

KESAN APLIKASI BIOCHAR HAMPAS PADI KE ATAS
PERTUMBUHAN DAN HASIL BENDI (*Abelmoschus*
esculentus L. Moench)

YUSRINA BINTI MOHD. YAMIN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTASIINI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM PENGETAHUAN TANAMAN
SEKOLAH PERTANIAN LESTARI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2012

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: Kesan Aplikasi Biochar Hampang Padi ke Atas Pertumbuhan dan Hasil Padi (Oryza sativa L. var. Noreen).

IJAZAH: Sarjana Muda Sains Pertanian dengan Kepujian

SAYA: YUSRINA BINTI MOHD-YAMIN
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: _____

Mengaku membenarkan tesis * (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajaran sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajaran tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keseksamaan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana Penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan Oleh:


NURULAINI BINTI ISMAIL
LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH


(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: Kg. Jalan Pelikat,
P.O.Box 26, 89857 Sipitang,
Sabah.

Tarikh: 17/1/2013


(TANDATANGAN PENYELIA)
DR ABDUL RAHIM BIN AWANG
Penyayarah / Penasihat Akademik
Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah
(NAMA PENYELIA dan cop)

Tarikh: 18/01/2013

Catatan: - * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak yang berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT atau TERHAD.

Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara penyelidikan atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (PSM)



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Saya juga mengakui bahawa disertasi ini tidak pernah atau sedang dihantar untuk perolehi ijazah dari universiti atau mana universiti yang lain.



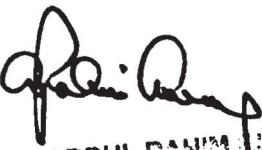
YUSRINA BINTI MOHD. YAMIN

BR09110013

12 Disember 2012

DIPERAKUKAN OLEH

1. Dr. Abdul Rahim Bin Awang
PENYELIA


DR ABDUL RAHIM BIN AWANG
Pensyarah / Penasihat Akademik
Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah

2. Dr. Mohamadu Boyie Jalloh

PENYELIA BERSAMA


DR MOHAMADU BOYIE JALLOH

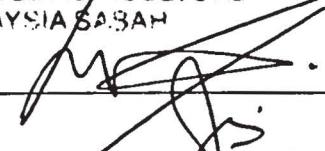
SENIOR LECTURER

SCHOOL OF SUSTAINABLE AGRICULTURE
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

3. Prof. Madya Haji Mohd. Dandan@Ame

Hj. Alidin

PEMERIKSA I


PROF. MADYA DR. MARKUS ATONG
Pensyarah

Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah

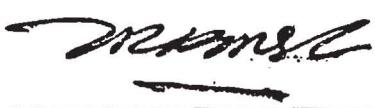
4. Prof. Madya Dr. Markus Atong

PEMERIKSA II

5. Dr. Sitti Raehanah Binti Muhamad

Shalaeh

DEKAN


DR. SITI RAEHANAH MUHAMAD SHALAEH
DEKAN
SEKOLAH PERTANIAN LESTARI
UMS KAMPUS SANDAKAN



PENGHARGAAN

Bismillahirahmanirahim...

Pertama sekali saya panjatkan rasa kesyukuran yang tidak terhingga kepada Allah S.W.T di atas limpah rahmayNya, maka saya diberikan kekuatan dan iltizam yang tinggi bagi menyelesaikan projek akhir tahun saya ini.

Saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada ibu bapa saya, Mohd Yamin bin Haris dan Dayang Binti Amit yang memberi saya sokongan dari segi emosi dan fizikal untuk menyiapkan kerja kursus ini. Mereka telah memberikan saya segala kemudahan dan keperluan yang tidak terhingga sehingga saya berjaya menyiapkan projek ini. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada Dr. Abdul Rahim bin Awang dan Dr. Mohamadu Boyie Jaliloh yang tidak putus memberikan nasihat dan tunjuk ajar kepada saya.

Ucapan penghargaan ini juga saya tujuhan kepada rakan-rakan yang telah banyak memberi peringatan terhadap saya dan sokongan dan pendapat mereka sepanjang kajian ini dijalankan.

Akhir madah, saya mengucapkan terima kasih kepada mereka yang terlibat secara langsung atau sebaliknya dalam pembikinan kerja kursus ini. Hanya Allah S.W.T sahajalah yang dapat membelas jasa-jasa kalian semua. Terima kasih.

