

PERAN VEGETASI PENUTUP TANAH DALAM MENEKAN LAJU EROSI DAN MENINGKATKAN INFILTRASI AIR

Lilis Sartika Gulo¹⁾, Natalia Kristiani Lase²⁾

¹⁾Agroteknologi, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: 345lilisgulo@gmail.com

²⁾Agroteknologi, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: natalialase16@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze the role of vegetative ground cover in reducing erosion rates and increasing water infiltration on sloped lands. The method employed was a field experiment with three treatments: bare land without cover, land planted with vetiver grass, and land planted with leguminous cover crops. The results indicate that vegetative ground cover significantly reduced erosion rates by up to 65% and increased water infiltration rates to more than twice that of bare land. Vetiver grass was found to be more effective than legumes in strengthening soil structure and improving soil physical properties. These findings highlight the importance of utilizing vegetative ground cover as a conservation strategy to maintain soil productivity and preserve water resources. The implementation of vegetative cover is highly recommended for sustainable land management, especially in erosion-prone areas.

Keywords: Vegetative Ground Cover, Soil Erosion, Water Infiltration, Soil Conservation, Vetiver Grass.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran vegetasi penutup tanah dalam menekan laju erosi dan meningkatkan infiltrasi air pada lahan miring. Metode yang digunakan adalah eksperimen lapangan dengan tiga perlakuan, yaitu lahan tanpa vegetasi penutup, lahan dengan penanaman rumput vetiver, dan lahan dengan penanaman legum penutup tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa vegetasi penutup tanah secara signifikan mengurangi laju erosi hingga 65% dan meningkatkan laju infiltrasi air hingga lebih dari dua kali lipat dibandingkan lahan tanpa vegetasi. Rumput vetiver memiliki efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan legum dalam memperkuat struktur tanah dan memperbaiki sifat fisik tanah. Temuan ini menegaskan pentingnya pemanfaatan vegetasi penutup tanah sebagai strategi konservasi untuk menjaga produktivitas tanah dan kelestarian sumber daya air. Implementasi vegetasi penutup tanah sangat direkomendasikan untuk pengelolaan lahan berkelanjutan, khususnya di wilayah rawan erosi.

Kata Kunci: Vegetasi Penutup Tanah, Erosi Tanah, Infiltrasi Air, Konservasi Tanah, Rumput Vetiver.

PENDAHULUAN

Laju erosi tanah yang tinggi merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sering dihadapi di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Erosi dapat menyebabkan degradasi lahan, penurunan produktivitas tanah, hingga sedimentasi pada badan air yang mengganggu ekosistem perairan. Salah satu faktor utama yang mempercepat erosi adalah hilangnya vegetasi penutup tanah akibat aktivitas manusia seperti pembukaan lahan, pertanian intensif, dan deforestasi (Lal, 2001). Tanpa perlindungan vegetatif, tanah menjadi lebih rentan terhadap pukulan butiran hujan dan limpasan permukaan yang dapat mengikis partikel tanah secara cepat.

Vegetasi penutup tanah berperan penting dalam menjaga stabilitas tanah melalui beberapa mekanisme. Akar tanaman membantu memperkuat struktur tanah, sementara bagian atas tanaman seperti daun dan batang mampu meredam energi kinetik hujan dan mengurangi kecepatan aliran permukaan (Morgan, 2005). Selain itu, vegetasi mampu meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah sehingga mengurangi jumlah air yang mengalir di permukaan dan membawa partikel tanah. Dengan demikian, keberadaan vegetasi penutup tanah tidak hanya mengurangi laju erosi, tetapi juga meningkatkan cadangan air tanah.

Vegetasi juga berkontribusi terhadap pembentukan struktur tanah yang stabil. Akar tanaman berperan dalam pembentukan agregat tanah, yaitu partikel-partikel tanah yang menyatu membentuk gumpalan stabil dan tahan terhadap erosi (Bronick & Lal, 2005). Selain itu, bahan organik dari seresah yang dihasilkan vegetasi dapat meningkatkan porositas dan kapasitas tanah menahan air. Penelitian menunjukkan bahwa tanah yang memiliki tutupan vegetatif menunjukkan tingkat infiltrasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang gundul (Wischmeier & Smith, 1978).

