

# **SISTEMA VETIVER SOSTENIBLE PARA EL CONTROL DE EROSION Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN CARRETERAS EN TAILANDIA.**

**Surapol Sanguankaeo, Lalit Sawasdimongkol, Preecha Jirawanwasana**

Departamento de Carreteras, Bangkok, Tailandia.

**Email:** <[surapol\\_doh@yahoo.com](mailto:surapol_doh@yahoo.com)>

## **ABSTRACT**

Desde la iniciativa de Su Majestad el Rey de Tailandia en 1993, cada año más de 4,5 millones de esquejes son plantados para el control de erosión y estabilización en la construcción y el mantenimiento de proyectos de carreteras. La Tecnología del Pasto Vetiver para control de erosión y estabilización de taludes en carreteras es una técnica específica la cual tiene un grado de dificultad. Por lo tanto, este debe ser considerado como un campo particular de la tecnología, el cual necesita ser mejorado y desarrollado como una rama separada de conocimiento.

El Departamento de Carreteras desarrollo el Sistema Vetiver sostenible detallando la cualidad de los esquejes, procedimientos de plantación y técnicas de mantenimiento, tarifas unitarias, patrones de plantación para diferentes tipos de situaciones y seriedad de la erosión, inter-plantando con *Arachis* “pinto” (Leguminosa) por sostenibilidad y costo de mantenimiento.

La aplicación del sistema Vetiver en taludes colapsados o erosionados, especialmente la plantación en laderas desnudas donde el Vetiver se convierte en una planta pionera, produciendo una efectiva medida para el control de erosión. En adición, previene fallas superficiales y también flujos de tierra en suelos saturados. Este sistema Vetiver será una técnica benefactora para ser aplicada en trabajos Bio-ingenieriles de estabilización de taludes.

**Palabras Claves:** Sistema Vetiver, Erosión, Estabilización, *Arachis* “Pinto”, Bio-ingeniería, Flujo de tierras.

## **1.0 INTRODUCCIÓN**

Desde la iniciativa de Su Majestad el Rey de Tailandia en 1993, la primera aplicación del Sistema Vetiver se aplicó para el control de la erosión y estabilización de laderas de carreteras en la región norte de Tailandia en virtud de la Iniciativa Real. El Departamento de Carreteras (DOH) se ha concentrado en la importancia en la conservación del suelo y el agua. El objetivo es reducir el impacto ambiental, no sólo en proyectos de construcción de carreteras, sino también en proyectos de control de erosión en carreteras existentes. Cada año más de 4,5 millones de esquejes son plantados para el control de la erosión y la estabilización en la construcción de carreteras de montaña y proyectos de mantenimiento.

Por sugerencia de Su Majestad, la experiencia en la aplicación y la investigación del vetiver en trabajos de protección de laderas en carreteras de montaña, el sistema de vetiver se ha mejorado y desarrollado para lograr el máximo beneficio y la sostenibilidad. El Departamento de Carreteras ha desarrollado el sistema de vetiver sostenible. Este sistema incluye la siembra óptima y técnicas de mantenimiento, precios unitarios, la plantación de patrones para varios tipos de situación y gravedad de erosión, e inter-plantando con *Arachis* “pinto” para el ahorro de costos de mantenimiento y la sostenibilidad.