ABSTRAK

Satu kajian telah dilakukan ke atas bendi (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) varieti B505 (Kacang Bendi Taiwan) dengan memberikan rawatan beberapa cara aplikasi dan kadar biochar yang berbeza. Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji kesan aplikasi biochar hampas padi ke atas pertumbuhan dan hasil tuaian bendi, perkembangan akar bendi dan pH tanah. Kajian telah dijalankan di rumah penaung hujan di Sekolah Pertanian Lestari, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Kampus Sandakan dari pada September 2012 sehingga November 2012. Dua faktor yang telah dikaji dalam eksperimen ini iaitu cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur ke dalam tanah) pada beberapa kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) yang digunakan. Berdasarkan keputusan kajian, cara aplikasi mencampur biochar ke dalam tanah menunjukkan perbezaan yang nyata bagi pertumbuhan dan pH tanah. Manakala kadar aplikasi biochar, 10 dan 20 tan per hektar biochar menunjukkan perbezaan yang nyata ($p<0.05$) bagi pertumbuhan, perkembangan bendi dan pH tanah. Bagi keputusan interaksi antara kedua faktor yang dikaji, hanya ketinggian pokok (38.90sm), berat basah daun bendi (8.40g) dan pH tanah (pH 8.26) yang mempunyai perbezaan yang nyata ($p<0.05$). Berdasarkan keputusan kajian, aktiviti menabur biochar ke atas permukaan tanah dengan kadar 5 tan biochar per hektar memberi unjuran hasil yang tinggi sebanyak 7.45 tan per hektar berbanding tanpa kadar kawalan dalam penanaman bendi. Daripada kajian ini, petani digalakkan menggunakan 5 tan per hektar biochar yang bukan sahaja memberikan hasil yang tinggi (7.45 tan per hektar) malah memperbaiki kualiti tanah dalam jangka masa yang lama dan menjimatkan kos input.

**Title: Effect of Rice Husk Biochar Application on Growth and Yield of Okra
(*Abelmoschus esculentus* L. Moench)**

ABSTRACT

A study was conducted on okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) variety B505 (Taiwan Lady's finger) with different methods of applications and rate of biochar. The objective of the study was to determine the effects of rice husk biochar application on growth and yield of okra, okra root development and soil pH. The study was conducted inside a rainshelter at the School of Sustainable Agriculture, University Malaysia Sabah (UMS), Sandakan campus from September 2012 until November 2012. The two factors were application methods of biochar (top dressing and mixing with soil) and application rates of biochar(0, 5, 10 and 20 ton per hectare). Based on the result, application method of mixing biochar with soil showed significant difference for growth, development of okra and soil pH. Application rates of biochar, 10 and 20 ton per hectare showed significant difference ($p<0.05$) on growth and development of okra plants and soil pH. There was significant interaction ($p<0.05$) between biochar application method and application rate on plant height (38.90cm), fruit fresh weight (8.40g) and soil pH (pH 8.26). Based on the study, top dressing biochar with the soil at the rate of 5 tonnes per hectare showed high potential yield of 7.54 tonnes per hectare compared to treatment without biochar. From this study, farmers planting okra are recommended to apply 5 tonnes per hectare of biochar in common farming practice to increases yield (7.45 tonnes per hectare) and improve soil pH in long term and also increase farmers' income.