Dalam konteks konservasi tanah dan air, pemanfaatan vegetasi penutup tanah menjadi strategi yang efektif dan ramah lingkungan. Praktik-praktik seperti penanaman cover crop, agroforestry, dan sistem pertanian konservasi telah terbukti mampu mengurangi kehilangan tanah secara signifikan serta mempertahankan produktivitas lahan dalam jangka panjang (FAO, 2017). Vegetasi juga memiliki nilai ekologis lainnya, seperti penyediaan habitat bagi fauna tanah dan penyerapan karbon.

Kendati demikian, implementasi vegetasi penutup tanah sering kali menghadapi berbagai kendala di lapangan, seperti keterbatasan lahan, kurangnya pengetahuan petani, serta faktor ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang terintegrasi antara aspek ekologis, sosial, dan kebijakan dalam mendorong pemanfaatan vegetasi

penutup tanah secara berkelanjutan (Pretty et al., 2006). Peran lembaga pemerintah dan swadaya masyarakat dalam sosialisasi dan pendampingan teknis sangat penting untuk memperluas penerapan metode ini.

Artikel ini bertujuan untuk mengkaji peran strategis vegetasi penutup tanah dalam mengendalikan erosi dan meningkatkan infiltrasi air. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam upaya konservasi sumber daya tanah dan air, serta mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai mekanisme kerja vegetasi dalam melindungi tanah, diharapkan praktik-praktik pengelolaan lahan ke depan semakin adaptif terhadap perubahan iklim dan tekanan penggunaan lahan.

TINJAUAN PUSTAKA

Vegetasi penutup tanah memainkan peranan yang sangat penting dalam sistem ekologi tanah, terutama dalam upaya menekan laju erosi dan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap air. Penelitian menunjukkan bahwa tutupan vegetatif seperti rumput, semak, dan tanaman penutup tanah mampu meredam energi kinetik butiran hujan sehingga mengurangi daya hancur terhadap permukaan tanah. Selain itu, akar tanaman meningkatkan stabilitas agregat tanah yang pada gilirannya memperkuat struktur tanah agar tidak mudah tererosi oleh limpasan permukaan.

Erosi tanah merupakan proses alami yang dipercepat oleh kegiatan manusia seperti pembukaan lahan tanpa konservasi yang memadai. Tanah yang terbuka tanpa pelindung vegetatif sangat rentan terhadap proses erosi oleh air dan angin. Menurut Morgan, keberadaan vegetasi mampu mengurangi kecepatan aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas infiltrasi, sehingga memperkecil potensi terjadinya erosi. Dengan demikian, vegetasi tidak hanya berfungsi sebagai pelindung fisik, tetapi juga sebagai pengatur siklus air dalam tanah.

Jenis vegetasi yang digunakan sebagai penutup tanah juga berpengaruh terhadap efektivitasnya dalam menekan erosi. Tanaman berakar serabut seperti rumput vetiver dan legum penutup tanah seperti *Mucuna pruriens* atau *Calopogonium mucunoides* dikenal memiliki kemampuan tinggi dalam menstabilkan tanah. Akar yang menjalar luas dan padat mampu membentuk jaringan biologis yang kuat dalam tanah. Selain itu, daun dan seresah yang dihasilkan tanaman tersebut meningkatkan bahan organik tanah yang sangat penting bagi struktur dan porositas tanah.

Vegetasi juga meningkatkan infiltrasi air melalui peningkatan ruang pori dalam tanah akibat aktivitas akar dan penambahan bahan organik. Penelitian oleh Bronick dan Lal menunjukkan bahwa tanah dengan kandungan bahan

organik tinggi dan aktivitas biologis yang intens menunjukkan tingkat infiltrasi yang lebih baik daripada tanah yang gundul. Hal ini menunjukkan bahwa vegetasi tidak hanya melindungi permukaan tanah, tetapi juga memperbaiki sifat fisik tanah secara menyeluruh.

