APPLICAZIONE DEL SISTEMA VETIVER
MANUALE TECNICO DI RIFERIMENTO

PAUL TRUONG TRAN TAN VAN ELISE PINNERS

Soluzioni Ambientali Concrete ed Ecologiche Traduzione di Loredana Meglio e Marco Forti

Questo manuale è dedicato alla memoria di Diti Hengehaovanich, ingenere geotecnico tailandese. E'stato un pioniere nell'uso del Vetiver per stabilizzare le autostrade su larga scala e per molti anni ha fornito il suo prezioso contributo al TVNI. Saranno in molti a ricordare Diti con gratitudine.

2° edizione 2008

(a colori)

Pubblicato dal Vetiver Network International

Copertina di Lily Grimshaw

IL SISTEMA VETIVER SOLUZIONI AMBIENTALI CONCRETE ED ECOLOGICHE

PREFAZIONE

Poche piante presentano peculiarità uniche, che le rendono utilizzabili per così tanti scopi: ecocompatibili, efficaci e semplici da gestire quanto il Vetiver. Poche piante, sebbene conosciute e usate da secoli, hanno visto aumentare la propria popolarità tanto da vedere il loro utilizzo raccomandato in tutto il mondo, come è successo al Vetiver negli ultimi 20 anni. E ancora meno piante sono state idealizzate come se fossero la "Pianta dei Miracoli" o la "Pianta delle Meraviglie", con la capacità di creare una barriera vivente, un filtro vivente e un rinforzo "vivente".

Il Sistema Vetiver (SV) si basa sull'uso di una pianta tropicale dalle caratteristiche uniche, il Vetiver, appunto – *Vetiveria zizanioides* – di recente riclassificata come *Chrysopogon zizanioides*. L'erbacea può crescere in varie condizioni di clima e di suolo e, se piantata in modo corretto, può essere virtualmente utilizzata dovunque e con qualunque clima, da quello tropicale, subtropicale fino a quello di tipo mediterraneo. La pianta presenta delle caratteristiche che complessivamente sono uniche per una sola specie. Quando il Vetiver cresce e si sviluppa in una fitta siepe, presenta delle peculiarità che la rendono utilizzabile in un sistema complesso. Tale sistema viene denominato Sistema Vetiver e presenta un ampio spettro di applicazioni.

La specie Crysopogon zizanioides, che viene raccomandata in circa 100 paesi per le applicazioni del Sistema Vetiver, è originaria dell'India Meridionale. È sterile, non invasiva e si propaga con la moltiplicazione agamica. In genere, nei vivai si preferisce il metodo che utilizza la moltiplicazione delle piante a radici nude. La percentuale media di moltiplicazione è variabile, ma in un vivaio, dopo circa tre mesi, è di solito pari a 1:30 circa. I getti del vivaio vengono suddivisi in plantule di circa 3 getti l'una che in genere vengono piantate alla distanza di circa 15 cm sulla linea di quota, in modo da formare, una volta mature, una fitta barriera che agisce da tampone per il deflusso dell'acqua lungo il pendio, e da filtro e da diffusore per il sedimento. Una siepe stabilizzata ridurrà il deflusso superficiale dovuto all'acqua piovana di circa il 70% e il sedimento strappato al suolo del 90%. La siepe rimarrà dove è stata piantata e il sedimento accumulatosi gradualmente ed incorporato dalle siepi vegetative andrà a formare una terrazza durevole protetta dal Vetiver. E' una tecnologia a bassissimo costo (collegato al costo del lavoro) ad uso intensivo di manodopera, con un aspetto estremamente positivo: gli indici di costo. Quando viene utilizzato come protezione di manufatti civili il suo costo è circa 1/20 di quello dei sistemi tradizionali e dei progetti ingegneristici. Gli ingegneri paragonano la radice di Vetiver a un'"Chiodo Vivente nel Suolo" con una resistenza media alla trazione pari a 1/6 di quella dell'acciaio dolce.

La pianta di Vetiver può essere usata direttamente come un prodotto che genera guadagno all'interno di un'azienda agricola, oppure può essere utilizzata per applicazioni che proteggeranno i bacini fluviali e quelli idrografici dai danni ambientali, in modo particolare quelli relativi a: 1) scorrimento del sedimento e 2) eccesso di nutrienti, metalli pesanti e pesticidi nel percolato derivante da fonti tossiche. Le due principali applicazioni sono strettamente collegate.

I risultati ottenuti dai numerosi esperimenti e dalle applicazioni estensive di Vetiver effettuati negli ultimi 20 anni in molti paesi mostrano anche che l'erbacea è particolarmente efficace nella riduzione degli effetti causati dalle calamità naturali (inondazioni, frane, cedimento degli sbancamenti per la viabilità, erosione costiera, degli argini fluviali e dei canali di irrigazione, instabilità delle strutture poste al contenimento delle acque, ecc.), nella protezione ambientale (riduzione della contaminazione di suolo e acqua, trattamento dei rifiuti solidi e liquidi, impoverimento del suolo, ecc.) e in molti altri campi.

Tutte queste applicazioni possono avere, sia direttamente che indirettamente, un impatto sull'agricoltura di sostentamento tramite la salvaguardia od il recupero di spazi agricoli, fornendo una migliore conservazione dell'umidità e del reddito agricolo diretto, oppure indirettamente, proteggendo le infrastrutture rurali.

Il Sistema Vetiver può essere utilizzato nella maggior parte dei settori facenti parte dello sviluppo agricolo e della comunità; la sua applicazione dovrebbe essere inserita, laddove appropriata, nei piani di sviluppo per la comunità, il distretto o la regione. Se tutti i settori lo usassero, vi sarebbe allora una grande opportunità per i produttori della pianta di Vetiver e, sia i piccoli che i grandi, sarebbero coinvolti nel Sistema Vetiver come imprenditori che producono reddito, sia in qualità di produttori di materiale vivo, che in qualità di progettisti per la stabilizzazione di pendii scoscesi o altre tipologie, o ancora come venditori di sottoprodotti del Vetiver, ad esempio di prodotti artigianali, concime naturale organico, isolamento in edilizia, foraggio o altro materiale. Pertanto, deve essere considerata una tecnologia che può mettere in moto un meccanismo in grado di far uscire dalla povertà un ampio segmento della comunità. La tecnologia è di dominio pubblico e l'informazione è gratuita.

Tuttavia, il potenziale uso del Vetiver rimane limitato e la consapevolezza della sua applicazione deve ancora essere resa disponibile al grande pubblico. Inoltre, una certa riluttanza, preoccupazione e perfino dei dubbi sul valore e l'efficacia della pianta di Vetiver ancora persistono. In molti casi, i fallimenti sono dovuti a un'impropria comprensione o alle errate applica-

zioni piuttosto che allo stesso Sistema Vetiver.

Questo Manuale è completo, dettagliato e pratico. Si basa sul lavoro sviluppato con il Vetiver in Vietnam e in altre parti del mondo. I suggerimenti tecnici e le osservazioni si basano su situazioni, problemi e soluzioni concrete riscontrate nella vita reale. Ci si aspetta che il Manuale venga usato ampiamente da chi usa e promuove il Sistema Vetiver e ci auguriamo che venga tradotto in molte lingue. Dobbiamo ringraziare gli autori per un lavoro veramente ben fatto!

Inizialmente, il Manuale è stato redatto sia in lingua vietnamita che in inglese, ma la prima versione ad essere pubblicata è stata quella in lingua vietnamita; a oggi sono state pubblicate entrambe. Sono già previste per il prossimo futuro traduzioni in cinese, francese e spagnolo.

Dick Grimshaw, Fondatore e Presidente del "The Vetiver Network International".

MANUALE TECNICO DI RIFERIMENTO PER LA APPLICAZIONE DEL SISTEMA VETIVER

Sulla base di un ampio volume di risultati ottenuti dalla ricerca e dall'applicazione della pianta di Vetiver, gli autori hanno ritenuto fosse giunto il momento di redigere una nuova versione in sostituzione del primo Manuale pubblicato dalla Banca Mondiale (1987), "La pianta di Vetiver – una siepe contro l'erosione" (meglio noto come "Libro Verde"), preparato da John Greenfield. Il nuovo Manuale si sarebbe occupato di un numero maggiore di applicazioni di Vetiver. Vi è stato uno scambio di idee fra gli autori che hanno ricevuto un supporto entusiastico da parte del "The Vetiver Network International – TVNI". Le edizioni in lingua vietnamita e in inglese sono state le prime ad essere stampate.

Questo Manuale unisce le applicazioni del Sistema Vetiver per la stabilizzazione del territorio e la protezione delle infrastrutture, il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti e l'acqua inquinata con quelle per la riabilitazione e l'intervento di tipo fitoremediale dei terreni contaminati. Analogamente al Libro Verde, questo Manuale mostra i principi e i metodi delle varie applicazioni del Sistema Vetiver relativamente agli usi sopra citati. Questo volume include anche i più aggiornati risultati sulla ricerca e lo sviluppo di queste applicazioni e numerose testimonianze dei vari successi ottenuti nel mondo. Lo scopo principale del Manuale è presentare il Sistema Vetiver agli ingegneri progettisti e ad altri potenziali utenti che spesso non sono a conoscenza dell'efficacia dei metodi bioingegneristici e fitoremediali.

Paul Truong, Tran Tan Van e Elise Pinners, gli autori.

GLI AUTORI

Dr. Paul Truong

Direttore del "The Vetiver Network International", responsabile per l'area di Asia e Pacifico e Direttore del Veticon Consulting. Negli ultimi 18 anni ha condotto ampie ricerche sull'applicazione del Sistema Vetiver per scopi legati alla tutela ambientale. La sua ricerca, pioniera nel settore, sulla tolleranza del Sistema Vetiver alle condizioni avverse e ai metalli pesanti e sul controllo dell'inquinamento ha stabilito un punto di riferimento per le applicazioni del SV nel campo dei rifiuti tossici, la riabilitazione delle miniere e il trattamento delle acque di scolo, un impegno che gli ha consentito di vincere diversi premi della Banca Mondiale e dei Reali di Thailandia.

Dr. Tran Tan Van

Coordinatore del "The Vetiver Network in Vietnam (VNVN). In qualità di Vice-Direttore del "Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources" (VIGMR), è incaricato di fornire suggerimenti per la riduzione degli effetti provocati da calamità naturali. Da quando gli è stato presentato il Sistema Vetiver, sei anni fa, è diventato non solo un eccellente professionista del Sistema Vetiver, ma anche un leader strategico come coordinatore del The Vetiver Network in Vietnam (VNVN). In questi sei anni ha contribuito enormemente a diffondere l'adozione del Sistema Vetiver in Vietnam, ora presente in circa 40 delle 64 province, promossa da vari ministeri, NGO e aziende. La sua presentazione del Sistema Vetiver è iniziata con la stabilizzazione delle dune costiere e ora include la riduzione dei danni provocati dalle inondazioni sugli argini costieri e fluviali, marini, dalla salinizzazione e la protezione dei pendii e bordi stradali dall'erosione e dalle frane, ma include anche le applicazioni per contenere l'inquinamento di suolo e acqua. Nel 2006 è stato insignito del prestigioso premio Vetiver Champion dal "The Vetiver Network International" durante la Quarta Conferenza Internazionale sul Vetiver tenutosi a Caracas, in Venezuela.

Ing. Elise Pinners

Direttore Associato del "The Vetiver Network International", ha iniziato a lavorare con il Sistema Vetiver in Camerun alla fine degli anni Novanta, occupandosi del settore dell'agricoltura e dei progetti stradali rurali. Dal suo arrivo in Vietnam nel 2001, come consulente del VNVN, ha contribuito allo sviluppo e alla promozione del VNVN in Vietnam e, a livello internazionale, come consulente organizzativo, e supporto alimentare, presentando il Sistema Vetiver all'Ordine degli Ingegneri Costieri olandesi, famoso nel mondo. Ha partecipato all'implementazione del primo progetto VNVN, realizzato dalla Royal Netherlands Embassy, sulla stabilizzazione delle dune costiere e su altre applicazioni a Quang Binh e Da Nang. Nel corso dell'ultimo anno e mezzo ha lavorato per l'Agrifood Consulting International (ACI) di Hanoi. partendo dal Kenya, nell'estate del 2007, ha deciso di continuare a dare il proprio contributo per promuovere e sviluppare il Sistema Vetiver.

Sebbene tutti e tre gli autori si siano occupati della redazione e dell'editing di tutti e cinque i capitoli del Manuale, l'autore principale del: – Capitolo 1, 2 e 4 è Paul Truong – Capitolo 3 è Tran Tan Van – Capitolo 5 è Elise Pinners. – Per la traduzione in italiano, si ringraziano Loredana Meglio e Marco Forti

RINGRAZIAMENTI

Il The Vetiver Network Vietnam desidera ringraziare la Royal Netherlands Embassy per aver sostenuto la preparazione e la pubblicazione di questo Manuale. Il VNVN intende ringraziare anche la Water Resource University di Hanoi per il supporto fornito alla pubblicazione e nella promozione dell'edizione vietnamita.

La maggior parte dei lavori di ricerca e sviluppo in Vietnam cui si fa riferimento in questo Materiale hanno ricevuto il supporto economico della Donner Foundation, della Wallace Genetic Foundatione degli USA, della Ambertone Trus del Regno Unito, del Governo Danese, della Reale Ambasciata Olandese e del The Vetiver Network International. Vi siamo molto grati per il supporto e l'incoraggiamento.

Il VNVN ringrazia per il cortese supporto la Can Tho University, in particolare il Rettore, Professor Le Quang Minh, la Agro-Forestry University di Ho Chi Minh, il Ministero delle Risorse Naturali e dell'Ambiente, e in particolare la Vietnam Union of Science and Technological Associations (VUSTA), che hanno seguito con perizia la versione vietnamita di questo Manuale.

Il VNVN ringrazia anche il sostegno entusiastico e l'incoraggiamento di tutti gli operatori che hanno lavorato con il Vetiver nelle varie province.

I materiali utilizzati in questo Manuale sono il risultato non solo del lavoro di ricerca e sviluppo realizzato dagli autori, ma anche di quello dei colleghi di tutto il mondo, soprattutto di coloro che hanno lavorato in Vietnam negli ultimi anni. Gli autori ringraziano per i contributi forniti da:

1. **Australia:** Cameron Smeal, Ian Percy, Ralph Ash, Frank Mason, Barbara and Ron Hart, Errol Copley, Bruce Carey, Darryl Evans, Clive Knowles-Jackson, Bill Steentsma, Jim Klein and Peter Pearce
2. **China:** Liyu Xu, Hanping Xia, Liao Xindi, Wensheng Shu
3. **Congo:** (DRC) Dale Rachmeler, Alain Ndona
4. **India:** L. Haridas
5. **Indonesia:** David Booth
6. **Laos:** Werner Stur
7. **Mali,** Senegal and Morocco: Criss Juliard
8. **Netherlands:** Henk-Jan Verhagen
9. **Philippines:** Eddie Balbarino, Noah Manarang
10. **South Africa:** Roley Nofke, Johnnie van den Berg
11. **Taiwan:** Yue Wen Wang
12. **Thailand:** Narong Chomchalow, Diti Hengchaovanich, Surapol Sanguankaeo, Suwanna Parisi, Reinhardt Howeler, Department of Land Development, Royal Project Development Board
13. **The Vetiver Network International**: Dick Grimshaw, John Greenfield, Dale Rachmeler, Criss Juliard, Mike Pease, Joan and Jim Smyle, Mark Dafforn, Bob Adams.
14. **Vietnam:**
    - Agriculture Extension Center, Department of Agriculture and Rural Development, Quang Ngai Province: Vo Thanh Thuy;
    - Can Tho University: Le Viet Dung, Luu Thai Danh, Le Van Be, Nguyen\ Van Mi, Le Thanh Phong, Duong Minh, Le Van Hon;
    - Ho chi Minh City Agro-forestry University: Pham Hong Duc Phuoc, Le Van Du;
    - Kellogg Brown Root (KBR), main contractor of the AusAID-funded natural disaster mitigation project in Quang Ngai province: Ian Sobey; Thien Sinh and Thien An Co. Ltd, main contractors for planting Vetive grass along the Ho Chi Minh Highway: Tran Ngoc Lam and Nguyen Tuan An.

Gli autori intendono ringraziare Mary Wilkowski (Hawaii VN), John Greenfield e Dick Grimshaw per l'editing dell'edizione inglese.

CONTENUTI DEL MANUALE

Questo Manuale è diviso in cinque capitoli. E' possibile usare soltanto un capitolo per uno specifico gruppo di applicazioni, ma si consiglia comunque di includere sempre il Capitolo 1, in quanto gli altri si riferiscono spesso alle caratteristiche del Vetiver, che sono importanti per applicazioni diverse. In molti casi è utile includere anche il Capitolo 2.

Capitolo: La pianta di Vetiver

Capitolo 2: Metodi di propagazione del Vetiver

Capitolo 3: Il Sistema Vetiver per la riduzione degli effetti causati da calamità naturali e la protezione delle infrastrutture

Capitolo 4: Il Sistema Vetiver per la prevenzione e il trattamento di acqua e terra contaminate

Capitolo 5: Il Sistema Vetiver per il controllo dell'erosione "on-farm" e altre applicazioni

Per ulteriori e più aggiornati dettagli su tutti gli argomenti trattati in questo manuale, si segnala il sito www.vetiver.org, che dispone di numerosi link collegati a tutti i principali argomenti.

CAPITOLO 1

LA PIANTA DI VETIVER

CONTENUTI

1. INTRODUZIONE 1
2. CARATTERISTICHE PECULIARI DEL VETIVER 1
   2.1 Morfologia 1
   2.2 Fisiologia 2
   2.3 Ecologia 3
   2.4 Tolleranza alle basse temperature 3
   2.5 Sintesi del range di adattabilità 4
   2.6 Caratteristiche genetiche 4
   2.7 Potenziale infestante 7
3. CONCLUSIONI 7
4. BIBLIOGRAFIA 7

1. INTRODUZIONE

Il Sistema Vetiver (SV), basato sull'utilizzo della pianta di Vetiver, (Vetiveria Zizanioides, L. Nash, recentemente riclassificata *Chrysopogon zizanioides*, L. Roberty), fu inizialmente sviluppato, a metà degli anni 80, dalla Banca Mondiale per la salvaguardia delle acque e dei suoli in India. Sebbene questa applicazione giochi tuttora un ruolo fondamentale in agricoltura e nella gestione dei suoli, attraverso gli studi e le ricerche sviluppate negli ultimi 20 anni, si è dimostrato che, grazie alle caratteristiche peculiari del Vetiver, questo metodo può essere considerato a pieno titolo un sistema bio-ingegneristico ad uso della stabilità dei pendii scoscesi e franosi, smaltimento delle acque reflue, fitorimedio di terreni ed acque contaminati ed altre applicazioni che hanno come obiettivo la tutela dell'ambiente.

Quali effetti produce e come funziona il Sistema Vetiver?

Il SV è un metodo semplice, pratico, efficace, economico e a bassa manutenzione per la salvaguardia del suolo e dell'acqua, il controllo dei sedimenti, la stabilizzazione e la riabilitazione dei terreni, e fitoremediale. Essendo una soluzione vegetativa, è naturalmente eco-compatibile. Quando le piante sono sistemate in siepi su singola fila, formano una barriera molto efficace nel frenare lo scorrimento delle acque meteoriche, riducendo così l'erosione superficiale e preservando i terreni dalla perdita di umidità trattenendo al contempo i sedimenti ed i fitofarmaci veicolati dalle acque. Sebbene qualsiasi barriera sia in grado di conseguire tali risultati, il Vetiver, grazie alla sua fisio-morfologia unica e straordinaria, è in grado di ottenerli in maniera molto più efficace rispetto a qualsiasi altro sistema testato. Inoltre, l'apparato radicale di dimensioni massive ed estremamente profondo, imbriglia gli strati del sottosuolo rendendo difficile la lisciviazione dello strato superficiale del terreno, anche in condizioni di scorrimento veloce delle acque. L'apparato radicale profondo, e veloce nel penetrare i suoli, rende la pianta molto resistente alla siccità e molto adatta a stabilizzare terreni dalla forte pendenza.

L'Extension Workers Manual o Libretto Verde

A complemento di questo manuale tecnico, esiste il libretto verde, inizialmente pubblicato dalla Banca Mondiale nel 1987: Vetiver Grass - Una Barriera Contro L'Erosione, di John Greenfield.

Questo manuale di riferimento, è invece molto più tecnico nel descrivere il Sistema Vetiver e si rivolge principalmente a tecnici, accademici, progettisti, Enti Governativi, pianificatori del territorio. Per il lavoro sul campo, per gli agricoltori, il libretto verde rimane lo strumento più pratico in quanto le sue dimensioni consentono di trasportarlo nel taschino della giacca.

2. CARATTERISTICHE PECULIARI DEL VETIVER

2.1 Morfologia:

- Il Vetiver non presenta stoloni o rizomi. Il gigantesco apparato radicale è finemente strutturato e può crescere molto velocemente fino a raggiungere, in alcune applicazioni, la profondità di 3-4 m ad un anno dalla sistemazione. La

profondità dell'apparato radicale rende la pianta tollerante verso i climi più siccitosi e difficilmente estirpabile dal flusso idraulico.

- Presenta getti rigidi ed eretti che si mantengono verticali anche in acque relativamente profonde e di veloce scorrimento (Foto 1).
- Grande resistenza a malattie, insetti fitofagi e incendi (Foto 2).
- Quando le piante vengono sistemate in dense file, la formazione di una fitta siepe agisce come un efficace filtro per intrappolare sedimenti di scorrimento generando una diffusione del carico meteorico.
- La nuova vegetazione viene originata dalla corona, porzione legnosa sotterranea che, rimanendo fuori dalla portata degli elementi, rende la pianta resistente agli incendi, alle gelate, al calpestio, al pascolamento.
- Dai nodi si sviluppano facilmente nuove radici. Quando l'accumulo di sedimenti trascinati dalle acque lungo le siepi ricopre parzialmente o totalmente le piante, queste sono in grado di riemergere in breve tempo, colonizzando il nuovo livello, e formando in questo modo terrazzamenti spontanei

Foto 1. I getti rigidi ed eretti formano una fitta siepe laddove piantati a distanza ravvicinata.

Foto 2. Vetiver colpito da un incendio boschivo (sinistra) e due mesi dopo lo stesso incendio (destra).

2.2 Fisiologia

- Tolleranza a variazioni climatiche estreme quali prolungata siccità, inondazione, sommersione e temperature estreme da -15 a +55°C .
- Veloce rigenerazione dopo shock da gelo, siccità, salinità; l'essenza risponde velocemente al miglioramento del clima e ad altri generi di miglioramento.
- Tolleranza ad un ampio spettro di pH: da 3.3 a 12.5 senza correttivi del suolo.
- Alto livello di tolleranza alla presenza di erbicidi e pesticidi.
- Elevata efficienza nell'incorporare nutrienti disciolti quali N e P e metalli pesanti presenti nelle acque inquinate.
- Elevata tolleranza a substrati di crescita acidi, alcalini, sodici, salini o ricchi di magnesio.
- Elevata tolleranza ad Al, Mn e metalli pesanti presenti nel suolo quali As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se e Zn.

Foto 3. Sulle dune costiere di Quang Binh (sinistra) e sui suoli salinizzati nella provincia di Gò Còng (destra).

Foto 4. Su superfici ad acidità estrema in Tàn An (sinistra) e su terreni alcalini e sodici in Ninh Thun (destra).

2.3 Ecologia

Sebbene il Vetiver presenti una elevata versatilità nei confronti delle sopra citate condizioni ambientali estreme, rimane una tipica essenza tropicale, e come tale non tollera l'ombreggiamento. La mancanza di insolazione diretta, ridurrà la crescita e, in casi estremi porterà la pianta, nel lungo periodo ad estinguersi. Il Vetiver cresce meglio in spazi aperti e liberi dalle erbacee infestanti maggiori: nella prima fase dell'accrescimento sarà dunque necessario un controllo delle malerbe. Su superfici erodibili o instabili, il Vetiver dapprima ridurrà l'erosione limitando la dilavazione del terreno (in particolare nei pendii scoscesi), in un secondo tempo, favorirà la colonizzazione delle essenze pioniere autoctone o l'introduzione di specie seminate. Ciò è reso possibile dall'azione di conservazione dei nutrienti e dell'umidità, portata da un generale miglioramento del microclima. Grazie a questa azione, il Vetiver si considera ideale per la staffetta ecologica anche su terreni fortemente compromessi.

2.4 Tolleranza alle basse temperature

Sebbene sia una pianta tropicale, il Vetiver può ambientarsi e prosperare in condizioni di freddo estremo. Quando il clima presenta delle gelate, la parte aerea interrompe la crescita attiva e si pone in dormienza presentandosi di color violaceo. Al tempo stesso la porzione sotterranea sopravvive. In Australia, la crescita del Vetiver non è stata compromessa da intense gelate che hanno portato la temperatura a -14°C, la stessa resistenza si è notata in Cina in condizioni di gelo con punte di -22°C per brevi periodi. In Georgia (USA), il Vetiver è sopravvissuto a temperature del terreno di -10°C, ma non di -15°C. Recenti ricerche hanno indicato che la temperatura ottimale del suolo per lo sviluppo dell'apparato radicale è intorno ai 25°C, ma che a 13°C continua comunque a crescere. Sebbene sia stata rilevata una scarsa crescita dei getti basali in presenza di una temperatura diurna compresa tra i 13 ed i 15°C, le radici hanno continuato a svilupparsi ad un ritmo di 12,6 cm al giorno, indicando che il Vetiver scivola in uno stato di dormienza solo ad una temperatura pari a circa 5°C (Figura1).

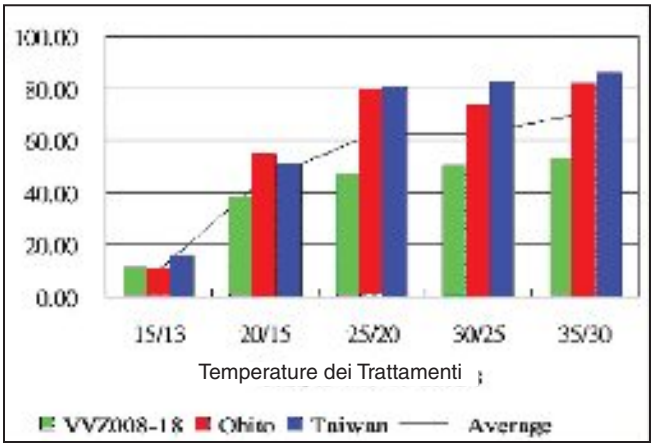

Figura 1. L'effetto della temperatura del suolo sulla crescita dell'apparato radicale del Vetiver.

2.5 Sintesi del campo di adattabilità

La Tabella 1 mostra la sintesi del campo di adattabilità del Vetiver.

Tabella 1. Campo di adattabilità del Vetiver in Australia ed altri paesi Caratteristica Australia Altri Paesi

Caratteristica	Australia	Altri Paesi
Condizioni di suolo Avverse Acidità (pH) Salinità (50% riduzione del raccolto Salinità (sopravvissuto) Livello di Alluminio (Al Sat.%) Livello di Manganese Sodicità Magnesicità	 3.3-9.5 17.5 mScm-1 47.5 mScm-1 Between 68% - 87% > 578 mgkg-1 48% (exchange Na) 2400 mgkg-1 (Mg)	4.2-12.5 (alto livello di Al solubile)
Fertilizzante Il Vetiver può essere allevato su terreno sterile grazie alla sua forte associazione con micorriza	NeP (300 kg/ha DP)	N e P, concime agricolo
Metalli Pesanti Arsenico (As) Cadmio (Cd) Rame (Cu) Cromo (Cr) Nickel (Ni) Mercurio (Hg) Piombo (Pb) Selenio (Se) Zinco (Zn)	 100-250 mgkg^{1} 20 mgkg^{1} 35-50 mgkg^{1} 200-600 mgkg^{1} 50-100 mgkg^{1} >6 mgkg^{1} >1500 mgkg^{1} 74 mgkg^{1} 750 mgkg^{1}	
Località	150ºS to 370ºS	410ºN - 380ºS
Clima Precipitazioni Annue (mm) Gelo (temp. Terreno) Onda di calore Siccità (nessuna pioggia effettiva)	 450-4000 -11ºC 45ºC 15 Mesi	 250-5000 -22ºC 55ºC
Palatabilità	Mucche da latte, bestiame, cavalli, conigli, pecore, canguri	Mucche, bestiame, capre, pecore, maiali, carpe
Valore Nutrizionale	N=1.1% P=0.17% K=2.2%	Proteine 3.3% Grassi 0.4% Fibre 7.1%

2.6 Caratteristiche genetiche

Vi sono tre specie di Vetiver attualmente in uso per scopi di protezione ambientale.

2.6.1. Vetiveria zizanioides L riclassificata Chrysopogon zizanioides L

Vi sono due specie di Vetiver originarie del sub-continente indiano: *Chrysopogon zizanioides* e *Chrysopogon lawsonii*. Il *Chrysopogon zizanioides* esiste in molte differenti varietà. Generalmente le varietà provenienti dal sud dell'India sono quelle coltivabili ed hanno apparati radicali forti e profondi. Queste varietà tendono alla poliploidia, mostrano elevati livelli di sterilità e non sono da considerarsi invasive. Le varietà del nord dell'India, diffuse nel bacino del Gange e dell'Indo, sono selvatiche e possiedono un apparato radicale meno sviluppato. Queste varietà sono diploidi e sono note per essere infestanti ma non necessariamente invasive. Queste varietà dell'India settentrionale NON sono consigliabili per l'applicazione del Sistema Vetiver. Vogliamo inoltre sottolineare che gran parte delle ricerche e delle applicazioni in campo, condotte nei diversi ambiti applicativi, hanno visto protagoniste le varietà indiano-meridionali quali Monto e Sunshine che sono strettamente imparentate con le altre varietà, appartenendo allo stesso genotipo. Studi relativi al DNA hanno confermato infatti che il 60% delle applicazioni, condotte nel campo bio-ingegneristico e fitoremediale, in zone tropicali e sub-tropicali, vedono l'utilizzo del *Chrysopogon zizanioides* con varietà del genotipo Monto/Sunshine.

2.6.2 *Chrysopogon nemoralis*

Questa specie di Vetiver è nativa e largamente diffusa sugli altipiani del Laos, Thailandia e Vietnam e probabilmente anche in

Cambogia e Myanmar. E' storicamente utilizzata in Thailandia per la copertura delle abitazioni. Questa specie non è sterile. Le principali differenze tra *C. nemoralis* e *C. zizanioides* consistono in una maggiore altezza di quest'ultima, e steli di maggior spessore e rigidità. Il *C. zizanioides* possiede inoltre un apparato radicale di proporzioni maggiori che raggiunge più grandi profondità, mentre le sue foglie sono più larghe e possiedono una striatura verde più chiara lungo la costa centrale, come evidenziato nelle foto qui di seguito riprodotte (Foto 5-8).

Foto 5. Foglie di Vetiver: C. zizanioides (sinistra) e C. nemoralis (destra).

Foto 6. Getti di Vetiver: C. nemoralis (sinistra) e C. zizanioides (destra).

Foto 7. Differenze tra gli apparati radicali di C. zizanioides (sopra) e C. nemoralis (sotto).

Sebbene il *C. nemoralis* non sia efficace quanto il *C. zizanioides*, gli operatori del settore agricolo hanno ravvisato l'utilità del *C. nemoralis* nella salvaguardia del territorio, è stato infatti utilizzato sia sugli Altipiani Centrali che in alcune provincie costiere del Vietnam Centrale quali il Quang Ngai, allo scopo di stabilizzare le dighe delle risaie (Foto 9).

2.6.3 Chrysopogon nigritana

La specie è nativa dell'Africa Occidentale e Meridionale, la sua applicazione è principalmente ristretta al sub continente. Dato che questa varietà produce semi dotati di germinabilità, il suo uso dovrebbe essere circoscritto al suo luogo di origine.

Foto 8. Apparato radicale del Vetiver allevato in piena terra (sinistra e centro); apparato radicale coltivato su pontone galleggiante (destra).

Foto 9. C. nemoralis a delimitazione di una risaia, nel Quang Ngai (sinistra) ed allo stato spontaneo - Altipiani Centrali (destra).

Foto 10. Chrysopogon nigritana in Mali, Africa Occidentale.

2.7 Potenziale infestante

Le varietà di Vetiver originarie dell'India Meridionali sono non aggressive; le piante non producono né stoloni né rizomi e devono necessariamente essere propagate per divisione vegetativa della corona. E' imperativo che ogni pianta utilizzata per scopi bio-ingegneristici, non diventi un'infestante nel nuovo ambito di applicazione; quindi le varietà indicate per questo utilizzo sono quelle indiano-meridionali quali Monto, Sunshine, Karnataka, Fiji e Madupatty.

Nelle isole Fiji, il Vetiver venne introdotto oltre 100 anni fa per fornire copertura alle abitazioni locali, da 50 anni inoltre si utilizza per la salvaguardia del suolo e delle risorse idriche, e da allora questa pianta non ha mai mostrato alcun segno di invasività. Il Vetiver può facilmente essere eliminato tramite il diserbo con glifosate (roundup) oppure tagliando la pianta al di sotto della corona.