ISI KANDUNGAN

| Kandungan | Muka surat |
|---|------------|
| PENGAKUAN | ii |
| DIPERAKUKAN OLEH | iii |
| PENGHARGAAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| ISI KANDUNGAN | vii |
| SENARAI JADUAL | xii |
| SENARAI RAJAH | xiii |
| SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN | xiv |
| BAB 1 PENGENALAN | 1 |
| 1.1 Pengenalan | 1 |
| 1.2 Justifikasi | 2 |
| 1.3 Objektif | 3 |
| 1.4 Hipotesis | 3 |
| BAB 2 RUJUKAN KEPUSTAKAAN | 4 |
| 2.1 Bendi | 4 |
| 2.1.1 Nutrisi Bendi | 5 |
| 2.1.2 Penanaman Bendi | 5 |
| 2.2 Iklim di Malaysia | 7 |
| 2.3 Biochar Hampas Padi Dalam Pertanian | 7 |
| 2.3.1 Kesan Biochar ke atas Pertumbuhan Tanaman | 8 |
| 2.3.2 Kesan Biochar ke atas pH tanah | 9 |
| 2.4 Cara Aplikasi Biochar | 10 |
| 2.4.1 Aplikasi Biochar ke atas Permukaan Tanah | 10 |
| 2.4.2 Aplikasi Mencampur Biochar ke dalam Tanah | 11 |
| 2.5 Kadar Aplikasi Biochar | 11 |
| 2.5.1 Lima Tan Sehektar Biochar | 12 |
| 2.5.2 Sepuluh Tan Sehektar Biochar | 12 |
| 2.5.3 20 Tan Sehektar Biochar | 12 |
| 2.6 Perkembangan Akar | 12 |
| 2.6.1 Perkembangan Awal | 13 |
| 2.6.2 Perkembangan Tengah | 14 |
| 2.6.3 Perkembangan Matang | 14 |
| BAB 3 METODOLOGI | 17 |
| 3.1 Lokasi Kajian | 17 |
| 3.2 Bahan-Bahan yang Digunakan | 17 |
| 3.3 Penyediaan Bahan-Bahan | 17 |
| 3.4 Penyediaan Kawasan Kajian | 19 |
| 3.5 Cara Penanaman Bendi | 19 |
| 3.6 Penjagaan Bendi | 19 |
| 3.6.1 Kawalan Serangga Perosak | 20 |
| 3.7 Saiz Plot dan Rekabentuk yang Digunakan | 20 |
| 3.8 Parameter yang Dianalisis | 20 |
| 3.8.1 Pertumbuhan Pokok | 20 |
| 3.8.2 Perkembangan Akar | 21 |
| 3.8.3 Hasil Tuaian Bendi | 21 |

| | |
|---|----|
| 3.8.4 Struktur Tanah | 21 |
| 3.9 Analisis Statistik | 21 |
| BAB 4 KEPUTUSAN | 22 |
| 4.1 Kesan Cara Aplikasi Biochar ke atas Pertumbuhan Pokok Bendi | 22 |
| 4.1.1 Bilangan daun | 22 |
| 4.1.2 Ketinggian Pokok Bendi | 23 |
| 4.1.3 Panjang Akar Bendi | 24 |
| 4.1.4 Berat Basah Daun Bendi | 24 |
| 4.1.5 Berat Kering Daun Bendi | 25 |
| 4.1.6 Berat Kering Akar Bendi | 26 |
| 4.2 Kesan Aplikasi Biochar ke atas Perkembangan Bendi | 26 |
| 4.2.1 Bilangan Hari Bunga Pertama Bendi Mekar | 26 |
| 4.3 Kesan Cara Aplikasi Biochar ke atas Hasil Tuaian Bendi | 27 |
| 4.3.1 Berat Basah Buah Bendi | 28 |
| 4.4 Kesan Cara Aplikasi Biochar ke atas Struktur Tanah | 28 |
| 4.4.1 pH Tanah | 29 |
| 4.5 Kesan Kadar Biochar ke atas Pertumbuhan Pokok Bendi | 29 |
| 4.5.1 Bilangan Daun | 30 |
| 4.5.2 Ketinggian Pokok | 30 |
| 4.5.3 Panjang Akar Bendi | 31 |
| 4.5.4 Berat Basah Daun Bendi | 32 |
| 4.5.5 Berat Kering Daun Bendi | 33 |
| 4.5.6 Berat Kering Akar Bendi | 34 |
| 4.6 Kesan Kadar Biochar ke atas Perkembangan Pokok Bendi | 35 |
| 4.6.1 Bilangan Hari Bunga Pertama Mekar | 35 |
| 4.7 Kesan Kadar Biochar ke atas Hasil Tuaian Bendi | 36 |
| 4.7.1 Berat Basah Buah Bendi | 36 |
| 4.7.2 Unjuran Hasil | 36 |
| 4.8 Kesan Kadar Biochar ke atas Struktur Tanah | 37 |
| 4.8.1 pH Tanah | 37 |
| 4.9 Interaksi Antara Cara dan Aplikasi Biochar Terhadap Pertumbuhan Pokok Bendi | 38 |
| 4.9.1 Ketinggian Pokok | 38 |
| 4.9.2 Berat Basah Daun Bendi | 39 |
| 4.10 Interaksi Antara Cara dan Aplikasi Biochar Terhadap Struktur Tanah | 40 |
| 4.10.1 pH Tanah | 40 |
| 4.11 Unjuran Hasil Buah Bendi | 41 |
| BAB 5 PERBINCANGAN | 42 |
| 5.1 Kesan Cara Aplikasi Biochar Terhadap Pertumbuhan Pokok Bendi | 42 |
| 5.2 Kesan Cara Aplikasi Biochar ke atas Hasil Tuaian Bendi | 42 |
| 5.3 Kesan Cara Aplikasi Biochar ke atas Struktur Tanah | 43 |
| 5.4 Kesan Kadar Biochar ke atas Pertumbuhan Bendi | 43 |
| 5.5 Kesan Kadar Biochar ke atas Perkembangan Bendi | 45 |
| 5.6 Kesan Kadar Biochar ke atas Hasil Tuaian Bendi | 46 |
| 5.7 Kesan Kadar Biochar ke atas Struktur Tanah | 46 |
| 5.8 Interaksi Antara Cara dan Aplikasi Biochar Terhadap Pertumbuhan Pokok Bendi | 46 |
| 5.9 Interaksi Antara Cara dan Aplikasi Biochar Terhadap Struktur Tanah | 47 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| BAB 6 KESIMPULAN | 49 |
| 6.1 Kesimpulan | 49 |
| 6.2 Cadangan | 48 |
| RUJUKAN | 49 |
| LAMPIRAN | 55 |

