

AGROFORESTRI DAN PENGELOLAAN KEBUN KAKAO BERKELANJUTAN

Oleh:

Abdul Rahim Saleh¹⁾

ABSTRAK

Kakao, salah satu tanaman tahunan penting di dunia, hampir secara eksklusif dieksplorasi untuk pembuatan coklat. Habitat asli tanaman kakao yaitu tumbuh di bawah naungan tegakan hutan, karena tanaman kakao merupakan spesies yang toleran naungan, di mana naungan yang tepat mempengaruhi laju fotosintesis relatif tinggi, yang akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan hasil biji. Cahaya yang tinggi memicu serangan hama dan penyakit, sehingga akan menurunkan hasil biji. Produksi kakao yang tinggi pada sistem monokultur membutuhkan input tinggi dalam hal proteksi dan nutrisi tanaman. Manajemen agroforestri kakao yang tepat, mampu menciptakan iklim mikro yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kakao berupa mengurangi intensitas penyinaran yang diterima kanopi daun, menurunkan suhu yang mampu menekan laju evapotranspirasi. Pohon naungan dalam sistem agroforestri menjadi inang bagi serangga hama maupun predator serta serangga penyerbuk. Selain itu, pohon naungan menyumbangkan serasah bahan organik tanah. Usaha budidaya kakao dengan sistem agroforestri dapat menjadi alternatif dalam mengolah lahan marginal yang kurang subur menjadi lahan yang produktif dan berkelanjutan.

Kata kunci: Kakao, agroforestri, naungan dan berkelanjutan

PENDAHULUAN

Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan spesies tanaman berkayu tropis sebelumnya digolongkan dalam keluarga Sterculiaceae dan direklasifikasi dalam keluarga Malvaceae. Pada lingkungan alami, tinggi pohon bisa mencapai 20 sampai 25 m, sedangkan tinggi tanaman kakao yang dibudidayakan bervariasi antara 3 sampai 5 m. Kakao secara geografis berasal dari Amerika Selatan, di mana jenis liarnya banyak ditemukan di daerah Amazon dan Guyanian. Tanaman ini khusus tumbuh di daerah tropis

Amerika Tengah dan Selatan, Asia dan Afrika (Alex et al., 2007).

Kakao dianggap salah satu tanaman tahunan yang paling penting di planet ini, dengan produksi di dunia diperkirakan 3,5 juta ton pada tahun 2006 (ICCO, 2007). Tanaman kakao dieksploitasi untuk produksi biji yang selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan coklat, produk sejenis dan produk turunan kakao juga dapat ditransformasikan dalam produk kosmetik, minuman, jeli, es krim dan jus.

Di Sulteng, tanaman kakao merupakan tanaman rakyat, dibudidayakan oleh sekitar 181.697

1) Staf Pengajar Program Studi Agroteknologi,
Fakultas Pertanian, Universitas Sintuwu Maroso

ha keluarga petani dengan luas tanam pada tahun 2015 diperkirakan mencapai 282.081 ha yang menjadikan Sulawesi Tengah sebagai produsen kakao terbesar di Indonesia dengan produksi 145.184 ton (Dirjenbun, 2014). Dari luas tersebut, terdapat 72.864 ha merupakan tanaman yang sudah tidak produktif karena umur tanaman yang sudah tua ataupun rusak akibat serangan hama penyakit yang memerlukan peremajaan tanaman. Pola tanam kakao di daerah ini pada awal-awal penanaman dilakukan dengan sistem tumpang sari dengan tanaman hutan atau yang dikenal dengan sistem agroforestri. Awal usaha budidaya kakao di Sulawesi Tengah, dilakukan disekitar kawasan hutan Tanaman Nasional Lore Lindu, kemudian berkembang sampai hampir di seluruh kabupaten di Sulawesi Tengah. Namun seiring berjalannya waktu sistem agroforestri berangsur-angsur dihilangkan beralih ke sistem tanam monokultur.