3. CONCLUSIONI

Le varietà di Vetiver originarie dell'India Meridionali sono non aggressive; le piante non producono né stoloni né rizomi e devono necessariamente essere propagate per divisione vegetativa della corona. E' imperativo che ogni pianta utilizzata per scopi bio-ingegneristici, non diventi un'infestante nel nuovo ambito di applicazione; quindi le varietà indicate per questo utilizzo sono quelle indiano-meridionali quali Monto, Sunshine, Karnataka, Fiji e Madupatty. Nelle isole Fiji, il Vetiver venne introdotto oltre 100 anni fa per fornire copertura alle abitazioni locali, da 50 anni inoltre si utilizza per la salvaguardia del suolo e delle risorse idriche, e da allora questa pianta non ha mai mostrato alcun segno di invasività. Il Vetiver può facilmente essere eliminato tramite il diserbo con glifosate (roundup) oppure tagliando la pianta al di sotto della corona.

4. BIBLIOGRAFIA

Adams, R.P., Dafforn, M.R. (1997). DNA fingerprints (RAPDs) of the pantropical grass, *Vetiveria zizanioides* L, reveal a single clone, "Sunshine," is widely utilised for erosion control. Special Paper, The Vetiver Network, Leesburg Va, USA.

Adams, R.P., M. Zhong, Y. Turuspekov, M.R. Dafforn, and J.F.Veldkamp. 1998. DNA fingerprinting reveals clonal nature of Vetiveria zizanioides (L.) Nash, Gramineae and sources of potential new germplasm. Molecular Ecology 7:813-818.

Greenfield, J.C. (1989). Vetiver Grass: The ideal plant for vegetative soil and moisture conservation. ASTAG - The World Bank, Washington DC, USA.

National Research Council. 1993. Vetiver Grass: A Thin Green Line Against Erosion. Washington, D.C.: National Academy Press. 171 pp.

Purseglove, J.W. 1972. Tropical Crops: Monocotyledons 1. , New York: John Wiley & Sons.

Truong, P.N. (1999). Vetiver Grass Technology for land stabilisation, erosion and sediment control in the Asia Pacific region. Proc. First Asia Pacific Conference on Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilisation. Manila, Philippines, April 1999.

Veldkamp. J.F. 1999. A revision of *Chrysopogon* Trin. including Vetiveria Bory (Poaceae) in Thailand and Melanesia with notes on some other species from Africa and Australia. Austrobaileya 5: 503-533.

CAPITOLO 2

METODI DI PROPAGAZIONE DEL VETIVER

CONTENUTI

1. INTRODUZIONE 8
2. VIVAIZZAZIONE DEL VETIVER 8
3. METODI DI PROPAGAZION 9
   3.1 Divisione delle piante mature per la produzione di cespi a radice nuda 9
   3.2 Propagazione del Vetiver da porzioni vegetative 9
   3.3 Moltiplicazione gemmaria o micropropagazione 12
   3.4 Coltivazione del tessuto 12
4. PREPARAZIONE DEL MATERIALE DA PIANTUMAZIONE 12
   4.1 Polybags o contenitori 12
   4.2 Strisce pronte da trapianto 12
5. VIVAI IN VIETNAM 13
6. BIBLIOGRAFIA 14

1. INTRODUZIONE

Dal momento che molte delle principali applicazioni necessitano di un gran numero di piante, la qualità del materiale di propagazione, è di fondamentale importanza per il successo del Sistema Vetiver (SV). Ciò comporta la necessità di avere vivai in grado di produrre grandi quantità di piante a basso costo e di elevata qualità. L'uso esclusivo di cultivar sterili (*C.zizanioides*) preverrà la diffusione in nuovi ambienti di varietà infestanti. Test del DNA hanno provato che il Vetiver sterile possiede un genoma simile a quello delle varietà Monto e Sunshine, entrambe originarie del sud dell'India. Data questa caratteristica, tali varietà devono necessariamente essere propagate per via vegetativa.

2. VIVAIZZAZIONE DEL VETIVER

I vivai forniscono il materiale vegetativo per gli impianti e per la micropropagazione del Vetiver. I seguenti criteri faciliteranno la creazione di vivai produttivi e facili da gestire:

- **Tipo di terreno:** letti di crescita formati da terreni a prevalenza sabbiosa garantiscono il minimo danneggiamento della corona e delle radici. Sebbene terreni con una maggior presenza di argille siano ritenuti accettabili, quelli composti di argille pesanti non lo sono.
- **Topografia:** terreni in leggero declivio garantiscono dal paludamento. Siti pianeggianti sono accettabili ma l'apporto idrico deve essere accuratamente monitorato per evitare ristagni che inibirebbero la crescita delle giovani piante; tuttavia, le piante mature sopportano e prosperano in situazioni di ristagno.
- **Ombreggiamento:** gli spazi aperti sono da preferire dato che l'ombreggiamento influenza negativamente la crescita, ma l'ombreggiamento parziale è da considerarsi accettabile. Il Vetiver è una pianta C4 e gradisce pieno sole.
- **Sesto d'impianto:** il Vetiver necessita di lunghi filari ordinati per facilitare la raccolta meccanica.
- **Metodo di raccolta:** la raccolta può avvenire sia meccanicamente che manualmente: un attrezzo eradica le piante 20-25 cm sotto il piano di campagna. Per evitare il danneggiamento della corona si usi un aratro a versoio singolo o anche un aratro a disco modificato.
- **Irrigazione:** l'irrigazione a getto sopra le chiome distribuirà l'apporto idrico in maniera uniforme, le piante mature gradiscono irrigazione a scorrimento.
- **Addestramento del personale addetto:** per ottenere una buona riuscita del vivaio è essenziale che il personale sia correttamente addestrato.
- **Piantumazione meccanica:** una trapiantatrice meccanica o una piantatrice modificata possono sistemare un gran numero di plantule nel vivaio.

- **Disponibilità di macchinari agricoli:** per la preparazione del vivaio, il controllo delle malerbe, il raccolta del Vetiver e il taglio delle chiome, è necessaria una semplice dotazione di macchinari agricoli.

Foto 1. Piantumazione meccanica (sinistra) piantumazione manuale (destra).

3. METODI DI PROPAGAZIONE

I metodi più comunemente applicati per la propagazione del Vetiver sono quattro:

- Divisione dei getti maturi dai cespi della piante madre; si ottengono così cespi a radice nuda, utili per il trapianto immediato o la coltivazione in polybags.
- Uso di sezioni della pianta madre.
- Moltiplicazione da gemma viva o micropropagazione in vitro per una produzione su larga scala.
- Coltura di tessuto utilizzando piccole porzioni di pianta, per una propagazione su larga scala.

3.1 Divisione delle piante mature per la produzione di cespi a radice nuda

La separazione dei getti dalla pianta madre richiede attenzione e cura al fine di ottenere cespi che contengano almeno due o tre getti ed una porzione della corona. Dopo la separazione, i cespi devono essere ridotti ad una lunghezza pari a circa 20 cm (figura 1). Alle propagazioni così ottenute, si possono applicare differenti trattamenti: ormone radicante, fanghi di stalla, fanghi argillosi o semplicemente possono essere lasciati in un contenitore con poca acqua fino alla radicazione. Per velocizzare la crescita, i cespi devono essere conservati in un ambiente umido e soleggiato fino al successivo trapianto. - Foto 2

Figura 1. Come dividere cespi di Vetiver.

3.2 Propagazione del Vetiver da porzioni vegetative

Per la propagazione vegetativa si utilizzano tre diverse porzioni di pianta (Foto 3 e 4):

- Cespi o getti.
- Corona (fusto, la parte dura della pianta fra le gemme e le radici)
- Culmi.

Il culmo è lo stelo fiorifero di una pianta erbacea. Il culmo del Vetiver è rigido, solido e duro; possiede nodi prominenti che recano gemme laterali da cui possono formarsi sia gemme che radici quando esposti in condizioni di elevata umidità. Che siano distesi orizzontalmente o inseriti in letti di radicazione di sabbia umida, le porzioni di culmo svilupperanno rapidamente radici o gemme da ogni nodo. Le Van Du, della Facoltà di Agro-Silvicoltura dell'università di Ho Chi Minh City, per propagare il Vetiver da porzioni vegetative ha sviluppato il seguente metodo che si suddivide in quattro fasi:

Foto 2. Cespi a radice nuda pronti per il trapianto (sinistra) e bagnati con fanghi argillosi o di stalla (destra).

- Preparare il materiale da propagazione
- Spruzzare i tagli con una soluzione diluita al 10% di macerato di giacinto d'acqua.
- Coprire con un telo plastico il materiale da propagazione e lasciare 24 ore a riposo.
- Bagnare le porzioni basali con fanghi argillosi o fango di letame, trapiantare.

3.2.1 Preparazione dei tagli di Vetiver

Foto 3. Getti adulti (sinistra) e getti nuovi (destra).

Culmi di Vetiver

Selezionare i culmi "adulti", dotati di un maggior numero di nodi e gemme mature rispetto ai culmi più giovani. Tagliare i culmi in porzioni di 30-50 mm, compresi 10-20 mm sotto il nodo, avendo cura di rimuovere le porzioni residue di foglie ancora presenti a copertura dei nodi stessi. Nuovi getti emergeranno a circa una settimana dalla piantumazione.

Getti di Vetiver

- Selezionare getti maturi con almeno tre o quattro foglie ben sviluppate.
- Separare attentamente i getti avendo cura di lasciare la base intatta ed alcune radici.

Corona o fusto di Vetiver

La corona è la base della pianta matura di Vetiver da cui si originano i nuovi getti. Si utilizzi solo la porzione superiore della corona matura.

3.2.2. Preparazione della soluzione di giacinto acquatico

Il macerato di giacinto acquatico contiene grandi quantità di ormoni e regolatori della crescita tra cui acido Giberellico e composti Indol-Acetici (IAA). Per la preparazione dell'ormone radicante dal Giacinto acquatico:

- Raccogliere Giacinto acquatico da canali o zone lacustri.

Foto 4. Porzioni di corona della pianta di Vetiver (sinistra) e porzioni di culmi con nodi (destra).

- Chiudere ermeticamente le piante in una busta di plastica da 20 l.
- Lasciare nella busta per circa un mese fino alla decomposizione del contenuto.
- Eliminare la parte solida e conservare solo il liquido.
- Filtrare la soluzione e conservare in un luogo fresco fino all'utilizzo.

3.2.3 Trattamento e piantumazione

Foto 5: A Sinistra la nebulizzazione delle propagazioni con una soluzione al 10% di giacinto d'acqua; a destra la loro copertura totale con film plastico per 24 ore.

3.2.4 Vantaggi dell'uso dei cespi a radice nuda e dei culmi

Vantaggi:

- Metodo rapido, efficace ed economico per preparare materiale da impianto.
- Volume contenuto e costi di trasporto bassi.
- Facilità di piantumazione manuale.
- Facilmente meccanizzabile per impianti di maggior rilevanza.

Foto 6: Impianto con letame in un buon letto di crescita.

Svantaggi:

- Sensibile all'essiccazione e alle temperature estreme.
- Tempi di conservazione del materiale ridotti.
- Necessita di terreno umido.
- Richiede frequenti annaffiature nelle prime settimane.
- Tecnica consigliata ove vi sia facile accesso a risorse idriche.

3.3 Moltiplicazione gemmaria o micropropagazione

Il Dr. Le Van Bé della Can Tho University presso Can Tho City, in Vietnam ha sviluppato un metodo molto semplice e pratico per la moltiplicazione gemmaria (Le Van Bé et al, 2006). Il suo protocollo consiste di quattro stadi di micropropagazione, tutti condotti in un ambiente liquido:

- Induzione della crescita delle gemme laterali.
- Moltiplicazione dei nuovi getti.
- Induzione alla radicazione dei nuovi getti.
- Induzione della crescita in ombrario o in serra

3.4 Coltivazione di tessuto

La coltivazione di tessuto è un altro modo per produrre materiale da propagazione in grandi quantità utilizzando particolari porzioni di pianta (porzioni radicali, infiorescenze, tessuto nodale). La procedura è comunemente utilizzata dall'industria vivaistica internazionale. Sebbene i protocolli dei singoli laboratori siano spesso differenti, la coltivazione tissutale comporta l'utilizzo di piccole porzioni vitali coltivate in ambienti particolari in condizioni asettiche, nonché la piantumazione delle plantule in ambiente idoneo. Maggiori dettagli sono contenuti nello studio del Prof. Truong (Truong 2006).

4. PREPARAZIONE DEL MATERIALE

Per incrementare il fattore di sopravvivenza in condizioni ostili, quando le plantule prodotte con i metodi sopra descritti sono pronte, o i cespi a radice nuda sono stati preparati per la disposizione, si può procedere alla sistemazione in:

- polybags o contenitori
- strisce pronte da piantare

4.1 Polybags o contenitori

Le plantule o i cespi a radice nuda vengono trapiantati in contenitori da vivaio o bustine di plastica da vivaio con una miscela al 50% di sabbia e terriccio commerciale e qui allevate per un periodo variabile tra le tre e le sei settimane, a seconda della temperatura. Quando germogliano almeno tre nuovi getti, le plantule sono pronte per la sistemazione.

Foto 7. cespi a radice nuda e piante cresciute in contenitore (sinistra); preparazione delle polybags (centro), piante in polybags pronte per il trapianto (destra).

4.2 Strisce pronte

Le strisce pronte da piantare sono una variante delle polybags, invece di utilizzare buste singole, i cespi a radice nuda o le porzioni di culmo, sono trapiantate strettamente in appositi solchi inguainati. Il risultato sarà una striscia pronta all'uso, facilmente trasportabile ed interamente trapiantabile che si gioverà dell'intrico di radici per mantenersi unita. Questa tecnica permette notevoli risparmi di tempo e risorse qualora sia necessario lavorare lungo pendii scoscesi o siti difficoltosi. Il fattore di sopravvivenza risulta particolarmente elevato.

Foto 8. Strisce pronte da piantare nei contenitori (sinistra); rimosse dai contenitori (centro) e pronte per la piantumazione (destra).

4.2.1 Vantaggi e svantaggi delle piante in contenitore e delle strisce pronte

Vantaggi:

- Le piante sono resistenti e non vengono minacciate dall'esposizione ad alte temperature e bassa umidità.
- Minore necessità irrigua dopo la piantumazione.
- Attecchimento e crescita più rapide dopo la sistemazione.
- Possibilità di dilatare i tempi di trapianto definitivo.
- Tecnica raccomandabile per condizioni ambientali ostili.

Svantaggi:

- Maggiori spese di produzione.
- Tempi di preparazione superiori: 4-5 settimane e oltre.
- Spese di trasporto superiori per maggiori volumi e peso.
- Costi di manutenzione più elevati qualora le piante in contenitore non vengano trapiantate entro una settimana.

5 VIVAI IN VIETNAM

In ogni parte del Vietnam sono stati creati con successo diversi vivai.

Foto 9: Nel Sud: Can Tho University (sinistra) e nella provincia di An Giang (destra)

Foto 10: Nel Centro-Sud: Quang Nai (sinistra) e Binh Phuoc (destra)..

Foto 11: Nel Centro-Nord Quang Binh (sinistra) e lungo l'Autostrada HCM (destra)..

Foto 12: Nel Nord: Bac Ninh (sinistra) e a Bac Giang (destra)

6. BIBLIOGRAFIA

Charanasri U., Sumanochitrapan S., and Topangteam S. (1996). Vetiver grass: Nursery development, field planting techniques, and hedge management. Unpublished paper presented at Proc. First International Vetiver Conf., Thailand, 4-8 February 1996.

Lê Văn Bé, Võ Thanh Tân, Nguyễn ThăTăUyên.(2006). Nhân Giong Co Vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Regional Vetiver conference, Can Tho University, Can Tho, Vietnam.

Lê Văn Bé, Võ Thanh Tân, Nguyễn ThăTăUyên (2006). Low cost micro-propagation of Vetiver grass Proc. Fourth International Vetiver Conference, Caracas, Venezuela, October 2006.

Murashige T., and Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15: 473-497.

Namwongprom K., and Nanakorn M. (1992). Clonal propagation of Vetiver in vitro. In: Proc. 30th Ann. Conf.on Agric., 29 Jan-1 Feb 1992 (in Thailand).

Sukkasem A. and Chinnapan W. (1996). Tissue culture of Vetiver grass. In: Abstracts of papers presented at Proc. First International Vetiver Conference (ICV-1), Chiang Rai, Thailand, 4-8 February 1996. p. 61, ORDPB, Bangkok.

Truong, P. (2006). Vetiver Propagation: Nurseries and Large Scale Propagation. Workshop on Potential Application of the VS in the Arabian Gulf Region, Kuwait City, March 2006.

CAPITOLO 3

IL SISTEMA VETIVER PER LA RIDUZIONE DEGLI EFFETTI CAUSATI DA CALAMITA' NATURALI E LA PROTEZIONE DELLE INFRASTRUTTURE

CONTENUTI

1. TIPOLOGIA DELLE CALAMITA' NATURALI GESTIBILI CON IL GESTIBILI CON IL SISTEMA VETIVER 16
2. PRINCIPI GENERALI DI STABILITÀ E STABILIZZAZIONE DEL PENDIO
   2.1 Profilo del pendio 16
   2.2 Stabilità del pendio 16
   2.3 Tipologia di cedimento del pendio 17
   2.4 Fattore umano nel cedimento del pendio 18
   2.5 Mitigazione del cedimento del pendio 18
   2.6 Stabilizzazione vegetativa del pendio 19
3. STABILIZZAZIONE DEL PENDIO CON IL SISTEMA VETIVER 21
   3.1 Caratteristiche del Vetiver adatto a stabilizzare il pendio 21
   3.2 Caratteristiche peculiari del Vetiver utili a mitigare gli effetti dei disastri provocati dall'acqua 22
   3.3 Resistenza alla trazione e Resistenza al taglio delle radici di Vetiver 22
   3.4 Caratteristiche idrauliche 24
   3.5 Pressione Idrostatica 25
   3.6 Applicazioni del SV per la mitigazione degli effetti causati dalle calamità naturali e la protezione delle infrastrutture 25
   3.7 Vantaggi e svantaggi del Sistema Vetiver 26
   3.8 Congiuntamente ad altre soluzioni 27
   3.9 Software Sviluppato 27
4. DESIGN E TECNICHE APPROPRIATE 27
   4.1 Precauzioni 27
   4.2 Periodo di piantumazione 28
   4.3 Il Vivaio 28
   4.4 Preparazione alla piantumazione del Vetiver 29
   4.5 Tecniche di sistemazione 29
   4.6 Tecniche di piantumazione 30
   4.7 Manutenzione 30
5. APPLICAZIONI DEL SISTEMA VETIVER PER LA RIDUZIONE DEGLI EFFETTI CAUSATI DA CALAMITA' NATURALI E PER LA PROTEZIONE DELLE INFRASTRUTTURE IN VIETNAM 31
   5.1 Applicazione del Sistema Vetiver per la protezione delle dune sabbiose in Vietnam Centrale 31
   5.2 Applicazione del Sistema Vetiver per il controllo dell'erosione delle sponde fluviali 32
   5.3 Applicazione del Sistema Vetiver per il controllo dell'erosione costiera 36
   5.4 Applicazione del Sistema Vetiver per la stabilizzazione di tagli stradali 37
6. CONCLUSIONI 39
7. BIBLIOGRAFIA 40

1. TIPOLOGIA DELLE CALAMITA' NATURALI GESTIBILI CON IL SISTEMA VETIVER.

Oltre all'erosione dei terreni, il Sistema Vetiver (SV) può essere applicato per contenere o eliminare molte tipologie di calamità naturali tra cui frane, movimento di masse fangose, instabilità di tagli stradali, ed erosione (di sponde fluviali, canali, linee costiere, dighe e contenimento in terra battuta di invasi idrici).

In molte aree montuose del Vietnam, quando le forti piogge saturano il terreno e lo strato roccioso, si verificano frane con scorrimento di detriti. Esempi rappresentativi di ciò possono essere desunti da quanto occorso nel distretto di Muong Lay, nella provincia di Dien Bien nel 1996, quando si sono verificati smottamenti catastrofici con trascinamento di detriti e piene improvvise, oppure la frana al passo Hai Van del 1999 che ha interrotto la direttrice di traffico Nord-Sud per due settimane con un conto dei danni stimato in milioni di dollari. Analogamente, le frane più devastanti, con movimento di oltre un milione di metri cubici di materiale, occorse presso Thiet Dinh Lake, nel distretto di Hoai Nhon, nella provincia di Binh Dinh, nei comuni di An Linh e An Nghiêp, nel distretto di Tuy An e nella provincia di Phu Yen, hanno provocato ingenti danni sia in termini di proprietà che di vite umane.

Erosione delle sponde fluviali e della linea costiera, cedimento strutturale delle dighe, sono eventi all'ordine del giorno in Vietnam; esempi tipici siano l'erosione delle sponde a Pho Tho, presso Hanoi ed in molte provincie del Vietnam Centrale (tra cui Thua Thien Hue, Quang Nam, Quang Nam, Quang Ngai e Binh Dinh); l'erosione della linea costiera nel distretto di Hai Hau, nella provincia di Namh Dinh e l'erosione delle sponde e delle coste lungo il delta del fiume Mekong. Sebbene questi eventi ed altri quali esondazioni e tempeste, siano normali durante la stagione delle piogge, a volte durante la stagione secca si possono verificare cedimenti delle sponde fluviali quando il livello dei fiumi si trova al minimo annuale, come accaduto presso il villaggio di Hau Vien, nel distretto di Cam Lo della provincia di Quang Tri.

Gli smottamenti accadono più di frequente dove le attività umane giocano un ruolo decisivo: almeno il 20% (200 km) dei 1000 km della sezione Ha Tinh-Kon Tum della Ho Chi Minh Highway, sono ad alto rischio frana o instabilità, principalmente a causa di tecniche costruttive inadeguate e presupposta incomprensione di esistenti caratteristiche geologiche sfavorevoli. Le recenti frane occorse presso le cittadine di Yen Bai, Lao Cai e Bac Kan, sono avvenute dopo la decisione comunale di espansione residenziale in zone dove si sono resi necessari tagli di pendii con un gradiente elevato.

Anche i terremoti di maggiore entità hanno generato smottamenti in Vietnam, inclusi i movimenti tellurici del 1983 e del 2001, che hanno provocato frane lungo la direttrice da Dien Bien Town al distretto di Lai Chau.

Da un punto di vista meramente economico, il costo di ripristino dopo eventi simili è molto alto e gli stanziamenti del bilancio statale insufficienti. Per esempio, si consideri il costo della messa in sicurezza delle sponde fluviali: normalmente questa pratica ha un costo che oscilla tra 200,000 e 300,000 dollari USA/km, raggiungendo talvolta picchi di 700,000-1 milione di dollari USA. Il terrapieno di Tan Chau, lungo il corso del Mekong è un caso limite, con un costo di 7 milioni di dollari USA/km. Il costo della protezione delle sponde nella sola provincia di Quang Binh, è stimato richieda più di 20 milioni di dollari USA, quando il bilancio stanziato è di soli 300,000.

I problemi di budget sono fisiologici, ma questa necessità spinge verso soluzioni che utilizzano sistemi rigidi di protezione strutturale, implementati a macchia di leopardo verso le sezioni a più alto rischio e mai lungo l'intera linea costiera o sponda fluviale. Questo approccio è insufficiente ed aggrava i problemi.

Ognuno di questi eventi rappresenta un tipo di cedimento strutturale o movimento franoso, generato da un movimento verso valle di terreno e rocciame spostato dalla forza di gravità. Tale movimento può essere lento, anche impercettibile, oppure incredibilmente rapido e devastante, e verificarsi nel giro di pochi minuti. Dacché molti sono i fattori che influenzano le calamità naturali, siamo chiamati alla comprensione delle dinamiche che li causano ed alla comprensione dei principi cardine che regolano la stabilità del territorio. Queste informazioni ci permetteranno di impiegare efficacemente i metodi bio-ingegneristici forniti dal Sistema Vetiver al fine di ridurre il loro impatto

2. PRINCIPI GENERALI DI STABILITÀ E STABILIZZAZIONE DEL PENDIO

2.1 Profilo del pendio

Taluni pendii digradano dolcemente, altri sono estremamente ripidi. Il profilo di un pendio naturalmente eroso dipende principalmente dalla sua conformazione geologica e pedologica, dal naturale angolo di attrito statico del terreno e dal clima. Per terreni/rocce non inclini allo scivolamento, specialmente nelle regioni aride, la demolizione chimica avviene più lentamente in confronto alla demolizione causata dagli elementi. Il bordo del pendio, presenta un andamento da leggermente convesso ad angolare, la parete sottostante quasi verticale; i detriti saranno presenti su di un piano di accumulo, solo fino ad un angolo di attrito statico di 30-35°, angolo limite ove il materiale sciolto di un tipo di terreno può mantenersi stabile.

Tipologie di roccia/terreno non resistenti, specialmente nelle regioni umide, vengono demolite ed erose più facilmente. La pendenza risultante sarà caratterizzata da uno spesso strato di copertura; il bordo sarà convesso, la base concava.

2.2 Stabilità del pendio

2.2.1 Pendii naturali, sbancamenti a mezzacosta, tagli stradali, ecc. La stabilità di questi pendii è dovuta alla risultante dell'azione di due distinte forze: forza motrice e attrito. La forza motrice genera il movimento verso valle del materiale, mentre l'attrito lo ostacola. Se la forza motrice è maggiore dell'attrito, il pendio diviene instabile.

2.2.2 Sponde fluviali, erosione costiera ed instabilità dei bacini.

Gli ingegneri idraulici eccepirebbero che l'erosione delle sponde e le strutture di lagunaggio instabili andrebbero trattate separatamente visto che il carico connesso risulta molto differente, al contrario noi riteniamo che entrambe sono soggette alla stessa interazione risultante dalla forza motrice e dell'attrito. La rottura sopraggiunge quando le prime soverchiano le seconde.

In ogni caso, l'erosione delle sponde e l'instabilità dei bacini, sono generate da condizioni più complesse di quelle ora presentate, esse sono la risultante dell'interazione di forze idrodinamiche che agiscono nel letto ed al piede della sponda, e di forze gravitazionali che afferiscono al materiale di cui la sponda è costituita. La rottura avviene quando l'erosione del piede della sponda e l'adiacente letto di scorrimento, raggiungono un angolo tale da impedire alla sponda di sostenere il carico gravitazionale che eccede quindi la resistenza al taglio connessa ai materiali di cui la sponda è costituita. Dopo il crollo, il materiale disperso va alternativamente ad accumularsi nel letto di scorrimento, dilavato dalla corrente o depositato lungo il piede della sponda in forma di blocchi o materiale sciolto.

Il processo di regressione delle sponde operato dal fiume è essenzialmente di duplice natura: l'erosione di taglio dei materiali costituenti la sponda generano un progressivo retrocedere della sponda stessa. Inoltre, un innalzamento del livello della sponda, dovuto ad un abbassamento delle zone interne al letto di scorrimento, o un aumento della ripidità della sponda dovuto all'azione erosiva dello scorrimento sulla parte bassa della stessa, sono fattori che possono agire individualmente o congiuntamente per minare la stabilità della sponda e determinarne il cedimento strutturale. In risposta ai vincoli posti dalle proprietà del materiale costituente e dalle geometrie del profilo, il cedimento strutturale della sponda può essere il risultato di varie azioni meccaniche possibili, tra cui quelle planari, a rotazione [momenti N.d.T.] e cantilever [cedimento generato quando sotto la sponda viene a mancare il piano di appoggio a causa dei fenomeni erosivi e la porzione sovrastante è sollecitata a taglio mettendosi a sbalzo come una mensola fino al cedimento generato dalla forza di gravità N.d.T.].

I processi di erosione estranei all'azione della corrente, includono gli effetti del compattamento, dell'azione delle onde, piping and sapping [dell'erosione sotterranea e dell'essiccazione: condizione generata da sottoinfiltrazioni di acque nel terreno sottostante le sponde e della successiva estrazione delle stesse per variazioni di livello a monte e a valle, generanti fenomeni erosivi N.d.T.] , associati a sponde stratificate e condizioni sfavorevoli delle falde.

2.2.3 Forze Motrici

Sebbene la forza di gravità sia la principale forza di spostamento, essa non può agire da sola. Connessi alla sua azione, vi sono fattori quali l'angolo del pendio, l'angolo di attrito statico di suoli specifici, il clima, i materiali costituenti il pendio e soprattutto l'acqua.

- Il cedimento avviene preferibilmente ove esistano pendii ripidi.
- L'acqua gioca un ruolo primario nel generare il cedimento, particolarmente quando agisce sul piede del pendio:
- Sotto forma di fiumi o azione battente dell'onda, l'acqua erode la base del pendio, togliendo appoggio e generando forza motrice.
- L'acqua inoltre genera un aumento della forza motrice incrementando il carico del pendio: pervadendo i pori e le fratture, aumenta la massa totale soggetta alla forza gravitazionale.
- La presenza di acqua genera una Pressione Idrostatica che riduce la resistenza al taglio dei materiali che compongono il pendio. È importante sottolineare che drastici cambiamenti nel valore della Pressione Idrostatica (aumenti o diminuzioni improvvise) possono giocare un ruolo decisivo nel cedimento strutturale di un declivio.

2.2.4 Attrito

La principale forza di contrasto è la resistenza al taglio dei materiali, una funzione di coesione (la capacità delle particelle di attrarsi ed aggregarsi) e l'attrito (frizione tra particelle all'interno di un materiale) che si oppongono alla forza motrice. Il rapporto fra la Forza di Contrasto e la Forza Motrice, genera il Fattore di Sicurezza (SF). Se SF>1, il declivio è stabile; altrimenti è instabile. Normalmente un SF pari a 1.2 – 1.3 è accettabile, seppur basso. A seconda dell'importanza del pendio, e delle potenziali perdite associate al suo smottamento, dovrebbe essere garantito un SF di valore più elevato. In breve, la stabilità del declivio dipende da una serie di fattori: pedologia (tipo di terreno, tipo di roccia), geometria del declivio (altezza, angolo), clima, vegetazione, tempo. Ognuno di questi fattori gioca un ruolo significativo nel controllo di Forza Motrice e Attrito..

2.3 Tipologia del cedimento del pendio

A seconda del tipo di movimento e della natura dei materiali coinvolti, possono risultare diversi tipi di cedimento:

Quando il cedimento riguarda strati rocciosi, si verificherà una caduta ed una traslazione su diversi piani di frattura. Dacché il terreno è dotato di maggiore omogeneità e mancano piani di frattura visibili, si verificano scivolamenti rotatori e scorrimento. In generale, i movimenti franosi coinvolgono più di un tipo di movimento, per esempio: crollo superiore e flusso inferiore, oppure, superiormente scivolamento di terreno ed inferiormente movimento di masse rocciose.

Tabella 1: Tipi di cedimento del pendio

Tipo di movimento	Materiale coinvolto		
	Roccia		Solo
Cadute		- caduta di roccia	- caduta di suolo
Scivolamenti	Rotativi Traslativi	- frana sotterranea a blocchi di roccia - frana di roccia	- frana sotterranea a blocchi di suolo - frana di detriti
Scorrimenti	Lento Veloci	- deformazione di roccia	- deformazione di suolo - materiale saturato e non consolidato - smottamento - colata di fango (fino al 30% d'acqua) - colata di detriti - valanga di detriti
Complesso	Combinazione di due o più tipi di movimento		

2.4 Fattore umano nel cedimento del pendio

Gli smottamenti sono un fenomeno naturale che rientra nella categoria dell'erosione geologica. Frane e cedimenti accadono indipendentemente dalla presenza umana. Resta vero che le pratiche di sfruttamento del territorio giocano un ruolo primario nei processi che coinvolgono l'assetto del territorio. La combinazione di eventi naturali incontrollabili (terremoti, piogge eccezionali, ecc.) e modificazioni artificiali del territorio (escavazione dei pendii, deforestazione, urbanizzazione, ecc.) possono generare le cause per un cedimento disastroso.

2.5 Mitigazione del cedimento del pendio

La minimizzazione del cedimento avviene in tre fasi: identificazione delle aree potenzialmente instabili, prevenzione del cedimento, implementazione di misure correttive a seguito di cedimento. Una conoscenza approfondita della situazione geologica è di importanza fondamentale nel decidere il miglior metodo di mitigazione.

2.5.1 Identificazione .

Tecnici qualificati sono in grado di identificare le masse potenzialmente franose grazie all'osservazione di fotografie aeree, e identificando tramite queste, precedenti smottamenti e conducendo indagini sul campo di pendii potenzialmente instabili. I siti ove si possono verificare potenziali movimenti franosi, sono individuabili tramite gli indizi forniti da declivi fortemente scoscesi, piani di sedimentazione con giacitura a franapoggio, topografia irregolare con copertura di piante giovani, infiltrazioni d'acqua ed aree ove già si siano verificate frane. Tali informazioni sono usate per produrre una mappatura del rischio che indichi le aree soggette ad instabilità e smottamenti.

2.5.2 Prevenzione.

Prevenire instabilità e movimenti franosi risulta molto meno costoso che intervenire in un secondo tempo sui loro disastrosi effetti. Metodi di prevenzione includono il controllo del drenaggio, l'ammorbidimento degli angoli e delle altezze dei declivi, la vegetazione con coperture permanenti, murature di contenimento, pali e "shotcrete" (calcestruzzo contenente aggregativi sottili con cemento a presa rapida iniettato ad alta pressione N.d.T.). Questi metodi di sostegno necessitano una applicazione appropriata, preceduta da una attenta verifica della stabilità delle strutture interne del declivio. Ciò necessariamente implica una profonda conoscenza della struttura geologica delle aree considerate.

