopi sono stati utili anche per studiare i movimenti e la degradazione di insetticidi dentro le piante, conoscenze queste, fondamentali per una lotta efficace.

Infine, con una tecnica consistente nell'immissione di maschi, resi sterili per irraggiamento, in una popolazione naturale si è riusciti a ridurre sensibilmente la percentuale di uova fertili deposte.

Il marcamento si esegue in diversi modi: introducendo P^{32}, S^{35}, Ca^{45}, Sr^{89}, Co^{60}, Zn^{65} e J^{131} nel cibo; iniettando l'isotope direttamente nell'insetto; contaminando questo, a spruzzo o per spennellatura, con una soluzione radioattiva; per semplice immersione od incollando una sorgente radioattiva sul corpo.

Per giudicare il valore della sterilizzazione come metodo di lotta contro gli insetti sono stati tentati irraggiamenti su specie diverse.

Rilasciando in campo insetti maschi di *Lymantria dispar,* provenienti da pupe irradiate con 5000 r, il numero delle uova sterili ha raggiunto il 67,5 %, contro il 43 % ottenuto con pupe non trattate, per cadere al 20 % quando l'irraggiamento degli insetti avveniva senza separazione dei sessi.

Prove di laboratorio condotte in Italia, su insetti maschi e femmine di *Thaumetopoea pityocampa* irradiati con 4000 r, hanno dimostrato il raggiungimento di una sterilizzazione completa degli individui trattati; adulti di *Megacyllene robiniae* hanno cominciato a perdere la loro fecondità con dosi superiori a 15 000 r e la *Melolontha vulgaris* è stata eradicata dopo sterilizzazione con 3000 r di raggi X degli individui maschi rilasciati in una proporzione pari al 15 % della popolazione totale presente in un'area di 30 ha.

Infine, applicando una dose totale di raggi gamma uguale a 1152 r ad uova, larve e pupe di *Dahlbominus fuscipennis* è stato ridotto significativamente, rispetto al testimone, il numero di femmine adulte anche nella generazione susseguente.

In *patologia,* le radiazioni ionizzanti ed i radioisotopi sono stati sfruttati per studiare la resistenza di piante o di semi all'attacco di agenti patogeni, per seguire la biologia dei parassiti e delle piante ospiti, per scoprire nuove misure idonee a combattere i funghi ed ancora per stabilire l'efficienza delle sostanze fungicide e svelare la presenza di marciume o la parassitizzazione

di cavità dentro il tronco degli alberi. La tecnica isotopica è stata, inoltre, utile per conoscere più a fondo il destino degli erbicidi, il loro modo di azione, le condizioni fisiologiche nelle piante dopo l'applicazione ed il problema dei residui.

La ricerca prima riferita sul movimento di iodio e rubidio nella linfa di alberi di due specie di quercia ha lasciato intendere pure l'importanza che rivestono le caratteristiche anatomiche della specie e la presenza degli innesti radicali sulla diffusione dell'*Endoconidiofora fagacearum;* alcuni basidiomiceti come *Merulius lachrimans, Polystictus versicolor* e *Coniophora cerebella,* hanno presentato resistenze diverse all'irraggiamento.

Dosi di raggi X da 50 000 r hanno influenzato la produzione dei conidi di *Ceratocystis fagacearum* senza impedire la produzione da parte del fungo di un metabolita tossico per la quercia; un irraggiamento con U^{238} ha debellato il parassita, ma, una terapia con uranio, usato come sorgente interna di radiazione, è stata inefficace.

Lavorando con CO_2 marcata su alcune colture isolate di *Endothia parasitica* è stato osservato che la produzione dei conidi era avviata dalla luce e che lo sviluppo di CO_2 in queste colture illuminate era superiore a quelle mantenute al buio.

