

Uso delle piante per contrastare erosione e smottamenti superficiali

di CHRISTOPH GRAF
ALBERT BÖLL
FRANK GRAF

Da sempre, gli eventi meteorici e i fenomeni naturali hanno costretto l'uomo a proteggere il proprio ambiente. Anticamente, i contadini utilizzavano metodi molto semplici che permettevano loro, ad esempio, di consolidare o comunque controllare il terreno soggetto ad erosione e a fenomeni di scivolamento servendosi di materiali disponibili sul posto, come pietre, legno o piante. Nel tempo, l'uso delle piante per contrastare l'erosione e fenomeni di movimenti superficiali (slittamenti, colate, cedimenti e frane superficiali) si è costantemente sviluppato e ha dato risultati validi in numerosi tipi di interventi. Oggi, i termini che qualificano i lavori di protezione del suolo con l'utilizzazione delle piante sono numerosi (costruzioni vive, tecniche vegetali, ingegneria naturalistica, ingegneria ecologica ecc.), come del resto le definizioni a cui si riferiscono. Ognuna di queste è basata principalmente su processi naturali in abbinamento a conoscenze tecniche e scientifiche finalizzate al consolidamento e al ripristino di sistemi naturali.

In questo articolo verrà utilizzato il termine "ingegneria naturalistica" (Box 1).

La stabilizzazione e la rinaturalizzazione di zone minacciate d'erosione e di slittamenti rivestono un'importanza primaria per la protezione contro questi pericolosi naturali. A completamento degli interventi di sistemazioni, spesso necessari, risulta indispensabile la ricostituzione di una copertura vegetale idonea alla stazione al fine di realizzare un sistema naturale in grado di svilupparsi e di rimanere stabile nel tempo.

In questo articolo, oltre a diffondere informazioni tecni-

BOX 1 - INGEGNERIA NATURALISTICA

Quale è l'obiettivo?

- Aumentare la stabilità del suolo rispettando l'ambiente;
- ridurre l'erosione in modo duraturo;
- favorire l'evoluzione naturale della successione vegetale.

Come ottenere lo scopo?

Utilizzando specie adeguate alla stazione ed idonei sistemi tecnici.



Foto 1 - Gradonate vive di latifoglie radicate: piccoli terrazzamenti forniti di talee di salice e di giovani piante di ontano e di ligusto, (A) poco dopo la loro messa in opera e (B) dieci anni più tardi.

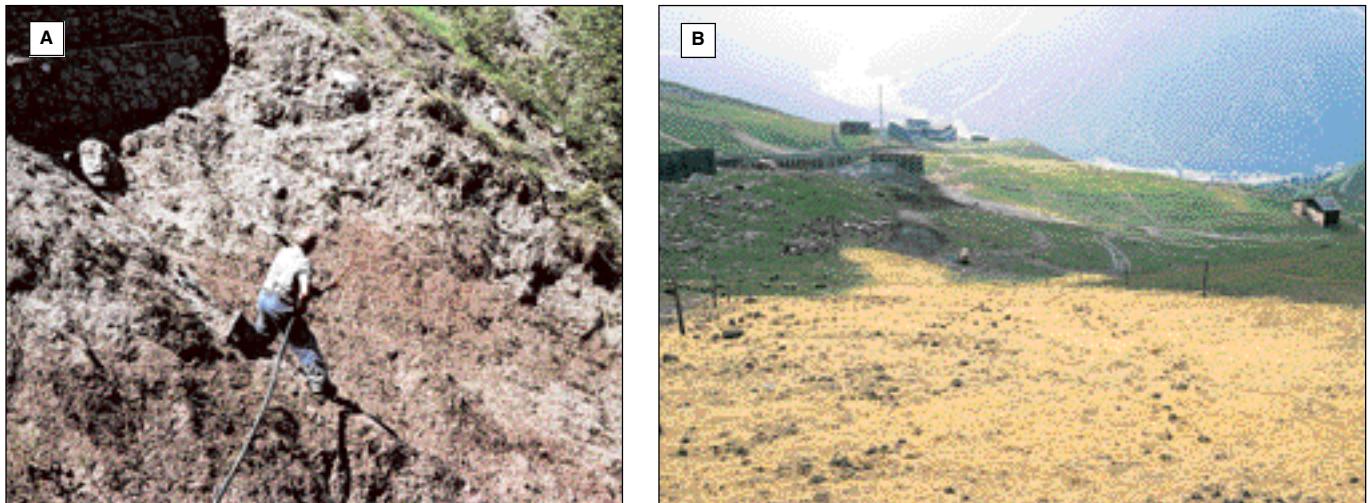


Foto 2 - Idrosemina: (A) su un terreno difficilmente accessibile è stato sparso un miscuglio di semi con fertilizzanti liquidi e collanti. (B) anche la pista di sci, in zona alpina, dopo l'idrosemina è stata coperta di uno strato di paglia.