2.5.3 Correzione

Alcune frane possono essere corrette applicando sistemi di drenaggio che allevino la pressione delle acque all'interno del pendio, prevenendo successivi spostamenti. L'instabilità di declivi prospicienti strade o di altre importanti infrastrutture, generalmente richiede trattamenti costosi; effettuati preventivamente ed in maniera appropriata, i drenaggi del suolo e sottosuolo, possono essere una soluzione efficace. In ogni caso, dacché la manutenzione necessaria a tali strutture è spesso rimandata o del tutto negata, si giunge inevitabilmente a misure correttive molto più radicali e onerose.

In Vietnam, i metodi rigidi di protezione delle infrastrutture (calcestruzzo o armatura riprap, palificazioni, murature di contenimento, ecc.) sono comunemente utilizzati per consolidare declivi e sponde fluviali e per contenere l'erosione delle coste. Nonostante il loro utilizzo sia consolidato da decenni, i pendii continuano a cedere, l'erosione si aggrava ed i costi di manutenzione aumentano. Quali sono dunque i punti deboli di tali soluzioni?

Da un punto di vista meramente economico, le strutture rigide sono molto costose ed i bilanci degli enti locali mai sufficienti. Un'analisi tecnica e di impatto ambientale solleva i seguenti dubbi:

- L'estrazione dei materiali necessari alla produzione del calcestruzzo, di cui queste strutture necessitano, viene

effettuata altrove ed indubbiamente questo causa danno.

- Le infrastrutture rigide sono localizzate e non considerano il fiume come una entità continua. Esse, data la loro fisiologia non sono in grado di assorbire le forze generate dallo scorrimento e dall'impatto generato dal movimento ondoso. Le strutture rigide non sono in grado di produrre un adattamento nel tempo e si viene a formare un forte gradiente come conseguenza.
- Il gradiente a sua volta genera turbolenze aggiuntive che peggiorano l'erosione. Inoltre, dacché le strutture rigide sono localizzate, spesso terminano in maniera improvvisa, non si ricongiungono dolcemente alla configurazione naturale della sponda, pertanto la loro azione comporta un semplice trasferimento del problema erosione: sulla sponda opposta o appena più giù, aggravando di fatto il problema nella sua totalità piuttosto che risolverlo. Esempi di questa situazione abbondano nelle province centrali del Vietnam.
- Infrastrutture rigide introducono considerevoli quantità di sabbia, pietra e cemento nel sistema fluviale, sostituendo e scaricando grandi volumi di terreno della sponda, nel letto del fiume. Di conseguenza il letto si carica di detriti ed il livello del fondo si alza producendo un cambiamento nella dinamica di scorrimento che di fatto produce un aggravamento del problema dell'erosione delle sponde e delle conseguenti alluvioni. Questo problema è particolarmente grave in Vietnam, dove il materiale di scarto prodotto dal lavoro di rifacimento delle sponde, viene scaricato direttamente nel fiume. Spesso vengono scaricati carichi di pietrame al fine di consolidare il piede degli argini divenuti instabili, generando il risultato di togliere profondità al letto di scorrimento ed innalzando il livello delle acque, quando interviene il cedimento strutturale, i materiali di risulta vengono dispersi nel letto di scorrimento causando un ulteriore gradiente, prodotto dall'azione umana.
- Le strutture rigide sono innaturali ed incompatibili con il terreno morbido ed erodibile. Quando l'argine viene consolidato e/o eroso e dilavato, le strutture rigide che su di esso poggiano, vengono a perdere stabilità ed a essere minate. Esempio di ciò sia la sponda destra a valle del Thach Nham Weir nella provincia di Quang Ngai che dopo aver mostrato crepe, ha collassato. Gli ingegneri che sostituiscono il metodo delle piastre di calcestruzzo con il riprap (parete inclinata di pietrame a contrasto dello scorrimento e del moto ondoso), con o senza cornice, lasciano insoluto il problema dell'erosione sotto superficie. Lungo la diga di sbarramento Hai Hau, una intera sezione di riprap ha collassato e le fondazioni sono state dilavate a mare.
- Le strutture rigide espletano una azione di contrasto all'erosione limitata nel tempo. Esse non hanno la capacità di stabilizzare gli argini qualora grandi frane dovessero minare la stabilità della superficie negli strati sottostanti.
- Il cemento armato o le barriere realizzate con gabbioni di pietre, sono probabilmente le soluzioni ingegneristiche più comunemente impiegate nella stabilizzazione dei tagli stradali realizzati in Vietnam. Queste sono soluzioni passive, semplicemente attendono il cedimento del pendio per crollare a loro volta, come accaduto in molte sezioni della Ho Chi Minh Highway. Queste strutture sono anche suscettibili ai terremoti.

Sebbene le strutture rigide siano ovviamente inadatte per alcune applicazioni quali la stabilizzazione delle dune sabbiose, esse vengono comunque realizzate come si può osservare lungo la New Road nel Vietnam Centrale.

2.6 Stabilizzazione vegetativa del pendio

Da secoli la vegetazione viene usata quale strumento bio-ingegneristico per il controllo dell'erosione, la stabilità dei pendii e per il recupero di aree degradate, ma la popolarità di questo strumento è esplosa prepotentemente negli ultimi decenni. Ciò è in parte dovuto al fatto che in fase progettuale è disponibile una maggiore informazione, ma anche al fattore economico ed ambientale che spingono a preferire questo approccio ingegneristico "morbido".

Visti i casi riportati in precedenza, possiamo stabilire che l'instabilità di un pendio è in larga parte generata da questi fattori: (a) erosione superficiale, o erosione diffusa della superficie; e (b) debolezze strutturali connaturate. L'erosione superficiale, quando non controllata, spesso conduce a canalizzazione o "gullying" (erosione da ruscellamento) che, nel tempo, minerranno la stabilità; la debolezza strutturale, in ultima analisi, condurrà al cedimento o allo scivolamento dell'intera struttura. Dacché anche l'erosione diffusa può condurre al cedimento del pendio, la protezione della sua superficie dovrebbe ottenere pari dignità di altri rinforzi strutturali, ma la sua importanza è spesso trascurata. La protezione della superficie del pendio è una misura preventiva di sicura efficacia ed a basso costo. Disporre misure preventive conduce alla continuità dell'assetto del declivio ed in ogni caso costa molto meno delle misure correttive.

La copertura vegetativa fornita dalla semina di erbacee, idrosemina o idro-concimazione, normalmente risulta efficace per prevenire l'erosione superficiale diffusa o la canalizzazione, e la sistemazione di piante con apparato radicale profondo, quali alberi e cespugli, fornisce un ulteriore rinforzo strutturale del terreno. Qualora si considerino i terreni di riporto, ci si trova nella situazione in cui il piano superficiale spesso non è ben consolidato, ed anche una copertura erbosa ben sviluppata non riesce a contenere i fenomeni erosivi. Le piante superiori sono lente a svilupparsi e spesso trovano difficoltà ad attecchire in ambienti così ostili. In questi casi gli ingegneri decretano l'inefficacia dei sistemi vegetativi di copertura ed optano per l'installazione di rinforzi strutturali non appena completate le opere. In breve, la copertura vegetativa del declivio fornita da piante autoctone, in molti casi, si rivela inadatta a garantire la necessaria stabilità.

2.6.1 Vantaggi, svantaggi e limiti della vegetazione del declivio

Tavola 2. Effetti della vegetazione sulla stabilità del declivio

Effetto	Caratteristiche Fisiche
Positivi	
Rafforzamento della radice, piega ad arco del suolo, sostegno, ancoraggio, gli alberi trattengono il rotolamento dei massi distaccati	Aerazione della radice, distribuzione e morfologia; Resistenza alla trazione delle radici; spaziatura, diametro e ancoraggio degli alberi, spessore e inclinazione degli strati deformabili; Proprietà di resistenza al taglio dei suoli
Perdita di umidità del suolo e aumento dell'aspirazione del suolo dalla radice verso l'alto e traspirazione	Contenuto di umidità del suolo; Livello delle falde idriche; Pressione idrostatica/aspirazione del suolo
Intercettazione della pioggia da parte del fogliame, incluse le perdite per evaporazione	Precipitazioni sul pendio
Aumento della resistenza idraulica nei canali di irrigazione e di drenaggio	Coefficiente di Manning
Contrari	
incunearsi delle radici negli interstizi in prossimità della superficie	Porzione, distribuzione e morfologia dell'area della radice
prossima e sradicamento in presenza di tifoni	Peso medio della vegetazione
Caricamento del vento	Velocità del vento teorica per il periodo di ritorno calcolato; altezza media degli alberi adulti per gruppi di alberi
Mantenimento della capacità di infiltrazione	Variazione del contenuto di umidità del suolo con profondità

Tavola 3. Angolo del declivio: limitazioni all'attecchimento

Angolo del pendio (gradi)	Tipo di Vegetazione	
	Erbacea	**Arbusti/Alberi**
0 – 30	Scarsa difficoltà; si possono adottare tecniche di piantumazione di routine	Scarsa difficoltà; si possono adottare tecniche di piantumazione di routine
0 - 45	Maggiore difficoltà per la copertura a fiori o a zolle erbose; applicazione di routine per applicazioni di idrosemina	applicazione di routine per applicazioni di idrosemina Maggiore difficoltà di piantumazione
> 45	Richiesti particolari accorgimenti	In genere la piantumazione deve avvenire su terrazze

2.6.2 Stabilizzazione vegetativa del declivio in Vietnam

In misura minore, soluzioni vegetative "morbide" sono state applicate anche in Vietnam. La tecnica bio-ingegneristica più comunemente utilizzata è la piantumazione di Bambù a controllo dell'erosione delle sponde fluviali. Questa è la peggiore soluzione possibile: quando una piena sopraggiunge e strappa le piante spingendole a valle, queste intasano le arcate dei ponti e vista l'elevatissima resistenza al taglio dei fusti, la pressione della piena strappa la struttura dalle sue fondazioni o qualsiasi altra cosa incontri. Per il controllo dell'erosione costiera, si utilizzano Mangrovie, Ananas selvatico, Palma Nipa, Casuarina. Anche queste piante presentano grandi manchevolezze, per esempio:

- Crescendo in cespi, il Bambù, dotato di un apparato radicale relativamente superficiale, non forma siepi, quindi la corrente dell'esondazione rinforza negli spazi vuoti con il risultato di incrementare la forza distruttiva e causare maggiore erosione.
- Il Bambù ha il peso sbilanciato sulla cima: il sistema radicale poco profondo (circa 1-1,5 m) non bilancia il peso dei fusti, quindi il bambù aggrava la situazione di instabilità cui è sottoposta la sponda.
- Spesso il Bambù, con il suo sistema radicale, destabilizza il terreno della sponda, incoraggiando l'erosione e creando le precondizioni necessarie allo scivolamento del suolo. Diverse province del Vietnam Centrale testimoniano esempi di cedimento dell'argine dovuto alla estensiva piantumazione di strisce di Bambù.
- Gli alberi di Mangrovia, ove adatti, formano una densa barriera che agisce come un cuscino tra la costa e la forza delle acque prevenendo l'erosione. Purtroppo introdurre la mangrovia è un processo lento e difficoltoso in quanto i roditori incettano la sua semenza. Di centinaia di ettari di questa pianta, solo una esigua percentuale è in grado di sopravvivere e divenire foresta, secondo i rapporti ricevuti recentemente dalla provincia di Ha Tinh.
- Gli alberi di Casuarina sono da tempo utilizzati per piantumare le centinaia di ettari di dune sabbiose presenti in Vietnam Centrale, L'Ananas selvatico è altrettanto utilizzato per la sistemazione degli argini e delle sponde fluviali,

dei canali e sulle curve di livello dei declivi delle dune. Anche se, grazie all'azione frangivento, l'aver disposto queste piante comporta una riduzione delle tempeste di sabbia, queste non sono sufficienti ad arginare il flusso della sabbia, in quanto possiedono solo un apparato radicale superficiale e non possono formare fitte siepi barriera. Nonostante la piantumazione di Casuarina e Ananas selvatico in cima alle dune lungo i canali di scorrimento nella provincia di Quang Binh, si susseguono le penetrazioni di sabbia nelle terre arabili. Inoltre, entrambe le essenze sono sensibili al clima: le plantule di Casuarina raramente sopravvivono ai rigidi inverni (oltre -15°C) e l'Ananas selvatico non sopporta le torride estati del Vietnam del Nord.

Fortunatamente il Vetiver cresce velocemente, attecchisce in condizioni ostili ed il suo apparato radicale estremamente profondo ed esteso, fornisce un rinforzo strutturale in tempi relativamente brevi. Quindi il Vetiver è un'alternativa adeguata alle vegetazioni tradizionalmente utilizzate, posto che si seguano attentamente le tecniche applicative qui descritte.

3. STABILIZZAZIONE DEL DECLIVIO UTILIZZANDO IL SISTEMA VETIVER

3.1 Caratteristiche peculiari del Vetiver utili a stabilizzare il pendio

Le singolari caratteristiche del Vetiver sono state studiata e sviluppate in tutta la fascia tropicale del pianeta al fine di comprovarne l'efficacia quale strumento bio-ingegneristico:

- Sebbene tecnicamente sia un'erbacea, si comporta più come un albero o un cespuglio a crescita rapida. Le sue radici sono proporzionalmente più forti e più profonde delle radici delle piante arboree per unità di superficie.
- Il sistema radicale, estremamente profondo e finemente strutturato, penetra per due o tre metri solo nel primo anno di crescita. Gli esperimenti effettuati hanno dimostrato che nel terreno di riporto, l'apparato radicale raggiunge facilmente i 3,6 m di profondità (è importante notare che il Vetiver non penetra a simili profondità ove si trovino falde affioranti, perciò la profondità in simili luoghi sarà minore che in terreni asciutti). Il massiccio apparato radicale e la sua particolare profondità, fanno si che il terreno compenetrato dalle radici risulti "imbrigliato" e quindi le piante saranno particolarmente tolleranti alla siccità e difficilmente potranno essere estirpate dagli elementi.
- Resistente come e più di molte piante superiori, l'apparato radicale del Vetiver possiede una alta resistenza al taglio, che si è dimostrata molto utile per l'applicazione di rinforzo tramite radici, in declivi scoscesi.
- Queste radici possiedono una resistenza alla trazione di circa 75 Mega Pascal (MPa), equivalente ad 1/6 del comune tondino per armare il cemento, e generano un incremento della resistenza al taglio del 39% ad una profondità di 50 c
- Le radici di Vetiver possono penetrare terreni compattati quali crostoni e claypan a blocchi [zone circoscritte, generalmente impluvi, in cui le acque raccolte generano, risalendo per capillarità, una concentrazione di argille ed altri minerali aggreganti quali ferro calcio, gesso che si combinano formando un calcestruzzo naturale N.d.T.] frequenti nei suoli tropicali, offrendo un buon ancoraggio per terreni riportati e strati superficiali.
- Quando sistemate in dense file, le piante di Vetiver, formano siepi che riducono la velocità di scorrimento, distribuiscono ed indirizzano le acque meteoriche, creando un efficace filtro per il controllo dell'erosione. Le siepi frenando lo scorrimento ed incanalando le acque meteoriche, forniscono maggiore possibilità alle suddette acque di penetrare il suolo e giungere negli strati profondi.
- L'efficace azione filtrante aiuta a diminuire la torbidità delle acque sottraendo sedimento. Quando il sedimento viene intrappolato dalle siepi, dai nodi degli steli fioriferi (sterili) si producono nuove radici ed il nuovo livello viene così colonizzato grazie all'adattamento delle siepi. Si viene così a produrre un terrazzamento spontaneo ed il sedimento che lo produce non dovrebbe mai essere rimosso. Questa sedimentazione, è formata dal terreno eroso e contiene semenze di piante autoctone già presenti localmente. La germinazione di questa semenza facilita il ripristino della flora spontanea.
- Il Vetiver tollera variazioni ambientali e climatiche estreme tra cui prolungata siccità, inondazione e sommersione, temperature estreme in un range che va da -14°C a 55°C (Truong et al, 1996).
- Dopo essere stata esposta a condizioni avverse, la pianta ricresce molto velocemente quando tali cause, per esempio: siccità, gelo, salinità, vengono rimosse.
- Il Vetiver dimostra un elevato livello di tolleranza all'acidità del terreno, salinità, sodicità e condizioni acido-solfate. (Le Van Du and Truong 2003).

Il Vetiver è estremamente efficace quando sistemato sulle curve di livello del declivio. Queste siepi hanno la capacità di contribuire alla stabilizzazione di pendii naturali, taglioni, terrapieni. Il suo sistema radicale profondo e coerente, aiuta la stabilità strutturale, mentre la parte aerea contribuisce a smaltire le acque superficiali, riduce l'erosione intrappolando i sedimenti, e facilita la reintroduzione di specie spontanee (Foto 1).

Hengchaovanich (1998) ha osservato che il Vetiver prospera anche su declivi con pendenze oltre il 150% (+- 56°). La sua veloce crescita e la notevole capacità di armare, ne fa il candidato ideale, rispetto ad altre piante, per il consolidamento. Un'altra caratteristica meno evidente, è la capacità di penetrazione, che può essere comparata agli apparati radicali di piante arboree, la sua forza ed il vigore di crescita, la rende adatta anche a permeare suoli difficili quali crostoni e strati rocciosi non compatti. Ha la capacità di penetrare anche l'asfalto stradale. Lo stesso autore denomina le piante "spine o chiodi viventi" dato che fino alla profondità di 2 o 3 m, espletano la stessa azione degli strumenti "hard", utilizzati per armare i suoli

Foto 1. Il Vetiver forma un denso ed efficace bio-filtro sia sopra (sinistra) che sotto il piano di campagna (destra).

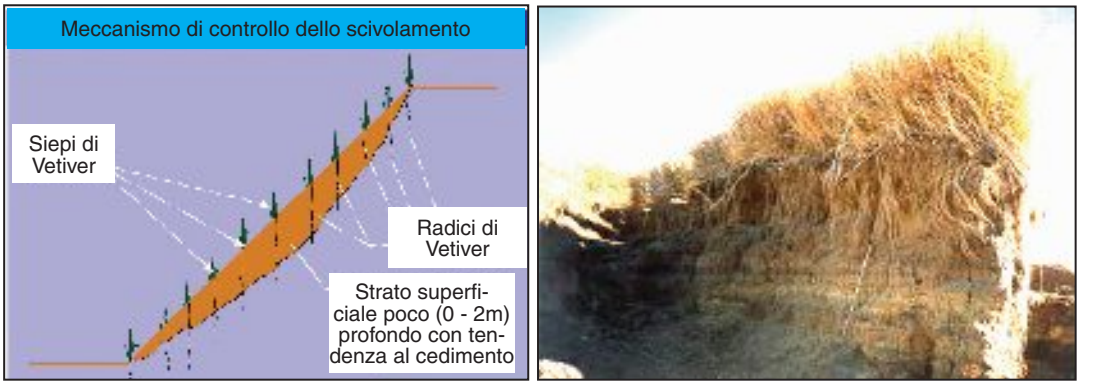

Figura 1. Principi di stabilizzazione dei pendii utilizzando il Vetiver (sinistra). La porzione di un muro di contenimento dell'invaso piantumato con Vetiver ha resistito all'inondazione (destra).

a rischio. Insieme alla capacità di attecchire velocemente in terreni difficili, queste caratteristiche rendono il Vetiver più adatto di ogni altra pianta ad espletare le funzioni di consolidamento.

3.2 Caratteristiche peculiari del Vetiver utili a mitigare gli effetti dei disastri provocati dall'acqua

Al fine di ridurre l'impatto dei disastri provocati dalle acque, quali inondazioni, erosione delle dighe costiere e sponde fluviali, instabilità del contenimento degli invasi idrici, si utilizza il Vetiver sistemando le file parallelamente o attraverso il senso di scorrimento delle acque o la direzione delle onde. Alcune sue caratteristiche si dimostrano molto utili:

- Data la straordinaria profondità e resistenza dell'apparato radicale, la pianta matura di Vetiver si dimostra molto difficilmente eradicabile dalla forza della piena. Siepi mature hanno resistito, nel Queensland Settentrionale (Australia), a velocità di scorrimento superiori a 3,5 m/s durante una piena, e a velocità delle acque pari a 5 m/s nel Queensland Meridionale, in una scolina in piena.
- In condizioni di scarsa o bassa velocità di scorrimento delle acque, la rigidità e verticalità della parte aerea, agisce come una barriera che riduce la velocità dello scorrimento (aumentando la resistenza idraulica), ed intrappolando i sedimenti. Questa caratteristica di verticalità viene conservata fino allo scorrimento in acque con una portata pari a 0,6 - 0,8 m.
- Quando sistemate su strutture atte al contenimento delle acque quali dighe o argini, le siepi aiutano a diminuire la velocità di scorrimento, ridurre l'azione battente delle onde (lap-erosion), il cosiddetto over-topping, ed in ultima analisi il volume delle acque che scorre nell'area protetta da dette strutture. Le siepi, inoltre, aiutano a contrastare il fenomeno dell'erosione retrograda, che spesso si verifica quando lo scorrimento delle acque, o delle onde, si ritira dopo aver raggiunto alti livelli di picco sulle strutture di contenimento.
- Quale pianta di palude, il Vetiver può sostenere una prolungata sommersione. La ricerca condotta in Cina, ha mostrato che il Vetiver sopravvive oltre due mesi sommerso in acque limpide.

3.3 Resistenza alla trazione e resistenza al taglio delle radici di Vetiver

Hengchaovanich e Nilawera (1996) hanno dimostrato che la resistenza alla trazione aumenta al diminuire della sezione delle radici, il che comporta che radici sottili e più resistenti offrono una maggiore resistenza rispetto a radici di maggiore sezione. La resistenza alla trazione delle radici di Vetiver varia tra 40 -180 MPa in un campo di sezioni radicali comprese tra 0,2 - 2,2 mm. La resistenza alla trazione media, è pari a circa 75 MPa a 0,7 - 0,8 mm (sezione radicale più frequentemente misurata), questo dato equivale ad 1/6 del comune tondino. Se ne ricava che le radici del Vetiver posseggono proprietà pari

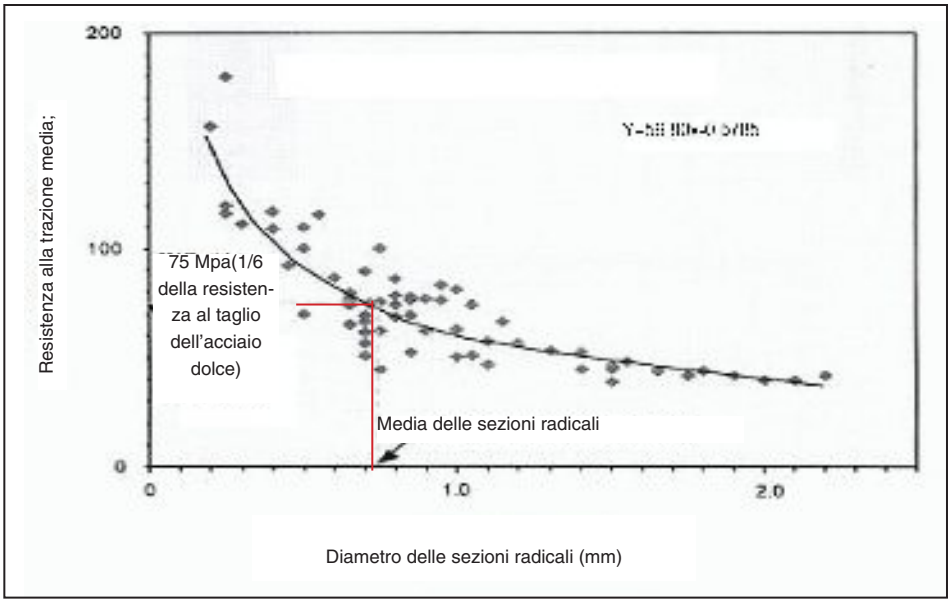

Figura 2: Distribuzione dei diametri radicali (parametri non disponibili)

o superiori alle caratteristiche espresse da piante superiori utilizzate nel campo del consolidamento del pendio (Figura 2 e Tavola 4).

Tabella 4: Resistenza alla trazione delle radici di piante

Nome scientifico	Nome comune	Resistenza alla trazione (MPa)
Salix spp	Salice	9-36
Populus spp	Pioppo	5-38
Almus spp	Ontano	4-74
Pseudotsuga spp	Abete di Douglas	19-61
Acer sacharinum	Acero argentato	15-30
Tsuga heterophylia	Abete occidentale	27
Spp Vaccinum	Mirtillo	16
Hordeum vulgare	Orzo selvatico, muschio	15-31 2-20 2-7kPa
Chrysopogon zizanioides	Vetiver	40-120 (media 75)

In un test di resistenza, Hengchaovanich e Nilaweera (1996), hanno dimostrato anche che la penetrazione radicale di una siepe adulta di due anni di età, con sistemazione ogni 15 cm, incrementa la resistenza al taglio del 90% in una fascia larga 50 cm adiacente alla siepe, alla profondità di 0,25 m, l'incremento è pari al 39% alla profondità di 0,50 m e gradualmente si riduce al 12,5% ad un metro.

Inoltre, l'esteso e denso sistema radicale del Vetiver, se confrontato con altre piante, offre un maggiore incremento della resistenza al taglio per unità di concentrazione di fibra: da 6 a 10 kpa/kg di radici per metro cubo di terreno, contro 3,2-3,7 kpa/kg delle piante arboree (Fig.3).

Gli autori hanno spiegato che quando le radici penetrano attraverso una superficie potenzialmente soggetta al taglio nel profilo di un suolo, la distorsione della zona di taglio provoca una tensione nelle radici; la componente di questa tensione, tangenziale alla zona di taglio, resiste direttamente al taglio, mentre la componente normale incrementa la pressione relativa al piano di taglio. Cheng et al, (2003) hanno integrato la ricerca di Diti Engchaovanich sulla resistenza dell'apparato radicale del Vetiver, conducendo ulteriori test su altre specie di erbacee (Tabella 5).

Sebbene il Vetiver si trovi al secondo posto per sezione radicale, la sua resistenza alla trazione è almeno tre volte maggiore di tutte le altre piante studiate.

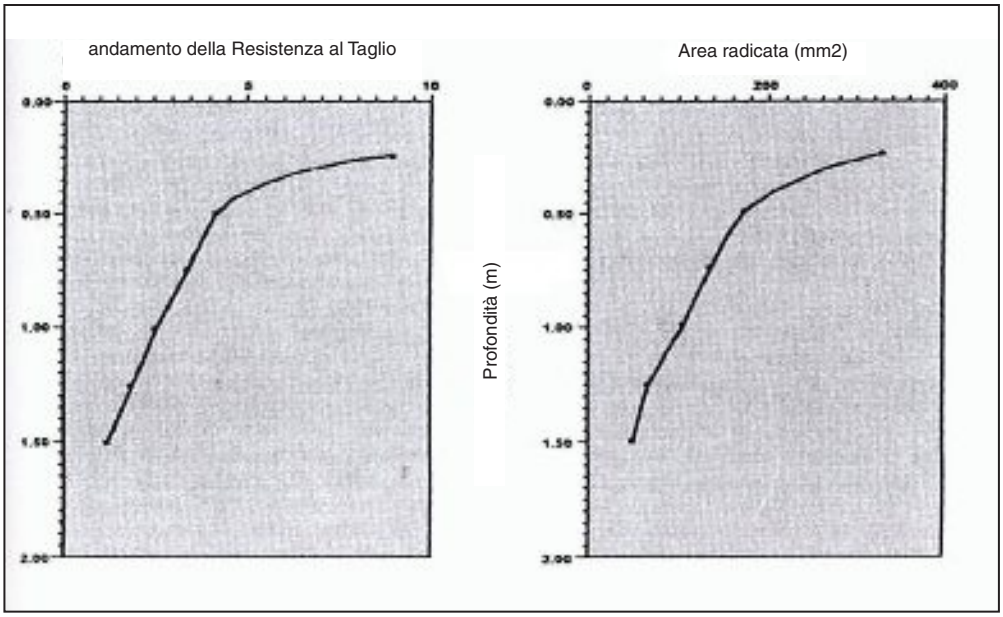

Fig.3. Resistenza al taglio delle radici di Vetiver.

3.4 Caratteristiche Idrauliche

Quando sistemate in file, le piante di Vetiver formano siepi compatte; gli steli rigidi determinano la verticalità della pianta per almeno 0,60-0,80 m, formando una barriera viva che rallenta e distribuisce il carico meteorico. Se accuratamente pianificate, queste barriere divengono strutture molto efficaci per distribuire ed indirizzare le acque meteoriche verso bacini di lagunaggio o strutture devolute allo sgrondo, in tutta sicurezza.

Test di scorrimento condotti alla University of Southern Queensland per studiare il design e l'inserimento delle siepi di Vetiver nel programma della coltivazione a strisce per la mitigazione degli effetti delle inondazioni, hanno confermato le

Tabella 5. Diametro e resistenza alla trazione di varie erbacee

Pianta	Diametro radicale medio (mm)	Resistenza alla trazione media (MPA)
Late Juncellus	0.38±0.43	24.50
Dallis grass	0.92±0.28	19.74±3.00
White Clover	0.91±0.11	24.64±3.36
Vetiver	0.66±0.32	85.10±31.2
Common Centipede grass	0.66±0.05	2730±1.74
Bahia grass	0.73±0.07	19.23±3.59
Manila grass	0.77±0.67	17.55±2.85
Bermuda grass	0.99±0.17	13.45±2.18

caratteristiche idrauliche delle siepi di Vetiver in condizioni di scorrimento veloce e profondo delle acque (Figura 4). Le siepi hanno effettivamente ridotto la velocità delle acque e limitato gli spostamenti di terra. Porzioni a maggese hanno sofferto una erosione minima, mentre le giovani piante di sorgo sono risultate completamente protette dal danno che l'inondazione avrebbe comportato. (Dalton et al, 1996).

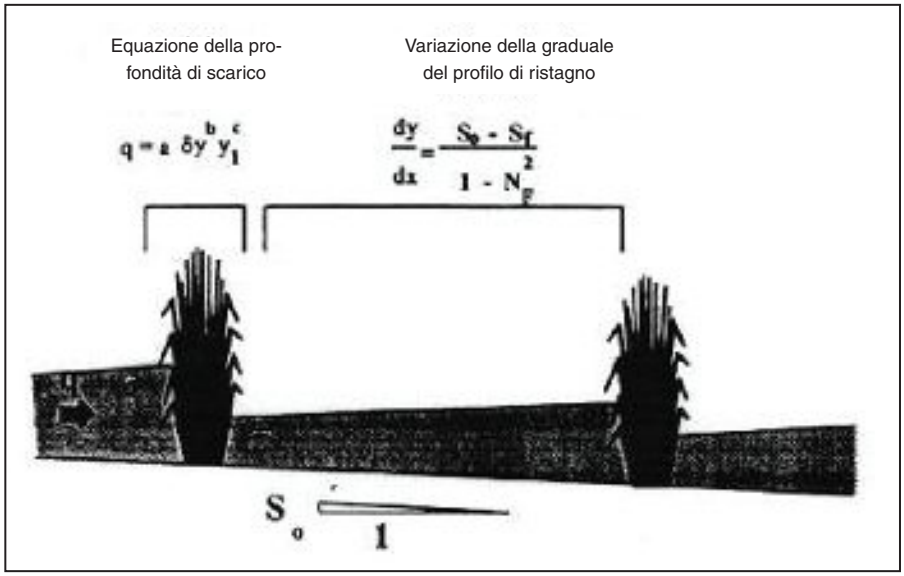

Figura 4. Modello Idraulico di scorrimento attraverso le siepi di Vetiver.

Legenda:

q = scarico per larghezza di unità y = portata dello scorrimento

y1 = portata a monte So = pendenza del terreno

Sf = pendenza dell'energia NF = numero di Froude dello scorrimento

3.5 Pressione Idrostatica

La copertura permanente di vegetazione in terreni digradanti, aumenta l'infiltrazione delle acque.

Sono sorti dubbi in merito al caso in cui, in presenza di precipitazioni anomale, un'eccessiva infiltrazione possa determinare un aumento della pressione idrostatica nel sottosuolo, e condurre dunque alla instabilità del declivio. Osservazioni sul campo, invece, hanno mostrato migliori risultati. In primo luogo, l'esteso sistema radicale del Vetiver piantato sulle curve di livello o su modelli modificati della stessa che intrappolano il sedimento di scorrimento, facilita da distribuzione delle acque in eccesso in maniera più omogenea e graduale, prevenendo così fenomeni di accumulo localizzato.

Secondariamente, l'auspicato aumento di capacità di infiltrazione, è bilanciato da un aumentato e più graduale tasso di esaurimento dell'acqua contenuta nel suolo ad opera della copertura erbosa. Le ricerche condotte in Australia (Dalton et al, 1996) sulla rivalità delle coltivazioni per conquistare l'umidità del suolo, mostrano che, in condizioni di scarse precipitazioni, tale diminuzione ridurrà l'umidità del suolo fino a 1,5 m dalle siepi. Ciò incrementa la capacità di infiltrazione riducendo al contempo la quantità di scorrimento superficiale ed il tasso di erosione. Da un punto di vista geotecnico, queste condizioni aiutano a conservare la stabilità del declivio.