## **2.0 MECANISMO DE CONTROL DE EROSION Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN CARRETERAS.**

Los factores de la vegetación que contribuyen a la estabilidad de laderas son el refuerzo de raíz y la evapotranspiración, la presión de poros siendo reducida y la fuerza cortante del suelo cada vez mayor contribuyen a la cohesión aparente y ángulo de fricción interna (Hengchaovanich, 1998). Vetiver contribuirá al control de la erosión y la estabilidad de la ladera, reduciendo la velocidad de la escorrentía, evapotranspiración y su refuerzo de raíz. Hengchaovanich et al. (1996) estudio las propiedades de resistencia a la tensión de la raíz Vetiver y su resistencia a la estabilidad de la masa poco profunda y la erosión superficial. Según el estudio, las raíces de vetiver son muy fuertes, con alta resistencia media a la tensión de 75 MPa. Era evidente que la penetración de las raíces de vetiver en un perfil del suelo aumenta la resistencia al corte del suelo de manera significativa. Vetiver, con un sistema radicular de largo (2 a 3,5 m.) y fuertes y masivas redes, puede reducir la erosión y estabilizar el suelo de la ladera si se plantan en filas a través de la pendiente. En suelos con alto contenido de nutrientes, Vetiver puede desarrollar un vallado radicular totalmente denso en temporadas de lluvias que estará funcionando eficazmente después de 4 meses (Sanguankaeo et al., 2006). Las barreras radicales de vetiver actúan como una pared viva que está en contra y reduce la escorrentía, y el suelo erosionado es depositado detrás de la barrera vegetal. Las barreras de vetiver se han encontrado de ser capaces de resistir el agrietamiento por flujos de agua de 0.028 m<sup>3</sup> / s (Huang et al., 2003). Kon y Lim (1991) informó que en comparación con el suelo desnudo, el sistema vetiver fue capaz de controlar la escorrentía y la erosión total del suelo (pérdida de suelo) con 73 y 98% de reducción, respectivamente. Bajo las barreras de Vetiver el sistema radicular interactúa en el suelo en el que ha crecido, formando un nuevo material compuesto por las raíces con alta resistencia a la tracción y adherencia, embebidas en una matriz de un material de menor resistencia a la tracción. Las raíces de vetiver refuerzan un suelo por transferencia de esfuerzo de corte en la matriz del suelo a las inclusiones de tracción (Hengchaovanich, 2006). En otras palabras, la resistencia al corte de la capa superficial entre 1-2 m. es mejorada y estabilizada por el sistema de raíces. El vetiver estabiliza el suelo en pendientes no sólo por el refuerzo de raíz, sino por conseguir que el suelo se seque por evapotranspiración. La zona de suelos de alta humedad en las barreras de vetiver se limitaba a una profundidad menor de 50 centímetros (Hengchaovanich, 1998; Babolola et al, 2003; Singhatat, 1994). En suelos saturados de agua o en pendientes con nivel freático alto, si se planta el vetiver, la masiva y profunda raíz podría elevar el agua por capilaridad lo que reduce la humedad en el suelo por lo que disminuye la presión de poros por agua (Chomchalow, 2010; Hengchaovanich, 1998). Esta situación tendrá efectos positivos en la estabilidad de las laderas, especialmente para las capas superficiales de 1 a 2 m. la cual es propensa a deslizamientos (fallas poco profundas) o en los flujos de suelos saturados.

## **3.0 APLICACIÓN DEL SISTEMA VETIVER EN EROSIÓN DE CARRETERAS**

Debido a las excelentes propiedades del sistema de vetiver, la barrera puede reducir la velocidad de escorrentía y el sistema radicular puede estabilizar el suelo a una profundidad de 3 metros, por lo que es una medida eficaz para control de erosión y la estabilización en fallas

de poca profundidad, tanto en la prevención como en la rehabilitación de taludes en carreteras (Sanguankaeo et al., 2000). Según Sanguankaeo et al. (2003) los beneficios de la aplicación del vetiver para carreteras son en seis formas:

### 3.1 Sistema Vetiver es aplicada para la protección de taludes en carreteras.

El vetiver se siembra tanto en la cara de la pendiente como en la pendiente de la banca (Fig. 1). Algunas de las plantaciones no tienen éxito debido a los suelos duros y bajos en nutrientes.

### 3.2 Sistema Vetiver es aplicado para la Protección de Carreteras en taludes laterales

La siembra en la ladera puede ser eficiente y sobre todo exitosa (Fig. 2). La primera fila de plantación debe ser inferior al hombro de la carretera cerca de 1 - 1,5 metros. Esto es para el bien de la Vista a Distancia, especialmente a lo largo de las curvas de la carretera. En caso de alta pendiente, se requiere drenaje superficial sistema junto con la plantación de vetiver.

**Figure 1:** Talud en corte de carretera (ladera) fue estabilizado con Vetiver



**Figure 2:** Terraplén de la carretera (pendiente lateral) se estabiliza con vetiver.



### 3.3 Sistema Vetiver es aplicada en márgenes a lo largo de la Calzada

En este caso, el vetiver se planta sobre el lleno de roca llena o muro de gaviones (Fig. 3).