Budidaya kakao dengan sistem agroforestri ini telah banyak ditinggalkan petani disebabkan oleh sejumlah faktor di antaranya kebanyakan petani sengaja menebang pohon yang berfungsi sebagai naungan untuk menghindari risiko kerusakan yang tidak mendapatkan kompensasi seperti pohon tumbang yang dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman utama kakao. Selain itu, reko-mendasi penyuluhan masa lalu cenderung merekomendasikan penggunaan sedikit pohon naungan pada tanaman kakao untuk

meningkatkan hasil, terutama untuk klon kakao hibrida yang baru. Introduksi varietas kakao baru yang membutuhkan sedikit naungan dan produksi hasil yang tinggi menyebabkan pergeseran teknik budidaya kakao dengan menggunakan sedikit atau tanpa naungan. Meskipun dengan praktek budidaya yang demikian membutuhkan input yang tinggi berupa penggunaan insektisida dan pupuk yang banyak.

Produksi lebih tinggi tinggi pada sistem kakao monokultur namun umur produktif kakao lebih pendek dan membutuhkan input pupuk yang lebih besar, penurunan hasil akibat busuk buah pentil hitam (*cherelle wilt*) ((Asomaning et al., 1971) dan membutuhkan investasi yang lebih besar (Ahenkorah et al. , 1987). Penurunan yang lain yang dapat terjadi adalah menurunnya produktivitas disebabkan kehilangan hara dalam tanah yang tinggi melalui proses pertukaran, penurunan akibat serangan hama dan penyakit, tingkat transpirasi daun yang berlebihan dan peningkatan evaporasi tanah. Risiko yang dapat ditimbulkan pada sistem budidaya kakao tanpa pohon naungan digambarkan oleh analisis ekonomi Cunningham dan Arnold (1962), pengeluaran ekstra dan pekerjaan yang terkait dengan tebang habis pohon naungan dilokasi penanaman kakao membutuhkan pupuk dalam jumlah besar dan hanya bisa diterapkan jika produktivitas kebun bisa mencapai lebih dari tiga ton/ha/thn.

Adanya pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan

iklim seperti terjadinya musim kering yang panjang yang berasosiasi dengan El Nino Southern Oscillation (ENSO). Para ahli klimatologi memperkirakan bahwa peristiwa tersebut akan lebih sering terjadi dimasa yang akan datang. Penelitian sosial ekonomi tentang akibat kekeringan yang berinteraksi dengan ENSO terhadap produksi kakao di Sulawesi Tengah menunjukkan bahwa peristiwa tersebut dapat menurunkan produksi kakao sebesar 62%. (Prihastanti, 2010).

Tantangan yang dihadapi dalam produksi pertanian termasuk yang akan dihadapi dalam budidaya tanaman kakao kedepan akan terus terakumulasi akibat dari dampak perubahan iklim. Ancaman cekaman kekeringan, temperatur yang meningkat di atas 30°C, selain itu ancaman serangan hama dan penyakit juga diperkirakan akan meningkat (Ronald, 2011). Hal ini akan menjadi faktor pembatas dalam mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman pertanian termasuk tanaman komersial kakao.

Tujuan dari tulisan ini adalah untuk memberikan informasi tentang peranan agroforestri terhadap pengelolaan kakao secara berkelanjutan yang dapat berguna dalam strategi perencanaan penanaman baru kakao. Hal ini sangat penting mengingat penanaman kakao dimasa datang akan meluas ke lahan marginal serta tanaman lama perlu dilakukan replanting karena telah memasuki masa tidak produktif.

Peranan Sistem Agroforestri dalam Peningkatan Kesejahteraan Petani

Secara tradisional, kakao dibudidayakan di bawah naungan hutan yang secara selektif telah disisahkan dan merupakan salah satu sistem agroforestri tertua di wilayah tropis Amerika, dikenal pertama kali sejak pra-Kolombia oleh suku Maya. Di daerah hutan pesisir pantai Atlantik negara bagian Bahia dan Espirito Santo, Brazil, menghasilkan sekitar 4% produksi kakao dunia dan menyumbang sekitar 75% produksi kakao di Brasil diperoleh dengan menggunakan sistem tanam lokal yang dikenal dengan Cabruca. Sistem Cabruca adalah jenis khusus dari system agroforestri di mana tumbuhan bawah dari hutan dikurangi secara drastis untuk ditanami kakao dan kepadatan pohon bagian atas juga dikurangi. Sistem budidaya kakao dengan model ini dianggap mampu mempertahankan sifat kelestarian hutan alam yang heterogen, dan sebagai kelompok tumbuhan yang paling efisien untuk melindungi lahan tropis dari agen kerusakan (Alex et al., 2007).