In declivi ad elevata pendenza (30-60°), la distanza di separazione tra le siepi pari a 1 m di VI (Intervallo Verticale), è minima, dunque il tasso di diminuzione dell'umidità sarà maggiore e maggiormente incrementerà il processo di stabilizzazione del declivio. In ogni caso, per evitare il crearsi di situazioni potenzialmente a rischio, su pendii particolarmente scoscesi, in aree di particolare piovosità, si possono sistemare le siepi con un gradiente dello 0,5% invece che esattamente sulle curve di livello, per fare in modo che le acque che non trovano possibilità di infiltrazione vengano dirottate verso appropriati scarichi predisposti (Hengchaovanich, 1998).

3.6 Applicazioni del Sistema Vetiver per la mitigazione degli effetti causati dalle calamità naturali e la protezione delle infrastrutture

Date le sue peculiarità, il Vetiver è generalmente molto utile nel controllo dell'erosione sia su taglioni che su terre riportate e su altri pendii connessi alla costruzione stradale, ed è anche particolarmente efficace su tipologie di suolo altamente erodibile o ad elevata dispersione quali suoli acidi, alcalini, sodici e solfato-acidi.

La sistemazione di piante di Vetiver è risultata di particolare efficacia nel controllo dell'erosione o nella stabilizzazione nelle seguenti situazioni:

- Stabilizzazione del taglio lungo autostrade e ferrovie. Molto efficace lungo strade montane e rurali, dove gli enti locali non dispongono di fondi sufficienti per la stabilizzazione dei declivi e dei tagli e ove essi prendano parte al processo decisionale relativamente alla costruzione stradale.
- Stabilizzazione di dighe e argini, riduzione dell'erosione di canali, sponde fluviali, linee costiere, protezione delle

strutture rigide (riprap, muri di contenimento in calcestruzzo, gabbioni, ecc.)

- Pendii sovrastanti gli accessi o le uscite di canalizzazioni sotterranee.
- Separazione tra strutture realizzate in cemento o pietra e suoli erodibili.
- Strisce filtranti per intrappolare il sedimento all'ingresso di canalizzazioni sotterranee.
- Per ridurre la forza delle acque all'uscita delle canalizzazioni sotterranee.
- Per stabilizzare l'erosione nei calanchi: quando le siepi vegetative sono sistemate sulle curve di livello sui piani superiori dei calanchi.
- Per eliminare l'erosione causata dall'azione erosiva del moto ondoso piantando siepi lungo la linea di pieno delle dighe in terra degli invasi di grandi dimensioni, o lungo le sponde fluviali
- In piantagioni forestali, per stabilizzare le spalle delle strade di accesso su declivi molto scoscesi e sui fossati (sentieri/strade con taglio d'alberi) che sviluppano un futuro raccolto.

Grazie alle sue caratteristiche più che uniche, il Vetiver è in grado di controllare in maniera efficace calamità provocate dall'acqua quali inondazioni, erosioni costiere e delle sponde fluviali, degli invasi e degli argini, e instabilità diffusa. E' anche in grado di proteggere ponti, spallette di fognoli e di fungere da interfaccia tra strutture in calcestruzzo/roccia e suolo. Il Vetiver è particolarmente efficace in aree in cui il terrapieno è altamente erodibile e disperdibile come accade nel suolo sodico, alcalino e acido (incluso il solfato acido).

3.7 Vantaggi e Svantaggi del Sistema Vetiver

Vantaggi:

- Il principale vantaggio del Sistema Vetiver rispetto alle metodologie ingegneristiche convenzionali è costituito dal basso costo e dalla longevità. In Cina, ad esempio, per la stabilizzazione dei pendii i risparmi sono nell'ordine del 85/90% (Xie, 1997 e Xia et al, 1999). In Australia, il vantaggio in termini di costi del Sistema Vetiver rispetto ai metodi ingegneristici convenzionali oscilla tra il 64% e il 72% a seconda del metodo utilizzato (Braken e Truong 2001). In breve, il suo costo massimo è solo il 30% del costo rappresentato dalle metodologie tradizionali. Inoltre i costi annuali per la manutenzione si riducono sensibilmente appena le siepi di Vetiver vengono stabilizzate.
- Come per altre tecnologie bioingegneristiche, il Sistema Vetiver è un modo naturale e eco-compatibile per controllare l'erosione e stabilizzare luoghi che "alleggeriscano" l'immagine dura e aggressiva dei rigidi metodi ingegneristici convenzionali quali le strutture in calcestruzzo e roccia. Ciò è di particolare importanza nelle aree urbane e semi-rurali dove le comunità locali denigrano l'aspetto sgradevole dello sviluppo delle infrastrutture.
- I costi di manutenzione a lungo termine sono bassi. A differenza delle strutture convenzionali, la tecnologia "verde" migliora con lo svilupparsi delle coperture vegetative. Il Sistema Vetiver richiede un programma di manutenzione programmato nell'arco dei primi due anni, tuttavia, non appena diventa stabile, è virtualmente privo di manutenzione. Pertanto, l'utilizzo del Vetiver si adatta in modo particolare alle aree remote dove la manutenzione è costosa ma anche difficile.
- Il Vetiver è molto efficace nel caso di un suolo povero, altamente erodibile e lisciviabile.
- Il Sistema Vetiver è particolarmente adatto alle aree con forza lavoro a basso costo.
- Le siepi di Vetiver sono una tecnica di bioingegneria "morbida" e naturale, una alternativa eco-compatibile alle strutture rigide o "aggressive".

Svantaggi:

- Il principale svantaggio dell'applicazione del Sistema Vetiver è l'intolleranza dello stesso Vetiver all'ombreggiamento, in particolare nella fase di stabilizzazione. La mancanza di insolazione diretta ne arresta la crescita, e in casi di ombreggiamento totale porterà la pianta, nel lungo periodo, ad estinguersi, mettendo in discussione la sua capacità di competere con altre specie più tolleranti all'ombra. Tuttavia, questa vulnerabilità può essere persino auspicabile in situazioni in cui la sua stabilizzazione iniziale richieda un pioniere per un miglioramento del microclima favorendo la colonizzazione, sia spontanea che programmata, di specie endemiche autoctone [Staffetta Ecologica N.d.T.]
- Il Sistema Vetiver è efficace solo quando le piante sono stabilizzate. Per una programmazione efficace è opportuno che la stabilizzazione preveda inizialmente 2-3 mesi di temperature calde e i successivi 4-6 mesi di clima più freddo. Tale inconveniente può essere superato anticipando la piantumazione alla stagione secca.
- Il Vetiver raggiunge la piena efficacia soltanto quando le piante formano delle siepi molto fitte; pertanto, gli spazi che si dovessero creare all'interno delle stesse vanno rapidamente colmati con l'introduzione di nuove piante.
- E' piuttosto difficile piantare o annaffiare vegetazioni che si trovano su pendii ripidi o elevati.
- Durante la fase della stabilizzazione il Vetiver deve essere isolato e protetto dal bestiame.

Sulla base di tali considerazioni, i vantaggi dell'uso del Sistema Vetiver quale strumento di bioingegneria sono superiori agli svantaggi, in particolare quando in Vetiver viene utilizzato come specie pioniera.

Gli studi realizzati a livello mondiale raccomandano l'uso del Sistema Vetiver per stabilizzare i terrapieni; infatti sono molti i

paesi che hanno utilizzato questa essenza per stabilizzare con successo i bordi delle strade; citiamo, fra gli altri, Australia, Brasile, America Centrale, Cina, Etiopia, Fiji, India, Italia, Madagascar, Malesia, Filippine, Sudafrica, Sri Lanka, Venezuela, Vietnam e India Occidentale. Unitamente ad applicazioni geotecniche, il Vetiver è stato utilizzato per stabilizzare i terrapieni in Nepal e Sudafrica.

3.8 Congiuntamente ad altre soluzioni

Il Vetiver è efficace sia utilizzato da solo che insieme ad altri metodi tradizionali. Ad esempio, se prendiamo in esame una determinata sezione di tagli stradali o sponde fluviali, vediamo che è possibile rinforzare con riprap in pietrame di roccia o in calcestruzzo la parte subacquea, mentre il Vetiver può rinforzare la parte superiore. Questa applicazione in "tandem" crea un fattore di stabilità e sicurezza (che non sono sempre reali e/o necessari).

Il Vetiver può anche essere piantato insieme al bambù, una pianta tradizionalmente utilizzata per proteggere le sponde fluviali. L'esperienza dimostra che utilizzare soltanto il bambù presenta diversi inconvenienti che possono essere superati grazie all'applicazione del Vetiver. Come è già stato riferito in precedenza il bambù inondato può creare seri problemi sui fiumi dove si trovano ponti di attraversamento non molto elevati. 3.6 Applicazioni del Sistema Vetiver per la mitigazione degli effetti causati dalle calamità naturali e la protezione delle infrastrutture

3.9 Software Sviluppato

Il software sviluppato dalla Prati Amati Srl (2006) in collaborazione con l'Università di Milano è in grado di determinare la percentuale o la quantità di resistenza al taglio che le radici di Vetiver aggiungono alle varie aree trattate con le loro siepi. Il software aiuta a valutare il contributo apportato dal Vetiver per stabilizzare le pendenze ripide, in particolare gli argini di terra. In condizioni di suolo medio e in presenza di pendii, l'applicazione di Vetiver aumenterà la stabilità dei pendii stessi di circa il 40%.

Per l'utilizzo del software si richiede all'operatore di inserire i seguenti parametri geotecnici relativi a un particolare pendio:

- tipo di suolo
- inclinazione del pendio
- massimo contenuto di umidità
- minima coesione del suolo

Il programma elabora come risultato il numero di piante necessario per metro quadro e la distanza fra le radici in considerazione dell'inclinazione del pendio. Ad esempio:

- Un pendio con un gradiente di 30° richiede sei piante per metro quadro (es. 7-10 piante per metro lineare) e una distanza fra le radici di circa 1.7 m.
- Un pendio di 45° necessita di 10 piante per metro quadro (es. 7-10 piante per metro lineare) e una distanza tra le radici pari a circa 1 m.

4. DESIGN E TECNICHE APPROPRIATI

4.1 Precauzioni

Il Sistema Vetiver è una nuova tecnologia e in quanto tale, i suoi principi devono essere studiati e applicati in modo idoneo per poter ottenere i migliori risultati. L'incapacità di seguirne i principi di base provocherà frustrazione o, peggio ancora, risultati contrari. Essendo considerata una tecnica di salvaguardia del territorio e, più recentemente, un vero e proprio strumento di bioingegneria, per un'efficace applicazione del Sistema Vetiver è necessaria una conoscenza dei principi di biologia, scienza del suolo, idraulica, idrologia e geotecnica. Pertanto, per progetti su media e larga scala che implicano design e costruzione di importanti opere di ingegneria, il Sistema Vetiver è implementato al meglio da specialisti con elevata esperienza piuttosto che dalle stesse persone che vivono sul territorio. Tuttavia, la conoscenza degli approcci partecipativi e la gestione basata sulla comunità sono altrettanto importanti. Quindi, la tecnologia dovrebbe essere progettata e implementata da personale esperto nell'applicazione del Vetiver, unitamente a un agronomo e a un ingegnere geotecnico, con l'aiuto dei coltivatori locali.

Inoltre, pur essendo un'erbacea, il Vetiver si comporta più come se fosse un albero, dato il proprio sistema di radici esteso e profondo. Ad aggiungere confusione, il Sistema Vetiver può sfruttare le diverse caratteristiche del Vetiver per molte altre applicazioni; ad esempio, le sue profonde radici stabilizzano il terreno, le sue foglie sottili disperdono l'acqua e trattengono il sedimento, e la sua straordinaria tolleranza alle condizioni climatiche ostili consente la riabilitazione del suolo e dell'acqua contaminata.

Il fallimento del Sistema Vetiver può, in molti casi, essere attribuito a una errata applicazione piuttosto che alla pianta stessa o alla tecnologia raccomandata. Ad esempio, in un caso, il Vetiver venne utilizzato per stabilizzare la pendenza su una nuova autostrada nelle Filippine. I risultati furono molto deludenti e ne risultò un fallimento. Si scoprì in seguito che gli ingegneri che avevano fornito dati circostanziati sul Sistema Vetiver, il vivaio che aveva fornito il materiale impiantato, e i supervisori e i lavoratori agricoli che avevano piantato il Vetiver, non avevano esperienza né erano adeguatamente preparati all'uso del Sistema per la stabilizzazione dei pendii scoscesi.

L'esperienza in Vietnam dimostra che il Vetiver è stato impiegato con enorme successo laddove applicato correttamente. Non deve sorprendere, quindi, che un'applicazione impropria possa condurre all'insuccesso. Le applicazioni negli Altipiani Centrali del Vietnam dimostrano che il Vetiver ha protetto in maniera efficace i terrapieni stradali. Tuttavia, è necessario riferire che tra le applicazioni di massa realizzate su pendii molto alti e scoscesi senza terrazze lungo l'autostrada di Ho Chi Minh si sono verificati dei fallimenti. In breve, per assicurarsi il successo, i responsabili, i progettisti e gli ingegneri che programmano di utilizzare il Sistema Vetiver per la protezione delle infrastrutture, devono prendere le seguenti precauzioni:

Precauzioni tecniche:

- Per assicurarsi il successo, il progetto deve essere realizzato o controllato da persone adeguatamente preparate.
- Almeno per i primi mesi, quanto la pianta inizia a stabilizzarsi, il sito deve essere internamente stabile per evitare possibili cedimenti. Il Vetiver manifesta la sua completa attitudine quando matura, e nel frattempo i pendii possono essere soggetti a smottamenti.
- Il Sistema Vetiver è applicabile soltanto su pendii con gradienti non superiori ai 45-50°.
- Il Vetiver cresce lentamente in zone ombreggiate, pertanto è opportuno evitare la sistemazione delle piante direttamente sotto un ponte o sotto un altro genere di copertura.

Precauzioni per la scelta, la programmazione e l'organizzazione:

- Periodo: la programmazione deve prendere in considerazione le stagioni e il tempo necessario a far crescere il materiale da piantare.
- Mantenimento e sostituzione: nello stadio iniziale, c'è un lasso di tempo nel quale il Vetiver non è ancora efficace. La programmazione e una corretta politica di bilancio devono prevedere la sostituzione di alcune piante.
- Reperimento: tutti gli "input" possono e devono essere reperiti localmente (manodopera, concime, materiale da piantare, contratti di manutenzione). L'opportunità di impiego rappresenta un incentivo per la comunità locale a
- proteggere le piante durante la loro prima fase di crescita, e a mantenere alta la qualità e la sostenibilità del lavoro.
- Coinvolgimento della comunità: per quando possibile, le comunità locali dovrebbero essere coinvolte nel progetto, reperimento dei materiali e nella fase del mantenimento. I contratti con i locali dovrebbero essere articolati prevedendo la gestione dei vivai, le specifiche di qualità/quantità e manutenzione/protezione.
- Coordinamento: i responsabili dovrebbero essere pronti ad apportare innovazioni e a considerare il Sistema Vetiver nell'ambito della propria programmazione e della politica di bilancio. A questo proposito, hanno bisogno di avere degli incentivi per inserire nella loro programmazione un tale metodo di produzione economicamente vantaggioso, come d'altra parte hanno degli incentivi – giustificati o no – per adottare metodi convenzionali decisamente più costosi.
- Integrazione: i politici dovrebbero sostenere il Sistema Vetiver come parte di un approccio globale alla protezione delle infrastrutture, applicato su vasta scala nonostante la sua capacità di produrre un effetto immediato e sintetico.

4.2 Periodo di piantumazione

L'installazione delle piante di Vetiver rappresenta una fase critica del processo sia per la riuscita che per il costo del progetto. Piantare nella stagione secca richiederà annaffiature impegnative e costose. L'esperienza nel Vietnam Centrale mostra che per stabilizzare il Vetiver nelle condizioni estremamente difficili in cui si presentano le dune sabbiose, sono necessarie annaffiature quotidiane, se non anche due volte al giorno. La crescita viene arrestata in assenza di acqua. Dal momento che è difficile scegliere il momento migliore per per la piantumazione sui pendii di taglio lungo l'Autostrada di Ho Chi Minh, ad esempio, almeno per i primi mesi si rende necessario l'innaffiamento meccanico quotidiano.

Il Vetiver generalmente ha bisogno di 3-4 mesi per stabilizzarsi, talvolta, quando sussistono condizioni avverse, sono necessari anche 5-6 mesi. Dato che il Vetiver è completamente efficace quando raggiunge i 9-10 mesi, l'installazione delle piante dovrebbe avvenire all'inizio della stagione piovosa (es. lo sviluppo del vivaio e la produzione del materiale da piantare dovrebbe essere programmata per coincidere con i tempi di piantumazione).

In particolare, nel Vietnam del Nord, è possibile effettuare la piantumazione durante il periodo inverno-primavera, dato che in questa località quando le temperature scendono al di sotto dei 10°C (50°F), l'erbacea non cresce. Tuttavia, riesce a sopravvivere al freddo e ricomincia a crescere non appena iniziano le piogge invernali e la temperatura scollina stabilmente sopra tali valori (Importante fattore da tenere presente nei climi Mediterranei N.d.T.).

Nel Vietnam Centrale, dove le temperature sono generalmente al di sopra dei 15°C (59°F), la piantumazione massiva avviene all'inizio della primavera. Le piantine giovani hanno più bisogno di cure per poterne assicurare una buona crescita e il moltiplicarsi dei getti delle propagazioni. (Nei climi Mediterranei se la piantumazione avviene in inverno, le piante si potranno considerare pressoché indipendenti sotto il profilo idrico già dalla successiva stagione estiva, altrimenti, come sopra, necessiteranno irrigazioni fino al ritorno dell'autunno N.d.T).

4.3 Il vivaio

Il successo di ogni progetto dipende dalla qualità e dal numero di plantule di Vetiver che viene utilizzato. Maggiori dettagli sui vivai e sulla propagazione dell'erbacea sono stati forniti nel Capitolo 2. Generalmente non sono necessari vivai di grandi dimensioni per fornire un sufficiente materiale di propagazione. Anzi, i coltivatori indipendenti possono allestire e gestire

anche piccoli vivai (di poche centinaia di metri quadrati ognuno). Questi verranno contrattualizzati e pagati a progetto a seconda del numero di propagazioni che riescono a fornire su richiesta.

4.4. Preparazione alla piantumazione del Vetiver

Nel caso che la piantumazione di massa di Vetiver includa la partecipazione di personale del posto, per una efficace campagna di piantumazione si dovrebbero prevedere le fasi seguenti:

Fase 1: Personale esperto deve visitare i luoghi ed effettuare un controllo per individuare i problemi e programmare l'applicazione della tecnologia;

Fase 2: Discutere le problematiche e le soluzioni alternative con le persone del posto;

Fase 3: Utilizzare seminari e corsi di addestramento per introdurre la nuova tecnologia;

Fase 4: Organizzare l'implementazione del processo, definendo vivai, contratti di acquisto dei materiali, manutenzione, ecc.;

Fase 5: Monitorare l'implementazione;

Fase 6: Discutere i risultati, seguendo seminari, effettuando visite di scambio sul campo, ecc.;

Fase 7: Organizzare la piantumazione di massa.

4.5 Tecniche per la sistemazione

4.5.1 Pendii naturali, di taglio a mezzacosta, spallette di taglio stradale, ecc.

Per la stabilizzazione di pendii naturali, tagli a mezzacosta con riporti, o spallette di taglio stradale, ecc. si possono applicare le seguenti regole:

- La pendenza del declivio non dovrebbe eccedere 1(H) (orizzontale):1(V) (verticale) o la pendenza di 45°; si consiglia di operare con un un gradiente massimo di 1.5:1. Laddove possibile si consigliano gradienti inferiori, in particolare su suoli erodibili e/o su aree ad alta piovosità.
- Il Vetiver dovrebbe essere sistemato sulle curve di livello con Intervallo Verticale (VI) compreso fra 1.0 - 2.0 m, misurati lungo il pendio. Su un suolo altamente erodibile dovrebbe essere usata preferibilmente una interfila di 1.0 m, che può aumentare fino a 1.5-2.0 m su terreni con maggiore stabilità.
- Si sistema la prima siepe [Siepe di Guardia N.d.T.] sul ciglio del bordo superiore del pendio, e se ne raccomanda la sistemazione in ogni caso in cui si presenti una altezza totale del pendio superiore ad 1.5 m.
- La siepe più bassa si sistema al piede della pendenza, sul lato a monte della scolina presente alla base del declivio.
- Tra le file così disposte, le successive siepi seguono le modalità sopra descritte.
- Si raccomanda il terrazzamento o la gradonatura di 1-3m di profondità ogni
- 5-8 m di Intervallo Verticale (VI).

4.5.2 Sponde fluviali, erosione costiera ed instabilità delle strutture di contenimento delle acque.

Per la mitigazione del flusso alluvionale e la protezione delle coste, delle sponde dei fiumi e delle dighe/terrapieni, si raccomandano le seguenti tecniche di sistemazione:

- L'inclinazione massima del pendio non deve superare 1.5 (H): 1 (V). L'inclinazione massima consigliata è 2.5:1. Nota: il sistema di argine marino in Hai Hau (Nam Dinh) è stato costruito con una pendenza da 3:1 a 4:1.
- La piantumazione del Vetiver dovrebbe essere orientata in due direzioni:
    - Per la stabilizzazione di una sponda, il Vetiver dovrebbe essere piantato in file parallele alla direzione del flusso (orizzontale), con delle curve di livello di circa 0.8-1.0 m separatamente (misurate nella parte bassa del pendio). Una nuova tecnica per la protezione del sistema di argine marino ad Hai Hau (Nam Dinh) ha stabilito che la distanza fra le siepi fosse inferiore a 0.25 m.
    - Per ridurre la velocità di scorrimento, il Vetiver dovrebbe essere piantato in file parallele (angolo retto) al flusso di scorrimento e la distanza tra le siepi pari a 2.0 m per suoli erodibili e 4.0 m per suoli stabili. A Quang Ngai, sull'argine del fiume, come ulteriore protezione sono stati piantati, a parte, normali siepi da 1.0 m.
- La prima siepe orizzontale dovrebbe essere piantato sulla cresta della sponda e l'ultima siepe dovrebbe essere sistemato al livello minimo dell'acqua della sponda. Nota: dato che il livello dell'acqua in alcuni luoghi si modifica con il cambiare delle stagioni, il Vetiver può essere piantato molto più in basso dell'argine, quando è il periodo giusto.
- Il Vetiver dovrebbe essere sistemato lungo il perimetro della lunghezza della sponda tra la siepe posta più in alto e quella posta più in basso, alla distanza sopra citata.
- A causa degli elevati livelli dell'acqua, le siepi poste più in basso possono stabilizzarsi più lentamente di quelle poste più in alto. In tali casi, la piantumazione delle siepi più in basso dovrebbe essere realizzata quando il suolo è più asciutto. In alcune applicazione del Sistema Vetiver, si proteggono argini di guardia alle acque salse; in questi casi,

l'acqua può diventare molto salmastra in alcuni periodi dell'anno, evento che può ripercuotersi sulla crescita del Vetiver. L'esperienza di Quang Ngai dimostra che il Vetiver può essere sostituito da alcune varietà locali tolleranti al sale, inclusa la mangrovia.

- In tutte le applicazioni, il Sistema Vetiver può essere utilizzato contemporaneamente ad altri metodi strutturali tradizionali, quali riprap in pietrame di roccia o calcestruzzo e muri di contenimento. Ad esempio, la parte bassa dell'argine/terrapieno può essere trattata con una combinazione di riprap in pietrame di roccia e geotessile, mentre la parte superiore viene protetta con siepi di Vetiver.

4.6 Tecniche per la piantumazione

- Scavare solchi profondi e larghi circa 15-20 cm.
- Posizionare piante ben radicate (con 2-3 getti ciascuna) nel centro di ogni solco, a intervalli di 100-120 mm in terreni erodibili e a 150 mm in terreni normali.
- Dato che il terreno presente su pendii, tagli stradali e argini/terrapieni realizzati con terra di riporto, non è fertile, si raccomanda di utilizzare materiale radicato o in provetta da usare per la piantumazione di massa su larga scala e per una rapida stabilizzazione. Aggiungendo poi del composto di concime e un terreno di buona qualità (fanghiglia) si ottengono risultati anche migliori. Per proteggere gli argini naturali di un fiume, dove il terreno è generalmente fertile e l'annaffiatura iniziale viene assicurata senza ulteriori sforzi, è sufficiente la piantumazione di radici nude.
- Coprire le radici con 200-300 mm di terreno e compattare fermamente.
- Fertilizzare con Azoto e Fosforo quale DAP (Fosfato Biammonico) o NPK (l'esperienza insegna che il Vetiver non risponde in maniera significativa alle applicazioni di Nitrato di potassio) nell'ordine di 100 g per metro lineare di siepe. Quando si effettua la piantumazione in condizioni di terreno acido-solfate, può rendersi necessaria una analoga quantità di Calce Agricola.
- Annaffiare nel giorno della piantumazione.
- Per ridurre la crescita di malerbe durante la fase della stabilizzazione, si può utilizzare un erbicida, quale l'Atrazina, che ne inibisce la crescita.

4.7 Manutenzione

Annaffiature

- Con un clima secco, nelle prime due settimane dopo la piantumazione le piante devono essere innaffiate quotidianamente, in seguito ogni due giorni.
- Acqua due volte alla settimana fino alla completa stabilizzazione.
- Le piante mature non richiedono ulteriori annaffiature.

Ripiantumazione

- Durante il primo mese successivo alla piantumazione, sostituire tutte le piante che non attecchiscono o che vengono "lavate" via.
- Continuare i controlli fino a quando le piante sono stabilizzate del tutto.

Controllo delle malerbe

- Controllare le malerbe, soprattutto quelle rampicanti, nell'arco del primo anno.
- - NON UTILIZZARE erbicidi a base di glifosate. Il Vetiver è molto sensibile al glifosate, e pertanto, pur dovendo intervenire sulle malerbe presenti fra le siepi è importante evitarne l'uso.

Fertilizzazione

Su un terreno non fertile, i fertilizzanti DAP o NPK dovrebbero essere applicati

all'inizio della seconda stagione umida.

Potatura

Dopo cinque mesi, è altrettanto importante effettuare una regolare potatura. Le siepi dovrebbero essere tagliate a 15-20 cm dal terreno. Questa semplice tecnica promuove la crescita di nuovi getti dalla base e riduce il volume delle foglie secche che altrimenti possono creare ombreggiature dannose ai giovani getti. La falciatura migliora anche l'aspetto delle siepi secche e può ridurre il pericolo di incendi. Le foglie fresche potate possono anche essere utilizzate come foraggio per il bestiame, l'artigianato e persino come copertura di tetti di paglia. E' però opportuno rammentare che il Vetiver piantato al fine di ridurre gli effetti causati da calamità naturali non dovrebbe essere sovra sfruttato per scopi secondari.

Le potature successive dovrebbero essere effettuate due o tre volte l'anno. E' importante che durante la stagione dei tifoni [Nei climi mediterranei leggasi la stagione primaverile ed autunnale] le foglie della pianta siano sufficientemente lunghe, a questo proposito quindi sarebbe utile effettuare la potatura immediatamente dopo la stagione dei tifoni o, in alternativa, circa

tre mesi prima del suo arrivo

Recinzioni e bestiame

Durante i vari mesi della fase di stabilizzazione, possono rendersi necessarie una cura particolare e la recinzione dell'area per proteggere il Vetiver da atti di vandalismo e dal bestiame. Si ritiene che i fusti delle piante mature siano sufficientemente duri da scoraggiare il bestiame, pertanto, durante i primi mesi successivi alla piantumazione, si consiglia di recintare l'area per proteggere l'erbacea.

5. APPLICAZIONI DEL SISTEMA VETIVER PER LA RIDUZIONE DEGLI EFFETTI CAUSATI DA CALAMITA' NATURALI E LA PROTEZIONE DELLE INFRASTRUTTURE IN VIETNAM

5.1 Applicazione del Sistema Vetiver per la protezione delle dune sabbiose nel Vietnam Centrale.

Una vasta area, più di 70,000 ha (175,000 acri), lungo la linea costiera del Vietnam Centrale è coperta da dune sabbiose dove il clima e le condizioni del terreno sono molto difficili. Spesso si verificano tempeste di sabbia e le dune migrano sotto l'azione del vento. Altrettanto frequenti sono i flussi di sabbia a causa delle numerose correnti sia permanenti che temporanee. La sabbia trasportata dal vento e il flusso della sabbia stesso trasportano grandi quantità di sabbia dalle dune interne alle strette pianure costiere. Lungo la costa del Vietnam Centrale, le gigantesche "lingue" di sabbia "fagocitano" la pianura giorno dopo giorno. Il Governo ha implementato a lungo un programma di forestazione utilizzando alcune varietà di piante quali Casuarina, Ananas selvatico, Eucalipto, e Acacia. Tuttavia, pur se completamente stabilizzate, queste specie possono riuscire a frenare solo la sabbia trasportata dal vento. A tutt'oggi, in questi territori non c'è stato modo di ridurre il flusso di sabbia (gli alberi non riescono a stabilizzare le dune sabbiose, soprattutto sul loro "lato anteriore", un tentativo in questo senso è stato voluto dalla FAO nell'Africa del Nord, ma a fronte di costi enormi ne è risultato un totale fallimento).

Nel febbraio 2002, con il supporto finanziario della Dutch Embassy Small Program e il supporto tecnico di Elise Pinners e Pham Hong Duc Phuoc, Tran Tan Van del RIGMR diede inizio a un esperimento per stabilizzare le dune di sabbia lungo la linea costiera del Vietnam Centrale. Una duna di sabbia era stata fortemente erosa da un corso d'acqua che fungeva da confine naturale fra i coltivatori e un'azienda specializzata in silvicoltura. L'erosione si era sviluppata nel corso di diversi anni, provocando un crescente conflitto tra le parti. Il Vetiver fu piantato in filari lungo le curve di livello della duna di sabbia. Dopo quattro mesi formò una siepe fitta che riuscì a stabilizzare la duna di sabbia. L'azienda ne rimase tanto impressionata da decidere di piantare in maniera estensiva l'erbacea su altre dune di sabbia e perfino di utilizzarla per proteggere una spalla di ponte. Il Vetiver sorprese ulteriormente gli abitanti del luogo sopravvivendo all'inverno più freddo degli ultimi 10 anni, quando le temperature scesero sotto i 10°C (50°F), costringendo i coltivatori a ripiantare due volte il loro riso e gli alberi di Casuarina. Dopo due anni, le specie locali (principalmente Casuarina e l'Ananas selvatico), vennero reintrodotte. L'essenza, avendo compiuto la sua missione, finì per appassire sotto l'ombra di questi alberi. Ancora una volta il progetto aveva dimostrato che, con una cura adatta, il Vetiver poteva sopravvivere in condizioni di terreno e clima ostili (Foto 2).

Secondo Henk Jan Verhagen della Delft University of Technology, il Vetiver può essere altrettanto efficace per ridurre la sabbia volatile (detriti sabbiosi). A questo scopo, l'erbacea dovrebbe essere piantata seguendo la direzione del vento, in particolare nei località soggette a depressione tra le dune sabbiose, dove la velocità del vento generalmente aumenta. Sull'Isola di Pintang in Cina, al largo della costa della Provincia di Fujian, le siepi di Vetiver hanno effettivamente ridotto la velocità del vento e la sabbia volatile.

Agli inizi del 2003, a seguito del successo di questo progetto pilota, è stato organizzato un seminario a cui presero parte più di 40 partecipanti dei dipartimenti governativi locali, di varie NGO, dell'Università del Vietnam Centrale, e delle province costiere. Il seminario è stato di grande aiuto per gli autori di questo libro e per gli altri partecipanti consentendoci di compilare e sintetizzare le pratiche locali, in particolare i tempi di piantumazione, annaffiature e fertilizzazione. A seguito dell'evento, il World Vision Vietnam decise nel 2003 di dare inizio a un altro progetto nei distretti di Vinh Linh e Trieu Phong nella provincia

Foto 2. Scorrimento di sabbia a Le Thuy (Quang Binh) nel 1999: la fondazione di una stazione di pompaggio (sinistra); la casa in mattoni di una donna (destra)..

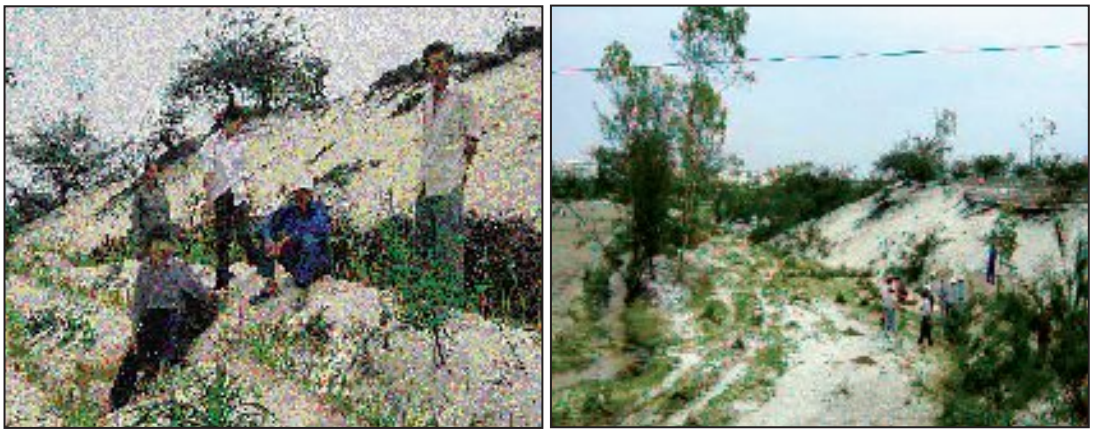

Foto 3. Panoramica del sito (sinistra); all'inizio di aprile 2002, un mese dopo la piantumazione (destra)..