### 3.4 Sistema Vetiver es aplicada en zanjas revestidas (cunetas) en carreteras

Con el fin de proteger y estabilizar el suelo por debajo y para atrapar los sedimentos para llenar los zanja (Fig. 4).

### 3.5 Sistema Vetiver es aplicada en el hombro de la pendiente

En el caso de una sección de pendiente empinada, la plantación de vetiver debe de tener un intervalo adecuado a través y paralelo a la pendiente del hombro de la carretera y a la cresta de la pendiente del hombro, respectivamente (Fig. 5).

### 3.6 Sistema Vetiver con Obras de Protección de taludes.

En esta aplicación se planta vetiver para el control de la erosión y estabilización de sitios con erosión existente y en obras de rehabilitación (Fig. 6). Plantación de vetiver se asocia con muro de gaviones, estructuras drenajes etc. vetiver se siembra en la zona de ladera por encima del muro de gaviones para estabilizar el suelo en la pared y también para evitar la falla de la pendiente y el sistema de pared.

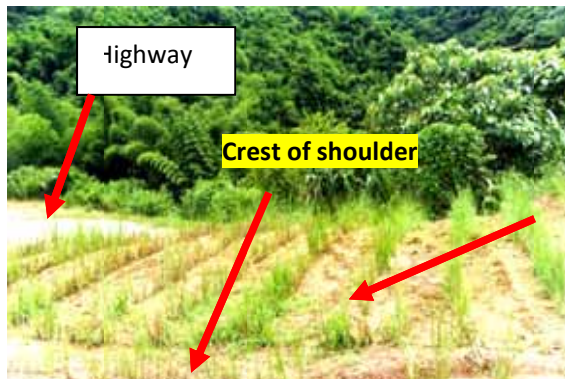
**Figura 3:** Estabilización con Vetiver a lo largo de la marga de la carretera



**Figura 4:** Vetiver plantado en la cuneta lateral revestida



**Figura 5:** Siembra de Vetiver en hombro de carretera con fuerte pendiente para reducir la velocidad de la escorrentía longitudinal.



**Figura 6:** SV asociado con muro de gaviones en trabajos de rehabilitación.



#### **4.0 SISTEMA VETIVER SOSTENIBLE PARA EL CONTROL DE EROSION Y LA ESTABILIZACION DE TALUDES EN CARRETERAS**

El clima de Tailandia es tropical húmedo dividido en una estación lluviosa que dura de mayo a Octubre, y una estación seca. La precipitación en el país por lo general más de 1.500 mm, la temperatura varía entre 18 a 40 °C.

En la región norte la estación de lluvias dura de mayo a octubre. En la Costa oriental y costa de Andaman, la temporada de lluvias dura de octubre a abril y de mayo a octubre, respectivamente. El Departamento de Carreteras ha encontrado con problemas de erosión y deslizamientos de tierra en carreteras de montaña a lo largo del Norte, del Sur y la región Nordeste.

La Tecnología del Pasto Vetiver para control de erosión y estabilización de taludes en carreteras es una técnica específica la cual tiene un grado de dificultad en el establecimiento en taludes de carreteras, debido a suelos con bajo nivel de nutrientes y pendientes más pronunciadas (30 a 60 grados o 60 a 180%) en comparación con suave pendientes en tierras de cultivo (rara vez supera los 8 grados o 15%). Por otra parte, en algunas áreas las malas hierbas locales presentan un crecimiento vigoroso y reemplazan el vetiver después de 1 a 2 años de la plantación, que luego lleva a la insostenibilidad del sistema de vetiver. Por sugerencia de Su Majestad, la experiencia en resultados de la aplicación y la investigación

obtenidos a partir de Ban Rai – I Thong, Kanchanaburi Provincia, el sistema de Vetiver para el control de la erosión y estabilización de taludes de carreteras ha sido reafirmado y verificado para lograr el máximo beneficio y la sostenibilidad (Sanguankaeo et al., 2006).

#### **4.1 Técnicas Óptimas de Plantación.**

##### **4.1.1. *Material adecuado de siembra.***

Vetiver aromático (zizanioides *Chrysopogon*) se utiliza generalmente para obras viales. Se debe plantarlo (semillero) en bolsas de polipropileno-(2x6 pulgadas) por 45 - 60 días con el fin de producir "macollas activas". Estas macollas en bolsas a la edad de 45 a 60 días son macollas adecuadas de vetiver y deben ser aplicadas. Las macollas activas en polibolsas ofrecen un crecimiento significativamente mejor que los esquejes de vetiver.