Tanaman pohon lain yang bernilai ekonomis ditanam secara tumpang sari dengan tanaman kakao seperti kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), alpukat (*Persea americana*) dan jeruk (*Citrus sinensis*) mampu memberikan jasa naungan terhadap tanaman kakao, dan sekaligus menyediakan produk makanan dan pendapatan tambahan bagi rumah tangga petani. Potensi

pohon pelindung tanaman kakao cukup besar berkontribusi terhadap kesejahteraan petani melalui penjualan jenis kayu dan Produk Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Para peneliti juga melaporkan bahwa 4-6 m³/ha/thn kayu diperdagangkan dari spesies komersial seperti *Cordia alliodora* yang dihasilkan dari sistem agroforest di Amerika Tengah. (Beatrice et al., 2007).

Peranan Agroforestri dalam Manipulasi Ekologi

Pohon pelindung dalam sistem agroforestri kakao membawa perubahan iklim mikro di bawah kanopi dengan menurunkan suhu tanah dan suhu udara, mengurangi radiasi dan kecepatan angin di bawah kanopi. Perubahan ini akan memiliki pengaruh langsung pada penguapan air tanah dan kelembaban, yang pada gilirannya dapat secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, mengurangi kebutuhan air oleh tanaman dan evaporasi tanah, yang sangat penting selama periode kekeringan (Rao et al., 1998). Wallace (1996) mencatat bahwa pohon naungan berkontribusi dalam menurunkan kehilangan air tanaman melalui intersepsi penguapan kanopi, dan memodifikasi kondisi di bawah kanopi oleh naungan serta mencegah redistribusi air hujan melalui aliran tetes pada batang dan tajuk.

Sistem agroforestri sangat cocok untuk budidaya tanaman kakao karena pohon naungan

berperan dalam me-manipulasi iklim mikro dibawah kanopi terutama pengurangan intensitas cahaya yang sangat penting mengingat daun kakao memiliki titik jenuh cahaya rendah yaitu 400 μ m E-2 s-1 dan tingkat fotosintesis maksimum juga rendah (7 mg dm-1-h 1) (Hutcheon, 1981). Raja Harun dan Hardwick (1988) menyatakan bahwa tingkat fotosintesis tanaman kakao diketahui menurun jika perangkat foto-sintesis terkena intensitas cahaya melebihi 60% sinar matahari penuh, karena intensitas cahaya yang tinggi merusak mekanisme fotosintesis di daun.

Pohon naungan dalam agroforestri kakao berperan sebagai penyangga terhadap tinggi rendahnya suhu ekstrem sebanyak 5oC dan mampu memproduksi hingga 14 ton/ha/thn seresah yang jatuh dan residu seresah mengandung Nitrogen sekitar 340 kg/ha/thn. Selain itu, mempertahankan 10 pohon besar atau 15 pohon berukuran sedang per hektar membantu mengurangi kerusakan kakao yang disebabkan oleh serangan hama. Manfaat lain dari pohon pelindung termasuk mengurangi pertumbuhan gulma dan beberapa tanaman parasit pada kakao. Menurut petani Gogoikrom-Atwima, di wilayah Ashanti di negara Ghana, pohon naungan bertindak sebagai inang alternatif untuk tanaman parasit seperti mistletoe, yang jika tidak menggunakan kakao sebagai tanaman inang, mengurangi nutrisi dan dengan demikian mengurangi hasil kakao (Beatrice et al., 2007).