Con l'aiuto di una sorgente di Co^{60} e di un contatore Geiger portatile è stata accertata la presenza e valutata la diffusione di marciume del cuore in *Abies mayriana* e riconosciuto anche il numero di alberi attaccati, con un errore del 7 %; analogamente con Cs^{137} è stato individuato il 60 % di tronchi viventi che presentavano cavità prodotte dalle termiti nel durame.

Dosi comprese fra 1 e 10 microrad hanno inibito lo sviluppo di muffe senza alterare le proprietà fisico-meccaniche del legno.

Il metodo autoradiografico applicato al controllo della radioattività di parti vegetali, provato su piante di olmo infettate sotto corteccia con spore di *Ceratocystis ulmi,* è risultato promettente per interpretare i processi di infezione e seguire la trasmissione delle malattie da funghi.

Nella rizosfera di pino strobo, con C^{14}, sono stati individuati molti acidi organici capaci di condizionare la sopravvivenza di funghi che attaccano i semi di molte piante.

Lo stadio della sperimentazione odierna sul trasporto degli erbicidi 2, 4-D; 2, 4, 5-T; aminotriazolo, simazina ed altri, marcati con C^{14}, ha messo in evidenza alcune differenze di comportamento dovute alle condizioni ambientali ed alle specie vegetali.

Inoculazioni di aminotriazolo (AT) in felce hanno provato che il composto si concentra nelle foglie giovanili, nelle gemme e nelle punte radicali e che la molecola dell'AT si fissa dentro la pianta con un principio biochimico. Prove analoghe, su specie diverse di quercia con 2, 4-D e AT marcati, hanno rivelato che la distribuzione dell'erbicida varia notevolmente con il prodotto usato pur restando indipendente dalla specie.

I processi nutrizionali più studiati con le micorrize di pino e di faggio hanno riguardato soprattutto il ruolo della simbiosi sulla fissazione dell'azoto, l'assorbimento di fosforo e solfo e l'incorporazione dell'anidride carbonica.

Somministrando N^{15}, P^{32}, Ca^{45} e C^{14} è stato seguito il cammino degli elementi minerali in alberi con micorrize e senza, e calcolata la proporzione assorbita di principi nutritivi indipendentemente da quelli disponibili nel terreno. Così, esponendo aghi di pino silvestre ad aria arricchita di $C^{14}O_2$ è stato scoperto un trasporto rapido di prodotti fotosintetici verso il mantello fungino oltre ad un accumulo più forte nelle radici infettate rispetto a quelle non micorrizate; sempre su pino silvestre con P^{32}, è stata scorta l'influenza dell' assorbimento di fosfati in forma chimica diversa e la difficoltà ad utilizzare fosforo organico da parte di radici di pino insigne in simbiosi con *Boletus granulatus*.

La regione preferenziale di assorbimento radicale risiederebbe più nelle zone vecchie della radice con ramificazioni micorriziche che in quelle apicale e l'elevata attitudine all'assorbimento ionico delle micorrize dipenderebbe più dalla loro migliore capacità di accumulo per unità di superficie che da un aumento della superficie assorbente stessa. Inoltre, è stato dimostrato che, in una prima fase della nutrizione, la concentrazione fosforica in parti aeree di piante micorrizate di *P. insignis* si mantiene bassa ed è inversamente proporzionale al contenuto in fosforo della pianta, mentre è più elevata nella successiva; nelle piante non micorrizate l'accumulo di fosforo cresce regolarmente col tempo ed è indipendente dal livello fosforico del vegetale. Il P^{32} ha segnalato prontamente che, in corrispondenza del suddetto periodo iniziale, l'elemento si concentra nella micoclena da dove è prelevato a seconda delle esigenze della pianta ospite. In altre parole, nelle forme di micorrizia ectotrofica il mantello fungino agirebbe da organo di riserva immobilizzando il fosfato sotto forma organica entro le ife miceliari, fosfato cedibile alla pianta, con processo attivo, quando la concentrazione fosforica del mezzo esterno è molto bassa.