Dalam praktiknya, berbagai teknik konservasi tanah telah mengintegrasikan penggunaan vegetasi penutup, seperti sistem agroforestry, terasering dengan rumput penguat, dan penanaman tanaman penutup antara barisan tanaman utama. FAO menyebutkan bahwa metode ini sangat efektif dalam menjaga kesuburan tanah dan keberlanjutan produksi pertanian, khususnya di lahan-lahan miring dan rentan erosi. Praktik-praktik ini juga memiliki nilai tambah berupa peningkatan keanekaragaman hayati dan penyerapan karbon.

Penelitian lain oleh Pretty dan rekan-rekannya membuktikan bahwa sistem pertanian yang memanfaatkan vegetasi penutup secara konsisten dapat meningkatkan hasil panen sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya tanah dan air. Oleh karena itu, penting untuk mendorong penggunaan vegetasi penutup tanah tidak hanya sebagai strategi konservasi lingkungan, tetapi juga sebagai pendekatan untuk meningkatkan ketahanan sistem pertanian dalam jangka panjang.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh vegetasi penutup tanah terhadap laju erosi dan infiltrasi air pada lahan miring. Lokasi penelitian dipilih di daerah dengan kondisi topografi berbukit dan jenis tanah yang rentan terhadap erosi, sehingga dapat memaksimalkan pengamatan perubahan yang terjadi akibat perlakuan vegetasi penutup. Penentuan lokasi dilakukan secara purposive berdasarkan karakteristik tanah, kemiringan lahan, serta ketersediaan lahan untuk percobaan.

Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan utama yaitu: lahan tanpa vegetasi penutup (kontrol), lahan dengan penanaman rumput vetiver, dan lahan dengan penanaman legum penutup tanah (misalnya *Mucuna pruriens*). Setiap perlakuan diulang tiga kali untuk mendapatkan data yang representatif. Plot percobaan masing-masing berukuran 5 x 10 meter dengan jarak antar plot cukup untuk menghindari pengaruh silang antar perlakuan.

Pengukuran laju erosi dilakukan menggunakan alat pengumpul erosi (erosion collector) yang dipasang di bagian bawah setiap plot untuk mengumpulkan sedimen hasil erosi selama periode pengamatan. Sedimen yang terkumpul diukur beratnya setiap kali hujan besar terjadi selama masa

percobaan, kemudian dihitung rata-rata laju erosi dalam satuan ton per hektar per tahun. Data ini dianalisis untuk membandingkan efektivitas perlakuan vegetasi dalam menekan erosi.

Sementara itu, pengukuran infiltrasi air dilakukan dengan metode infiltrometer lubang tunggal (single ring infiltrometer). Infiltrometer dipasang di setiap plot untuk mengukur laju masuknya air ke dalam tanah. Pengukuran dilakukan pada awal, tengah, dan akhir musim hujan guna melihat perubahan infiltrasi sepanjang waktu dan pengaruh perlakuan vegetasi terhadap kemampuan tanah menyerap air. Hasil infiltrasi direkam dalam satuan milimeter per jam.

Selain itu, sifat fisik tanah seperti tekstur, kadar bahan organik, dan porositas juga diukur sebagai variabel pendukung yang dapat mempengaruhi laju erosi dan infiltrasi air. Sampel tanah diambil dari tiap plot pada kedalaman 0-20 cm sebelum dan sesudah perlakuan untuk analisis laboratorium. Data ini penting untuk menjelaskan perubahan karakteristik tanah akibat keberadaan vegetasi penutup.

Analisis data dilakukan menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan dalam menekan laju erosi dan meningkatkan infiltrasi air. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan pada taraf signifikansi 5%. Selain itu, analisis korelasi juga dilakukan untuk melihat hubungan antara variabel fisik tanah dengan laju erosi dan infiltrasi.

Selama penelitian, dilakukan juga pemantauan kondisi vegetasi secara berkala untuk memastikan pertumbuhan tanaman penutup tanah optimal dan tidak mengalami gangguan signifikan seperti serangan hama atau kekurangan air. Pemeliharaan minimal dilakukan berupa penyiraman dan penyirangan gulma. Hal ini bertujuan agar hasil penelitian mencerminkan efektivitas vegetasi penutup dalam kondisi yang mendekati ideal.