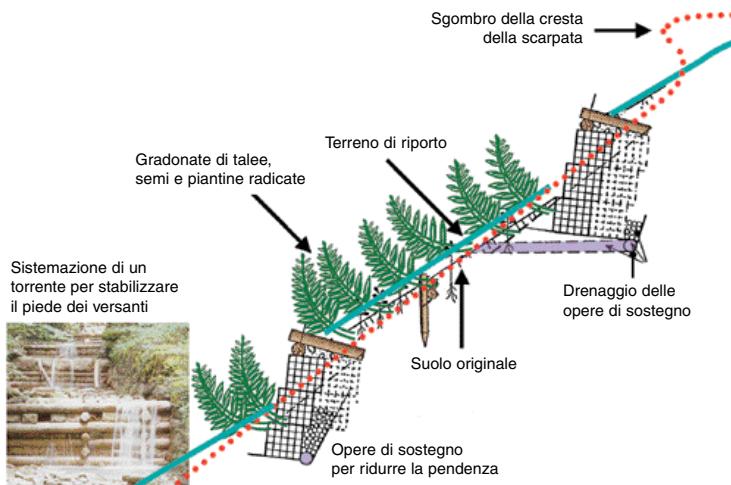


Figura 1 - Tecnica e biologia: sistemazione di un torrente per stabilizzare il piede dei versanti. Le opere di sostegno servono a ridurre la pendenza. La stabilizzazione delle pendenze si ottiene attraverso l'attuazione di questi interventi tecnici che garantiranno l'efficacia delle costruzioni vive, come le gradonate di talee e piantine radicate (modificato da BÖLL 1997).

che sui principali interventi di ingegneria naturalistica, vengono presentati nel paragrafo sui "funghi micorrizogeni" i risultati di recenti studi scientifici che aprono nuove ed interessanti prospettive all'ingegneria naturalistica ed alla stabilizzazione del suolo.

METODO

La degradazione delle rocce superficiali e l'erosione sono processi fondamentali nella formazione di smottamenti e solchi nel terreno; per questo è molto importante proteggere il suolo superficiale. Uno degli obiettivi prioritari dei lavori di stabilizzazione consiste dunque nell'ottenere una copertura vegetale completa e duratura sulle superfici denudate dall'erosione. L'ingegneria naturalistica dispone per questo scopo di diversi meto-

di che variano in funzione del tipo di danno, della morfologia del terreno e della scelta delle piante. Il metodo applicato più spesso nei lavori di consolidamento, in quanto maggiormente versatile ed economico, consiste nella creazione di gradonate vive di latifoglie radicate (solo talce o talce e piantine radicate). Le gradonate vive si realizzano: o solamente con rami di specie atte a formare radici, come nel caso del salice, o utilizzando talce e piantine arboree radicate, come per esempio l'ontano e il ligusto (Foto 1). Per la descrizione dettagliata di questo metodo si rimanda, fra gli altri, ai lavori di SCHIECHTL (1973) e ZEH (1993). A volte, questo tipo d'intervento richiede una semina complementare allo scopo di ottenere un ricoprimento del suolo il più completo possibile. Quest'operazione può essere realizzata in diversi modi: il più diffuso è l'idrosemina, con la quale viene sfruttata l'acqua per distribuire un miscuglio di semi e di altri elementi coadiuvanti quali: concimi, paglia, collanti ed altro (Foto 2).