Foto 4. (Foto non disponibile): all'inizio di luglio 2002, quattro mesi dopo la piantumazione (sinistra); novembre 2002, si sono stabilizzati densi filari di erbacea (destra).

Foto 5. Vivaio di Vetiver (sinistra); novembre 2002, piantumazione di massa (destra).2004, le specie autoctone hanno sostituito il Vetiver (destra).

di Quang Tri con l'obiettivo di impiegare il Vetiver per stabilizzare le dune di sabbia (Fotos 3-7).

5.2. Applicazione del Sistema Vetiver per il controllo dell'erosione delle sponde fluviali

5.2.1 Applicazione del Sistema Vetiver per il controllo dell'erosione delle sponde fluviali nel Vietnam Centrale

Inserito nel già citato progetto dell'Ambasciata Olandese, il Vetiver venne piantato per arrestare l'erosione su una sponda fluviale, sulla sponda di un vivaio di gamberetti, e su un terrapieno stradale a Da Nang City. Nell'ottobre del 2002, anche il locale Dipartimento Argini, piantò l'erbacea in maniera estensiva sulle sezioni delle sponde di diversi fiumi. Pertanto, le autorità cittadine decisero di creare un progetto per la stabilizzazione del pendio installando il Vetiver lungo la strada montana che conduce al progetto Bana, nel distretto di Da Nang (Foto 8-10)

5.2.2 L'esperimento e la promozione del Sistema Vetiver per la protezione dell'argine del fiume a Quang Ngai

Quale altro risultato del progetto pilota, il Vetiver fu raccomandato anche nell'ambito del progetto per la riduzione degli effetti

Foto 6. Il Vetiver protegge la spalla del ponte lungo il Nat. Autostrada n. 1 (sinistra); dicembre 2004, le specie autoctone hanno sostituito il Vetiver (destra).

Foto 7. Metà febbraio 2003, intervento in situ dopo un seminario (sinistra); Nota: il Vetiver sopravvissuto anche all'inverno più freddo degli ultimi 10 anni; giugno 2003, i coltivatori della provincia del Quand Tri visitano un vivaio locale durante un sopralluogo sul posto sponsorizzato dal World Vision Vietnam (destra).

Foto 8. Marzo 2002: sperimentazione del Sistema Vetiver sul versante superiore di un laghetto di gamberetti, dove un canale drena il flusso dell'acqua al fiume Vinh Dien (sinistra); novembre 2002: la piantumazione di massa combinata con riprap di pietrisco di roccia per proteggere l'argine lungo il fiume Vinh Dien (destra).

provocati da calamità naturali nella provincia di Quang Ngai, finanziato da AusAid. Con il supporto tecnico di Tran Tan Van, nel luglio 2003, Vo Thanh Thuy e i suoi collaboratori dell'Agricultural Extension Centre, piantarono l'erbacea in quattro località, sui canali di irrigazione in vari distretti e sulle dighe a protezione dell'acqua del mare. Il Vetiver si è sviluppato rigogliosamente in tutte le zone e, nonostante fossero piante giovani, è sopravvissuto all'alluvione dello stesso anno (Foto 11-14).

A seguito della riuscita di questi esperimenti, i responsabili del progetto decisero di piantare massivamente il Vetiver su altre sezioni della diga in tre nuovi distretti, insieme a riprap di pietrisco di roccia. Per meglio adattare il Vetiver alle condizioni locali, sono state apportate delle modifiche al progetto, inclusa la piantumazione, sulle siepi più in basso, di felci mangrovia e di altre erbacee resistenti alla salinità, per resistere meglio all'elevato tasso di salinità e per proteggere efficacemente l'estremità del terrapieno. Visti i risultati incoraggianti, le comunità locali stanno utilizzando più volentieri il Vetiver per proteggere le loro terre.

Foto 9. Dicembre 2004: il Vetiver combinato con riprap di pietrisco di roccia, fiorisce dopo due stagioni di flusso (Da Nang) (sinistra); piantato dai contadini locali, il Vetiver protegge i loro vivai di gamberi (destra).

Foto 10. Il Vetiver e il riprap di pietrisco di roccia (nella parte superiore) e la struttura in calcestruzzo (nella parte inferiore) proteggono un terrapieno (sinistra); un'ansa sulla sponda del fiume Perfume a Hue (destra).

Foto 11. Il Vetiver piantato lungo l'argine del fiume Tra Bong (sinistra); allineamento ai lati di un argine dell'estuario anti-salinità lungo lo stesso fiume (destra).

Foto 12. Sezione dell'argine anti-salinità a monte con riprap di pietrisco e calcestruzzo di fronte al fiume (sinistra); e lungo una sezione del canale d'irrigazione, l'erosione della superficie deturpa l'argine opposto (destra).

Foto 13. Argini del fiume Tra Khur, a Binh Thoi, gravemente erosi (sinistra); protezione rudimentale con sacchi di sabbia (destra).

Foto 14. Membri della comunità piantano il Vetiver; novembre 2005: l'argine rimane intatto dopo la stagione delle piogge (destra).

5.2.3. L'applicazione del Sistema Vetiver per controllare l'erosione delle sponde fluviali nel Delta del Mekong

Con il supporto finanziario della Fondazione Donner e l'aiuto tecnico di Paul Truong, Le Viet Dung e i suoi colleghi della Can Tho University diedero inizio ad alcuni progetti per il controllo dell'erosione degli argini del fiume nel Delta del Mekong. L'area è soggetta a lunghi periodi di inondazioni (fino a cinque mesi) durante la stagione delle piogge, con una rilevante differenza nei livelli dell'acqua, fino a 5 m, fra la stagione secca e quella delle piogge e un forte scorrimento durante la stagione delle piogge. Inoltre, le sponde del fiume sono costituite da un suolo che varia dal limo alluvionale alla terra argillosa e che, se umido, diventa estremamente erodibile. Grazie all'incremento dell'economia, negli anni recenti, molte delle barche che percorrono fiumi e canali sono dotate di motori, alcuni dei quali piuttosto potenti, che aggravano l'erosione delle sponde dei fiumi, generando forti ondate. Tuttavia il Vetiver riesce a trattenere il terreno, proteggendo dall'erosione vaste aree di preziosa terra coltivabile (Foto 15 e 16).

Foto 15. Nella zona di An Giang il Vetiver stabilizza l'argine di un fiume (sinistra), e la sponda naturale di un fiume (destra).

Nella provincia di An Giang, dove i flussi annui raggiungono la portata di 6 m, è stato pianificato un vasto programma per l'uso del Vetiver. L'esteso sistema di canali della provincia, 4932 km, richiede ogni anno manutenzione e interventi di riparazione. Una rete di dighe, lunga 4600 km, protegge dalle alluvioni 209,957 ettari (525,000 acri) di preziose terre coltivabili. L'erosione di queste dighe è di circa 3.75 Mm3/anno e la sua manutenzione richiede 1.3 milioni di dollari americani renden-

Foto 16. Il Vetiver delimita la parte iniziale dei centri di ricolonizzazione post inondazione (sinistra); i segni rossi delineano circa 5 m di terra asciutta salvata dal Vetiver (destra).

dosi necessarie numerose riparazioni.

L'area include anche 181 enclavi coloniche, comunità costruite su materiali da riporto, che parimenti necessitano del controllo dell'erosione e la protezione dalle inondazioni. A seconda delle zone interessate e della portata delle inondazioni, per stabilizzare queste aree si è utilizzato il Vetiver sia da solo che insieme ad altre specie di piante, ottenendo in entrambi i casi ottimi risultati. Di conseguenza, a tutt'oggi il Vetiver delimita in modo rigoroso gli argini marini e fluviali, ma anche le sponde e i canali nel Delta del Mekong. Fra il 2002 e il 2005 per proteggere gli argini sono stati installati circa due milioni di polybags di Vetiver, per un totale di 61 km lineari.

Fra il 2006 e il 2010, negli 11 distretti della provincia di An Giang si prevede verranno piantati 2025 km (1258) di siepi di Vetiver lungo i 3100 ha (7660 acri) della superficie dell'argine. E' prevedibile ritenere che se fossero lasciati senza protezione, 3750 Mm3 di suolo verrebbero erosi e 5 Mm3 dovrebbero essere drenati dai canali. Basandosi sui costi del 2006, le spese complessive di manutenzione per tutto il periodo supererebbero i 15.5 milioni di dollari in questa sola provincia. L'applicazione del Sistema Vetiver in quest'area rurale fornirà un ulteriore vantaggio economico alla popolazione locale: uomini che si occupano della piantumazione, e donne e bambini che preparano polybags.

5.3 Applicazione del Sistema Vetiver per il controllo dell'erosione costiera

Sotto l'egida della Fondazione Donner e con il supporto tecnico di Paul Truong, Le Van Du della Agro-Forestry University di Ho Chi Minh City, nel 2001 iniziò a lavorare in condizioni di terreno acido-solfate per stabilizzare i canali e i condotti di irrigazione e il sistema di argine marino della provincia di Go Cong. In pochi mesi, nonostante il suolo povero, il Vetiver crebbe rigoglioso sui terrapieni. Ora è il momento di proteggere l'argine marino, prevenendo l'erosione della superficie e facilitando la stabilizzazione di specie endemiche (Foto 17 -18).

Foto 17. Piantato dietro la mangrovia naturale sull'argine marino nella provincia di Go Cong, in condizioni di terreno acido-solfate, il Vetiver riduce l'erosione della superficie e favorisce la reintroduzione spontanea di essenze autoctone.

Dietro suggerimento di Tran Tan Van, nel 2004 la Croce Rossa danese realizzò un progetto pilota utilizzando il Vetiver per proteggere gli argini marini nel distretto di Hai Hau, nella provincia di Nam Dinh (Foto 18). I progettisti furono estremamente sorpresi e lieti di scoprire che il Vetiver era già stato installato: piantato un paio d'anni prima, il Vetiver stava già proteggendo diversi chilometri nella parte interna del sistema di argine marino. Nonostante il progetto fosse di tipo non convenzionale, la piantumazione stava funzionando, e, fatto ancora più importante, aveva convinto la comunità locale dell'efficacia del Vetiver. Dopo che il tifone n. 7 nel settembre 2005 aveva danneggiato le sezioni che il riprap aveva protetto, l'efficacia del Vetiver era divenuta indiscutibile. I coltivatori locali chiesero, quindi, una piantumazione di massa.

Sua Altezza la Principessa Maha Chakri Sirindhorn della Thailandia, mecenate del "The Vetiver Network", ha preso a cuore il benessere delle persone che vivono nella zona dei tifoni nell'area di Ha Long. La loro stessa esistenza, per non parlare del loro sostentamento, dipende dalla stabilità del sistema di argine marino. Nel 2006, la Principessa finanziò un progetto

Foto 18. Vietnam del Nord: il Vetiver piantato sul lato esterno di un argine marino costruito di recente nella provincia di Nam Dinh (sinistra); sul lato interno dell'argine, piantato dal Dike Department del luogo (destra).

intrapreso dalla Chaipattana Foundation, una fondazione privata creata da Sua Maestà il Re della Thailandia, per aiutare il Vietnam a stabilizzare gli argini marini nel distretto di Hai Hau, nella provincia di Nam Dinh, che era stato devastato nel settembre 2005 dai tifoni n. 6 e 7. Nel luglio 2006 un gruppo di ingegneri tailandesi ed esperti di Vetiver giunsero a Hai Hau per finalizzare i dettagli del progetto con il ministero dell'Agricoltura e Sviluppo Rurale vietnamita.

5.4 Applicazione del Sistema Vetiver per la stabilizzazione dei tagli stradali

A seguito del successo ottenuto dagli esperimenti condotti da Pham Hong Duc Phuoc (Agro-Forestry University di Ho Chi Minh City) e Thien Sinh Co sull'uso del Vetiver per stabilizzare i tagli stradali nel Vietnam Centrale, nel 2003 il Ministero dei Trasporti ha autorizzato l'ampio uso del Vetiver per stabilizzare i pendii lungo centinaia di chilometri dell'Autostrada di Ho Chi Minh di nuova costruzione e di altre strade nazionali e provinciali, delle province di Quang Ninh, Da Nang e Khanh Hoa (Foto 19).

Foto 19. Il Vetiver stabilizza i tagli stradali lungo l'Autostrada di Ho Chi Minh (sinistra); sia utilizzato da solo che insieme ai metodi tradizionali (destra).

Questo progetto rappresenta una delle maggiori applicazioni al mondo del Sistema Vetiver per la protezione delle infrastrutture. L'Autostrada di Ho Chi Minh è lunga più di 3000 km ed è stata e sarà protetta dal Vetiver piantato in un'area che comprende una grande varietà di climi e suoli molto diversi tra loro, infatti si passa dagli scheletrici territori montani che presentano inverni freddi, tipici del Nord, ai territori con suoli estremamente acidi e un clima caldo e umido, caratteristico del Sud. L'uso estensivo di Vetiver per stabilizzare i tagli stradali funziona, ad esempio:

- Applicato principalmente come misura di protezione di una superficie in pendenza, riduce moltissimo l'erosione indotta dal deflusso superficiale, che altrimenti provocherebbe distruzioni a valle (Foto 20).

Foto 20. L'improprio smaltimento delle scorie di roccia/suolo si muove verso valle (sinistra); impattando un villaggio nel distretto di A Luoi, nella provincia di Thua Tien Hue (destra).

Foto 21. Da Deo Pass, Quang Binh: la copertura vegetativa è distrutta, rivelando danni orrendi e continui dei pendii di taglio (sinistra); siepi di Vetiver sulla cima del pendio rallentano la spinta verso il basso, riducendo considerevolmente la massa danneggiata (destra).

- Prevenendo cedimenti del bassofondo stabilizza enormemente i pendii di taglio e riduce il numero dei cedimenti nei pendii profondi.
- In taluni casi quando si verificano danni ai pendii profondi, il Vetiver svolge un ottimo lavoro rallentando i cedimenti e riducendone i danni.
- Preserva l'estetica rurale e l'ecocompatibilità della strada. Lungo la strada che conduce all'Autostrada di Ho Chi Minh, Pham Hong Duc Phuoc ha dimostrato chiaramente come dovrebbe essere applicato il Sistema Vetiver, e ha fatto sì che ne fossero comprovate la sua efficacia e sostenibilità. Egli ha monitorato attentamente lo sviluppo del Vetiver: la sua stabilizzazione (65-100%), crescita massima (95-160 cm dopo sei mesi), percentuale dei nuovi getti (18-30 getti per pianta), e profondità della radice sul pendio (Tavola 6).

Tavola 6: profondità della radice di Vetiver sui pendii sui pendii stradali di Hon Ba

	Posizione del pendio	**Profondità della radice (cm/pollici)**			
		6 mesi	**12 mesi**	**1/5 anni**	**2 anni**
	Pendio di taglio				
1	In basso	70/28	120/47	120/47	120/47
2	Al centro	72/28	110/39	100/39	145/157
3	In cima	72/28	105/41	105/41	187/74
	Pendio da riporto				
4	In basso	82/32	95/37	95/37	180/71
5	Al centro	85/33	115/45	115/45	180/71
6	In cima	68/27	70/28	75/28	130/51

E' importante conoscere sia i risultati positivi che quelli negativi ottenuti con l'uso del Vetiver per proteggere i tagli stradali lungo l'Autostrada di Ho Chi Minh:

- I pendii devono essere innanzitutto stabili internamente. Dato che il Vetiver è particolarmente efficace quando giunge a maturità, è opportuno rammentare che i pendii possono essere soggetti a cedimento nel periodo precedente alla maturazione. Il Vetiver inizia a stabilizzare una pendenza non prima di 3-4 mesi. Pertanto, è altrettanto importante valutare il momento della piantumazione se si deve evitare uno smottamento del pendio durante la stagione delle piogge.
- Una adeguata angolazione del pendio non dovrebbe superare i 45-50°, e;
- Una regolare potatura assicurerà una continua crescita e nuovi getti dalla corona della pianta, di conseguenza assicurerà dei filari fitti ed efficaci.

Foto 22. Pham Hong Duc Phuoc, un progetto di protezione stradale nella provincia di Khanh Hoa, (strada verso Hon Ba); grave erosione di un pendio di nuova costruzione avvenuta dopo una pioggia non abbondante (sinistra due foto); otto mesi dopo la piantumazione: il Vetiver ha stabilizzato questo pendio, fermando e prevenendo completamente ulteriori erosioni durante la successiva stagione umida (destra due foto).

6. CONCLUSIONI

A seguito delle numerose ricerche svolte e dei successi ottenuti con le molte applicazioni presentate in questo Terzo Capitolo, possiamo considerare evidente che il Vetiver, con i suoi molti vantaggi e pochissimi svantaggi, rappresenta uno strumento di bioingegneria molto efficace, economico e ecocompatibile, che protegge le infrastrutture e mitiga gli effetti dovuti a calamità naturali. Una volta stabilizzate, le piante di Vetiver dureranno per decenni, con una minima, se non assente, manutenzione. Il Sistema Vetiver è stato usato con successo in molti paesi del mondo, inclusi Australia, Brasile, America Centrale, Cina, Etiopia, India, Italia, Malesia, Nepal, Filippine, Sudafrica, Sri Lanka, Thailandia, Venezuela e Vietnam. Tuttavia, è opportuno ribadire che il successo si basa principalmente sulla buona qualità del materiale piantato, su un progetto adeguato, e su corrette tecniche di piantumazione.

7. BIBLIOGRAFIA

Bracken, N. and Truong, P.N. (2 000). Application of Vetiver Grass Technology in the stabilization of road infrastructure in the wet tropical region of Australia. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, January 2000.

Cheng Hong, Xiaojie Yang, Aiping Liu, Hengsheng Fu, Ming Wan (2003). A Study on the Performance and Mechanism of Soil-reinforcement by Herb Root System. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Dalton, P. A., Smith, R. J. and Truong, P. N. V. (1996). Vetiver grass hedges for erosion control on a cropped floodplain, hedge hydraulics. Agric. Water Management: 31(1, 2) pp 91-104.

Hengchaovanich, D. (1998). Vetiver grass for slope stabilization and erosion control, with particular reference to engineering applications. Technical Bulletin No. 1998/2. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Project Board, Bangkok, Thailand.

Hengchaovanich, D. and Nilaweera, N. S. (1996). An assessment of strength properties of vetiver grass roots in relation to slope stabilisation. Proc. First International Vetiver Conf. Thailand pp. 153-8.

Jaspers-Focks, D.J and A. Algera (2006). Vetiver Grass for River Bank Protection. Proc. Fourth Vetiver International Conf. Venezuela, October 2006.

Le Van Du, and Truong, P. (2003). Vetiver System for Erosion Control on Drainage and Irrigation Channels on Severe Acid Sulfate Soil in Southern Vietnam. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Prati Amati, Srl (2006). Shear strength model. “PRATI ARMATI Srl” info@pratiarmati.it .

Truong, P. N. (1998). Vetiver Grass Technology as a bio-engineering tool for infrastructure protection. Proceedings North Region Symposium. Queensland Department of Main Roads, Cairns August, 1998.

Truong, P., Gordon, I. and Baker, D. (1996). Tolerance of vetiver grass to some adverse soil conditions. Proc. First International Vetiver Conf. Thailand, October 2003.

Xia, H. P. Ao, H. X. Liu, S. Z. and He, D. Q. (1999). Application of the vetiver grass bio-engineering technology for the prevention of highway slippage in southern China. International Vetiver Workshop, Fuzhou, China, October 1997.

Xie, F.X. (1997). Vetiver for highway stabilization in Jian Yang County: Demonstration and Extension. Proceedings abstracts. International Vetiver Workshop, Fuzhou, China, October 1997.

CAPITOLO 4

IL SISTEMA VETIVER PER IL TRATTAMENTO DI ACQUE E SUOLI CONTAMINATI E LA PREVENZIONE DEL INQUINAMENTO

CONTENUTI

1. INTRODUZIONE 41
2. COME FUNZIONA IL SISTEMA VETIVER 41
3.CARATTERISTICHE PECULIARI UTILI ALLA PROTEZIONE AMBIENTALE 42
3.1 Caratteristiche morfologiche 42
3.2 Caratteristiche fisiologiche 42
4. PREVENZIONE E TRATTAMENTO DELL'ACQUA CONTAMINATA 43
4.1 Ridurre o eliminare il volume delle acque reflue 43
4.2 Migliorare la qualità delle acque reflue 44
5.TRATTAMENTO DEI TERRENI CONTAMINATI 48
5.1 Tolleranza alle condizioni avverse 48
5. 2 Fitorimedio e Rivegetazione delle miniere 50
6.BIBLIOGRAFIA 51

1. INTRODUZIONE

Nel corso degli studi sulle applicazioni delle sue straordinarie peculiarità per la conservazione del suolo e dell'acqua, ci si è accorti che il Vetiver possiede anche delle caratteristiche uniche dal punto di vista fisiologico e morfologico che si adattano particolarmente bene alla protezione ambientale, soprattutto per la prevenzione e il trattamento di acque e suoli contaminati. Queste caratteristiche rimarchevoli includono un'alta tolleranza a elevati, e persino tossici, livelli di salinità, acidità, alcalinità, sodicità e a un'ampia gamma di metalli pesanti e fitofarmaci, come anche una eccezionale capacità di incorporare e tollerare elevati livelli di nutrienti, smaltendo grandi quantità di acqua nel processo di crescita, in condizioni di umidità.

Applicare il Sistema Vetiver (VS) al trattamento delle acque reflue è una tecnologia innovativa di tipo fitoremediale che ha un potenziale enorme. Il Sistema Vetiver è una soluzione naturale, ecologica, semplice, pratica e poco costosa. Ultimo in ordine ma non ultimo in importanza, le foglie del Vetiver offrono dei sottoprodotti che hanno una gran varietà di usi, dall'artigianato al cibo per gli animali, paglia, concime e combustibile, solo per citarne alcuni.

La sua efficacia, semplicità e il basso costo rendono il Sistema Vetiver il partner ideale in molti paesi tropicali e subtropicali che provvedono da soli al trattamento delle acque reflue di tipo domestico, municipale e industriale e necessitano una rivegetazione o un intervento di tipo fitoremediale su siti minerari.

2. COME FUNZIONA IL SISTEMA VETIVER

Il Sistema Vetiver agisce per la prevenzione e il trattamento di acqua e suolo contaminati nei seguenti modi:

Prevenzione e trattamento dell'acqua contaminata

- eliminando o riducendo il volume delle acque reflue
- migliorando la qualità delle acque reflue e l'acqua contaminata.

Prevenzione e trattamento dei suoi contaminati

- Controllando l'inquinamento "offsite"
- Intervenendo con il fitorimedio sui terreni contaminati
- Intrappolando sedimento ed immondizie dallo scorrimento superficiale

- Assorbendo i metalli pesanti e altri agenti inquinanti
- Trattando i nutrienti e altri agenti inquinanti presenti nelle acque reflue e nel percolato.

3. CARATTERISTICHE PECULIARI UTILI ALLA PROTEZIONE AMBIENTALE

Come già riferito nel Capitolo 1, alcune peculiarità del Vetiver sono direttamente applicabili al trattamento delle acque reflue, fra queste le seguenti caratteristiche morfologiche e fisiologiche:

3.1 Caratteristiche morfologiche

La pianta di Vetiver ha un sistema radicale massivo, profondo e di rapida crescita, in grado di raggiungere in 12 mesi i 3.6 m di profondità laddove sussistano buone condizioni di suolo.

- Le sue lunghe radici lo rendono particolarmente adatto al drenaggio, consentono un'eccellente infiltrazione dell'umidità del suolo, penetrano la suola di coltivazione (crostoni), migliorando pertanto il drenaggio profondo.
- L'apparato radicale del Vetiver è composto da radici generalmente molto sottili, con un diametro medio pari a 0.5 -1.0 mm (Cheng et al, 2003). L'enorme volume della rizosfera che si sviluppa genera un ambiente ideale per la crescita e la moltiplicazione di batteri e funghi, necessari per assorbire gli agenti contaminanti e per interrompere alcuni processi, quali la nitrificazione.
- Nel loro sviluppo verticale, le chiome rigide ed erette di Vetiver possono crescere fino a tre metri [2,50m nei climi Mediterranei N.d.T]. Quando le piante vengono sistemate in dense file formano una barriera vivente permeabile che rallenta il flusso dell'acqua che agisce come un efficace bio-filtro, trattenendo sedimenti a grana sia fine che grossa e perfino le rocce più grandi presenti nell'acqua di deflusso superficiale (Foto1).

Foto 1. Caratteristiche morfologiche del Vetiver.

3.2 Caratteristiche fisiologiche

- Alta tolleranza a suoli con elevati livelli di acidità, alcalinità, salinità, sodicità e magnesio.
- Alta tolleranza ad Al, Mn, e metalli pesanti presenti nel suolo e nell'acqua quali As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se e Zn (Truong e Baker, 1998).
- Elevata capacità di assorbire N e P disciolti nell'acqua inquinata (Figura 1).
- Elevata tolleranza agli alti livelli di nutrienti N e P presenti nel suolo (Figura 2).
- Ito livello di tolleranza alla presenza di erbicidi e pesticidi.
- Decompone composti organici associati ad erbicidi e pesticidi.
- Si rigenera rapidamente dopo periodi di siccità, gelo, incendi, salinità ed altre condizioni climatiche avverse, appena tali condizioni avverse migliorano.

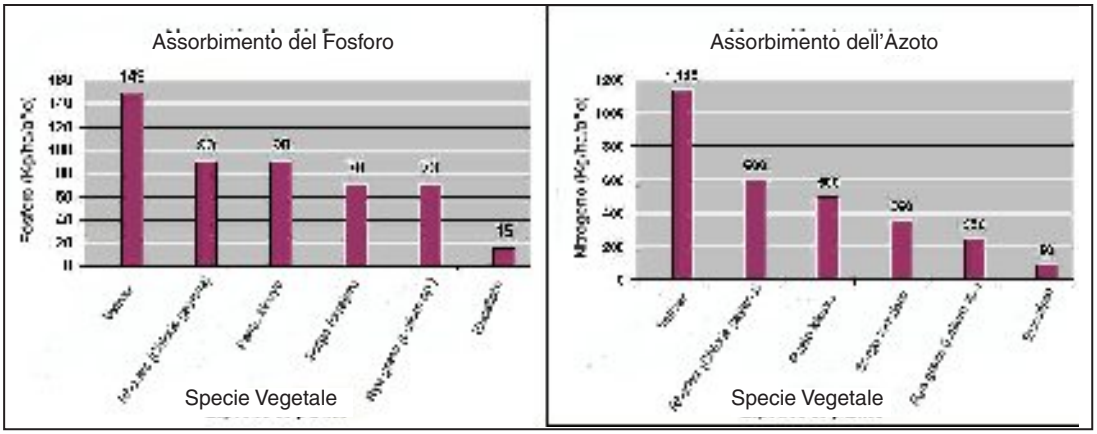

Figura 1. Maggiore capacità per l'assorbimento di N e P rispetto ad altre piante.

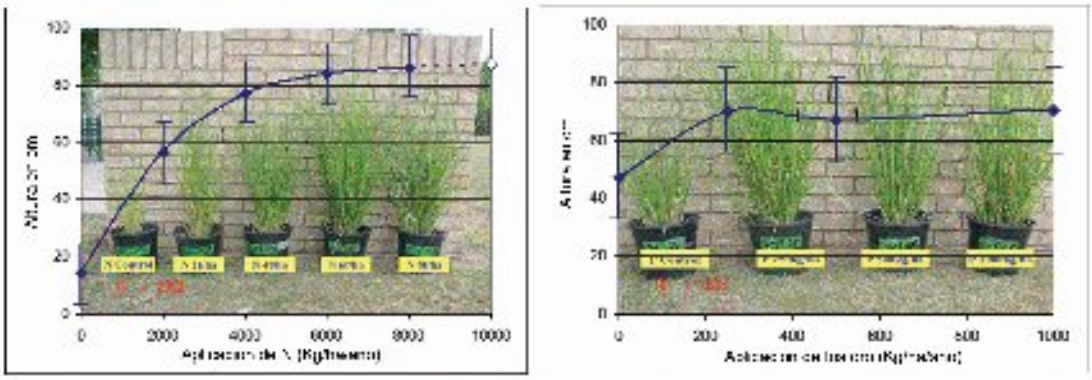

Figura 2. Alto livello di tolleranza a e capacità di assorbire P e N.

4. TRATTAMENTO DELL'ACQUA CONTAMINATA E PREVENZIONE DEL INQUINAMENTO

La ricerca e lo sviluppo delle applicazioni estensive realizzate in Australia, Cina, Thailandia e altri paesi hanno stabilito che il Vetiver è estremamente efficace nel trattamento delle acque reflue derivanti da scarichi domestici e industriali.

4.1 Ridurre o eliminare il volume delle acque reflue

Attualmente, i metodi vegetativi rappresentano l'unico modo realizzabile e praticabile per eliminare totalmente o ridurre le acque reflue su larga scala. In Australia il Vetiver ha ampiamente sostituito gli alberi e le specie da pascolo in quanto considerato il modo più efficace di trattare e smaltire il percolato di discarica, e gli scarichi domestici e industriali.

Per quantificare il volume d'acqua utilizzato dal Vetiver, è stato calcolato che in serra, in condizioni ideali, per 1 kg di biomassa essiccata, il Vetiver utilizzerà 6.86 l/giorno. Dato che la biomassa del Vetiver con 12 settimane di vita, al picco della sua crescita, è pari a circa 30.7 t/ha, un ettaro di Vetiver dovrebbe potenzialmente usare 279 kl/ha/giorno (Truong e Smeal, 2003).

4.1.1 Smaltimento di scarichi settici

La prima applicazione del Sistema Vetiver con l'obiettivo di trattare gli scarichi dei liquami è stata realizzata nel 1996, in Australia. In seguito, gli esperimenti hanno dimostrato che grazie alla piantumazione di circa 100 piante di Vetiver in un'area inferiore a 50 m2 gli scarichi dei liquami provenienti dai gabinetti del caseggiato si erano asciugati completamente. Altre piante, incluse piante tropicali, alberi con crescita veloce e coltivazioni per la produzione di canna da zucchero e banane, hanno invece fallito (Truong e Hart, 2001).

4.1.2 Smaltimento del percolato di discarica

Lo smaltimento del percolato delle discariche è un annoso problema nelle grandi città, visto il suo alto tasso di metalli pesanti, inquinanti organici e inorganici. Australia e Cina hanno affrontato questo problema utilizzando il percolato raccolto alla base delle discariche per irrigare il Vetiver piantato sulla cima del cumulo e dei muri di sostegno della discarica. I risultati sono stati eccellenti. Infatti, la crescita del Vetiver è stata così rigogliosa che, durante la stagione secca, le discariche non hanno generato percolato sufficiente ad irrigare le piante. Piantando 3.5 ha di Vetiver sono stati smaltiti 4 Ml di percolato in un mese estivo e 2 Ml in un mese invernale (Percy and Truong, 2005).

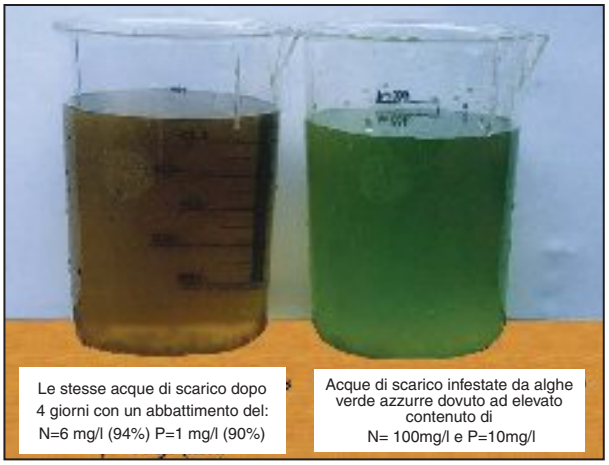

Foto 2. Il Vetiver ha depurato l'alga verdazzurra in quattro giorni. Lo scarico di liquami contiene alte concentrazioni di Nitrato (100 mg/l) e di Fosfato (10 mg/l) (a sinistra). Lo scarico di liquami dopo quattro giorni: il Sistema Vetiver ha ridotto il livello di N a 6 mg/l (94%) e di P a 1 mg/l (90%) (destra).

4.1.3 Smaltimento di scarichi industriali

Nel Queensland, in Australia, grazie all'uso del Vetiver, è stato smaltito un ingente volume di acque reflue industriali, derivanti da un impianto per la lavorazione di alimenti (1.4 milioni litri/giorno) e da un mattatoio (1.4 milioni di litri/giorno) (Smeal et al, 2003).

4.2 Migliorare la qualità delle acque reflue

L'inquinamento "off-site" è la principale minaccia all'ambiente che incombe in tutto mondo. Nonostante sia ampiamente diffuso nelle nazioni industrializzate, è particolarmente serio nei paesi in via di sviluppo, che spesso non dispongono delle risorse necessarie a limitare il problema. I metodi vegetativi sono generalmente il modo più accessibile ed efficace per migliorare la qualità dell'acqua.