Studi tentang intersepsi cahaya dan fotosintesis menunjukkan bahwa produksi biji kakao dibatasi oleh cahaya, hal ini kemungkinan disebabkan oleh naungan eksternal dari pohon pelindung dan naungan internal (naungan antara bagian-bagian tanaman) pada kakao mengurangi kebutuhan cahaya di dalam kanopi (Yapp dan Hadley, 1994). Bahkan, intensitas cahaya di bawah 1800 jam/thn menekan produksi bunga dengan efek negatif yang signifikan pada hasil biji (Asomaning et al., 1971 Cit. Anim dan Frimpong, 2009).

Naungan berat tidak hanya mengurangi hasil biji, karena produksi fotosintat rendah (Zuidema et al., 2005), tetapi juga meningkatkan serangan penyakit (Alvim, 1977). Di sisi lain, spesies kakao yang toleran terhadap naungan (Guers, 1985), di mana naungan yang tepat dapat meningkatkan laju fotosintesis yang memadai, memacu pertumbuhan dan meningkatkan hasil biji. Pohon pelindung yang digunakan untuk naungan sangat berkontribusi pada pembentukan bahan organik tanah, penyerapan karbon, daur ulang nutrisi dan pemeliharaan keanekaragaman hayati (Lobao et al., 2007; Müller dan Gama Rodrigues, 2007). Kakao yang ditanam dengan kerapatan 1111 pokok/ha dibawah naungan mampu meningkatkan karbon organik tanah dibanding kakao yang ditanam dengan tanpa penggunaan naungan (Ofori et al., 2010). Khususnya di daerah dengan akses rendah untuk

pupuk anorganik, penanaman kakao dengan sistem agroforestri sangat cocok diterapkan untuk menjaga kesuburan tanah yang mensuplai ketersediaan hara untuk tanaman kakao (Isaac et al., 2007).

Di daerah padang rumput savana yang terletak dipinggir hutan negara Kamerun, dengan sistem agroforestri mampu mengubah lahan alang-alang (*Imperata cylindrica*) menjadi areal agroforestri kakao. Salah satu contoh intensifikasi ekologi oleh petani setempat dan dapat mengubah pandangan yang berkembang bahwa budidaya kakao yang sering dianggap sebagai pemicu deforestasi dapat menjadi agen reboisasi di daerah yang dianggap memiliki kondisi tanah dan iklim yang tidak cocok untuk tumbuh kakao (Patrick et al., 2012).

Peranan Agroforestri dalam Konserfasi Keanekaragaman Hayati

Secara global, budidaya kakao ber-dampak terhadap konservasi keaneka-ragaman hayati (Rice dan Greenberg, 2000). Meskipun awal pembukaan hutan untuk tanaman kakao mengancam keanekaragaman hayati dengan mengurangi struktur fisik hutan dan keragaman spesies tegakan hutan, dan meningkatkan kerusakan pada lanskap. Tetapi setelah hutan ditebang secara selektif atau sebagian dan kegiatan budidaya kakao diusahakan di bawahnya, maka akan memiliki manfaat positif, dimana tajuk pohon pelindung yang terdiri dari beberapa spesies

tanaman hutan memberikan ruang ekologi yang lebih luas terutama bagi satwa liar, hal yang mungkin tidak dapat ditemui jika hutan dimanfaatkan untuk kebutuhan lain seperti budidaya tanaman semusim (Leakey dan Tchoukeu 2001). Dalam hal arsitektur dan ekologi agroforestri, banyak perkebunan kopi dan kakao tradisional yang teduh menyerupai hutan alam, lebih baik dibanding sistem pertanian lainnya (Beer et al., 1998).