Tutti gli interventi tecnici di stabilizzazione (consolidamento della base dei pendii, riduzione della pendenza, drenaggio) devono essere finalizzati, fin dall'inizio dei lavori, ad ottenere un ripristino duraturo della vegetazione ed al miglioramento delle condizioni ambientali (Figura 1). L'effetto protettivo delle piante si può innescare solo se il suolo resta stabile, o subisce soltanto movimenti impercettibili durante la formazione del sistema radicale. Durante questo periodo, l'impatto dell'acqua, dei materiali solidi, delle cadute di pietre o della neve deve essere minimo (BÖLL 1997). Per questo motivo la realizzazione di opere di sostegno o comunque finalizzate alla stabilizzazione di smottamenti o fenomeni di innesco di erosione, sono spesso indispensabili al successo del rinverdimento. Ma l'effetto delle sistemazioni è localizzato, o lineare, ed è limitato nel tempo; la protezione duratura della superficie del suolo dovrà essere perciò garantita dalla copertura vegetale. Quindi, una stabilizzazione a lungo termine esige una vegetazione continua fornita di un adeguato sistema radicale.

IL SUOLO

In seguito al verificarsi di fenomeni erosivi e fransosi, le condizioni del substrato rimangono molto precarie e sono in genere estremamente pericolose (Foto 3). Se la copertura vegetale ed il suolo superficiale sono discontinui, le zone scoperte sono sottoposte ad importanti processi di dilavamento e ad un aumento dei movimenti del suolo. Il notevole scorrimento superficiale dell'acqua e l'erosione che esso comporta, hanno come conseguenza il dilavamento di semi, spore, altri organi di propagazione e microrganismi. Questo comporta un'ulteriore perdita di biomassa e rende più difficile la possibilità di ricolonizzazione vegetale e microbica. Il suolo che viene improvvisamente a trovarsi in superficie ha caratteristiche diverse rispetto a quello originario, in genere ha una densità maggiore dovuta al peso dei precedenti strati superiori. Questa situazione, particolarmente sfavorevole alla formazione delle radici ed alla crescita delle piante, ritarda considerevolmente lo stabilizzarsi della copertura vegetale (BÖLL e GERBER 1986). Anche l'aerazione del suolo è ostacolata e dunque la decomposizione della sostanza organica risulta ritardata, ciò induce effetti negativi sul bilancio bio-geo-chimico. Infatti, la granulometria del suolo è una caratteristica da cui dipendono non soltanto l'attitudine delle piante a radicare e l'aerazione del suolo, ma anche altri fattori importanti per la crescita della vegetazione, come la presenza d'acqua e di elementi nutritivi. Un aumento dello scorrimento superficiale dell'acqua comporta lo spostamento di materiali e causa così una perdita considerevole delle frazioni sabbiose, limose ed argillase. Ne segue allora una diminuzione della stabilità degli aggregati, riducendo sensibilmente la capacità del suolo di trattenere acqua e elementi nutritivi (GRAF e GERBER 1997).



Foto 3 - Suolo sterile: terreno fortemente eroso e dilavato nella parte inferiore non ancora risanata di una forte pendenza instabile.

LE PIANTE

L'ingegneria naturalistica utilizza le piante nell'applicazione di varie tecniche, soprattutto specie pioniere. La realizzazione di gradonate vive è fatta soprattutto con latifoglie arboree capaci di formare radici (Tabella 1), come molte specie di salice (*Salix* spp.), i maggiociondoli (*Laburnum anagyroides* Med., *L. alpinum* (Miller)

| | Attitudine alla riproduzione vegetativa (%) | Forme di simbiosi | Piano vegetazionale | Nome italiano |
|------------------|---|-------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>Salix</i> | <i>daphnoides</i> | ~100 | A, E | salice barbuto |
| | <i>purpurea</i> | ~100 | A, E | s. rosso |
| | <i>fragilis</i> | 95 | E | s. fragile |
| | <i>pentandra</i> | 90 | E | s. odoroso |
| | <i>viminalis</i> | 90 | A, E | s. da vimini |
| | <i>nigricans</i> | 80 | A, E | s. nero o di monte |
| | <i>alba</i> | 75 | E | s. bianco |
| | <i>aurita</i> | 75 | E | s. a orecchiette |
| | <i>elaeagnos</i> | 75 | E | s. ripaiolo |
| | <i>cinerea</i> | 70 | A, E | s. cinerino |
| <i>Populus</i> | <i>nigra</i> | 70-100 | A, E | pioppo nero |
| | <i>alpinum</i> | 70-100 | A, N | maggiociondolo alpino |
| <i>Laburnum</i> | <i>anagyroides</i> | 70 | A, N | maggiociondolo |
| | <i>vulgare</i> | 70-100 | A | ligusto |
| | <i>glutinosa</i> | - | A, E, N | ontano nero |
| <i>Ligustrum</i> | <i>incana</i> | - | A, E, N | o. bianco |
| | <i>viridis</i> | - | A, E, N | o. verde |
| <i>Alnus</i> | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Tabella 1 - Specie arboree maggiormente impiegate in ingegneria naturalistica ed indicazioni dei piani di vegetazione in cui sono utilizzate, della capacità di riproduzione vegetativa e delle forme di simbiosi.