##### **4.1.2 *Mejora de la fertilidad del suelo***

Obras de Bio-ingeniería de carreteras de estabilización de taludes son relevantes para perfiles de suelo bajo (baja nutrientes del suelo para la siembra). La mejora de la fertilidad del suelo en la parte inferior de los agujeros de plantación ha tenido un fuerte efecto sobre el crecimiento de plantas y el número de plantas muertas. Es obligatorio fertilizar el suelo en la parte inferior de la plantación de los agujeros con estiércol de pollo (600 g.) o estiércol de granja (2000 g) mezclado con fertilizante químico 15-15-15 (45-60 g) por 1 metro lineal de surco de siembra (12 esquejes).

##### **4.1.3 *Plantación durante un período propicio.***

El éxito de la aplicación del sistema Vetiver para la protección de taludes en carreteras dependerá en gran parte del período de siembra. El período propicio para la siembra es el comienzo de la temporada de lluvias o debe de hacerse al menos 2 meses antes de la final de la temporada de lluvias.

##### **4.1.4 *El patrón de la plantación de vetiver en el talud de carretera.***

El patrón de plantación del Vetiver se pueden clasificar en dos categorías según el gravedad y la tendencia de la erosión.

###### **4.1.4.1 *En laderas, donde la erosión no es grave***

Para el propósito de prevención en general en el mantenimiento y construcción de proyectos, plantación de vetiver en área a gran escala, el espacio entre las filas de plantación debe ser de 1 m entre rondas y 10 centímetros entre plantas.

###### **4.1.4.2 *En laderas, donde la erosión es severa***

Para el control de la erosión y estabilización de los sitios con una existente fuerte erosión y taludes colapsados, en la reparación y la rehabilitación en los proyectos de mantenimiento y construcción. La plantación se hace en filas separadas 0,5 metros y el espacio entre plantas de 5 a 10 centímetros, con paquete de paja instalado detrás de las filas de vetiver para la ayuda temporal y reducción de la escorrentía.

##### **4.1.5 *Mantenimiento después de plantación.***

El mantenimiento de la siembra tiene un fuerte efecto sobre la situación de crecimiento y la supervivencia de vetiver en la condición a largo plazo. Corte de la hoja, control de malezas y la fertilización son necesarias por 1-2 años después de la siembra (Sanguankaeo et al., 2006).

##### **4.1.6 *Influencia del área del sitio en el crecimiento del vetiver.***

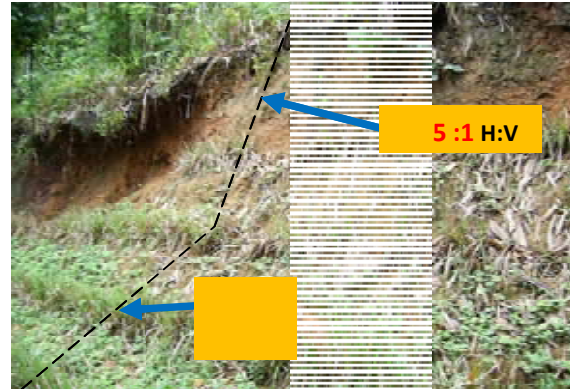
#### 4.1.6.1 El efecto de la superficie del terreno.

En proyectos de construcción de la carretera de montaña, el vetiver fue sembrado como planta pionera en zonas baldías de la pendiente dorsales (taludes de corte) y taludes (terraplenes o diques de carretera) Fig. 7. En sitios de plantación, en los que el vetiver se sembró con las técnicas óptimas de siembra, revelaron que el vetiver crece bien y sobrevive después de la siembra. Debido a que el efecto negativo de sustitución del vetiver con vigorosas malezas locales ha sido eliminado. Esto llevará a la sostenibilidad del Sistema Vetiver en los sitios de plantación. De acuerdo con la propuesta de Su Majestad el Rey, los resultados sugieren que "los proyectos de construcción a gran escala en los cuales vastas aéreas, especialmente en zonas montañosas, se ven afectados, el vetiver se debe utilizar como una planta pionera de manera efectiva para rehabilitar y restaurar la fertilidad de las áreas (Chomchalow, 2010). Fig.7.