Penelitian diarahkan pada potensi tanaman naungan, tanaman kopi dan kakao dalam sistem agroforestri dinyatakan telah menjaga kehilangan keanekaragaman hayati di lanskap hutan (Reitsma et al, 2001). Habitat Agroforestri tersebut dapat meningkatkan eksistensi dan pemeliharaan keanekaragaman hayati dengan menyediakan habitat dan sumber daya yang utuh untuk organisme pengunjung seperti burung, serangga dan binatang lain yang datang dari habitat aslinya yang berada di hutan alam. Bahkan tanaman naungan memberikan perlindungan bagi keanekaragaman hayati di daerah yang telah kehilangan sebagian atau seluruh hutan alamnya. Di bekas hutan, tanaman naungan dapat berguna sebagai zona penyangga untuk cadangan hutan. Greenberg et al (2000) menyatakan bahwa menanam kopi dan kakao dalam sistem agroforestri adalah cara reboisasi yang dapat memberikan pendapatan bagi petani lokal serta mempertahankan habitat bagi satwa liar. Kakao kadang-kadang

dibudidayakan di bawah kanopi hutan telah dikurangi populasinya, tetapi lebih sering ditemukan di bawah kanopi dengan beragam pohon yang ditanam sebagai naungan menjadi alternatif dalam mendukung tingkat keanekaragaman organisme hutan tropis. Sistem agroforestri dapat berfungsi sebagai jalur atau titik persinggahan untuk migrasi spesies hewan di antara cagar alam (Rice dan Greenberg, 2000).

Peranan Agroforestri dalam Mengendalikan Serangan Hama dan Penyakit dan Peningkatan Polinator

Keseimbangan dalam sistem alami yang tidak ada gangguan (hutan alam) tidak memberi peluang pada satu atau lebih spesies menyebabkan kerusakan besar karena terkontrol oleh kehadiran predator. Dalam sistem terganggu keseimbangan tersebut mungkin tidak ada karena keanekaragaman tanaman berkurang dan tidak adanya pohon yang menyediakan sumber daya yang cukup dan tempat bagi predator dan organisme antagonis lain. Menurut 'hipotesis musuh alami' (Russell, 1989) agroekosistem dengan flora yang tinggi dan keragaman struktural memiliki spesies penyebab penyakit yang rendah. Sumber makanan alternatif dalam sistem tersebut dapat mendukung populasi yang tinggi dari arthropoda entomopatogen, dan kanopi naungan dapat meningkatkan populasi predator, dimana keadaan

tersebut tidak akan atau jarang ditemukan di perkebunan yang dikelola secara monokultur (Greenberg et al., 2000).

Sifat genetik pada sistem monokultur yang relatif seragam sering lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit sehingga membutuhkan input yang lebih tinggi seperti pestisida (Power dan Flecker, 1998). Input Agrokimia yang besar biasanya digunakan untuk mengendalikannya hama, penyakit dan gulma dalam budidaya kakao. Penggunaan agrokimia yang berlebihan akan menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan, dampak lebih buruk terhadap lingkungan adalah dapat memicu resistensi pada spesies hama sasaran. Hama Capsids mengembangkan sistem resistensi terhadap pestisida yang berbahan aktif aldrin dan lindane pada awal tahun 1960 di Ghana (Rice dan Greenberg, 2000). Gordon (1976) juga melaporkan bahwa di awal tahun 1920-an petani kakao di pulau Afrika Fernando Po dan Sao Tome menebang pohon pelindung yang menaungi tanaman kakao untuk meningkatkan produksi, namun tidak lama kemudian, sebagian besar perkebunan terserang hama.

Menurut petani Gogoikrom-Atwima, di wilayah Ashanti di negara Ghana, pohon naungan bertindak sebagai inang alternatif untuk tanaman parasit seperti mistletoe, dan jika tidak pohon naungan, hama tersebut menggunakan pohon kakao sebagai tanaman inang yang berdampak pada mengurangi nutrisi

dan dengan demikian mengurangi hasil (Obiri 2007).