Note: *A* = endomicorrize vescicolo-arbusticolari, *E* = ectomicorrize, *N* = fissazione d'azoto.

Presl.) o il ligusto (*Ligustrum vulgare* L.). Graminacee e Leguminose sono invece le piante più utilizzate per la semina. Prima di scegliere le specie da impiegare, sia erbacee che arboree, è necessario conoscere attentamente le caratteristiche ecologiche dell'ambiente da rinverdire. In genere sarebbe opportuno utilizzare soltanto piante che provengono da popolamenti naturali ecologicamente simili (SCHIECHTL 1992). Le piante utilizzate nei lavori di ingegneria naturalistica svolgono un ruolo fondamentale nella stabilizzazione del terreno (Foto 4); esse infatti attenuano l'impatto delle acque meteoriche concorrendo a limitare l'erosione superficiale, favoriscono il drenaggio e le loro radici rafforzano la stabilità delle particelle del suolo.

Il sistema radicale di una pianta svolge normalmente una doppia funzione: quella di ancoraggio della pianta al terreno e quella di assorbimento di acqua ed elementi nutritivi necessari; l'importanza della sua estensione dunque l'idea del volume di suolo che stabilizzerà e della quantità d'acqua e elementi nutritivi che immagazzinerà. Un sistema radicale esteso permette alle piante di estrarre dal terreno quantità considerevoli d'acqua attraverso il fenomeno dell'evapo-traspirazione; le piante esercitano così un effetto regolatore sul regime idrico del suolo. In una giornata calda e a pieno sole, un girasole traspira facilmente un litro d'acqua. Una betulla che possiede circa 200.000 foglie può evaporare 60 -70 litri, o fino anche a 400 litri se il clima è particolarmente caldo e secco. In una faggeta, circa il 60% delle precipitazioni annuali sono restituite all'atmosfera, sotto forma di vapore, per evapo-traspirazione (SITTE et. al 1991).

I MATERIALI AUSILIARI

Perché le piante possano svolgere la funzione stabilizzatrice per cui vengono utilizzate negli interventi di ingegneria naturalistica, esse devono avere la possibilità di crescere rapidamente e bene. Ma nelle condizioni sfavorevoli proprie delle superfici colpite da erosione o messe a nudo in seguito a frane e slittamenti, anche le piante pioniere hanno difficoltà a stabilirsi per le caratteristiche strutturali del suolo e la carenza di elementi



Foto 4 - Ingegneria naturalistica e selvicoltura: stabilizzazione dei versanti laterali di un torrente in una zona al limite del bosco. L'intervento è costruito per mezzo di gradinate vive di salice e di un rimboschimento di abete rosso e larice (in primo piano).



Foto 5 - Influenza dei fertilizzanti: *Salix purpurea* di tre anni, estratto da un terreno fertilizzato da risanare. I ramoscelli sono bene formati ma le radici sono insufficientemente sviluppate.

nutritivi. Esiste una notevole differenza tra le esigenze della pianta e le caratteristiche effettive del suolo al momento della messa in opera. Le fasi di radicazione e attecchimento possono venire seriamente compromesse. Tradizionalmente per favorire la crescita vegetale si ricorre alle seguenti operazioni sul terreno:

- lavorazioni per dissodare la superficie se troppo compatta,
- uso di leganti sintetici per la sua stabilizzazione,
- fertilizzazione per migliorare la nutrizione delle piante,
- calcitazione in caso di elevata acidità.

Ma questi interventi hanno anche effetti negativi. Ad esempio, i fertilizzanti favoriscono la crescita delle specie vegetali esigenti in fatto di elementi nutritivi rispetto alle specie pioniere autoctone; incidono maggiormente sull'accrescimento della parte epigea delle piante a scapito delle radici (Foto 5). I fertilizzanti, fra cui particolarmente l'azoto, influenzano anche la presenza dei microrganismi nel suolo, impoveriscono la biodiversità e riducono le possibilità di simbiosi tra le piante ed i funghi micorrizogeni. La crescita del micelio può essere a volte seriamente ridotta, avendo, anche in questo caso, conseguenze negative sulla formazione degli aggregati di suolo e sulla nutrizione delle piante.