4.2.1 Trattenere detriti, sedimenti e fitofarmaci nei terreni agricoli

Nel Australia le ricerche condotte sulle aziende produttrici di canna da zucchero e cotone hanno dimostrato che le barriere di Vetiver trattengono in modo efficace l'erosione e il trasporto di nutrienti quali P e Ca; gli erbicidi quali diuron, trifluralin, prometrina e fluometuron, e pesticidi quali alfa, beta e endosulfan solfato e chlorpyrifos, parathion e profenofos. Se le barriere di Vetiver fossero stabilizzate lungo le linee di drenaggio, tali nutrienti e agrochimici potrebbero essere "intrappolati" in situ (Truong et al. 2000) (Figura 3).

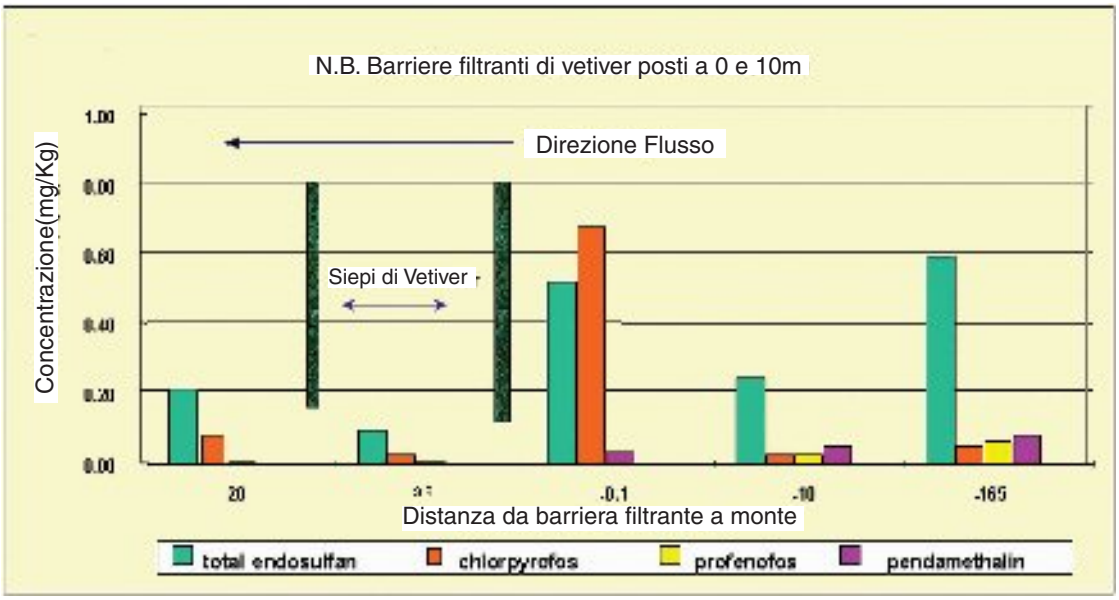

Figura 3: Concentrazione di erbicidi sul terreno depositati a monte e a valle delle strisce di Vetiver.

Un esperimento condotto in Thailandia dal Huai Sai Royal Development Study Centre, della provincia di Phetchaburi, mostra che le siepi di Vetiver piantate lungo il pendio formano un argine vivente mentre, allo stesso tempo, i loro sistema radicale forma una barriera sotterranea che previene che i residui di pesticidi e altre sostanze tossiche vengano trasportati via dalla corrente nel flusso d'acqua sottostante. Anche i culmi sottili, posti sulla superficie del suolo, riescono a trattenere i detriti e le particelle di terra trasportate lungo fossi e scoline. (Chomchalow, 2006).

4.2.2 Assorbimento e tolleranza ad agenti inquinanti ed ai metalli pesanti

L'utilità del Vetiver nel trattamento dell'acqua inquinata deriva dalla sua capacità di assorbire rapidamente i nutrienti e i metalli pesanti, e dalla sua tolleranza laddove tali elementi siano presenti anche in notevoli quantità. Nonostante le concentrazioni di questi elementi nelle piante di Vetiver siano spesso limitate rispetto a quelle degli iper-accumulatori, la sua crescita veloce e l'elevato rendimento (la produzione di biomassa secca raggiunge le 100 t/ha/l'anno) consentono al Vetiver di rimuovere dal terreno un volume molto maggiore di nutrienti e metalli pesanti, rispetto ai principali iper-accumulatori.

Nel Vietnam del Sud, è stato predisposto un esperimento dimostrativo in un'azienda specializzata nella lavorazione del pesce. Obiettivo dell'esperimento era determinare quanto tempo occorresse affinché il campo di Vetiver riducesse le concentrazioni di nitrato e fosfato, presenti negli scarichi, a livelli accettabili. I risultati del test hanno dimostrato che il contenuto complessivo di N nelle acque reflue era ridotto rispettivamente dell'88% e 91% dopo 48 e 72 ore di trattamento, mentre il totale di P era ridotto dell'80% e 82% dopo 48 e 72 ore di trattamento. Le concentrazioni di N e P rimosse in 48 e 72 ore di trattamento erano sostanzialmente simili (Luu et al, 2006). Dopo questi esperimenti, un certo numero di aziende ittiche del delta del Mekong hanno adottato il Sistema Vetiver per stabilizzare gli argini delle peschiere, per depurarne l'acqua, e per trattare le acque reflue delle aziende (Foto 3).

Nel Vietnam del Nord, le acque reflue prodotte da una piccola cartiera di Bac Ninh e da una piccola fabbrica di fertilizzanti a base di Azoto, di Bac Giang, sono inquinate con nutrienti e agenti chimici tanto quanto il percolato di discarica. Le fabbriche rilasciano le loro scorie direttamente in un piccolo torrente del delta del Fiume. Istallato su entrambi i lati, il Vetiver dopo due mesi si era ben stabilizzato. Attualmente, l'erbacea della cartiera di Bac Ninh è generalmente in buone condizioni, fatta eccezione per alcune sezioni sistemate nei pressi dell'acqua inquinata, dove mostra sintomi di tossicità. Al contrario,

Foto 3. Controllo dell'erosione e trattamento delle scorie idriche in un'azienda ittica nel delta del Mekong.

Foto 4. Vetiver a Bac Ninh (sinistra); e a Bac Giang (destra).

nonostante le condizioni di grave inquinamento, il Vetiver è stabilizzato e cresce rigoglioso nella fabbrica di fertilizzanti di Bac Giang. In questa stessa località è stata evidenziata una crescita eccellente in un contesto di semi-lagunaggio, dove ci si aspettava che il Vetiver riducesse in maniera significativa i livelli di inquinamento (Foto 4).

Nel Australia, cinque siepi di Vetiver sono state irrigate, sotto la superficie, con acque reflue derivate da una fossa settica. Dopo cinque mesi, la concentrazione totale di N nell'infiltrazione misurata dopo due siepi si era ridotta del 83%, e dopo cinque siepi del 99%. Analogamente, la concentrazione di P si era ridotta del 82% e 85%, rispettivamente (Truong e Hart, 2001) (Figura 4).

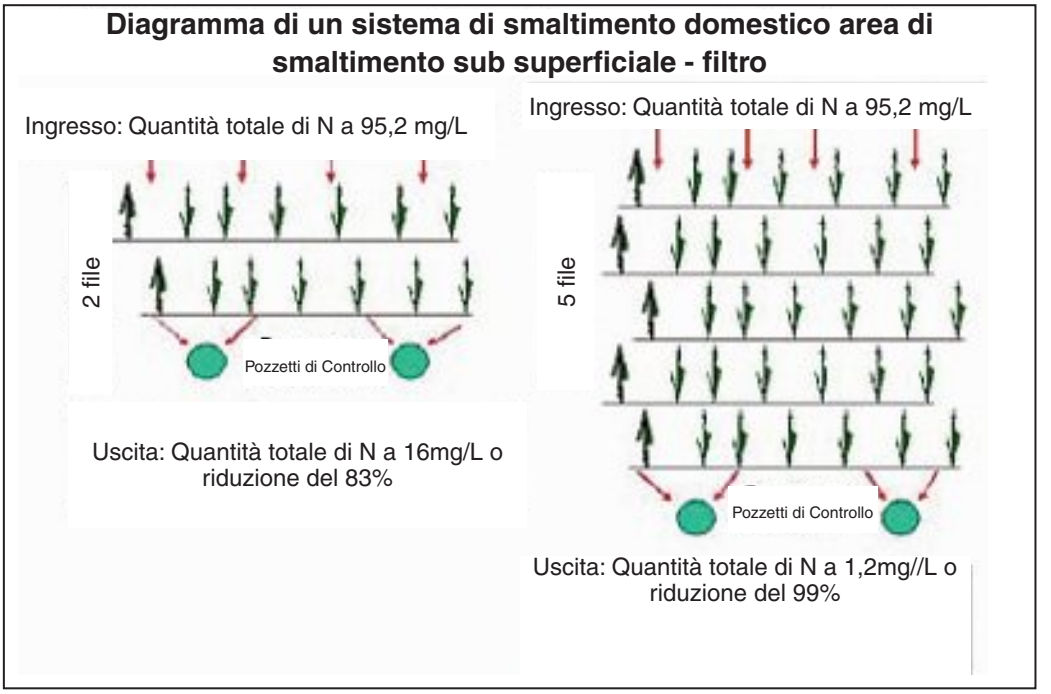

Figura 4. Efficacia della riduzione di N nei reflui domestici.

Nel Cina, i nutrienti e i metalli pesanti provenienti dalle fabbriche per la lavorazione dei suini sono tra le principali cause dell'inquinamento dell'acqua. Le acque reflue provenienti da queste aziende contengono livelli molto elevati di N e P ma anche di Cu e Zn, che vengono aggiunti al cibo per potenziare la crescita degli animali. I risultati mostrano che il Vetiver ha una forte azione depurante. Il suo rapporto assorbimento/ depurazione di Cu e Zn è pari a >90%; As e N >75%; Pb è tra 30%-71% e P è tra 15-58%. La capacità del Vetiver di depurare le acque dai metalli pesanti e N e P provenienti dalle sopra citate aziende è valutata pari a: Zn>Cu>As>N>Pb>Hg>P (Xuhui et al., 2003; Liao et al, 2003).

Foto 5. Terreno umido piantumato a Vetiver (sinistra); smaltimento di percolato per irrigazione a getto in Australia (destra).

4.2.3 Bacini di lagunaggio

I bacini di lagunaggio, sia naturali che artificiali, riducono sensibilmente la quantità di contaminanti presenti nei deflussi superficiali sia dei terreni agricoli che industriali. Utilizzare i terreni umidi per rimuovere gli agenti inquinanti richiede l'uso di

una gran varietà di processi biologici, incluse le trasformazioni microbiologiche e i processi fisio-chimici quali assorbimento, precipitazione o sedimentazione.

Nel Australia, in bacino di lagunaggio, il Vetiver ha mostrato la più alta percentuale di acqua assorbita, se messo a confronto con piante che necessitano di terreni umidi quali *Iris pseudacorus*, *Typha* spp, *Schoenoplectus validus* e *Phragmites australis.* Considerando una percentuale di consumo media pari a 600 ml/giorno/vaso test per oltre 60 giorni, il Vetiver aveva utilizzato 7.5 volte più acqua della Typha (Culle et al, 200). Venne così predisposto un bacino di lagunaggio per trattare gli scarichi di liquami prodotti da una cittadina rurale. L'obiettivo del progetto era ridurre o eliminare i 500 Ml/giorno di scorie prodotte dalla cittadina prima di scaricarli nelle falde (Foto 5). Incredibilmente, il bacino piantumato a Vetiver aveva assorbito tutti gli scarichi prodotti in questa piccola città (Ash e Truong, 2003). (Tabella 1).

Tabella 1. Qualità degli scarichi prima e dopo il trattamento con il Vetiver

Test		Risultati 2002/03 (mg/l)	Risultati 2004 (mg/l)
PH (6,5 a 8,5)*	pH 7.3-8.0	pH 9.0-10.0	pH 7.6-9.2
Ossigeno Disciolto (2,0 mg 1/min)*	0-2	12.5-20	8.1-9.2
5 Day BOD (20-40mg/1max)*	130-300	29 a 70	1-7
Solidi sospesi (30-60 mg max/1)*	200-500	45 a 140	11-16
Azoto Totale (6,0 mg max/1)*	30-80	13 a 80	4.1-5.7
Fosforo Totale (3,0 mg max/1)*	10-20	4.6 a 8.8	1.4-3.3

La Cina alleva il maggior numero di maiali al mondo. Nel 1998, la sola provincia di Guangdong ospitava più di 1600 aziende specializzate nella lavorazione delle carni suine; 130 aziende producevano annualmente più di 10.000 maiali commerciali. I maggiori allevamenti di suini producono 100-150 tonnellate di acque reflue al giorno, incluso letame suino raccolto dalle pavimentazioni a doghe degli allevamenti, che contengono elevati carichi inquinanti. Di conseguenza, lo smaltimento delle acque reflue degli allevamenti di suini è un problema enorme. I bacini di lagunaggio sono considerati il modo più efficace per ridurre sia il volume che le elevate quantità di nutrienti provenienti dagli allevamenti dei suini. Allo scopo di determinare quali fossero le specie di piante che meglio si adattano al sistema a bacini di lagunaggio, nell'esperimento effettuato, insieme alle dodici specie più promettenti, è stato incluso il Vetiver. Le tre che inizialmente raggiunsero i migliori risultati furono il Vetiver, il Cyperus alternifolius e il Cyperus exaltatus. Tuttavia, ulteriori test effettuati hanno rivelato che il Cyperus exaltatus durante l'autunno avvizziva e si metteva a riposo, ritrovando vigore nella primavera successiva. Dato che per un efficace trattamento delle acque reflue si richiede una crescita durante tutto l'anno, soltanto il Vetiver e il Cyperus alternifolius sono stati considerati idonei al trattamento, nei bacini di lagunaggio degli scarichi provenienti dagli allevamenti dei suini in tali zone.(Liao, 2000) (Foto 6).

Foto 6. Pontoni di Vetiver negli stagni delle aziende specializzate nell'allevamento dei suini a Bien Hoa (sinistra); in Cina (destra).

In Thailandia negli ultimi anni sono state condotte ricerche molto approfondite sulle applicazioni del Sistema Vetiver per il trattamento delle acque reflue in bacini di lagunaggio artificiali. Un esperimento ha utilizzato tre varietà di Vetiver (Monto, Surat e Songkhla 3) per il trattamento delle acque reflue dei mulini da farina di tapioca, impiegando due diverse metodologie: (a) mantenendo per due settimane le acque reflue nel bacino di lagunaggio piantato a Vetiver e poi drenandolo, e (b) mantenendo le acque reflue nel terreno per una settimana e poi drenandolo via continuamente per tre settimane complessive. In entrambi i casi la varietà Monto ha sviluppato la crescita più rapida di polloni, radici e biomassa e ha assorbito le maggiori concentrazioni di P, K, Mn e Cu nei getti e nelle radici (Mg, Ca e Fe nelle radici, e Zn e N nei polloni). Il Surat Thani ha assorbito le maggiori quantità di Mg nei getti e Zn nelle radici, e il Songkhla 3 ha assorbito le più alte concentrazioni di Ca, Fe nei getti e N nelle radici (Chomchalow 2006, cit. Techapinyawat 2005).

4.2.4 Il design computerizzato per le acque reflue industriali

Il design computerizzato è diventato uno strumento sempre più indispensabile per la gestione di sistemi ambientali come la complessa pianificazione della gestione delle acque reflue e lo smaltimento delle scorie industriali. Nel Queensland, in Australia, l'Autorità per la Protezione Ambientale ha adottato il MEDLI (Modello per lo smaltimento degli scarichi utilizzando l'Irrigazione del Terreno) quale modello base per la gestione delle acque reflue industriali. Lo sviluppo recente maggiormente significativo relativamente all'uso del Sistema Vetiver per lo smaltimento delle acque reflue è la taratura del MEDLI sul Vetiver per l'assorbimento dei nutrienti tramite irrigazione con acque reflue.(Vieritz, et al., 2003), (Tuong , et al., 2003), (Smeal, et al., 2003).

4.2.5 Il design computerizzato per le acque reflue domestiche

Di recente, nell'Australia subtropicale è stato sviluppato un prezioso software per valutare l'area da piantumare con Vetiver per ottenere lo smaltimento della totalità delle acque chiare e nere provenienti da ogni abitazione. Ad esempio, per un nucleo familiare di sei persone con una produzione di acque reflue pari a 120 l/persona/giorno, è necessaria un'area piantata a Vetiver di 77 m2, con una densità di 5 piante/m2.

4.2.6 Orientamento per il futuro

Vista la carenza d'acqua a livello mondiale, le acque reflue dovrebbero essere considerate come una risorsa rinnovabile piuttosto che un problema che ne richiede lo smaltimento. L'orientamento attuale è riciclare le acque reflue per uso industriale e domestico invece che prevedere il loro smaltimento. Pertanto, il potenziale del Sistema Vetiver, in quanto applicazione semplice, igienica e a basso costo per il trattamento e il riciclo delle acque reflue risultanti dalle attività umane, è enorme. (Figura 5).

Uno sviluppo eccitante per il trattamento delle acque reflue è quello che vede l'utilizzo del Vetiver in un sistema basato sui Reed Bed [letti filtranti vegetati N.d.T.]. In questa nuova applicazione, si può decidere la quantità e la qualità dell'acqua emessa per soddisfare un determinato standard. La GELITA APA, in Australia, sta sviluppando e testando questo nuovo sistema. Ulteriori dettagli relativi a questo sistema in (Smeal et al. 2006). (Figura 6)

5. TRATTAMENTO DEI TERRENI CONTAMINATI

Negli ultimi 15 anni lo studio della protezione ambientale ha visto lo sviluppo delle applicazioni del Vetiver in prima linea, viste le comprovate peculiarità dell'erbacea nei confronti di condizioni di suolo difficili e la sua tolleranza manifestata alla tossicità dei metalli pesanti. Tali caratteristiche hanno aperto nuove possibilità all'applicazione del Sistema Vetiver: la riabilitazione di terreni tossici e contaminati.

5.1 Tolleranza alle avversità

5.1.1 Tolleranza alla tossicità di alluminio, manganese e condizioni di estrema acidità

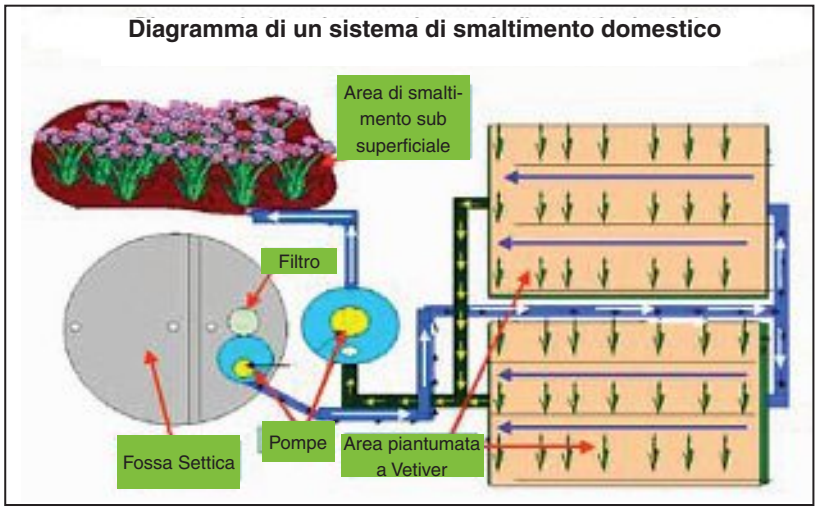

Figura 5. Tracciato di un sistema di smaltimento domestico.

Le ricerche hanno dimostrato che i fertilizzanti a base di N e P non danneggiano la crescita del Vetiver, anche in condizioni di estrema acidità (pH =3.8) e in terreni con una elevata Percentuale di Saturazione di Alluminio (68%). I test del terreno confermano che il Vetiver cresce in modo soddisfacente in terreni con pH=3.0 e livelli di Alluminio compresi tra 83-87%. Tuttavia, dato che il Vetiver non può sopravvivere a un livello di saturazione di Alluminio pari a 90% in un terreno con pH=2.0, la sua soglia di tolleranza è tra il 68% e il 90%. Tale livello di tolleranza è eccezionale, dal momento che la maggior parte delle piante risentono negativamente a livelli inferiori al 30%. Inoltre, si è visto che la crescita del Vetiver rimaneva inalterata quando il manganese estraibile dal suolo raggiungeva i 578 mg/kg, il pH del terreno era pari a 3.3 e il contenuto di manganese nella pianta raggiungeva gli 890 mg/kg. Data la sua elevata tolleranza alla tossicità di Al e Mn, il Vetiver è stato utiliz-

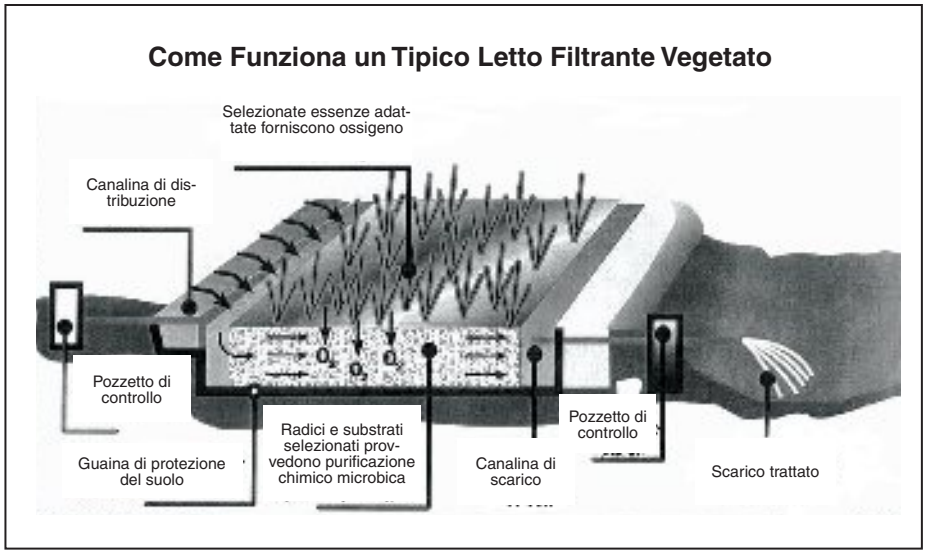

Figura 6. Funzionamento di un tipico letto filtrante vegetato.

zato con successo per controllare l'erosione in condizioni di terreno Acido-Solfate con un pH del suolo pari a circa 3.5 e un pH ossidato di 2.8 (Truong e Baker, 1998) (Foto 7 e 8).

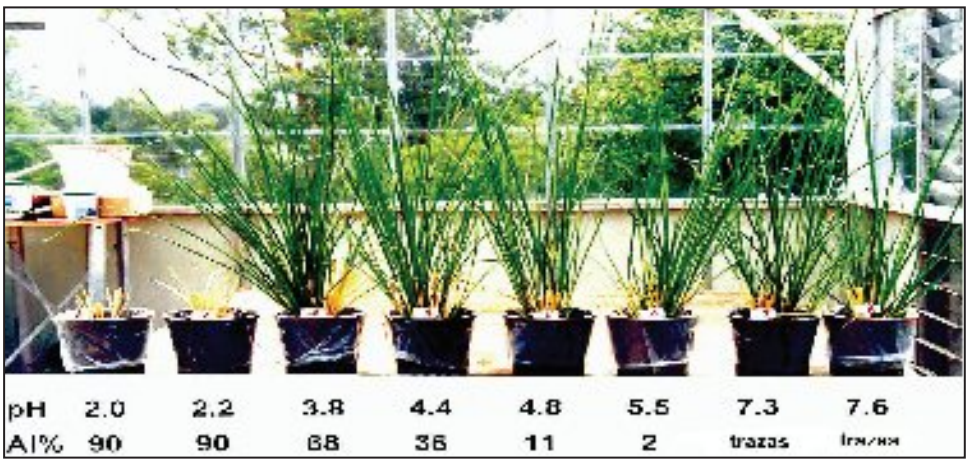

Foto 7. A seconda delle condizioni del campo, il Vetiver cresce in suoli con pH=3.8 e saturazione di Al pari a 68% e 87%..

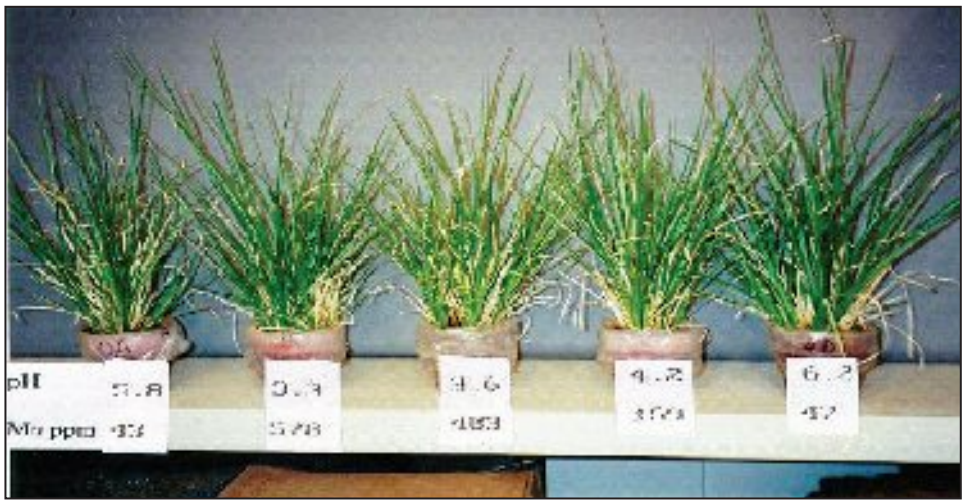

Foto 8. La crescita del Vetiver non era inibita con pH=3.3 e livelli di Mn estremamente alti quali 578 mg/kg.

5.1.2 Tolleranza a suoli con alta salinità e sodicità

Data la soglia di salinità di ECse = 8 dS/m, il Vetiver può essere positivamente paragonato ad alcune erbacee, che si sviluppano in Australia, che mostrano una particolare tolleranza alla salinità. Tra queste si possono citare la Gramigna capriola (Cymodon dactylon), con una soglia di salinità pari a 6.9 dS/m; l'Erba di Rodi (Chloris gayana) (7.0 dS7m); l'Agropiro (Thynopyron elongatum) (7.5 dS/m) e l'Orzo (Hordeum vulgare) (7.7 dS/m). Con un'adeguata quantità di N e P, il Vetiver cresce rigoglioso negli sterili di Na bentonite con Percentuale di Sodio Scambiabile pari a 48% e un sovraccarico di una miniera di carbone con un livello di sodio scambiabile pari al 33%. La sodicità di questo sovraccarico era ulteriormente esacerbata da un livello di magnesio molto alto (2400 mg/kg) rispetto al calcio (1200 mg/kg) (Truong, 2004).

Foto 9. Il Vetiver tollera un'alta salinità del suolo.

5.1.3 Distribuzione dei metalli pesanti nella pianta di Vetiver

La distribuzione dei metalli pesanti nel Vetiver può essere divisa in tre gruppi:

- Lo Zn viene distribuito in maniera uniforme tra i getti e le radici (40%)
- Piccole quantità di As, Cd, Cr e Hg assorbite sono trasferite ai getti (1%-5%) e
- Moderate quantità di Cu, Pb, Ni e Se vengono trasferite sulla cima (16%-33%) (Truong, 2004).

5.1.4 Tolleranza ai metalli pesanti

Il Vetiver è altamente tollerante a As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se e Zn (Tabella 2).

Tabella 2. Livelli di soglia dei metalli pesanti: nel Vetiver e in altre piante

Metalli Pesanti	Livello di soglia nel suolo (mg/kg) (disponibile)		Livello di soglia nelle piante (mg/kg)	
	Vetiver	Altre piante	Vetiver	Altre piante
Arsenico	100-250	2	21-72	1-10
Cadmio	20-60	1.5	45-48	5-20
Rame	50-100	Non disponibile	13-15	15
Cromo	200-600	Non disponibile	5-18	0.02-0.20
Piombo	>1500	Non disponibile	>78	Non disponibile
Mercurio	>6	Non disponibile	0.12	Non disponibile
Nickel	100	7-10	347	10-30
Selenio	>74	2-14	>11	Non disponibile
Zinco	>750	Non disponibile	880	Non disponibile

5.2 Rivegetazione e fitorimedio delle miniere

Viste le straordinarie caratteristiche morfologiche e fisiologiche, il Vetiver è stato utilizzato con successo per riabilitare le scorie pietrose delle miniere e per intervenire con il fitorimedio sugli sterili delle miniere in: Australia: carbone, oro, bentonite; Cile: rame; Cina: piombo, zinco e bauxite (Wensheng Shu, 2003); Sudafrica: oro, diamanti e platino; Thailandia: piombo; Venezuela: bauxite (Lisena et al. 2006 and Luque et al.2006); Filippine: nickel e bauxite;

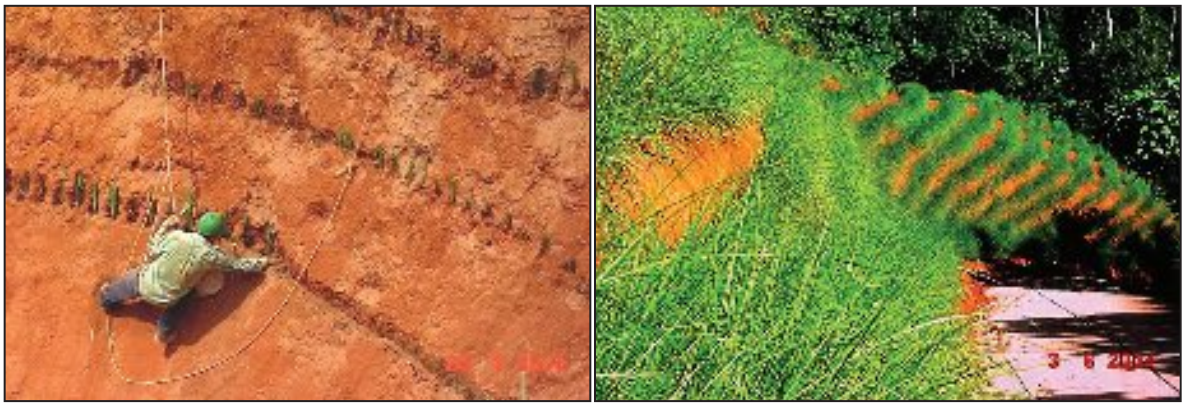

Foto 10. Rivegetazione di una miniera di carbone in Australia (sinistra); miniera di bauxite in Venezuela (destra).

Foto 11. Miniera di Nickel nel sud delle Filippine protetta da vetiver e copertura di fibra (Biosolutions Inc.)

6. BIBLIOGRAFIA

Ash R. and Truong, P. (2003). The use of Vetiver grass wetland for sewerage treatment in Australia. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Chomchalow, N, (2006). Review and Update of the Vetiver System R&D in Thailand. Proc. Regional Vetiver Conference, Cantho, Vietnam.

Cull, R.H, Hunter, H, Hunter, M and Truong, P.N. (2000). Application of Vetiver Grass Technology in off-site pollution control. II. Tolerance of Vetiver grass towards high levels of herbicides under wetland conditions. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, January 2000.

Hart, B, Cody, R and Truong, P. (2003). Efficacy of Vetiver grass in the hydroponic treatment of post septic tank effluent. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Liao Xindi, Shiming Luo, Yinbao Wu and Zhisan Wang (2003). Studies on the Abilities of *Vetiveria zizanioides* and Cyperus alternifolius for Pig Farm Wastewater Treatment. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Lisena, M.,Tovar,C. and Ruiz, L.(2006) “Estudio Exploratorio de la Siembra del Vetiver en un Área Degradada por el Lodo Rojo”. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006.

Luque, R, Lisena ,M and Luque, O. (2006). Vetiver System for environmental protection of open cut bauxite mine at Los Pijiguaos-Venezuella. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006

Luu Thai Danh, Le Van Phong. Le Viet Dung and Truong, P. (2006). Wastewater treatment at a seafood processing factory in the Mekong delta, Vietnam. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006.

Percy, I. and Truong, P. (2005). Landfill Leachate Disposal with Irrigated Vetiver Grass. Proc, Landfill 2005. National Conf on

Landfill, Brisbane, Australia, September 2005

Smeal, C., Hackett, M. and Truong, P. (2003). Vetiver System for Industrial Wastewater Treatment in Queensland, Australia; Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Truong, P.N.V. (2004). Vetiver Grass Technology for mine tailings rehabilitation. Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization. Editors: D.Barker, A. Watson, S. Sompatpanit, B. Northcut and A. Maglinao. Science Publishers Inc. NH, USA.

Truong, P.N. and Baker, D. (1998). Vetiver grass system for environmental protection. Technical Bulletin N0. 1998/1. Pacific Rim Vetiver Network. Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.

Truong, P.N. and Hart, B. (2001). Vetiver system for wastewater treatment. Technical Bulletin No. 2001/2. Pacific Rim Vetiver Network. Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.

Truong, P.N., Mason, F., Waters, D. and Moody, P. (2000). Application of Vetiver Grass Technology in off-site pollution control. I. Trapping agrochemicals and nutrients in agricultural lands. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, January 2000.