SENARAI JADUAL

| Jadual | | Mukasurat |
|---------------|--|------------------|
| 2.1 | Komposisi untuk 100 gram bahagian buah okra. | 6 |
| 3.1 | Jenis-jenis rawatan biochar hampas padi dan kuantiti bagi setiap medium. | 18 |

SENARAI RAJAH

| Rajah | Muka surat |
|---|-------------------|
| 2.1 Corak pertumbuhan akar bendi | 14 |
| 2.2 Perkembangan tengah akar bagi pokok bendi | 15 |
| 4.1 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) ke atas bilangan daun bendi pada minggu ke-8. | 23 |
| 4.2 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) ke atas ketinggian pokok bendi pada minggu ke-8. | 24 |
| 4.3 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) ke atas purata panjang akar bendi. | 24 |
| 4.4 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) terhadap purata berat basah daun bendi (g). | 25 |
| 4.5 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) terhadap purata berat kering daun bendi (g). | 26 |
| 4.6 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) terhadap purata berat kering akar bendi (g). | 27 |
| 4.7 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) terhadap purata bilangan hari bunga pertama bendi mekar. | 27 |
| 4.8 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) terhadap purata berat basah buah bendi (g). | 28 |
| 4.9 Kesan cara aplikasi biochar (atas permukaan tanah dan mencampur dalam tanah) terhadap purata pH tanah. | 29 |
| 4.10 Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap bilangan daun bendi pada minggu ke-8. | 30 |
| 4.11 Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap ketinggian pokok bendi pada minggu ke-8. | 31 |
| 4.12 Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap purata panjang akar bendi (sm). | 32 |
| 4.13 Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap berat basah daun bendi | 33 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.14 | Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap purata berat kering daun bendi. | 34 |
| 4.15 | Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap purata berat kering akar bendi | 35 |
| 4.16 | Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap bilangan hari bunga pertama bendi mekar | 36 |
| 4.17 | Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap purata berat basah buah bendi. | 37 |
| 4.18 | Kesan kadar biochar (0, 5, 10 dan 20 tan per hektar) terhadap pH tanah | 37 |
| 4.19 | Kesan interaksi cara aplikasi dan kadar biochar ke atas ketinggian pokok bendi pada minggu ke-8 | 38 |
| 4.20 | Kesan interaksi cara aplikasi dan kadar biochar ke atas berat basah daun bendi | 39 |
| 4.21 | Kesan interaksi cara aplikasi dan kadar biochar ke atas pH tanah | 40 |
| 4.22 | Unjuran hasil buah bendi | 41 |

SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN

| | |
|--------------------|--|
| % | peratus |
| $^{\circ}\text{C}$ | darjah celsius |
| Ca^{2+} | Ion kalsium |
| Cl^- | Ion klorin |
| CO_2 | karbon dioksida |
| CRD | uji kaji rawak lengkap |
| g | gram |
| kg | kilogram |
| m | meter |
| mg | miligram |
| ml | mililiter |
| mm | milimeter |
| m^2 | meter persegi |
| Na^+ | Ion natrium |
| O_2 | oksiogen |
| sm | sentimeter |
| ABARES | <i>Australian Bureau of Agricultural and Resources Economics and Science</i> |
| APN | <i>Asia Pacific Network on Global Change</i> |
| ANAVA | <i>Analysis of Variance</i> |
| KPK | Keupayaan pertukaran kation |