Esiste un'alternativa a questi trattamenti tradizionali e consiste nell'integrare nel suolo microrganismi supplementari, come i funghi micorrizogeni che si sono rivelati particolarmente efficaci. Questi ultimi sono infatti dei veri e propri "modellatori di aggregati", inoltre, contribuiscono a stabilizzare la matrice del suolo e a strutturarne la porosità, svolgono anche un'importante funzione nella nutrizione delle piante e nel flusso bio-geo-chimico.

I FUNGHI MICORRIZOGENI

I funghi micorrizogeni occupano un posto particolare nella miriade di microrganismi del suolo. In condizioni naturali, tutte le piante, o quasi, vivono in simbiosi con funghi (SMITH e READ 1997; EGLI e BRUNNER 2002). In questa biocenosi, il fungo contribuisce, tra l'altro, all'approvvigionamento di acqua e di elementi nutritivi della pianta ospite. Il micelio può penetrare nel suolo molto

più intensamente che non le radici delle piante. Infatti il diametro delle ife fungine ($2\text{-}5 \mu\text{m}$) è decisamente inferiore rispetto a quello dei peli radicali ($15\text{-}20 \mu\text{m}$), quindi i funghi accedono ad un volume maggiore di spazi interstiziali. Grazie alle ife fungine, la superficie d'assorbimento di una radice micorrizzata è fino a cinquanta volte più grande di quella di una radice non micorrizzata.

Il vasto intreccio di ife contribuisce a formare aggregati stabili legando le particelle minerali ed organiche del suolo (FREI *et al.* 2003). La stabilità della matrice del suolo ne è rafforzata, come quella dei pori, cosa che aumenta il potere di ritenzione dell'acqua e di elementi nutritivi. Inoltre, le ife fungono da vettori di disseminazione ad altri organismi contribuendo ad aumentare la biodiversità del suolo. Su terreno molto compatto, le piante micorrizzate hanno molto più facilità a nutrirsi. Le differenze constatate nell'approvvigionamento di fosforo vanno da un fattore 2, per un peso specifico del suolo minore (10kN/m^3), ad un fattore 3, per un peso specifico elevato (16kN/m^3) (NADIAN *et al.* 1996). Inoltre, è stato provato che il sistema radicale delle piante micorrizzate è più efficiente di quello delle piante che non lo sono. Questo vantaggio accelera il loro attecchimento e la loro crescita (Foto 6).

Svolgendo la doppia funzione di strutturazione del suolo e di ausilio per l'alimentazione delle piante, i funghi micorrizogeni esercitano un'influenza diretta sullo sviluppo e la stabilità delle associazioni vegetali e degli ecosistemi, garantendo così una protezione duratura della vegetazione (VAN DER HEIJDEN *et al.* 1998).

Poiché erosione e fenomeni franosi provocano anche riduzioni considerevoli alla presenza naturale dei funghi micorrizogeni, è necessario introdurre nel suolo funghi simbiontici. Come nel caso delle piante, anche per i funghi è necessario scegliere con attenzione e utilizzare soltanto specie idonee alla stazione.

LA MANUTENZIONE

Contrariamente alle opere ingegneristiche che si avvalgono di solo materiale inerme, i sistemi che prevedono l'uso di organismi viventi raggiungono la loro efficacia ottimale con il tempo e non in coincidenza del completamento dei lavori di messa in opera. Il tempo necessario per lo sviluppo della vegetazione può andare da alcuni mesi a molti anni, a seconda del luogo e dell'obiettivo fissato (Foto 7). Durante questo periodo, sono necessari controlli regolari e, a volte, lavori di manutenzione. Ad esempio, nel caso di ripristini o rinverdimenti di versante attraverso semine o piantagioni, è necessario tenere sotto controllo i fenomeni di tipo erosivo.

Molto spesso l'obiettivo è quello di creare un'associazione vegetale, arborea o arbustiva, in grado di assolvere completamente la funzione protettiva. E' necessario dunque ottenere popolamenti misti che risultano maggiormente stabili rispetto alle colture poco differenziate o monospecifiche. Le associazioni vegetali forestali dovrebbero essere costituite da popolamenti disetanei, a più strati e pienamente strutturati, in cui possano crescere sia specie eliofile che sciafile. Al momento delle cure culturali, allo scopo di ottenere una protezione

ideale e duratura contro l'erosione e le frane, si faranno interventi mirati a mantenere la struttura stratificata ed ad evitare la formazione di fustai monoplane.