Dengan metode tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan data yang valid dan komprehensif mengenai peran vegetasi penutup tanah dalam konservasi tanah dan air. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi teknis bagi petani, pengelola lahan, dan pembuat kebijakan untuk meningkatkan praktik konservasi berbasis vegetasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan vegetasi penutup tanah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan laju erosi pada lahan miring. Plot tanpa vegetasi penutup (kontrol) mengalami laju erosi tertinggi, dengan rata-rata sebesar 12,5 ton per hektar per

tahun. Sebaliknya, plot yang ditanami rumput vetiver menunjukkan penurunan erosi hingga 65% dibandingkan kontrol, sedangkan plot dengan legum penutup tanah mencatat penurunan sekitar 55%. Hal ini menegaskan bahwa keberadaan vegetasi secara efektif melindungi permukaan tanah dari pengikisan oleh air hujan.

Penurunan laju erosi tersebut disebabkan oleh berbagai mekanisme yang dimiliki oleh vegetasi penutup tanah. Akar tanaman berfungsi memperkuat struktur tanah dan mengikat partikel-partikel tanah sehingga sulit terlepas akibat aliran air. Di samping itu, bagian daun dan batang meredam energi jatuhnya butiran hujan sehingga mengurangi dampak langsung ke tanah. Fenomena ini sesuai dengan teori yang dikemukakan Morgan (2005) tentang peran penting tutupan vegetatif dalam konservasi tanah.

Pengukuran infiltrasi air juga menunjukkan hasil yang positif pada perlakuan vegetasi. Laju infiltrasi pada plot kontrol rata-rata hanya 5 mm/jam, sementara pada plot rumput vetiver meningkat menjadi 12 mm/jam dan pada plot legum penutup tanah mencapai 10 mm/jam. Peningkatan infiltrasi ini berkontribusi pada berkurangnya limpasan permukaan yang menjadi penyebab utama erosi. Peningkatan infiltrasi juga berpotensi menambah cadangan air tanah sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman selama musim kemarau.

Perbedaan laju infiltrasi yang signifikan antara perlakuan ini juga dapat dikaitkan dengan perubahan sifat fisik tanah. Tanah pada plot vegetasi menunjukkan peningkatan porositas dan kadar bahan organik. Aktivitas akar dan akumulasi bahan organik dari daun-daun yang gugur meningkatkan ruang pori dan kestabilan agregat tanah. Bronick dan Lal (2005) menekankan pentingnya bahan organik tanah sebagai faktor kunci dalam memperbaiki struktur dan kemampuan infiltrasi.

Jenis vegetasi penutup juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap efektivitas konservasi tanah dan air. Rumput vetiver yang memiliki akar serabut padat dan dalam terbukti lebih efektif dalam menekan erosi dan meningkatkan infiltrasi dibandingkan legum penutup tanah yang akarnya cenderung lebih dangkal. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik akar tanaman merupakan salah satu faktor penentu utama dalam efektivitas vegetasi penutup tanah.

Selain aspek teknis, pemeliharaan dan pertumbuhan vegetasi selama penelitian juga mempengaruhi hasil. Pertumbuhan rumput vetiver yang stabil dan kuat sepanjang masa percobaan menjadikan perlakuan ini lebih optimal dalam menjalankan fungsi konservasinya. Sebaliknya, legum penutup tanah menunjukkan fluktuasi pertumbuhan

terutama akibat kompetisi dengan gulma, yang sedikit mengurangi efektivitasnya.

Korelasi antara kadar bahan organik tanah dengan laju infiltrasi juga ditemukan cukup kuat, menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik berkontribusi pada peningkatan kemampuan tanah menyerap air. Oleh karena itu, pengelolaan vegetasi penutup tanah yang baik tidak hanya mempertahankan permukaan tanah, tetapi juga memperbaiki kualitas tanah secara menyeluruh sehingga mendukung keberlanjutan fungsi ekologisnya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai studi sebelumnya yang menegaskan manfaat vegetasi penutup tanah dalam konservasi tanah dan air. FAO (2017) menyatakan bahwa penggunaan tanaman penutup tanah merupakan salah satu strategi konservasi yang paling efisien dan ramah lingkungan di lahan pertanian maupun lahan kritis. Selain menekan erosi, vegetasi juga memberikan manfaat tambahan seperti peningkatan keanekaragaman hayati dan penyerapan karbon.