Peningkatan

keanekaragaman tanaman melalui pola tanam polikultur dalam sistem agroforestri dapat menambah sumber daya yang tersedia untuk serangga penyerbuk dan serangga yang berperan sebagai musuh alami seperti tawon dan mikroba parasit, sehingga populasi organisme musuh alami menjadi lebih tinggi (Andow, 1991). Penggunaan naungan dapat mengurangi ketergantungan petani pada bahan kimia, dan diduga mempengaruhi fisiologi tanaman kakao dan pengaruh lingkungan fisik (Rice dan Greenberg, 2000). Beberapa pihak peneliti mengungkapkan bahwa menghilangkan naungan kemudian beralih ke penyemprotan insektisida merupakan dua faktor utama yang berkontribusi dalam perkembangan spesies hama kakao (Wood dan Lass, 1985). Beer et al (1998) menunjukkan bahwa keberadaan naungan pada tanaman kakao membantu mengendalikan penyakit harus mencari keseimbangan karena mereka terjadi bersamaan di banyak perkebunan, sementara Rice dan Greenberg (2000) juga menyarankan bahwa manipulasi habitat kakao dengan mempertahankan hubungan evolusi ekologi yang menjadi ciri alami hutan harus menjadi pendekatan pertama yang akan diambil untuk mencegah masalah ledakan serangan hama atau pun penyakit.

PENUTUP

Permintaan kakao untuk bahan baku industri coklat dan turunannya semakin tinggi, menuntut permintaan bahan baku biji kakao yang semakin tinggi, sementara produktivitas lahan semakin rendah yang akan mendorong penggunaan input sumber daya yang tinggi. Penanaman baru dengan merambah hutan sudah tidak memungkinkan lagi, sementara lahan perkebunan kakao mengalami banyak mengalami alih fungsi lahan baik untuk kegiatan perkebunan kelapa sawit atau untuk tujuan non pertanian.

Pasar kakao menunjukkan ke-cenderung yang menggembirakan, mendorong petani kakao mengintensifkan pengelolaan kakao dengan beban biaya tinggi melalui input kima yang tinggi, terutama untuk pengendalian hama dan penyakit yang terus meningkat. Penerapan sistem agroforestri kakao pada lahan marginal memerlukan kajian mendalam, sekaligus merehabilitasi lahan untuk menghutankan kembali. Pengetahuan tentang efek dari faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kakao dan pengembangan di bawah kondisi lahan yang kurang subur atau marginal melalui sistem agroforestri sangat dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahenkorah Y, Halm BJ, Appiah MR, Akrofi GS, Yirenskyi JEK, 1987. Twenty years' results from a shade and fertilizer

trial on Amazon cocoa (*Theobroma cacao*) in Ghana. *Exp. Agric.*;23:31-9.

Alex, A.F., de Almeida, Raúl R. Valle, 2007. REVIEW : Ecophysiology of the cacao tree. *Braz. J. Plant Physiol.* vol.19 no.4

Alvim PT. Cacao. In: Alvim PT, Kozłowski TT, 1977. editors. *Ecophysiology of tropical crops*. London: Academic Press;. p. 279-313.

Anim-Kwapong GJ, Osei-Bonsu K (2009) Potential of natural and improved fallow using indigenous trees to facilitate cacao replanting in Ghana. *Agrofor Syst* 76:533–542. doi: 10.1007/s10457-008-9196-4

Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology.* 36:561–586.

Asomaning EJA, Kwakwa RS, Hutcheon WV., 1971. Physiological studies on an Amazon shade and fertilizer trial at the Cocoa Research Institute of Ghana. *Ghanaian J. Agric. Sci.*;4:47-64.

Beatrice Darko Obiri, Geoff A. Bright, Morag A. McDonald, Luke C. N. Anglaere and Joseph Cobbina, 2007. Financial analysis of shaded cocoa in Ghana. *Agroforest Syst* 71:139–149