Se le specie utilizzate nel rinverdimento di una superficie sono idonee alla stazione, il loro sviluppo non dovrebbe richiedere interventi particolari per arrivare ad una successione naturale. Il punto cruciale ai fini della manutenzione e dei controlli periodici per i rinverdimenti è costituito tuttavia dalla fase iniziale di sviluppo della vegetazione. Spesso il superamento di questa fase corrisponde al completamento del progetto di costruzione. Particolare attenzione è dunque necessaria nella scelta e nell'attuazione delle tecniche usate per favorire la crescita delle piante, poiché queste devono poter svolgere la loro funzione protettiva il più rapidamente possibile. A questo proposito ancora molto diffuso nella pratica è l'impiego dei fertilizzanti. In funzione del luogo e del tipo di vegetazione, si possono attuare diversi interventi, come irrigazione, sfalcio, pacciamatura o azioni di protezione contro il pascolo, per citare soltanto alcuni esempi (SCHIECHTL 1973). Le modalità usate per favorire la crescita delle piante influenzano considerevolmente lo sviluppo della vegetazione iniziale e la successiva evoluzione naturale. Ed è proprio quest'evoluzione la chiave dei lavori di manutenzione a medio e lungo termine, da essa anche dipenderanno gli interventi necessari per ottenere la vegetazione autonoma che si cerca di stabilire. Al posto delle concimazioni, dovrebbero essere maggiormente prese in considerazione le potenzialità dei funghi micorrizogeni e delle loro esigenze per promuovere la crescita delle piante e per innescare i processi di successione naturale (GRAF e GERBER 1997; FREI *et al.* 2003).

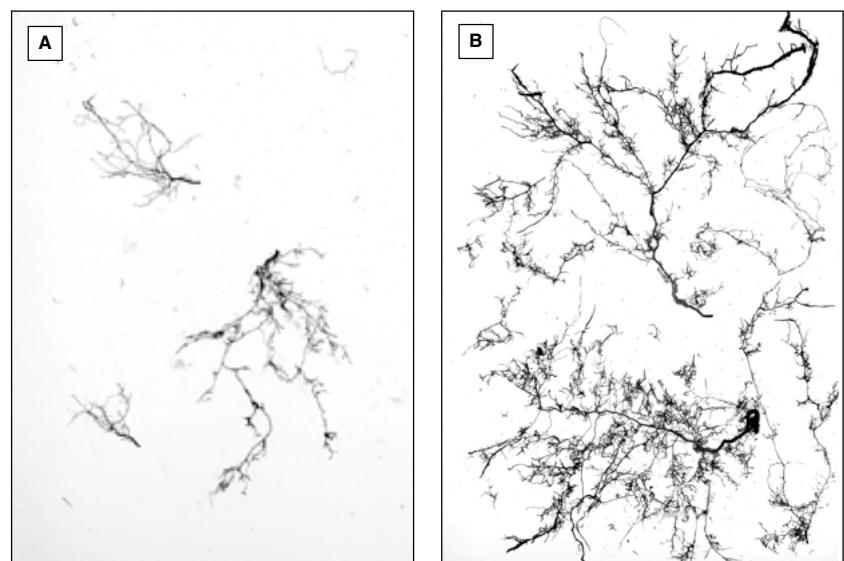


Foto 6 - Micorrize: sistema radicale di *Alnus incana* di cinque mesi. (A) tre piantine non micorrizzate; (B) tre piantine inoculate con *Paxillus rubicundulus*, un fungo simbiontico che forma, nelle condizioni naturali, ectomicorrize con l'ontano bianco.