**Figura 7:** Vetiver fue plantado como planta pionera en tierra estéril en la construcción del proyecto de carretera.



**Figura 8:** Diferencia en la situación de crecimiento del vetiver plantados en abrupta (> 700,0.35: 1) y suave (<450, 1:1) porciones inclinada de pendiente



#### 4.1.6.2 Efecto de la inclinación de la pendiente.

Sanguankaeo et al. (2006), estudio sobre la situación de crecimiento y la supervivencia de vetiver en diferentes inclinaciones de la pendiente. El estudio reveló que el vetiver crece bien en las laderas de inclinación menor de 0.5:1 (H: V) y no sobrevivió a inclinaciones mayores que 0.35:1 (H: V) Fig. 8.

#### 4.1.6.3 Efecto de la sombra

La sombra hace un efecto considerablemente negativo en el vetiver, tanto en altura, tallos y la biomasa total (Xu, 2000).

#### 4.1.7 Combinando la plantación con plantas adecuadas.

Arachis "Pinto" (Leguminosa: maní forrajero) se siembra entre las filas de vetiver para la cobertura de la tierra en el área, con el fin de bloquear o controlar las malas hierbas y ofrecer nitrógeno para la fertilización de vetiver. Esto llevará a la sostenibilidad del Sistema Vetiver. Arachis "Pinto" es una enredadera que crece cerca de la superficie del suelo como una alfombra muy densa cubriendo la tierra del área. La cubierta fueron 50-70% y 80-90% en el área de la tierra dentro de los 7 y 12 meses, respectivamente (Fig. 9-10). En el caso de la siembra del vetiver en combinación con Arachis 'Pinto' en el comienzo de la temporada de

lluvias, el mantenimiento de las malezas y la fertilización no son necesarias o podrían ser reducidas a sólo 1 vez (Sanguankaeo et al., 2006).

**Figura 9:** La cobertura aproximada de Arachis "Pinto", 50-70% en de 7 meses.



**Figura 10:** Eficiencia de Arachis controlando malezas (cubrimiento del 80-90% en el área en 12 meses).



## 5.0 PENDIENTES DE ALTO NIVEL FREÁTICO ESTABILIZADO EN CONTRA FLUJOS DE TIERRAS CON VETIVER.

Desde que el sistema vetiver se ha aplicado para el control de la erosión y estabilización de taludes de carretera, ha sido demostrado y aceptado como una técnica de bajo costo, una medida eficaz para controlar la erosión y para prevenir las fallas poco profundas en taludes de carreteras. Además, plantación de vetiver en pendientes de nivel freático alto, en el que el suelo estaba en condiciones saturadas y fluyendo pendiente abajo. Después de la plantación por 2 años, no había ningún movimiento progresivo de tierra o flujo en estas laderas (Fig. 11-12).

**Figura 11:** Talud en corte de Carretera se estabilizó con vetiver para detener flujos de tierra en la Ruta N ° 107 (en 2007).

**Figura 12:** Sistema Vetiver fue aplicado para estabilizar y detener movimientos de suelo en talud de carretera (Ruta N ° 1249).

Km.78+500

Km.78+600



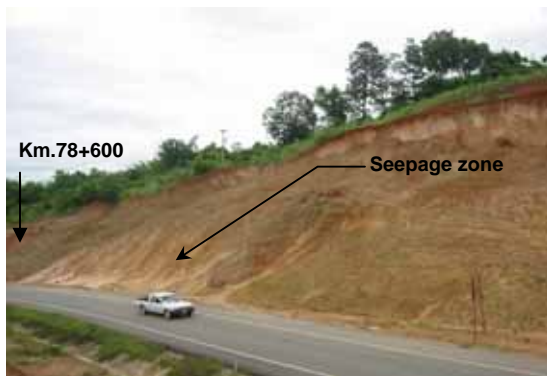
Los flujos de tierra se caracterizan por una masa relativamente grande semi-viscosa y altamente plástica resultando en un flujo lento de tierra saturada. Muchos flujos de tierra ocurren en suaves a moderadas pendientes (Varnes, 1996; DMG, 1997). Debido a los flujos

viscosos de los suelos saturados, flujos de tierra son un problema crítico en el mantenimiento de carreteras actuales.