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Sektor pertanian kian berkembang di Malaysia dengan menyumbang kira-kira 45% daripada pendapatan negara. Oleh itu, kerajaan telah memperuntukkan pembukaan tanah dengan kerjasama bimbingan daripada Jabatan Pertanian tempatan. Kerjasama yang dilakukan bertujuan memperbanyakkan penanaman tanaman komersial, buah-buahan dan sayur-sayuran. Jabatan pertanian telah diperuntukkan seluas 750 hektar untuk membuka tanah untuk pertanian terutamanya padi pada tahun 2010.

Pada tahun 2008, penghasilan padi seluruh dunia mencatatkan 611 juta ton dan 132 juta ton daripada jumlah tersebut adalah hampas padi (IRRI, 2009). Selalunya, hampas padi ini akan dibuang atau dibakar secara terbuka bersama tanah sawah padi sebelum penanaman seterusnya. Hampas padi ini mengandungi pelbagai nutrien yang baik untuk dijadikan baja seperti kalsium, magnesium, natrium dan sedikit karbon. Oleh itu, para saintis telah menemui cara bagi mengatasi masalah ini dengan membakar hampas padi secara pirolisis.

Penemuan ini amat bersesuaian bagi para pekebun kecil padi dimana hampas padi ini mudah didapati. Pirolisis akan menghasilkan serpihan habuk yang mengandungi bahan karbon yang maksimum pada suhu yang tinggi. Biochar adalah istilah baru yang digunakan untuk menggambarkan arang yang berserbuk halus dan berpori hasil daripada bahan organik atau biojisim pertanian sebagai bahan utama yang diaplikasikan ke atas tanah untuk pertanian. Tambahan pula, kesuburan tanah tidak konsisten selepas penuaian hasil. Para pengusaha ladang akan meningkatkan kesuburan dengan mengaplikasi baja yang mengandungi nutrien diperlukan sebelum memulakan penanaman seterusnya dan aktiviti ini akan diulang untuk penanaman akan datang.

Keadaan ekonomi yang tidak stabil sekarang memberi kesan yang besar kepada beberapa buah negara luar. Di Malaysia, kenaikan harga minyak yang tidak menentu memberi kesan kepada harga makanan asas seperti tepung, gula dan beras. Tidak lupa, harga baja tanaman naik selepas kenaikan harga minyak. Ini mengurangkan pendapatan para petani. Di negara jiran, Indonesia, mereka turut mengalami masalah yang sama mengenai harga input, kesuburan tanah dan pembekal input pertanian. Mereka mengambil inisiatif dengan menggunakan biochar dalam pelbagai jenis penanaman mereka secara meluas.

Biochar sebenarnya telah digunakan secara meluas di Eropah, Afrika dan, Amerika Selatan dan Jepun dalam sistem pertanian mereka. Konsep Biochar ini bermula dari tanah Amazon Basin (ABARES, 2011) yang mana penduduk di sana menggunakan sebagai media penanaman. Ini seiring dengan objektif Dasar Pertanian Negara Ketiga (DPN3) yang bertujuan untuk mempertingkatkan produktiviti dan daya saingan dan menerokai bidang-bidang baru, memulihara dan menggunakan sumber asli secara mampan. Penggunaan biochar turut disokong oleh pihak Universiti Putra Malaysia (UPM) berdasarkan impak positif kepada negara, ekonomi dan alam sekitar (Utusan Online, 2009).

Bendi merupakan sejenis tanaman sayuran tropika. Di Malaysia, ia amat popular dimasak bersama daging lembu, ayam ataupun ikan dalam menu masakan kari. Ia juga biasa digunakan hanya dengan direbus dan dimakan dengan sambal belaca. Bendi berkhasiat dan boleh mencengah masalah sembelit jika diamalkan dalam pemakanan. Pokok bendi ini akan terus mengeluarkan buah selepas bunga pertama terhasil dan efektif selepas satu bulan. Tanaman ini bukan jenis bermusim dan mudah dikendalikan.