Truong, P. and Smeal (2003). Research, Development and Implementation of Vetiver System for Wastewater Treatment: GELITA Australia. Technical Bulletin No. 2003/3. Pacific Rim Vetiver Network. Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.

Truong, P., Truong, S. and Smeal, C. (2003a). Application of the Vetiver system in computer modelling for industrial wastewater disposal. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Vieritz, A., Truong, P., Gardner, T. and Smeal, C. (2003). Modelling Monto Vetiver growth and nutrient uptake for effluent irrigation schemes. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Wagner, S., Truong, P, Vieritz, A. and Smeal, C. (2003). Response of Vetiver grass to extreme nitrogen and phosphorus supply. Proc. Third nternational Vetiver Conf. China, October 2003.

Wensheng Shu (2003) Exploring the Potential Utilization of Vetiver in Treating Acid Mine Drainage (AMD). Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

CAPITOLO 5

IL SISTEMA VETIVER PER IL CONTROLLO DELL'EROSIONE DEL SUOLO AGRARIO ED ALTRE APPLICAZIONI

CONTENUTI

1. INTRODUZIONE 53
2. CONSERVAZIONE DEL SUOLO E DELL'ACQUA PER LA PRODUZIONE DI COLTURE SOSTENIBILI 54
   2.1 Principi di conservazione di acqua e suolo 54
   2.2 Caratteristiche del Vetiver idonee alle procedure per la conservazione di suolo e acqua 54
   2.3 Argini di delimitazione o sistemi a terrazza contro il Sistema Vetiver 55
   2.4 Applicazione su pianure alluvionali 55
   2.5 Applicazione sul terreni in pendenza 57
   2.6 Effetto sulla perdita di terreno 58
   2.7 Progetto ed estensione: le valutazioni degli agricoltori 59
3. ALTRE importanti APPLICAZIONI "ON-FARM" 60
   3.1 Protezione delle colture: controllo dei vermi dei fusti nel granturco e nel riso 61
   3.2 Alimento per gli animali 62
   3.3 Il pacciame per controllare le erbe infestanti e conservare l'acqua del suolo 63
4. RIABILITAZIONE DEI TERRENI AGRICOLI E PROTEZIONE DELLE COMUNITA' CHE CERCANO RIFUGIO DALLE INONDAZIONI 64
   4.1 Stabilizzazione delle dune di sabbia 64
   4.2 Potenziamento della produttività del suolo sabbioso e salino sodico in condizioni di semi-aridità 65
   4.3 Controllo dell'erosione su terreni ad acidità estrema 66
   4.4 Protezione delle comunità o dei gruppi di persone che si rifugiano dalle inondazioni 67
   4.5 Protezione delle infrastrutture dell'azienda agricola 68
5. ALTRI USI 69
   5.1 Artigianato 69
   5.2 Tetti di paglia 70
   5.3 Mattoni di fango 71
   5.4 Spago e corde 71
   5.5 Uso Ornamentale 72
   5.6 Estrazione dell'olio essenziale per scopi medicinali e cosmetici 72
6. BIBLIOGRAFIA 73

1. INTRODUZIONE

Anni di esperienza in molti paesi hanno confermato che, sebbene gli agricoltori abbiano deciso di adottare il Vetiver la salvaguardia del territorio, tale applicazione, nella maggior parte dei casi, non è stata necessariamente la principale motivazione. Ad esempio, in Venezuela il Vetiver era stato adottato inizialmente per fornire materia prima all'artigianato. Dopo che gli artigiani hanno iniziato a raccogliere le foglie secche per la loro bellezza e perché erano facili da intrecciare,fu piuttosto sem-

plice introdurre l'applicazione del Vetiver per la conservazione del suolo. In Camerun le siepi di Vetiver vennero apprezzate inizialmente quale valida barriera per tenere lontani i serpenti dai terreni recintati, e, in altre località, il Vetiveril Vetiver venne impiegato per delineare le linee di confine (i confini segnati con gli alberi non sortivano lo stesso risultato). Anche in altre località il motivo principale per cui il Vetiver era stato ampiamente accettato era a causa della sua capacità di controllare i fitofagi presenti nei depositi di fagioli e la Piralide sui fusti del granturco (Sudafrica). Questo capitolo del Manuale è dedicato alle varie applicazioni di Vetiver che vengono maggiormente utilizzate dai coltivatori.

2. CONSERVAZIONE DEL SUOLO E DELL'ACQUA PER LA PRODUZIONE DI COLTURE SOSTENIBILI

2.1 Principi della conservazione di acqua e suolo

L'obiettivo della procedura per la conservazione del suolo è di controllare o ridurre l'erosione del terreno causata dall'acqua e dal vento. Nel caso di erosione dovuta all'acqua, particole di terreno vengono inizialmente rimosse dall'eccessivo volume e/o dall'alta velocità del flusso d'acqua in superficie. L'erosione dovuta al vento viene provocata dall'alta velocità del vento su superfici prive di coltivazioni.

Pertanto, gli obiettivi principali del controllo dell'erosione sono: proteggere la superficie del terreno dall'impatto della pioggia; ridurre il volume dell'acqua di deflusso utilizzando coperture vegetative permanenti, e controllare o ridurre la velocità dello scorrimento superficiale. Gli argini di delimitazione o di diversione (terrazze), deviano il deflusso superficiale in uno sbocco sicuro, o idrovia, o rete di drenaggio. Le barriere vegetative, come ad esempio le siepi di Vetiver piantate su un pendio o su una delimitazione controllano il deflusso superficiale, distribuendolo e rallentandolo in modo che venga filtrato lentamente dalle siepi. Dato che il potere erosivo, provocato sia dall'acqua che dal vento, è proporzionale alla velocità dello scorrimento (la velocità dell'acqua discendente e la forza del vento), il principio fondamentale per la conservazione del suolo è ridurre la velocità dell'acqua e dell'aria. Istallate correttamente, le siepi di Vetiver controllano efficacemente sia l'erosione provocata dall'acqua che dal vento.

Foto 1. Una forte corrente su un canale in Australia ha distrutto le erbacee autoctone lasciando intatte le siepi di Vetiver: i suoi fusti rigidi ed eretti hanno ridotto la velocità dell'acqua e il suo potere erosivo.

L'obiettivo dell'applicazione per la conservazione dell'acqua è incrementare l'infiltrazione dell'acqua nel suolo. Tale obiettivo può essere raggiunto molto più rapidamente utilizzando coperture vegetative, in particolare siepi vegetative. Quando piantate attraverso un pendio o sulle linee di quota, le dense siepi di Vetiver formano una barriera lentamente permeabile che distribuisce l'acqua di deflusso superficiale e ne riduce la velocità. Ciò consente al suolo più tempo per assorbire l'acqua e alla siepe per trattenere il sedimento.

2.2 Caratteristiche del Vetiver idonee alle procedure per la conservazione di suolo e acqua

Le principali caratteristiche che rendono il Vetiver particolarmente importante per la conservazione del suolo e dell'acqua sono:

- Il sistema radicale profondo, penetrante, massivo e fibroso, in grado di penetrare profondamente il suolo ed allegarne gli strati permanentemente;
- I fusti rigidi ed eretti formano una siepe fitta, che rallenta efficacemente e diffonde il flusso dell'acqua e lo distribuisce, riducendone il potere erosivo;
- Tolleranza alle condizioni avverse del suolo e ai terreni poveri, incluse condizioni di terreno acido-solfato, alcalino, salino e sodico;
- Capacità di affrontare sommersioni prolungate;
- Adattabilità a un'ampia gamma di condizioni climatiche; cresce sia nelle fredde aree montane del Nord che in condizioni di estrema siccità sulle dune delle aree costiere centrali;
- Facilità di moltiplicazione vegetativa;

- Sterilità; fiorisce ma non produce semi. Dato che il Vetiver (*V. zizanioides*) manca totalmente di stoloni e rizomi, rimane dove è stato sistemato e non diventa un'erba infestante. A differenza della V. nemoralis, che è indigena del Vietnam e produce semi fertili, la *V. zizanioides* è sterile e ha un sistema radicale massivo. Nel Capitolo 1 di questo manuale vengono ampiamente descritte le differenze sostanziali tra le due specie;
- Il suo sistema radicale verticale presenta una crescita laterale delle radici molto limitata. Ciò assicura che la l'erbacea, quando piantata insieme ad altre colture, non entra in competizione con altre colture per nutrimento ed umidità.

Il Capitolo 1 di questo manuale descrive le caratteristiche del Vetiver in maniera più dettagliata. Questo capitolo, invece, focalizza l'attenzione sull'importanza in agricoltura di quelle che sono le principali caratteristiche del Vetiver, vale a dire: il sistema radicale allegante del sottosuolo e la capacità di creare delle siepi fitte.

Il forte sistema radicale del Vetiver non è eguagliato da nessuna altra pianta usata per il controllo dell'erosione "on-farm".

Sui terreni in pianura e sui letti di vie di drenaggio, dove la velocità dello scorrimento dell'acqua può essere devastante, le forti e profonde radici del Vetiver prevengono il suo sradicamento. Quest'erbacea è in grado di sostenere correnti estremamente forti.

Il robusto sistema radicale del Vetiver, oltre a ridurre l'erosione sui pendii, contribuisce anche a stabilizzare il pendio stesso. Come descritto in precedenza nel Capitolo 1, le radici profonde e fibrose riducono il rischio di frane o cedimenti.

I fusti rigidi ed eretti del Vetiver formano una siepe fitta che riduce la velocità dell'acqua, consente al suolo di assorbire l'acqua più lentamente, e dove necessario, deviano il deflusso superficiale in eccesso. Questo è il principio del cosiddetto controllo dell'erosione "flow-through" che interessa le aziende agricole che si trovano su pianure alluvionali o su pendii scoscesi in località ad alto tasso di piovosità.

2.3 Argini di delimitazione o sistemi a terrazza contro il Sistema Vetiver "flow-through"

Uno studio condotto per la Banca Mondiale ha messo a confronto l'efficacia e la fattibilità dei vari sistemi per la conservazione di suolo e acqua. Ne è emerso che le soluzioni legate alle costruzioni devono essere specifiche per il sito e richiedono una dettagliata e accurata programmazione e tecnologia. Inoltre, tutti i sistemi "hard" necessitano di una regolare manutenzione. I risultati hanno evidenziato anche che i lavori di costruzione riducono le perdite di terreno, ma non riducono in maniera significativa il deflusso superficiale e, in alcuni casi, hanno un impatto negativo sull'umidità del suolo (Grimshaw 1988). Al contrario, se stabilizzato lungo un pendio o su una delimitazione, il sistema vegetativo utilizzato ai fini della conservazione, forma una barriera protettiva lungo il pendio che rallenta il deflusso superficiale e accumula i depositi di sedimento. Dato che le barriere filtrano soltanto il deflusso superficiale e spesso non lo deviano, l'acqua filtra attraverso la siepe, raggiungendo la base del pendio a velocità ridotta senza provocare erosione e senza concentrarsi in una determinata area. Questo è il cosiddetto sistema "flow-through" (Greenfield 1989), in netto contrasto con il sistema di delimitazione a terrazza o con canalizzazioni in cui il deflusso superficiale raccoglie l'acqua dalle terrazze e viene deviato velocemente nel campo per ridurre il suo potenziale erosivo. Dato che l'acqua viene raccolta e concentrata nei canali dove avviene la maggiore erosione dei terreni agricoli, in particolare di quelli scoscesi, tale acqua viene persa per sempre. Il sistema "flow-through", al contrario, conserva l'acqua e protegge il suolo dalle dispersioni sulle canalizzazioni (Figura 1).

Questo metodo di conservazione dell'acqua è di particolare importanza nelle regioni che registrano un tasso di piovosità molto basso, come ad esempio gli Altipiani Centrali e l'Area Costiera Centrale del Vietnam.

Le specie ideali da usare come barriere per un efficace controllo dell'erosione e dei sedimenti dovrebbero avere le seguenti caratteristiche (Smith e Srivastava 1989):

- Formare delle siepi erette, rigide e fitte in maniera uniforme che offrano una forte resistenza al flusso dell'acqua in superficie, e abbiano un profondo ed esteso apparato radicale in grado di imbrigliare il suolo e prevenire l'erosione da ruscellamento e l'azione erosiva vicino alle barriere.
- Sopravvivere allo stress da carenza di umidità e nutrienti e dopo la pioggia ristabilire rapidamente la crescita della chioma.
- Provocare una perdita minima di raccolto (la barriera non dovrebbe essere infestante come una malerba né entrare in competizione per umidità, nutrienti e luce; non ospitare fitofagi né malattie).
- Richiedere solo spazi limitati per essere efficace.
- Fornire materiale che abbia un valore economico per gli agricoltori.

Il Vetiver possiede tutte queste caratteristiche. Si sviluppa in condizioni di aridità e umidità, cresce in condizioni di suolo difficili e sopravvive alle variazioni di temperatura (Grimshaw 1988).

2.4 Applicazione su pianure alluvionali

Il Sistema Vetiver è un importante strumento per controllare l'azione erosiva in tutte le pianure alluvionali dei principali fiumi in Vietnam. Il suo utilizzo non è limitato al delta del Fiume Rosso nel Nord e al delta del Mekong nel Sud. La sua applicazione è di particolare rilevanza nelle province costiere centrali, dove si presentano regolarmente inondazioni improvvise, che producono effetti devastanti, come ad esempio la pianura alluvionale del fiume Lam, nella provincia di Nghe An.

Le siepi di Vetiver sulle pianure alluvionali:

- riducono la velocità dell'inondazione che può danneggiare le colture, e il potere erosivo del deflusso superficiale;

- trattiene il suolo alluvionale fertile, che mantiene la fertilità del terreno;
- aumenta l'infiltrazione dell'acqua nelle regioni a scarsa piovosità come la provincia di Ninh Thuan

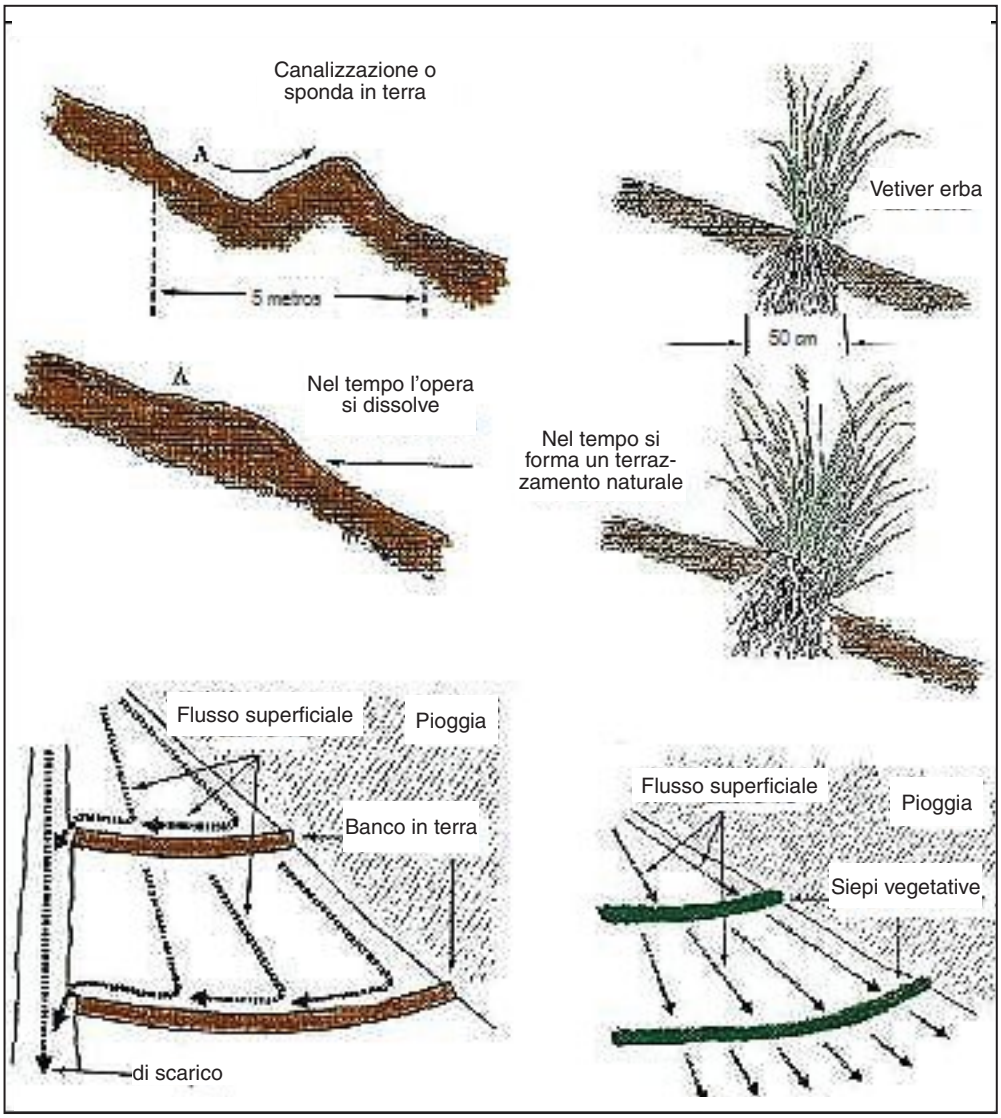

Figura 1. (In alto a sinistra): argine di delimitazione; (in basso a sinistra): gli argini deviano l'acqua; (in alto a destra): le siepi di Vetiver creano nel tempo argini o terrazze; (in basso a destra): le siepi di Vetiver rallentano il deflusso per aumentare l'infiltrazione e l'acqua rimane nel campo (Greenfield 1989).

Le coltivazioni per fasce, che prevedono larghe fasce tampone (fino al 30% dell'estensione coltivata), utilizzano un sistema simile al "flow-through" fornito dalle siepi di Vetiver, ma non prevengono l'allettamento delle colture, in quanto non riducono la velocità del flusso in caso di inondazione. Al contrario delle siepi vegetative di Vetiver, questo metodo richiede una frequente rotazione della coltura, tanto da non poter essere implementata durante la stagione siccitosa, per le limitazioni alla semina imposte dal clima. Le strisce di coltivazione sono state utilizzate in maniera efficace sulle pianure alluvionali della regione del Darling Downs, in Australia, per mitigare il danno provocato dal flusso alluvionale alle colture e controllare l'erosione del territorio sui terreni con gradiente limitato, soggette ad abbondanti e periodiche inondazioni.

In un vasto esperimento condotto in campo a Jondaryan (Darling Downs, Queensland, Australia), sono stati piantati sei siepi vegetative di Vetiver per un totale di 3000 m lungo le linea di quota, con una spaziatura di 90 m. Queste siepi hanno fornito una protezione permanente contro le inondazioni. I dati raccolti da uno scorrimento sul campo, mostrano che le siepi riducono in maniera significativa la portata e l'energia risultante del flusso attraverso le siepi. In una bassa depressione, una singola siepe ha intrappolato 7.25 tonnellate di sedimento. I risultati ottenuti negli ultimi anni, inclusi anche eventi alluvionale di estrema gravità, confermano che il Sistema Vetiver riduce sensibilmente la velocità del flusso e limita il movimento del suolo, con una erosione minima nelle colture a maggese (Truong et al. 1996, Dalton et al. 1996A e Dalton et al. 1996b). Questo esperimento dimostra che il Sistema Vetiver è una valida alternativa ai metodi di strisce coltivate utilizzati sulle pi-

Foto 2. Sedimenti fertili vengono trattenuti quando il flusso dell'inondazione filtra attraverso le siepi di Vetiver (sinistra); una rigogliosa coltivazione di saggina sopravvive all'inondazione sulla pianura soggetta a inondazioni periodiche a Darling Downs, in Australia (destra).

anure alluvionali dell'Australia.

2.5 Applicazione su terreni in pendenza

Nel India sui terreni coltivati con una pendenza pari a 1.7%, le siepi di Vetiver poste a delimitazione della coltura hanno ridotto il deflusso superficiale (percentuale di pioggia caduta) dal 23.3% (test di verifica) al 15.5% e la perdita di suolo da 14.4 t/ha a 3.9 t/ha, e il raccolto di saggina è aumentato da 2.52 t/ha a 2.88 t/ha nell'arco di quattro anni. L'aumento del raccolto è stato attribuito principalmente al tipo di suolo e alla conservazione dell'umidità sull'intera stratigrafia protetta dal sistema di siepi di Vetiver (Truong 1993). Nel caso degli appezzamenti di dimensioni piuttosto piccole predisposti presso

Foto 3. Il Vetiver piantato su un pendio molto ripido per la conservazione del suolo e dell'acqua in una piantagione di te in India (P Haridas).

l'International Crops Research Istitute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), le siepi di Vetiver si erano rivelate ancora più efficaci nel controllare il deflusso superficiale e la perdita di terreno rispetto alla verbena delle Indie o ai muretti a secco. Il deflusso superficiale calcolato sugli appezzamenti di Vetiver era solo il 44% di quello degli appezzamenti del test di verifica su una pendenza del 2.8% mentre era il 16% su una pendenza di 0.6%. Gli appezzamenti trattati a Vetiver hanno registrato una riduzione media del 69% in termini di deflusso superficiale e del 76% in perdita di terreno rispetto agli appezzamenti di verifica (Rao et al 1992).

In Nigeria, su una pendenza del 6%, vennero sistemate delle strisce di Vetiver su appezzamenti di deflusso superficiale da 20 m per tre stagioni, allo scopo di misurarne l'efficacia contro la perdita di terreno per erosione, capacità di immagazzinamento dell'umidità del suolo e produzione agricola. I risultati hanno dimostrato che il Vetiver ha stabilizzato il suolo e le condizioni chimiche all'interno dell'appezzamento di 20 m entro il perimetro delle strisce. Con l'utilizzo del Vetiver, le colture di fagioli dall'occhio sono aumentate fra l'11 e il 26% e il mais è aumentato del 50%. Facendo un paragone con gli appezzamenti da 20 m senza Vetiver (test di verifica), la perdita di terreno e il deflusso superficiale erano rispettivamente il 70% e il 130% più alti. Le strisce di Vetiver hanno incrementato il mantenimento dell'umidità del suolo tra l'1.9% e il 50.1%, a seconda della profondità.

Il contenuto nutritivo dei terreni erosi sugli appezzamenti di verifica era considerevolmente più povero degli appezzamenti a Vetiver, che potenziavano anche l'efficacia dell'uso di Azoto del 40% circa. Questa ricerca dimostra l'utilità delle siepi di Vetiver come misura di protezione del suolo e dell'acqua nell'ambiente nigeriano (Babola et al. 2003).

Simili risultati sono stati riferiti su vari pendii, tipi di suolo e colture in Venezuela e Indonesia. Nel Natal, in Sudafrica, le siepi di Vetiver sono andate pian piano a sostituire gli argini di delimitazione e i fossi sui ripidi terreni coltivati a canna da zucchero, dove gli agricoltori hanno concluso che il Sistema Vetiver è la formula più efficace e a basso costo per la conservazione del suolo e dell'acqua nel lungo termine (Grimshaw 1993). Un'analisi costo-beneficio condotta sul bacino idrografico del Maheswaran in India prese in esame sia le strutture tecnologiche che le barriere vegetative di Vetiver. Il Sistema Vetiver venne considerato il più vantaggioso, persino nel suo stadio iniziale, grazie alla sua efficacia e al basso costo (Rao 1993).

In Australia la ricerca e lo sviluppo realizzati negli ultimi 20 anni hanno confermato i risultati ottenuti all'estero, in particolare l'efficacia del Vetiver nella conservazione del suolo e dell'acqua, la stabilizzazione delle vie di drenaggio, la riabilitazione dei terreni degradati e la capacità di trattenere i sedimenti nelle idrovie e nelle depressioni. Oltre a queste applicazioni, il Vetiver ha provato la sua versatilità nel:

- Controllo dell'erosione da inondazioni sulle pianure con tendenza a alluvioni periodiche del Darling Downs.
- Controllo dell'erosione in condizioni di terreno acido-solfato.
- Rimpiazzo degli argini di delimitazione nei ripidi terreni coltivati a canna da zucchero nel Queensland del Nord.

In Vietnam gran parte dell'esperienza "on-farm" con il Sistema Vetiver è stata raggiunta grazie al "progetto manioca" (un progetto della Nippon Foundation: "Potenziare la Sostenibilità dei Sistemi Agricoli a Base di Manioca in Asia", in Cina, Thailandia e Vietnam, 1994-2003), implementato in collaborazione con la Thai Nguyen University of Agricolture and Forestry (TUAF), il National Institute for Soil Fertility (NISF), e il Viet Nam Agricultural Science Institute (VASI, ora VAAS). Questo progetto condotto in collaborazione con gli agricoltori delle aree montane del Nord a Yen Bai, Phu Tho, Tuyen Quang e Thai Nguye, nella parte montana della provincia di Thua Thien Hue, e nel Sud-Ovest.

Nota: la Manioca (Manihot esculenta) rappresenta uno dei principali prodotti agricoli nelle regioni umide tropicali, ma in quanto coltura a tubero generalmente piantata come monocoltura, è uno dei prodotti agricoli maggiormente erosivi nel mondo sviluppato. Da qui l'importanza di promuovere un sistema di produzione della Manioca più sostenibile. In questo progetto gli agricoltori hanno testato diverse soluzioni incluse: 1. coltivazioni in consociazione (es. delimitare le coltivazioni con arachidi), 2. introduzione di materiale da piantumazione potenziati (varietà con ramificazioni basse per ridurre l'impatto della pioggia) combinato con fertilizzanti potenziati (organici e inorganici), e infine, ultimo ma non ultimo: 3. siepi anti-erosione, e l'applicazione del Sistema Vetiver è risultato il metodo più efficace per ridurre la perdita di suolo (vedi il progetto manioca CIAT).

2.6 Effetto sulla perdita di terreno

Se la riduzione della perdita di terreno ha la sua importanza, mantenere il suolo fertile "on-farm", viene giudicato dai coltivatori di estrema rilevanza. Quando i terreni delle loro aziende sono profondi, i coltivatori possono non preoccuparsi della conservazione del suolo, perché richiede lavoro e toglie terreno dell'azienda.

Tuttavia, quando una coltivazione più intensiva avviene su un pendio, e gli agricoltori applicano concime e/o fertilizzanti chimici, allora l'effetto positivo del Vetiver non è solo quello di ridurre la perdita del terreno, ma espleta anche la funzione di mantenere la fertilità del suolo e prevenire il deflusso superficiale (Truong e Loch, 2004). Nelle zone più umide, il sistema radicale profondo ed esteso del Vetiver ha un ulteriore vantaggio: assorbe i nutrienti solubili che altrimenti andrebbero dispersi in strati di suolo profondi e irraggiungibili. Questi nutrienti vengono restituiti al terreno quando le piante di Vetiver vengono potate e utilizzate come pacciame, concime naturale organico, consentendo, un riciclo dei nutrienti. Nelle regioni

Foto 4. Differenza in termini di perdita di terreno tra il Vetiver (sinistra) e la Flemingia congesta, un legume (destra).

Foto 5: Questa siepe di vetiver su una pendenza del 20%alle Fiji, ha intrappolato sufficiente sedimento in 30 anni da creare un terrazzamento naturale di 2m di dislivello; al tempo stesso ha evitato la perdita di suolo e la lisciviazione di nutrienti incrementando il raccolto di canna da zucchero

Foto 6. Il Vetiver controlla l'erosione su una piantagione di caffè nella regione montana Centrale.

montane del Vietnam del Nord, Tephrosia e l'Ananas selvatico vengono per tradizione utilizzati come siepi (talvolta in combinazione con terrazzamenti) per ridurre le perdite di suolo. Tuttavia, l'efficacia dell'Ananas selvatico è piuttosto limitata. I suoi fusti sottili possono creare degli accorpamenti che possono perfino accrescere l'erosione, concentrando e forzando l'acqua attraverso i sottili spazi fra gli stessi. La Tefrosia è efficace solo finché la pianta rimane stabile; muore dopo due o tre anni. Su pendenze moderate, le siepi di Vetiver sono una valida alternativa al terrazzamento tradizionale, che prevede spesso un intenso lavoro.

Il dr. Pham Hong Duc Phuoc, della Nong Lam University, ha guidato i ricercatori nei test sulle proprietà del Vetiver in relazione alla conservazione del suolo nelle piantagioni di caffè situate sui pendii della provincia di Dong Ngai (Vietnam Sudoccidentale).

In Indonesia l'introduzione del Sistema Vetiver "on-farm" è stato particolarmente efficace grazie a un programma educativo

Tabella 1. Effetti del Sistema Vetiver sulla perdita di suolo e il deflusso sulle terre agricole

	Perdita di suolo (t/ha)			**Deflusso superficiale (% di pioggia)**		
Paesi	Test di Riferimento	Convenzionale	SV	Test di Riferimento	Convenzionale	SV
Thailandia	3.9	7.3	2.5	1.2	1.4	0.8
Venezuela	95	88.7	20.2	64.1	50	21.9
Venezuela (15% di pendenza)	16.8	12	1.1	88	76	72
Venezuela (26% di pendenza)	35.5	16.1	4.9	-	-	
Vietnam	27.1	5.7	0.8	-	-	
Bangladesh	-	42	6-11	-	-	
Índia	-	25	2	-	-	

Foto 7. Le siepi di Vetiver proteggono i giardini naturali delle scuole su pendii a 50° (East Bali Poverty Project).

Foto 8. Rendere visibile la perdita di suolo (progetto manioca CIAT).

della scuola di giardinaggio organico. Nell'ambito del Bali Poverty Project, il Sistema Vetiver viene utilizzato nei giardini delle scuole e anche lungo le strade locali. I bambini quindi, una volta a casa, applicano le nozioni apprese.

2.7 Progetto ed estensione: le valutazioni degli agricoltori

L'uso del Vetiver per controllare l'erosione del suolo "on-farm" ha chiarito una cosa: gli agricoltori valutano molti fattori prima di decidere se e come utilizzare il Vetiver (Agrifood Consulting International, marzo 2004). Gli agricoltori impegnati nella ricerca (i ricchi coltivatori sovvenzionati per condurre l'esperimento) fecero luce sui ragionamenti dei loro colleghi. Ne emerse che erano maggiormente interessati all'adozione di varietà di piante potenziate e dei fertilizzanti chimici. Le loro priorità e la volontà di adottare il Vetiver come principale metodo per la conservazione del suolo erano diversi dagli altri agricoltori, quelli non sovvenzionati.

Appena gli agricoltori comprendono i principi del Vetiver, e hanno l'opportunità di valutarne l'impatto a breve e lungo termine diventano molto più disponibili ad adottarne l'uso. Quindi, è importante porre gli agricoltori al centro delle valutazioni e consentire che ognuno adatti le linee guida alle proprie esigenze (es.: densità di impianto). Sapendo questo, si riuscirà a consigliare l'agricoltore nel modo migliore e assicurare così il successo del Sistema. L'uso di sovvenzioni o di altri incentivi materiali per gli agricoltori affinché collaborino al test del Sistema Vetiver è da scoraggiare, visto che tende a insidiare la ripetibilità dei risultati.

La seguente "check-list" illustra gli elementi chiave che gli agricoltori prendono in considerazione prima di decidere se implementare o meno il Sistema Vetiver.

Checklist per il controllo della fattibilità dell'adozione del Sistema Vetiver per la Conservazione dell'Acqua e del Suolo su larga scala:

A. Quanto è importante il problema dell'erosione del suolo?

- Quanto è profondo il profilo del suolo?
- Quanto è visibile per gli agricoltori la perdita di suolo sul luogo o a valle?
- Qual è il limite o il valore della perdita di suolo? Se è stato applicato del fertilizzante gli agricoltori sono più motivati a fare uno sforzo per proteggere il loro investimento, e resistere alle perdite da deflusso superficiale o alla lisciviazione negli strati più profondi (es. il Vetiver radicato in profondità può recuperare l'Azoto solubile che si era rapidamente disperso negli strati più bassi e irraggiungibili).
- Dato il gradiente della pendenza e la composizione del suolo, quanto è ripido ed eroso il terreno?
- Come si può paragonare il Sistema Vetiver con gli altri metodi di controllo dell'erosione (es. le porche di confine, muretti a secco, il telo pacciamante, e le varietà di piante che hanno ramificazioni basse, hanno una calotta che si chiude rapidamente?)

B. Quanto è importante il sistema delle colture, rispetto agli altri settori dell'azienda agricola?

Gli agricoltori sono più interessati ad investire nelle procedure di conservazione che producono un raccolto vantaggioso.

- Qual è il valore relativo di un appezzamento di terra (la volontà di investire lavoro, denaro) e
- Qual è la posizione generale dell'agricoltore? Quanto lavoro/denaro può investire in questo appezzamento? Cosa entra in competizione con il suo tempo e denaro (p. es. la risaia oppure il lavoro fuori dell'azienda?).

- L'agricoltore ha la certezza della proprietà del terreno tanto da giustificare gli sforzi impiegati per migliorarla?
- La distanza fra le abitazioni e i campi giustifica l'investimento del lavoro?
- L'agricoltore può utilizzare il Vetiver in applicazioni complementari (vedi il capitolo successivo)?
- C'è spazio sufficiente per un vivaio per propagare il Vetiver?
- Quali politiche si oppongono all'applicazione dei metodi per la conservazione di suolo e di acqua?
- Quali limitazioni ecologiche interessano l'uso del Vetiver? (p. es. il Vetiver non tollera l'ombreggiatura; una volta stabilizzato, tuttavia, l'ombra non rappresenta un problema).