Talud en corte de carretera en la Ruta N ° 107: Chiang Dao - Fang (Km.78+400 al Km.78+600) fue construido en 2004 en la que deslizamientos de tierra / flujos de tierra se produjeron en la temporada de lluvias de 2005. Debido al flujo de suelo saturado en una zona delgada, que pareciera ser un elemento esencial en la falla, además, fue asignado a los flujos de tierra. Los flujos de tierra eran de 100 m. de ancho (Km.78+500 a Km.78 +600) y 35 m. de largo. El suelo era muy blando y caminar sobre estos flujos de tierra era muy difícil o imposible. Con nivel freático alto y filtraciones de tierra húmeda presentes, el flujo de la masa bloqueó el tráfico (Fig. 11 y 13).

En el año 2006 (julio-agosto), 120.000 plantas de vetiver se sembraron con el patrón de erosión severa (distancia de siembra en surcos de 50 cm y entre plantas de 5-10 cm de separación) en este flujo de tierra. El flujo de tierra todavía estaba activo el día de la plantación de vetiver.

**Figura 13:** Deslizamiento/ flujo de tierra en talud en corte en carretera con alto nivel freático y filtraciones en ruta N° 107 (en 2005).



**Figura 14:** SV en la estabilización de una pendiente con suelo saturado por agua para detener el flujo de deslizamientos.



La investigación del suelo reveló que el suelo se clasifica como CL (arcilla limosa) y CH (arcillas inorgánicas) con el índice de plasticidad entre bajo y alto (USCS, 2003). En el área de siembra de vetiver dentro del cuerpo de deslizamientos, ocurrió la reducción de la capa freática. Como consecuencia, el suelo estaba siendo secado debido a la evapotranspiración de vetiver. El contenido de humedad del suelo en la profundidad de 0,3 a 0,5 m. fue del 11% mientras que el área ane fue de 15%. La pendiente fue estabilizada por Vetiver y detuvo la fluidez del suelo (Fig. 14). Para la aplicación de las plantaciones con espacios cercanos, es apropiado establecer condiciones de humedad del suelo en laderas de suelos saturados. Las pendientes deben ser capaces de ser estabilizadas y detener flujos de tierra/deslizamientos.

## 6.0 PRECIOS UNITARIOS DE PLANTACIÓN DEL PASTO VETIVER PARA LA PROTECCIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA. (Sanguankaeo et al., 2006).

- Los precios unitarios que figuran en este documento se expresan en baht. (TAILANDIA) y proyectos de Carreteras en área montañosa son mostrados en la Plate 1. (Apendice 1)



## **7.0 DIBUJO ESTÁNDAR: PLANTACION DEL PASTO VETIVER PARA PROTECCION DE TALUDES EN CARRETERAS.** (Sanguankaeo et al., 2006). (Apendice 2)

## **8.0 CONCLUSIONES.**

- **Técnicas óptimas de plantación.**

- Macollas activas de Vetiver en poli-bolsas la edad de 45- 60 días deben de ser aplicadas.
- Es obligatorio fertilizar el suelo en la parte inferior de los agujeros de plantación con estiércol de pollo (600 g.) o estiércol de granja (2000 g) mezclado con fertilizantes químicos 15-15-15 (45-60 g) por un metro de siembra en hileras.
- El período propicio para la siembra de vetiver es el comienzo de la temporada de lluvias (mediados de abril - julio) o se debe hacer por lo menos 2 meses antes del final de la temporada de lluvias.
- El patrón de la plantación de vetiver se pueden clasificar en dos categorías según la gravedad y la tendencia de la erosión.
- Mantenimiento de las malezas y la fertilización son necesarias al menos 1 año después de la siembra.
- En el caso de la siembra del vetiver en combinación con Arachis 'Pinto' a mediados de abril-julio, el mantenimiento de las malezas y la fertilización no son necesarias o se podría reducir a una vez.
- Vetiver puede desarrollar un vallado completamente denso dentro de 3-4 meses.
- Vetiver crecen bien en las laderas que la inclinación es inferior a 0,5: 1 (H: V) y no sobrevivió en inclinaciones mayores de 0,35: 1 (H: V)
- Sombra juega un efecto negativo en el crecimiento del vetiver.