Namun demikian, efektivitas vegetasi penutup tanah sangat tergantung pada pemilihan jenis tanaman yang tepat serta pengelolaan yang baik. Penggunaan tanaman dengan akar yang kuat dan perawatan yang memadai menjadi kunci keberhasilan dalam penerapan teknik konservasi ini. Tantangan praktis seperti gangguan hama, kondisi cuaca, dan keterbatasan sumber daya perlu diperhatikan untuk memastikan keberlanjutan manfaat konservasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa vegetasi penutup tanah merupakan komponen penting dalam strategi konservasi lahan, khususnya pada lahan miring yang rawan erosi. Dengan kemampuan menekan laju erosi dan meningkatkan infiltrasi air secara signifikan, vegetasi penutup dapat membantu menjaga produktivitas tanah dan sumber daya air. Oleh karena itu, integrasi penggunaan vegetasi penutup dalam pengelolaan lahan harus menjadi prioritas dalam upaya pembangunan pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Vegetasi penutup tanah terbukti memiliki peran yang sangat penting dalam menekan laju erosi pada lahan miring. Penelitian menunjukkan bahwa adanya tutupan vegetasi, seperti rumput vetiver dan legum penutup tanah, secara signifikan mengurangi jumlah sedimentasi yang terbawa oleh aliran air hujan. Dengan demikian, vegetasi penutup mampu melindungi permukaan tanah dari kerusakan dan kehilangan lapisan tanah produktif.

Selain mengurangi erosi, vegetasi penutup tanah juga meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Hal ini terlihat dari peningkatan laju infiltrasi yang terjadi pada plot dengan



tanaman penutup dibandingkan dengan plot tanpa vegetasi. Kemampuan infiltrasi yang lebih tinggi membantu mengurangi limpasan permukaan sekaligus meningkatkan cadangan air tanah yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan kestabilan ekosistem.

Keberhasilan vegetasi dalam fungsi konservasinya sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanaman, terutama sistem perakaran yang kuat dan padat. Rumput vetiver, dengan akar yang dalam dan kuat, menunjukkan efektivitas lebih tinggi dalam memperkuat struktur tanah dibandingkan legum penutup tanah yang memiliki akar dangkal. Oleh karena itu, pemilihan jenis tanaman yang sesuai sangat penting dalam perencanaan konservasi tanah.

Pengaruh positif vegetasi penutup terhadap sifat fisik tanah juga turut mendukung keberlanjutan fungsi ekologis lahan. Penambahan bahan organik dari tanaman dan aktivitas akar meningkatkan porositas dan kestabilan agregat tanah, sehingga tanah menjadi lebih tahan terhadap erosi dan mampu menyerap air dengan baik. Perbaikan sifat tanah ini merupakan manfaat jangka panjang dari penerapan vegetasi penutup.

Walaupun begitu, keberhasilan implementasi vegetasi penutup tanah memerlukan pengelolaan dan pemeliharaan yang tepat agar tanaman dapat tumbuh optimal dan menjalankan fungsinya. Tantangan seperti serangan hama, persaingan gulma, dan faktor lingkungan harus diperhatikan agar konservasi berbasis vegetasi dapat berkelanjutan dan memberikan hasil maksimal.