1.2 Justifikasi

Kesan pemanasan dunia menjadi masalah pada hari ini dengan mempengaruhi perubahan persekitaran yang paling ketara adalah seperti suhu dan paras air laut meningkat dan ais di kutub cair secara besar-besaran. Ini adalah cabaran besar bagi negara tropika dimana keadaan semakin kering dan panas. Kadar luluhawa yang tinggi dan hakisan tanah yang berlaku adalah berpunca dari tanah yang kurang subur dan kekurangan nutrisi. Baja diperlukan untuk mengekalkan kualiti tanah tetapi harga baja yang melambung naik menghadkan penggunaan. Proses penguraian yang cepat berbanding negara yang beriklim sederhana menjadi masalah untuk nutrisi dikekalkan

di dalam tanah. Kewujudan karbon penting untuk air dan pengikatan nutrisi secara tidak langsung memberi kesan kepada hasil tuaian. Apabila sisa tanaman dibakar dalam keadaan tanpa oksigen, karbon ini akan kekal dari lepas ke atmosfera dan dikenali sebagai biochar. Biochar ini lebih stabil berbanding sisa tanaman sebelum diproses dan dijadikan sebagai perapi tanah untuk meningkatkan kualitinya. Kajian biochar telah banyak dijalankan di negara-negara maju, hasil penemuan tanah hitam *Terra Preta* di Amazon menunjukkan kesan positif terhadap tanah dan hasil tuaian selepas penggunaan biochar.

1.3 Objektif

Objektif-objektif kajian ini adalah untuk mengkaji kesan aplikasi biochar hampas padi ke atas pertumbuhan dan hasil bendi (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)

1.4 Hipotesis

H_0 : Penggunaan biochar yang berbeza dari segi cara dan kadar aplikasi tidak memberi perbezaan kesan yang ketara terhadap perkembangan dan hasil tuai bendi.

H_1 : Penggunaan biochar yang berbeza dari segi cara dan kadar aplikasi memberi perbezaan kesan yang ketara terhadap perkembangan dan hasil tuai bendi.

BAB 2

RUJUKAN KEPUSTAKAAN

2.1 Bendi

Kacang bendi (*Abelmoschus esculentus*) merupakan sejenis tanaman masa singkat dari keluarga Malvaceae yang popular ditanam di India, Afrika Barat dan Brazil. Kacang bendi atau okra ini adalah salah satu tanaman yang ditanam secara meluas di Negeri Johor, Perak, Kelantan dan Pulau Pinang. Di Johor, seluas 390 hektar ditanam pada tahun 2008 dan di Muar, sebanyak 90 hektar dengan penegeluaran maksimum mencecah 1,620 metrik tan setahun. Pokok okra adalah tanaman yang kurang responsif dengan keadaan tanah, cuaca, pembajaan, serangga perosak dan penyakit.

Bendi mempunyai batang menegak yang boleh mencecah ketinggian sehingga 1 hingga 2 meter. Terdapat lapan kultivar bendi diseluruh dunia, tiga daripadanya telah dikomersialkan untuk dimakan. Okra adalah tanaman semusim yang mempunyai jangka hayat yang tidak diketahui kerana sayur buah ini akan terus mengeluarkan buah selepas penghasilan buah yang pertama. Daunnya yang berwarna hijau, bersilang, berurat serabut dengan permukaan yang berbulu kasar, berbentuk hati untuk bunga tua dan palmenat berjejari untuk bunga muda.

Okra mempunyai bunga jantan dan betina dalam satu pokok (monoecious) dan pendebungaan dilakukan sendiri (DBT, 2011). Bunga yang kekuningan ini mampu menarik serangga seperti lebah datang ke bunga untuk mengambil madu secara tidak langsung menjadi agen pendebungaan dan menyebabkan persilangan genetik berlaku. Selepas fasa pendebungaan lengkap, buah akan kelihatan di celah-celah batang daun secara bersilang. Buah bendi ini berwarna hijau, bersegi, berbulu dan berbentuk silinder dan tirus dihujungnya. Buah ini boleh dituai selepas tiga hingga tujuh hari selepas berlaku. Biji benih akan matang sekiranya buah lambat dituai dan berwarna kelabu kehitaman dengan diameter 3 hingga 6 mm.