- **La siembra del vetiver como planta pionera en las tierras áridas**, el vetiver crecen bien y sobrevive después de la siembra. Dará lugar a la sostenibilidad del Sistema Vetiver en los sitios de plantación.

- **Arachis 'Pinto' tiene eficacia para controlar las malezas.** La cubierta fueron 50-70% y 80-90% en la superficie de la tierra dentro de los 7 y 12 meses respectivamente. La plantación de 'Pinto' Arachis con vetiver puede reducir significativamente el costo de deshierbe y aumentar la fertilidad del suelo para las plantas de vetiver. Esta técnica de plantación dará lugar a la sostenibilidad del Sistema Vetiver.

- **Sistema Vetiver es una multi-tecnología**, una técnica mixta que combina la plantación de vetiver con otras plantas adecuadas deben ser estudiadas y aplicados para mejorar la eficiencia del Sistema Vetiver a largo plazo.

- **Vetiver estabiliza la pendiente del suelo** no sólo por el refuerzo de la raíz, sino por conseguir que el suelo se seque por evapotranspiración. Si la siembra del vetiver tiene un adecuado espacio, la raíz de vetiver podría elevar el agua a través por capilaridad disminuyendo la humedad en el suelo lo que disminuye la presión de poros y reducción del nivel freático en las pendientes.

- **Sistema Vetiver ha demostrado** ser una medida eficaz para el control de la erosión y la estabilización de fallas poco profundas y flujos de tierra en taludes con suelo saturado.

## 9.0 REFERENCIAS

- Babolona O, Jimba S C , Maduaka O, and Dada O A . 2003. Use of Vetiver Grass for Soil and Water Conservation in Nigeria. Proceeding of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition, Guangzhou, China
- Chomchalow N. 2010. Collection of Articles on Vetiver. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand
- Department of Highways. 1999. Standard Drawing. Bangkok, Thailand
- Hengchaovanich D, and Nilaweera N. 1996. An Assessment of Strength Properties of Vetiver Grass Roots in Relation to Slope Stabilization. Proceeding of the First International Conference on Vetiver, Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok. 153 – 158
- Hengchaovanich D. 1998. Vetiver Grass for Slope Stabilization and Erosion Control. Office of the Royal Development Projects Board, Technical Bulletin No. 1998/2, Bangkok, Thailand
- Hengchaovanich D. 2003. Vetiver System for Slope Stabilization. Proceeding of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition, Guangzhou, China
- Huang B, Xia HP, and Dua G. 2003. Study on Application of Vetiver Eco-engineering Technique for Stabilization and Revegetation of Korat Stoney Slopes. Proceeding of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition, Guangzhou, China
- Kon K.F, and Lim, F.W. 1991. Vetiver Research in Malaysia. Some preliminary results on soil loss runoff and yield. Vetiver Info. Network Newsl. 5:
- Singhatat. 1994. Study on type of Growing Vetiver Grass for Soil Moisture Conservation in Orchard. Proceeding of Conference on Vetiver. Phetchaburi, Thailand
- Sanguankao S, Sukhawan C, and Veerapunch E. 2000. The Role of Vetiver Grass in Erosion Control and Slope Stabilization Along The Highways of Thailand. The second International Conference on Vetiver, Phetchaburi, Thailand
- Sanguankao S, Chaisintarakul S, and Veerapunch E. 2003. The Application of the Vetiver System in Erosion Control and Stabilization for Highways Construction and Maintenance in Thailand. The Third International Conference on Vetiver and Exhibition, Guangzhou, P.R. China
- Sanguankao S, Sawadimongkol L, and Veerapunch E. 2006. Improving the Efficiency of the Vetiver System in the Highway Slope Stabilization for Sustainability and Saving of Maintenance Cost. Fourth International Conference on Vetiver, Caracas, Venezuela
- Virginia Department of Transportation. 2003. Unified soil Classification System

Wang W, Lu X, and Sun X. 2006. Studies on Development of Vetiver Root System in the Rejuvenation Period After Transplanting.

Xu L, 2000. Vetiver Research and Development A Decade Experience from China. The Second International Conference on Vetiver, Phetchaburi, Thailand.