- Beer J, Muschler R, Kass D, Somarriba E., 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agrofor Syst*;38:139-64.
- Cunningham RK, Arnold PW.,1962. The shade and fertilizer requirements of cacao (*Theobroma cacao*) in Ghana. *J. Sci. Food Agric.*;13:213-21.
- Dirjenbun, 2014. Kakao - Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015. Jakarta, Desember 2014
- Erma Prihastanti, 2010. Perubahan Potensial Air akar Pohon Kakao (*Theobroma cacao* L) dan Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq) Pada Cekaman Kekeringan. Seminar Nasional Biologi. UGM.
- Greenberg, R., Bichier, P., Angon, A. C., MacVean, C., Perez, R. and Cano, E. (2000) The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations. *Ecology* 81: 1750- 1755.
- Guers J (1985) Potentialités photosynthétiques du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en fonction de l'éclairage, de la température et du CO₂ ambiant. *Café Cacao Thé* 29:245-254
- Gordon, 1976. Mass Method of Communication in Agricultural Extension in Special Reference to Ghana. *Rural Africana* no.16(1976): 6-8.
- Hutcheon, W. V. (1981). The swollen shoot research project at the Cocoa Research Institute of Ghana. Section V. Physiological Studies. Tafo, Ghana. pp. 67-115.
- ICCO (2007) Annual report. 43 p
- Isaac ME, Timmer VR, Quashie-Sam SJ.,2007. Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*;78:155-65.
- Leakey, R.R.B. and Tchoundjeu, Z. 2001. Diversification of tree crops: Domestication of companion crops for poverty reduction and environmental services, *Experimental Agriculture*, 37, 279-296.
- Lobão DE, Setenta WC, Lobão ESP, Curvelo K, Valle RR.,2007. Cacao cabruca: sistema agrossilvicultural tropical. In: Valle RR, editor. *Ciência, tecnologia e manejo do cacauero*. Ilhéus: Gráfica e Editora Vital Ltda; p.290-323.
- Müller MW, Gama-Rodrigues AC.,2007. Sistemas agroflorestais com cacauero. In: Valle RR, editor. *Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauero*. Ilhéus: Gráfica e Editora Vital Ltda;. p.246-71.

- Obiri, B.D.,G.A. Bright, M.A.McDonald, L. C. N.Anglaaere, and J. Cobbina. 2007. "Financial Analysis of Shaded Cocoa in Ghana." *Agroforestry Systems* 71: 139–49.
- Ofori-Frimpong*, A. A. Afrifa and S. Acquaye, 2010. Impact of shade and cocoa plant densities on soil organic carbon sequestration rates in a cocoa growing soil of Ghana. *African Journal of Environmental Science and Technology* Vol. 4(9), pp. 621-624,
- Patrick, J., Michel, I., Didier, S., and Eriek, M., 2012. Afforestation of savannah with cocoa agroforestry systems: A small-farmer innovation in central Cameroon. *Agroforestry Systems* 86(3) • November 2012. DOI: 10.1007/s10457-012-9513-9
- Power, A. And Flecker, A.S. 1998. Agroecosystems and biodiversity. Paper presented at the First Sustainable Workshop on Sustainable Cocoa Growing. Panaman ity, Panama, March 30-April 2, 1998.
- Raja Harun RM and Hardwick K (1988) The effects of prolonged exposure to different light intensities on the photosynthesis of cocoa leaves. In: Proceedings of the 10th International Cocoa Conference, 1987, Santo Domingo. pp. 205-209.
- Rao, M.R., P.K.R. Nair and C. Ong. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38:3–50.
- Reitsma, R., Parrish, J.D., McLarney, W., 2001. The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in southeastern Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53, 185–193.
- Rice, R. A. and Greenberg, R. (2000) Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 29: 167-173.
- Ronald, P., 2011. Review : Plant Genetics, Sustainable Agriculture and Global Food Security. *Genetics* 188: 11–20 (May 2011)
- Russell, E.P., 1989. Enemies hypothesis a review of the effect of vegetational diversity on predatory insect and parasitoids. *Environ. Entomol.* 18;590-599.
- Yapp JHH, Hadley P.1994. Interrelationships between canopy architecture, light interception, vigour and yield in cocoa: implications for improving production efficiency. Proceedings of the international cocoa

conference: Challenges in
the 90s;. p. 332-50.

Zuidema PA, Leffelaar PA,
Gerritsma W, Mommer L,
Anten NPR.,2005. A
physiological production
model for cocoa (*Theobroma
cacao*): model presentation,
validation and application.
Agric Syst; 84:195-225.

Wood, G.A.R., Lass, R.A., 1985.
Cocoa, fourth ed. Longman,
New York.

Wallace, J.S., 1996. The water
balance of mixed tree-crop
systems. In: Ong, C.K.,
Huxley, P. (Eds.), *Tree crop
Interactions, A Physiological
Approach*. CABI, pp. 189–
233.