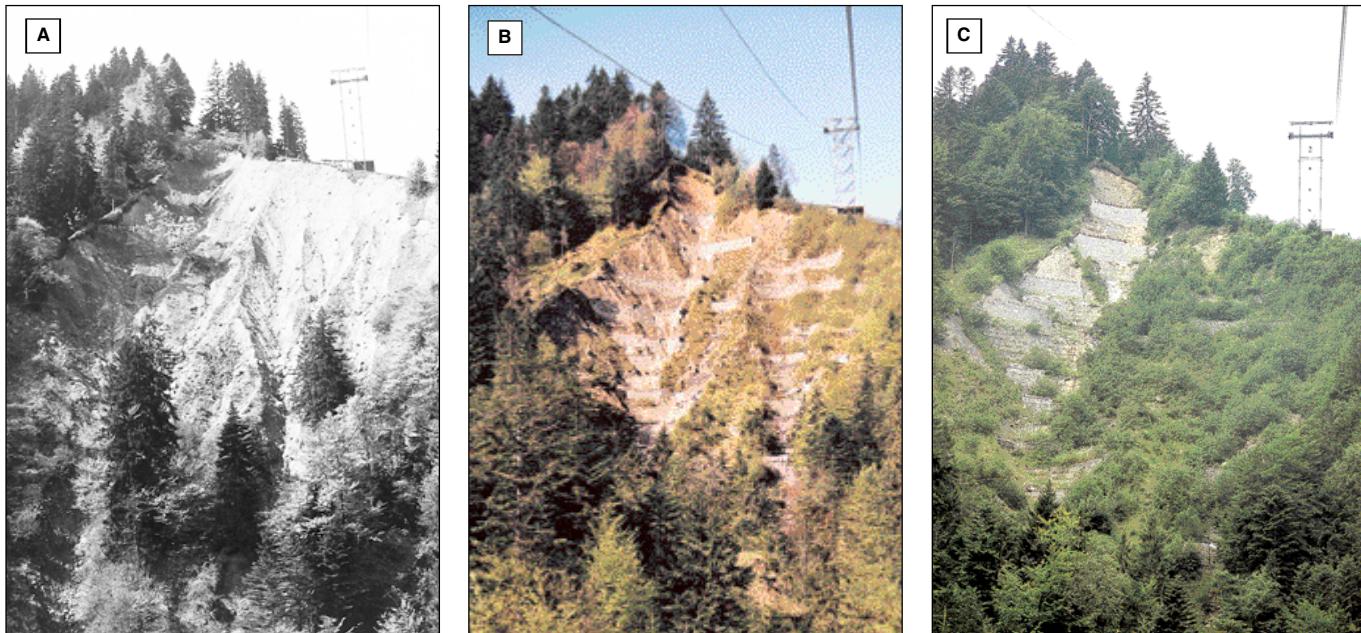


Foto 7 - Evoluzione: (A) pendenza spoglia da frane e smottamenti che necessiterà di molti anni, o decenni, prima di essere coperta di una vegetazione naturale stabile. (B) situazione dopo 10 anni. (C) situazione dopo 15 anni.

CONCLUSIONI

Affinché un'associazione vegetale arrivi a svolgere in modo completo e durevole le funzioni che gli conferisce l'ingegneria naturalistica, nella maggioranza dei casi sono indispensabili lavori di manutenzione. Se l'obiettivo consiste nell'ottenere un soprassuolo forestale, occorrerà in particolare: controllare la mescolanza specifica, mantenere una struttura stratificata ed adottare misure che favoriscono la rinnovazione naturale. Nel contesto dei materiali ausiliari utilizzati a breve e a medio termine, c'è da evidenziare che i concimi favoriscono gli organismi più esigenti in elementi nutritivi a scapito degli altri, adattati alla stazione, ed ostacolano la colonizzazione di specie autoctone presenti nelle zone limitrofe. Un uso incontrollato di concime durante la fase iniziale del rinverdimento delle superfici colpite da fenomeni di erosione e movimenti superficiali, è dannoso alla crescita degli apparati radicali e dei funghi micorrizogeni. La promozione dei microrganismi del suolo, in particolare dei funghi micorrizogeni, ed il loro utilizzo durante la fase iniziale dello sviluppo della vegetazione, accelerano la formazione degli aggregati del suolo e dunque l'acquisizione della sua stabilità. I funghi micorrizogeni favoriscono inoltre l'atteggiamento e la crescita delle piante come pure la successione vegetale, limitando la necessità dei lavori di manutenzione. Come per la scelta delle piante, anche per i funghi si devono scegliere soltanto le specie idonee alla stazione.

Bibliografia

BÖLL A., 1997 - **Wildbach- und Hangverbau**. Ber. Eidg. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch., 343: 1-123.

BÖLL A., GERBER W., 1986 - **Massgebende Gesichtspunkte im Lebendverbau**. BündnerWald 8: 43-50.