Ricerche analoghe su faggio hanno convalidato questi risultati e permesso di formulare un'ipotesi sul meccanismo di funzionamento del serbatoio funginico.

Nei campi della paleobotanica, geologia ed antropologia sono state determinate con C^{14} le età di reperti archeologici comprese negli ultimi 70 000 anni, adottando un metodo originale scoperto da Libby nel 1955; il procedimento è stato utile, ad esempio, per studi di dendrocronologia.

Il sistema di misura si basa in generale sulla produzione ininterrotta nell'aria di carbonio radioattivo da parte dei neutroni della radiazione cosmica e sulla supposta costanza di concentrazione di questo radioelemento nell'atmosfera, nell'idrosfera e nella biosfera.

Stanti questi presupposti e considerato che i materiali sottratti dal ciclo vitale degli esseri viventi (legno, carbone fossile, petrolio, ecc.) subiscono il

dimezzamento della loro concentrazione di C^{14} ogni 5730 $\pm$ 30 anni, perchè cessano di fissare altro carbonio, si può calcolare che se la radioattività in C^{14} di una pianta di epoca sconosciuta fosse la metà di quelle presente in una altra viva ai nostri giorni, la sua età sarebbe di 5730 anni.

Una difficoltà di determinazione è rappresentata dalla circostanza che la radioattività del C^{14} di formazione recente già molto bassa (13,5 d.p.m./g. di C) si riduce ancora a 6,75 d.p.m. nel carbonio «vecchio», dopo un solo dimezzamento. L'errore maggiore, però, proviene dall'incertezza sull'uniformità del rapporto C^{14}/C^{12} nel materiale attuale, la quale porta a scarti di $\pm$ 100 anni per campioni di vegetali terrestri, di $\pm$ 200 anni per conchiglie marine e di $\pm$ 1000 anni per materiali depositati dalle acque.

La precisione può essere accresciuta prendendo campioni piuttosto grandi e trattandoli chimicamente per trasferire il C_{14} in CO_2, CH_4 e C_2H_2. L'utilizzazione di contatori a gas con circuito di anticoincidenza e l'adozione di schermaggi appositi riduce a 2—3 i.p.m. sia la radiazione contaminante del fondo sia quella insita nei materiali usati per la costruzione dei contatori stessi.

Da questa rassegna dei campi di studio a carattere forestale per i quali i radioisotopi sono stati usati nel mondo, emerge, dunque, la grande importanza che questo mezzo d'indagine ha fino ad oggi rivestito, aprendo nuovi orizzonti scientifici e consentendo risultati di vivo interesse; perciò, prima di passare all'illustrazione del lavoro svolto in questo settore presso il Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale dell'E. N. C. C. si vuole auspicare che, in un futuro non lontano, tali orizzonti possano dischiudersi anche per i ricercatori forestali italiani con un diffondersi più vasto delle tecniche radioisotopiche.

Résumé

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

Les isotopes radio-actifs et les radiations ionisantes ont été largement employés dans la recherche forestière, ce qui est démontré par nombre de travaux expérimentaux effectués dans les domaines de la technologie, physiologie, génétique, pédologie, entomologie et pathologie.

On décrit quelques-uns des résultats les plus significatifs que la technique radioisotopique a permis d'obtenir dans l'étude des caractéristiques chimico-physiques du bois et du papier, de la nutrition minérale et des facteurs influençant le transport des éléments chimiques dans les plantes. Il est également fait mention de quelques recherches conduites en radiogénétique pour l'amélioration des espèces, ainsi que des possibilités des radioisotopes et des radiations dans la lutte contre les insectes parasites, à travers l'emploi d'insecticides marqués et la technique de stérilisation des mâles. On explique, en outre, l'usage de plusieurs radio-éléments pour interpréter le développement des infections fongiques et étudier soit la symbiose mycorhizique soit l'action des herbicides. Dans le domaine de la dendrochronologie, on souligne l'importance de l'emploi du carbone-14 pour la détermination de l'âge. *Berney*