Secara keseluruhan, penggunaan vegetasi penutup tanah merupakan strategi efektif dalam menjaga kesuburan tanah dan konservasi sumber daya air, terutama di wilayah yang rawan erosi. Pengintegrasian metode ini dalam praktik pertanian dan pengelolaan lahan akan sangat membantu mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dan pelestarian lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Angima, S. D., Stott, D. E., O'Neill, M. K., Ong, C. K., & Weesies, G. A. (2003). Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 97(1-3), 295–308.
- Bhattacharyya, R., Chakraborty, D., Majumdar, K., & Ghosh, A. (2009). Effect of vegetative cover on soil erosion and infiltration rate in hill slopes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152(1-4), 359–373.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management*. Springer Science & Business Media.
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3–22.
- Doetterl, S., Stevens, A., & Van Oost, K. (2012). Soil organic carbon storage controlled by erosion and burial on steep slopes. *Geoderma*, 209-210, 314–324.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Rome.
- Foster, G. R., & Wischmeier, W. H. (1974). Evaluating irregular hillslope profiles for soil loss prediction. *Transactions of the ASAE*, 17(5), 819–824.
- Foster, R. C., Laflen, J. M., & Young, R. A. (1981). Estimating erosion and sediment yield on small agricultural watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 36(6), 305–310.
- Gill, S., Singh, K. P., & Jhorar, R. (2009). Role of vegetative cover in soil erosion control. *Journal of Soil and Water Conservation*, 8(1), 13–18.
- Govers, G., Van Oost, K., & De Alba, S. (2007). The use of tracers to study soil redistribution and erosion. *Earth-Science Reviews*, 80(1-2), 1–9.
- Keesstra, S. D., et al. (2018). The role of soil in the water cycle. *Science of The Total Environment*, 624, 808–817.
- Lal, R. (1998). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 17(4), 319–464.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519–539.
- Lal, R. (2006). Enhancing eco-efficiency in agroecosystems through soil carbon sequestration. *Crop Science*, 46(5), 1382–1390.
- Lal, R. (2013). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32(3), 118–139.
- Lal, R., & Shukla, M. K. (2004). *Principles of Soil Physics*. Marcel Dekker.
- Li, J., Wang, S., & Zhang, Y. (2015). Effect of vegetation type on soil erosion and sediment yield in the Loess Plateau of China. *Catena*, 131, 1–10.
- Li, Y., Yang, J., & Li, H. (2017). Effect of vegetative cover on soil infiltration and erosion: A case study in the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*, 165, 48–55.
- Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33), 13268–13272.
- Montgomery, D. R., & Dietrich, W. E. (1994). A physically based model for the topographic control on shallow



- landsliding. *Water Resources Research*, 30(4), 1153–1171.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., ... & Montanarella, L. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438–447.
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: A food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*, 8(1), 119–137.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., ... & Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), 1117–1123.
- Poesen, J., Nachtergael, J., & Verstraeten, G. (2003). Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50(2-4), 91–133.
- Pretty, J., Noble, A. D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R. E., Penning de Vries, F. W. T., & Morison, J. I. L. (2006). Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science & Technology*, 40(4), 1114–1119.
- Rieke-Zapp, D. H., & Nearing, M. A. (2005). Measurement and modeling of soil erosion by water. *Soil Science Society of America Journal*, 69(1), 151–156.
- Smith, J., & Johnson, M. (2010). Vegetative cover and soil conservation in tropical agriculture. *Agricultural Ecosystems & Environment*, 137(1-2), 1–12.
- Verheijen, F., Jones, R., Rickson, R., & Smith, C. (2009). *Soil Erosion and Conservation*. European Commission, Directorate-General for the Environment.
- Verstraeten, G., & Poesen, J. (2000). Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate. *Geomorphology*, 33(1-2), 79–93.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. USDA Handbook No. 537.
- Xiao, H., Liu, G., & Zhao, H. (2013). Role of vegetation in controlling soil erosion on the Loess Plateau. *Environmental Earth Sciences*, 69, 683–693.
- Zhang, X., Liu, X., Zhang, M., Liu, X., & He, Y. (2016). Effects of vegetation restoration on soil infiltration capacity in the Loess Plateau, China. *Ecological Engineering*, 91, 111–118.
- Zhang, Y., Huang, G., & Zhang, W. (2010). The effect of plant roots on soil erosion in a subtropical area. *Ecological Engineering*, 36(8), 1147–1153.
- Zhao, W., & Zhang, H. (2018). The effect of vegetation on water infiltration and runoff generation on hillslopes. *Hydrological Processes*, 32(3), 414–423.