EGLI S., BRUNNER I., 2002 - **Les mycorhizes**. Notice pour le praticien. 35: 8 pp.

FREI M., BÖLL A., GRAF F., HEINIMANN H.R., SPRINGMAN S., 2003 - **Quantification of the influence of vegetation on soil stability**. Proc. International Conference on Slope Engineering, Hong Kong 2003. (Im Druck).

GRAF F., GERBER W., 1997 - **Der Einfluss von Mykorrhizapilzen auf die Bodenstruktur und deren Bedeutung für den Lebendverbau**. Schweiz. Z. Forstwes. 148, 11: 863-886.

NADAN H., SMITH S.E., ALSTON A.M., MURRAY R.S., 1996 - **The effect of soil compaction on growth and P-uptake by Trifolium subterraneum: interactions with mycorrhizal colonization**. Plant Soil 182: 39-49.

SCHIECHTL H.M., 1973 - **Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau**. München, Callwey. 244 pp.

SCHIECHTL H.M., 1992 - **Weiden in der Praxis**. Berlin, Patzer. 130 S.

SITTE P., ZIEGLE H., EHRENDORFER F., BRESINSKY A., 1991 - **Lehrbuch der Botanik für Hochschulen (33. Aufl.)**. Stuttgart, Gustav Fischer. 1031 pp.

SMITH S.E., READ D.J., 1997 - **Mycorrhizal Symbiosis (2nd ed.)**. London, Academic Press. 600 pp.

VAN DER HEIJDEN M.G.A., KLIRONOMOS J.N., URSCIC M., MOUTOGLIS P., STREITWOLF-ENGEL R., BOLLER T., WIEMKEN A., SANDERS I.R., 1998 - **Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity**. Nature 396: 69-72.

ZEH H., 1993 - **Ingenieurbiologische Bauweisen**. Studienbericht Nr. 4. Bern Bundesamt für Wasserwirtschaft. 60 pp.

Bibliografia consigliata

BÖLL A., GERBER W., GRAF F., RICKLI C., 1999 - **Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Runsenverbau.** Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 60 pp.

MILLER R.M., JASTROW J.D., 1992 - **The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation.** In: ALLEN M.J. (Hrsg.). Mycorrhizal functioning. New York, London, Chapman & Hall. 438-467.

MORGAN R.P.C., RICKSON R.J., 1995 - **Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach.** London, Spon. 274 pp.

SCHIECHTL M.H., STERN R., 1992 - **Handbuch für naturnahen Erdbau.** Wien, Österreichischer Agrarverlag. 153 pp.

www.ingenieurbiologie.ch - Sito dell'Associazione per l'Ingegneria naturalistica Svizzera.

INFO. ARTICOLO

Autori: Christoph Graf, Albert Böll, Frank Graf, Sezione dell'Acqua, del Terreno e dei Movimenti della Rocca nella divisione dei Pericoli Naturali dell'Istituto federale di ricerca WSL, Birmensdorf, Svizzera.

Parole Chiave: Ingegneria ecologica, ingegneria naturalistica, erosione, rinaturalizzazione, movimenti di massa superficiale, frana, funghi micorrizogeni, specie pioniere, rinverdimento, gradonata viva, Svizzera.

Abstract: *Plants in action against erosion and shallow landslides*

Erosion and weathering processes within the superficial soil area are crucial in view of unstable slopes and gullies. The protection of the soil surface, therefore, is an important part of the stabilization measures. This article points out the application of pioneer plants and soil bioengineering techniques for a sustainable development of a protective vegetation cover. Furthermore, new research results are presented from the field of mycorrhiza within the scope of plant root development and the effect on aggregate formation and soil stability.

Ringraziamenti: Si ringrazia l'Istituto Federale di Ricerca WSL di Birmensdorf (Svizzera) per averci gentilmente concesso la pubblicazione dell'articolo originalmente presente nella serie "Merkblatt fuer die Praxis" codice (N. 37, 2003) e per la revisione fatta sulla traduzione. Per maggiori informazioni sulle attività editoriali e di ricerca del WSL, contattare, Istituto Federale di ricerca WSL, CH-8903 Birmensdorf Svizzera. Tel. 0041.1.7392111. Fax 0041.1.7392215. Sito Internet <http://www.wsl.ch>. Per ordinare le pubblicazioni scrivere alla e-mail bibliothek@wsl.ch

Traduzione a cura di SILVIA BRUSCHINI.