Gli agricoltori sono sollecitati a testare, confrontare e combinare il Sistema Vetiver con altri metodi per la conservazione del suolo e dell'acqua.

3. ALTRE IMPORTANTI APPLICAZIONI "ON-FARM"

3.1 Protezione delle colture: controllo della Piralide nel granturco e nel riso

La piralide attacca il granturco, la saggina, il riso e il miglio sia in Africa che in Asia, e le larve depongono le uova sulle foglie della coltura. Il professor Johnnie van den Berg, entomologo (School of Environmental Sciences and Development, Potchef-

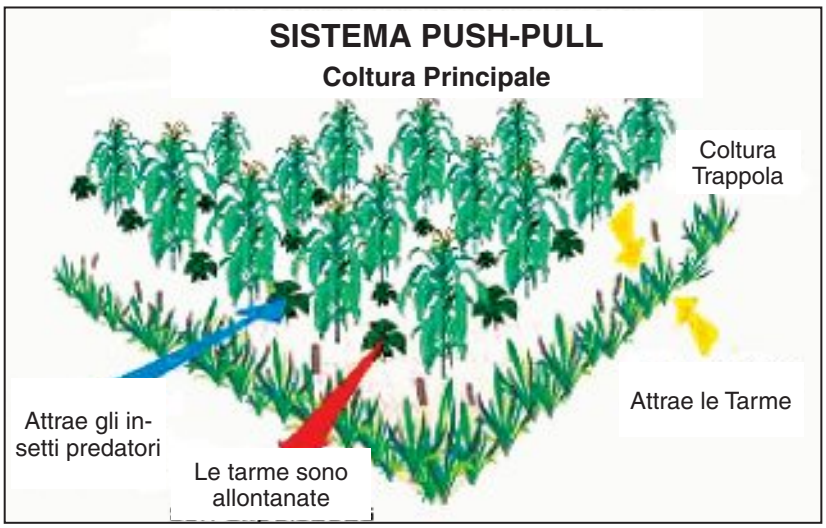

Figura 2. Il sistema "Push-Pull": il Vetiver attrae gli insetti a deporre le uova dove hanno poche chance di sopravvivenza.

Foto 9. La peluria presente sulle foglie di Vetiver le rende inospitali; le larve degli insetti cadono e muoiono sul terreno.

stroom University, Sudafrica), ha riscontrato che le larve preferiscono deporre le uova sulle foglie del Vetiver stabilizzato intorno alle coltivazioni invece che sulle colture stesse, ad esempio granturco o riso. Potendo scegliere, circa il 90% delle uova vengono depositate sul Vetiver invece che sulla coltivazione - Figura 2.

Dato che le foglie di Vetiver sono coperte da peluria, le larve che vi si muovono non possono farlo agevolmente. Le larve che cadono dalla pianta, hanno una mortalità molto elevata, circa il 90%. Il Vetiver ospita anche molti insetti utili che, a loro

Foto 10: Controllo della Piralide (Zululand, Sudafrica)

volta, diventano predatori dei fitofagi che attaccano le colture.

In collaborazione con il Dr. Van den Berg, la Can Tho University sta attualmente studiando l'applicazione pratica di questo effetto sul riso. I risultati preliminari sono molto promettenti.

3.2 Alimento per gli animali

Le foglie di Vetiver sono un foraggio gustoso e pronto da mangiare per bestiame, capre e pecore. La tabella 2 paragona i valori nutrizionali del Vetiver con quelli di altre piante subtropicali in Australia. Le piante giovani di Vetiver sono piuttosto nutrienti, se paragonate alle mature piante di Erba di Rodi e Kikuyu. Tuttavia, il valore nutritivo delle piante mature di Vetiver è basso ed è carente di proteine semplici.

Uno studio realizzato in Vietnam (Nguyen Van Hon, 2004) ha dimostrato che le piante giovani di Vetiver possono parzialmente sostituire le piante mature di Brachiaria mutica quale alimento per le capre in crescita.

Generalmente le foglie di Vetiver sono utili sottoprodotti dei metodi per la conservazione di acqua e suolo, non un foraggio. Tuttavia, in certe condizioni, il Vetiver può essere coltivato quale principale coltura di foraggio. (Vedi Capitoli 4.2, dove il Vetiver è stato utilizzato per la riabilitazione del suolo nella provincia di Ninh Thuan). I getti di Vetiver sono nutrienti quando vengono falciati a intervalli tra uno e tre mesi, a seconda delle condizioni climatiche. Il loro contenuto nutritivo, come molte erbacee tropicali, varia a seconda della stagione, dello stadio di crescita e della fertilità del suolo.

Quando il Vetiver viene utilizzato per altri scopi, il foraggio può rappresentare un valore aggiunto. Nella provincia di Quang

Tabela 2: Valori nutrizionali di Vetiver, Erba di Rodi e Kikuyu, Australia

Analisi	Unità	Vetiver			Rodi	Kikuyu
		Jovem	Matura	Velho	Matura	Matura
Energia (ruminante)	kCal/kg	522	706	969	563	391
Digeribilità	%	51	50	-	44	47
Proteine	%	13.1	7.93	6.66	9.89	17.9
Grassi	%	3.05	1.30	1.40	1.11	2.56
Cálcio	%	0.33	0,24	0.31	0.35	0.33
Magnesio	%	0.19	0.13	0.16	0.13	0.19
Sodio	%	0.12	0.16	0.14	0.16	0.11
Potassio	%	1.51	1.36	1.48	1.61	2.84
Fosforo	%	0.12	0.06	0.10	0.11	0.43
Ferro	mg/kg	186	99	81.40	110	109
Rame	mg/kg	16.5	4.0	10.9	7.23	4.51
Manganese	mg/kg	637	532	348	326	52.4
Zinco	mg/kg	26.5	17.5	27.8	40.3	34.1

Foto 11: Un bufalo pascola sull'argine delimitato dal Vetiver (sinistra); del bestiame si nutre delle piante giovani di Vetiver (destra).

Binh, dopo un inverno estremamente rigido, il Vetiver era l'unico foraggio disponibile: il freddo aveva distrutto tutte le altre erbacee. Inoltre, il Vetiver che cresce fra i rifiuti degli allevamenti suini contiene un alto contenuto di proteine semplici, carotene e luteina, contenuti relativamente bassi di Ca, Fe, Cu, Mn e Zn, e livelli accettabili di metalli pesanti, Pb, As e Cd (Pingxiang Liu 2003).

3.3 Il pacciame per controllare le erbe infestanti e conservare l'acqua del suolo

Dato l'alto contenuto di silice, maggiore rispetto ad altre erbacee tropicali, quali l'Imperata cilindrica, i getti di Vetiver impiegano più tempo a decomporsi. Questo rende il Vetiver ideale da usare come pacciame e perfetto come paglia per i tetti (dato che la paglia non fa annidare gli insetti).

Foto 12: Il Vetiver controlla l'erosione e il suo pacciame sopprime le erbe infestanti nelle piantagioni di caffè negli Altipiani Centrali.

Foto 13: Il pacciame di Vetiver controlla le erbe infestanti nelle piantagioni di tè nell'India del Sud (P Haridas).

Controllo delle erbe infestanti: Quando vengono distribuite uniformemente sul terreno, integre o essiccate, le foglie di Vetiver formano una superficie spessa che sopprime le erbacce. Il pacciame di Vetiver controlla le erbe infestanti in modo molto efficace nelle piantagioni di caffè e di cacao negli Altipiani Centrali e nelle piantagioni di tè in India.

Conservazione dell'acqua: Lo spesso strato di pacciame di Vetiver aumenta l'infiltrazione dell'acqua e riduce l'evaporazione, aspetto di particolare rilevanza in condizioni di caldo e siccità tipiche delle province costiere quali il Ninh Thuan. Protegge anche la superficie del suolo dall'impatto della pioggia, una delle principali cause di erosione del suolo.

4. RIABILITAZIONE DEL TERRENO AGRICOLO E PROTEZIONE DELLE COMUNITA' CHE CERCANO RIFUGIO DALLE INONDAZIONI

4.1 Stabilizzazione delle dune di sabbia

Le dune di sabbia occupano più di 70,000 ha (172,974 acri) lungo la costa del Vietnam Centrale. Queste dune sono estremamente mobili a causa del forte vento e altamente erodibili durante le piogge abbondanti. Senza stabilizzazione, la sabbia invade i preziosi terreni agricoli, distruggendo le colture e intasando fiumi e torrenti. Gli agricoltori locali, di conseguenza, subiscono enormi perdite. I metodi tradizionali per fermare il movimento delle dune, che includono la piantumazione di alberi di Casuarina e Ananas selvatico, e la costruzione di piccoli argini di sabbia, sono totalmente inefficaci. Piantare le siepi di Vetiver offre la migliore soluzione al problema.

Il seguente caso di studio ne illustra il problema: nella provincia di Quang Binh il piede del pendio di una duna era fortemente eroso da un corso d'acqua che serviva da confine naturale tra le dune e un vivaio della Forest Enterprise. Il corso d'acqua tagliando il piede del pendio, muoveva la sabbia, depositandola sui terreni di aziende irrigati a valle. Gli agricoltori, che cercavano di deviare il corso della sabbia con degli argini composti da dune di sabbia, ebbero come unico risultato il trasferimento del problema ad altre aziende agricole. La situazione creò conflitti fra agricoltori, e, visto che il corso d'acqua era stato deviato dal suo vivaio verso la duna, con la Forestry Enterprise.

Quattro siepi di Vetiver furono piantate lungo le linee di confine sul pendio della duna di sabbia, partendo dalla cima del corso d'acqua. Dopo soli quattro mesi, le piantagioni avevano formato delle siepi molto fitte e stabilizzato il piede della duna. La Forestry Enterprise rimase così colpita dai risultati che decise di piantare in maniera estensiva l'erbacea sulle altre dune di sabbia e persino di utilizzarla per proteggere la spalla di un ponte. Inoltre, la pianta sorprese le popolazioni locali sopravvivendo all'inverno più freddo degli ultimi dieci anni, che registrò una temperatura sotto i 10°C; un'ondata di freddo che costrinse gli agricoltori a ripiantare per ben due volte il riso e la Casuarina. Dopo due anni, le specie autoctone quali la Casuarina e l'Ananas selvatico, si ristabilirono da sole tra le siepi di Vetiver.

All'ombra degli alberi spontanei, l'erbacea scomparve, avendo compiuto la sua missione. Il progetto prova di nuovo che il Vetiver può resistere a condizioni climatiche avverse e a un terreno particolarmente difficile.

1. E' molto importante fare valutazioni e programmi insieme alle comunità locali. Una comunità può:

   i) fornire valide idee durante la programmazione

   ii) contribuire finanziariamente

   iii) fornire manodopera per l'implementazione

   iv) proteggere ed effettuare la manutenzione delle piantagioni

2. Preparare la comunità locale: Quando si insegna alla comunità locale come moltiplicare, piantare e mantenere il Vetiver, istruirla anche sugli altri utilizzi (foraggio, artigianato).

Foto 14: Il Vetiver protegge le dune di un albergo sulla spiaggia del Denegale, in Senegal (sinistra) e sull'isola di Pintang, Cina (destra) a contrasto dell'erosione eolica.

3.Propagazione: I vivai locali possono essere ingaggiati per propagare il Vetiver e fornire le piante a radice nuda per la piantumazione.

4. Mantenimento e monitoraggio: La comunità locale può monitorare e eseguire la manutenzione delle piantagioni. Lo spostamento della sabbia asciutta, talvolta interra o trasporta via le piante giovani, pertanto allo stadio iniziale è estremamente importante effettuare una manutenzione.

Le foto 14 e 15 mostrano le siepi di Vetiver sulle dune nel distretto di Le Thuy nella provincia di Quang Binh.Il Vetiver è altrettanto efficace nel ridurre la sabbia trasportata. Per questo scopo, l'erbacea dovrebbe essere piantata lungo la direzione del

Foto 15: All'inizio di aprile 2002 – il Vetiver un mese dopo la piantumazione. Nota: il pacciame era stato posto sul filare superiore

Foto 16: Metà ottobre 2002 (sette mesi): la Casuarina si è nuovamente stabilita tra le siepi di Vetiver Febbraio 2003: le siepi stabilizzate nell'ottobre 2002 sono sopravvissute all'inverno più freddo mai avuto nel Quang Binh

vento, in particolare negli avvallamenti tra le dune di sabbia, dove la velocità del vento tendenzialmente aumenta. Questa applicazione è stata testata sulle dune costiere del Denegale, come anche sull'Isola di Pintang, al largo della costa della Cina Orientale. La foto 16 mostra come la comunità locale ha esteso l'applicazione, con il supporto della guardia forestale locale.

4.2 Potenziamento della produttività sul terreno sabbioso e salino sodico in condizioni di semi-aridità

Nel Vietnam Centromeridionale, il Ninh Thuan e il Binh Thuan sono due province costiere che condividono una condizione climatica peculiare. Nonostante siano entrambe situate sulla costa, presentano condizioni di semi-aridità, con piogge annuali comprese fra i 200-300 mm. Tutto ciò comporta una estrema scarsità di acqua fresca per le colture e l'allevamento degli animali.

Il suolo delle dune costiere è salino, alcalino e sodico con la presenza di un sottile strato di gesso compatto proprio sotto lo strato superficiale. La produzione agricola nella regione è molto limitata, in parte a causa delle povere condizioni del suolo (lo strato di gesso effettivamente impedisce alle radici di penetrare nello strato più umido sottostante) e in parte per la mancanza di precipitazioni. La duna costiera è anche predisposta all'erosione del vento e all'erosione provocata dall'acqua quando piove, rendendo molto scarsa la vegetazione e il foraggio per il bestiame. Questi fattori contribuiscono alle condizioni di stenti e povertà della popolazione locale.

Dal 2003 al 2005, il professor Le Van Du e i suoi studenti della Ho Chi Minh City Agro-Forestry University impiantarono il Vetiver su questi terreni salino-sodici per determinare se il Sistema Vetiver poteva migliorare la produttività delle aziende agricole in condizioni simili al deserto. Essi hanno verificato che, una volta stabilizzato con iniziali irrigazioni, il Vetiver cresce eccezionalmente bene. Durante i primi due mesi, il Vetiver era cresciuto due a tre volte più velocemente rispetto ad altre colture, producendo una biomassa fresca di 12 tonnellate su suoli sabbiosi non salini (96% sabbia) e 25 tonnellate su terreni alcalino-sodici. In tre mesi, le sue radici erano penetrate per 70 cm, attraverso lo strato compatto di gesso, raggiungendo l'umidità del terreno che il granturco locale e altre piante non potevano raggiungere.

Gli scienziati hanno notato un gran miglioramento nella fertilità del suolo dopo soli tre mesi, in particolare avevano rilevato che il sale solubile e il pH si erano sensibilmente ridotti. Nonostante il pH del suolo sia notevolmente cambiato dopo tre anni di coltivazione di uva, a seguito impianto di Vetiver il pH del suolo è diminuito di 2 unità sullo strato di superficie, alla profondità di 1 m, e il contenuto di sale disciolto. Riducendosi di più della metà il contenuto di sodio la produzione di colture locali, quali il frumento e l'uva, è incredibilmente aumentata (Foto 19 e 20).

4.3 Controllo dell'erosione su terreni ad acidità estrema

Sviluppare l'agricoltura e l'acquacoltura in una regione con un terreno particolarmente acido, richiede un'irrigazione efficace e stabile e un buon sistema di drenaggio. Le popolazioni residenti in queste zone usano comunemente il suolo locale (molta argilla, pH basso, alta tossicità) per costruire infrastrutture; tale suolo è sensibile all'erosione perché non in grado di sopportare la maggior parte della vegetazione. Dato che le aree con terreni ad alto tasso di acidità sono depresse nella topografia e soggette a inondazioni annuali, le comunità locali soffrono di stenti.

Dal riscontro effettuato in varie regioni, i terreni condividono caratteristiche comuni: alto tasso di acidità, un pH tra 2.0 e 3.0 nella stagione asciutta, e livelli di Al, Fe, e SO4(2) molto elevati. L'alto contenuto di argilla del suolo causa delle spaccature appena si asciuga, provocando grandi buchi che lasciano entrare l'acqua, e causano l'erosione durante le stagioni piovose

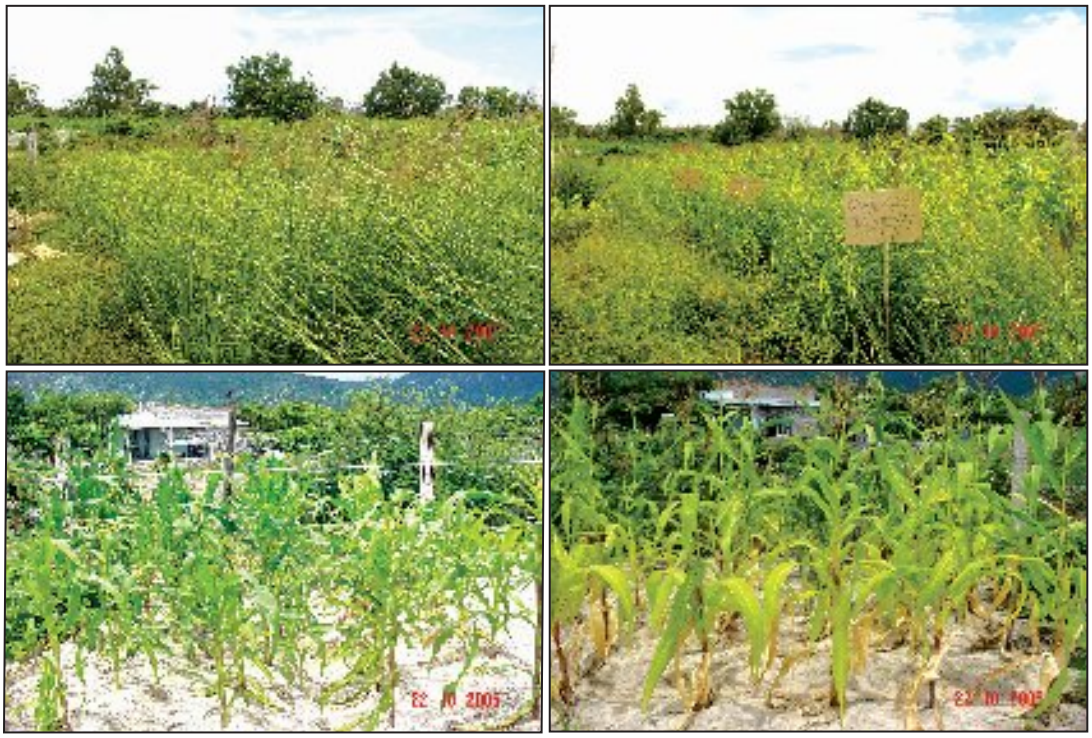

Foto 17: Le radici di Vetiver sono penetrate nella barriera compatta di gesso fino a raggiungere la terra umida ed attecchiscono; senza irrigazione, il frumento e l'uva muoiono.

e alluvionali. Come conseguenza, sono poche le piante endemiche che possono stabilizzarsi e sopravvivere durante la stagione secca, incluse quelle considerate specie ad elevata tolleranza.

In Vietnam, il Vetiver ha stabilizzato terrapieni e controllato l'erosione dell'argine dei canali in cinque località situate su terreni ad acidità estrema: una diga a protezione del flusso alluvionale (tutelando una comunità che cerca rifugio da un'inondazione) nella provincia Tien Giang, tre nelle province di Long An e una porzione di un argine nei pressi di Ho Chi Minh City.

Piantato in polybags, il Vetiver si stabilizza velocemente nei terreni compromessi. Nonostante nessun cespo di Vetiver piantato direttamente con le radici nel suolo acido sia sopravvissuto, c'è da dire che ben l'80% dei cespi piantati nello stesso terreno i cui solchi erano stati preparati con una minima quantità di limo, buon terriccio, o concime fu inizialmente aggiunto ai solchi.

Foto 18: (Sinistra): Il suolo sabbioso nel suo stato originale; (Destra): Lo stesso suolo, ora utilizzato a vigneto, a seguito della riabilitazione usando il pacciame di Vetiver

Foto 19: Prima e dopo l'istallazione del Vetiver in un suolo dall'acidità estrema su un terrapieno nella provincia di Tien Giang, in Vietnam.

Sono stati registrati i seguenti risultati:

- In oltre quattro mesi, una volta stabilizzato, il Vetiver ha ridotto sensibilmente la perdita di suolo a causa dell'erosione. Gli argini del canale senza vegetazione avevano perso terreno nell'ordine di 400-750 tonnellate/ha, mentre il terrapieno del canale protetto dal Vetiver sole 50-100 tonnellate.
- Dopo 12 mesi, la perdita di suolo era diventata irrilevante.
- Quando il Vetiver venne potato a 20-30 cm gli argini erano ormai completamente stabilizzati e i getti furono utilizzati come concime naturale per coprire l'area priva di vegetazione dell'argine (Le van Du e Truong, 2006).

4.4 Protezione delle comunità e dei gruppi di persone che si rifugiano dalle inondazioni

Ogni anno in diverse province del delta del Mekong, nel Vietnam del Sud, si verificano gravi inondazioni, che raggiungono generalmente una profondità fino a 6-8 m e possono durare da tre a quattro mesi. Di conseguenza ogni anno le case sono

Foto 20. Comunità in Rifugio dalle Inondazioni nel distretto di Tan Chau, nella provincia di An Giang (sinistra); l'argine dell'agglomerato (destra).

Foto 21: IllVetiver protegge un vivaio di gamberetti vicino a un canale di scolo naturale che drena l'acqua nel fiume (provincia Da Nang); questo modello faceva parte del primo progetto Vetiver, finanziato dalla Royal Netherlands Embassy in Vietnam.

allagate a meno che non siano costruite su terreni protetti da un valido sistema di argini. Ogni anno, quindi, gli agricoltori devono ricostruire le loro case, affrontando enormi sacrifici.

Per risolvere il problema, i governi locali designano delle aree alle Comunità o Gruppi di Persone che si Rifugiano dalle Inondazioni; tali aree, poste relativamente in alto, sono il risultato di cumuli creati con dei terreni da riporto provenienti da altre zone. Nonostante queste aree costruite siano sufficientemente in alto per fuggire alle prolungate inondazioni annuali, i loro argini sono altamente erodibili e devono essere protette dalle forti correnti e dalle ondate generate durante la stagione delle alluvioni. Le siepi di Vetiver sono stati estremamente efficaci nel proteggere queste comunità dall'erosione provocate dalle inondazioni, con il valore aggiunto di riuscire a trattare gli scarichi e le acque reflue degli agglomerati durante la stagione secca.

4.5 Protezione dell'infrastruttura dell'azienda agricola

Tra le altre applicazioni, il Sistema Vetiver è ampiamente utilizzato per proteggere le infrastrutture delle aziende agricole stabilizzando gli sbarramenti, gli argini dell'acquacoltura e le strade rurali. La Foto 23 mostra il Vetiver che riduce l'impatto di un condotto di scolo che drena l'acqua dall'area inondata stagionalmente (sullo sfondo) verso il fiume. Dato che il condotto trattiene anche i vivai di gamberetti (destra), il Vetiver protegge anche le sponde del vivaio, specialmente nell'area in cui l'agricoltore drena l'acqua dal vivaio al canale, l'area più vulnerabile.

Il Vetiver stabilizza i pendii, delimitando strade e fiumi di detriti, prevenendo le frane nelle regioni montane e l'erosione degli argini del fiume nelle pianure soggette ad alluvioni periodiche.

Nelle Filippine e in India, il Vetiver è ugualmente usato in maniera estensiva per stabilizzare le strette dighe che separano le risaie sui terreni in pendenza. Tali piantagioni rinforzano i lati di tali dighe, in quanto riducono la larghezza delle dighe stesse,

Foto 22. Il Vetiver, istallato a struttura incrociata, protegge l'argine del vivaio di gamberetti a Quang Ngai.

aumentando l'area disponibile alle colture. Un valore aggiunto è rappresentato dal fatto che la piantagione fornirà foraggio al bestiame e ai bufali durante la stagione secca.

Il Capitolo 3 è dedicato alla protezione degli argini dei corsi d'acqua in modo più dettagliato.

Foto 23. La sezione destra della strada rurale

5. ALTRI USI

5.1 Artigianato

Le comunità rurali in Thailandia, Indonesia, Filippine, America Latina e Africa stanno utilizzando le foglie di Vetiver per produrre artigianato di alta qualità, il che rappresenta un mezzo importante per generare guadagni. Il Pacific Rim Vetiver Network ha pubblicato "Artigianato a base di Vetiver in Thailandia", un manuale pratico adibito a questo uso, tra l'altro, molto bene illustrato. La bibliografia alla fine di questo Capitolo fornisce le indicazioni per reperire tale guida.

Il Royal Development Project Board thailandese offre ai partecipanti stranieri un corso gratuito su come creare artigianato dal Vetiver.

Foto 24: Prodotti dell'artigianato thailandese

Foto 25: Prodotti dell'artigianato Mali

Foto 26: Prodotti dell'artigianato Venezuelano

5.2 Tetti di paglia

Le foglie di Vetiver durano più a lungo dell'Imperata cilindrica, almeno due volte di più, secondo gli agricoltori di Thailandia, Africa e isole del Sud Pacifico, rendendole particolarmente adatte a farne mattoni e coperture di paglia. Gli utenti riferiscono che le foglie repellono le termiti.

Foto 27: Tetti di paglia in Venezuela.

Foto 28: Da sinistra a destra: tetti di paglia nelle Fiji, in Vietnam e Zimbabwe.

5.3 Fare mattoni di fango

La paglia di Vetiver è ampiamente utilizzata in Senegal, Africa, per preparare i mattoni di fango resistenti alle incrinature. La costruzione delle case in Thailandia utilizza mattoni e pilastri prodotti con composti di argilla a cui vanno aggiunte le foglie di Vetiver. Questi materiali da costruzione hanno una conduttività termica piuttosto bassa, il che rende i manufatti comodi ed efficaci da un punto di vista dell'energia, e un'appropriata tecnologia basata sul lavoro.

5.4 Spago e corde

Gli agricoltori che coltivano riso, la coltura principale del Delta del Mekong, hanno scoperto un altro modo per utilizzare le foglie di Vetiver: farne spago per legare le piantine di riso e corde per il riso. Essi preferiscono lo spago di Vetiver perché è flessibile e resistente e più forte rispetto a quello ricavato da banani, giunchi e palma Nipa che è il tipo più comune.

Foto 29. Il Vetiver rinforza una struttura in legno lungo un fiume (sinistra); le foglie potate di Vetiver vengono utilizzate come spago per legare il riso (a destra).

5.5 Uso Ornamentale

Il Vetiver maturo ha dei fiori violacei molto gradevoli, che possono essere usati come fiori recisi, piante in vaso oppure nei giardini all'inglese o altri spazi pubblici aperti quali laghi e parchi.

Foto 30: Il Vetiver delimita un lago in un quartiere elegante (Brisbane, Australia). per legare il riso (a destra).

Foto 31: Piante con fiori in Australia, e composizione di fiori recisi in Cina. I rinforzi di Vetiver una struttura di legno lungo un fiume (sinistra); le foglie potate di Vetiver vengono utilizzate come spago per legare il riso (a destra).

5.6 Estrazione dell'olio essenziale per scopi medicinali e cosmetici

Nel Africa, India, e Sud America, le radici di Vetiver sono ampiamente utilizzate per scopi medicinali, spaziando dal comune raffreddore al trattamento del cancro. La ricerca americana conferma che l'olio essenziale estratto dalle radici di Vetiver ha caratteristiche antiossidanti e trova applicazione nella riduzione/prevenzione del cancro. In India e Thailandia i professionisti che si occupano di benessere utilizzano ampiamente l'olio di Vetiver nelle applicazione legate all'aromaterapia perché sono documentati i suoi effetti calmanti. http://www.cimap.res.in

Composizione chimica e applicazioni dell'olio di Vetiver

Applicazioni nella profumeria:

- L'olio essenziale puro (profumo) – nota base con bassa percentuale di evaporazione (conosciuto come Ruh Khus, Majmua)
- Vetiverolo – debole aroma e alta solubilità nell'alcol, lo rende un fissativo cui aderiscono le altre fragranze nella creazione di profumi, ha proprietà fissative e antiemorragiche
- Forma diluita – applicazioni aromatiche, rinfrescanti e refrigeranti (colonie, eau de toilette).
- Aromaterapia medicinale:
- Cura della pelle, benefici CNS
- Blocca l'epistassi e tratta le punture di api.

Tabella 3. Produzione mondiale e uso dell'olio essenziale estratto dalle radici di Vetiver.

Olio essenziale di vetiver: Olio di Vetiver U.C. Lavania Istituto Centrale di Piante medicinali ed Aromatiche, Lucknov (Índia)	
Produzione Annuale Mondiale di olio di Vetiver	250 Tonnellate
Prezzo estimato dell'olio	US$ 80/Kg
Principali paesi produttori dell'olio	Haiti, Indonesia (Java), Cina, India, Brasile e Giappone
Principali consumatori	Europa (Francia), India e Giappone
Principale Utilizzo	Profumeria (Profumo, Mistura, Fissativo)
Aromi	Cosmetici, Masticatori
Radici tal quali	numerose applicazioni nella refrigerazione

6. BIBLIOGRAFIA

Agrifood Consulting International, March 2004. Integrating Germplasm, Natural Resource, and Institutional Innovations to Enhance Impact: The Case of Cassava-Based Cropping Systems Research in Asia, CIAT-PRGA Impact Case Study. A Report Prepared for CIAT-PRGA.

Berg, van den, Johan, 2003. Can vetiver Grass be Used to Manage Insect Pests on Crops? Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003. Email: drkjvdb@puk.ac.za.

Chomchalow, Narong, 2005. Review and Update of the Vetiver System R&D in Thailand. Summary for the Regional Conference on vetiver 'Vetiver System: disaster mitigation and environmental protection in Viet Nam', Can Tho City, Viet Nam, to be held in January 2006.

Chomchalow, Narong, and Keith Chapman, (2003). Other Uses and Utilization of Vetiver. Pro. ICV3, Guangzhou, China, October 2003.

CIAT-PRGA, 2004. Impact of Participatory Natural Resource Management Research in Cassava-Based Cropping Systems in Vietnam and Thailand. Impact Case Study. DRAFT submitted to SPIA, September 7, 2004.

Greenfield, J.C. 1989. ASTAG Tech. Papers. World Bank, Washington D.C.

Grimshaw, R.G. 1988. ASTAG Tech. Papers. World Bank, Washington D.C..

Le Van Du and P. Truong (2006). Vetiver grass for sustainable agriculture on adverse soils and climate in South Vietnam. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006.

Nguyen Van Hon et al., 2004. Digestibility of nutrient content of vetiver grass (*vetiveria zizanioides)* by goats raised in the Mekong Delta, Vietnam.

Nippon Foundation, 2003. From the project 'Enhancing the Sustainability of Cassava-based Cropping Systems in Asia'. On-farm soil erosion control: Vetiver System on-farm, a participatory approach to enhance sustainable cassava production. Proceedings from International workshop of the 1994-2003 project in SE Asia (Viet Nam, Thailand, Indonesia & China).

Pacific Rim Vetiver Network, October 1999. Vetiver Handicrafts in Thailand, practical guideline. Technical Bulletin No. 1999/1. Published by Department of Industrial Promotion of the Royal Thai Government (Office of the Royal Development

Projects Board), Bangkok, Thailand. For copies write to: The Secretariat, Office of the Pacific Rim Vetiver Network, c/o Office of the Royal Development Projects Board, 78 Rajdamnem Nok Avenue, Dusit, Bangkok 10200, Thailand (tel. (66-2) 2806193 email: pasiri@mail.rdpb.go.th

Pham H. D. Phuoc, 2002. Using Vetiver to control soil erosion and its effect on growth of cocoa on sloping land. Nong Lam Univ., HCMC, Vietnam.

Pingxiang Liu, Chuntian Zheng, Yincai Lin, Fuhe Luo, Xiaoliang Lu, and Deqian Yu (2003): Dynamic State of Nutrient Contents of Vetiver Grass. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Tran Tan Van et al. (2002). Report on geo-hazards in 8 coastal provinces of Central Vietnam - current situation, forecast zoning and recommendation of remedial measures. Archive Ministry of Natural Resources and Environment, Hanoi, Vietnam.

Tran Tan Van, Elise Pinners, Paul Truong (2003). Some results of the trial application of vetiver grass for sand fly, sand flow and river bank erosion control in Central Vietnam. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

Tran Tan Van and Pinners, Elise, 2003. Introduction of vetiver grass technology (Vetiver System) to protect irrigated, flood prone areas in Central Coastal Viet Nam, final report, for the Royal Netherlands Embassy, Hanoi.

Truong, P. N. (1998).Vetiver Grass Technology as a bio-engineering tool for infrastructure protection. Proceedings of North Region Symposium. Queensland Department of Main Roads, Cairns August 1998.

Truong, P. N. and Baker, D. E. (1998). Vetiver Grass System for Environmental Protection. Technical Bulletin No. 1998/1. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.

Truong, P. and Loch R. (2004). Vetiver System for erosion and sediment control. Proceedings of 13th Int. Soil Conservation Organization Conference, Brisbane, Australia, July 2004.October 2003.