Maka, aplikasi baja jenis ini harus dilaksanakan dua minggu sebelum penanaman biji benih atau pemindahan anak pokok dilakukan. Tambahan lagi, tanah yang dicampurkan terlalu bertoksin jika benih dipindah awal. Pertumbuhan dan perkembangan pokok dilaporkan memberi kesan positif selepas biochar diaplifikasi bersama seperti tebu, padi dan jagung di Jepun, Laos dan Indonesia (Asai *et al.*, 2009) dan (Ogawa dan Okimori, 2010).

2.3.2 Kesan Biochar ke atas pH Tanah

Skala pH menunjukkan darjah keasidan. Nilai pH adalah berjulat di antara 1 sehingga 14. pH 1 menunjukkan jumlah asid yang tinggi, diikuti pH 7, iaitu neutral dan pH 8 ke atas adalah alkali. Kebanyakan tanah di kawasan tropika adalah berasid. Ini kerana jumlah aluminium dan ferum dalam tanah adalah tinggi. Tanah di Malaysia mempunyai pH yang rendah iaitu di antara 4.2 hingga 4.8. Tanah yang diperlukan untuk menanam adalah dalam julat neutral di antara 5.0 hingga 7.0. Tanaman hidup dengan subur di tanah yang mempunyai pH tinggi di antara 5.5 hingga 7.5. Tetapi ada beberapa jenis tanaman yang boleh hidup luar dari julat kebiasaan seperti tebu, teh dan jagung.

pH sebenarnya menunjukkan ketumpatan ion H^+ yang berada dalam sampel tanah yang diambil. pH tanah amat penting kerana ia memberi kesan ke atas tanaman seperti ketersediaan nutrient, aktiviti mikrob dan penyakit tumbuhan. Ketersediaan nutrien memainkan peranan penting kepada akar untuk diambil dalam larutan tanah. Ketersediaan ini ditentukan oleh ketumpatan H^+ atau pH tanah. Pada pH 1-6, ion aluminium dan ferum dibebaskan. Warna merah pada tanah seperti tanah liat adalah disebabkan ketumpatan ferum yang tinggi. Pada nilai pH yang tinggi pula, ion kalsium dan magnesium akan dibebaskan (Oluwatoyinbo *et al.*, 2009). Ini disebabkan ion hidrogen (H^+) yang membentuk sebatian dengan ion lain bergantung kepada ketumpatannya di dalam tanah.

pH tanah boleh menjadi faktor utama keseimbangan populasi dan aktiviti organisma tanah. Bakteria dan aktinomis boleh hidup dalam tanah yang sedikit berasid, iaitu dalam nilai pH 5.5 dan ke atas. Mikrob turut membantu dalam proses penitratan dan pengikatan nitrogen. Para agen pengurai ini bekerja dan berkembang dengan baik dalam julat di antara pH 4 hingga 7 (Rousk *et al.*, 2010).

Tumbuhan akan senang diserang dalam keadaan tanah yang berasid. Ini disebabkan nutrient yang diperlukan untuk pertahanan diri tumbuhan diikat dan akar tidak tumbuh dengan sempurna. Sebagai contoh, kalsium diperlukan untuk mengekalkan bentuk sel dinding dengan pembentukan pektin polisakarida matrix. Fungus dan bakteria memasuki tisu tumbuhan dengan penghasilan enzim yang menghakis lamella tengah untuk memudahkan kemasukan bacteria. Sel dinding yang lebih tebal mampu menghalang kemasukan *Erwinia carotovora* terutamanya pada buah kentang.

2.4 Cara aplikasi Biochar

Penggunaan biochar dalam pertanian di Australia dan England Timur terbukti mampu meningkatkan kesuburan tanah sekaligus meningkatkan hasil tanaman. Penggunaan biochar bergantung kepada jenis tanaman yang diusaha sama ada tanaman sayuran, buah-buahan, tanaman komersial atau dagangan seperti getah, kelapa sawit, koko dan lada hitam.

Akar memainkan peranan sebagai bahagian penyerap nutrisi untuk tumbuhan. Setiap tanaman mempunyai jenis akar yang berbeza iaitu akar tunjang atau serabut. Penggunaan biochar dalam tanah adalah bagi memudahkan akar menyerap Cl^- , Ca^{2+} dan Na^+ melalui proses keupayaan pertukaran kation (KPK). Oleh itu, biochar mestilah berada dalam kawasan akar kuaterner. Akar kuaterner adalah akar yang bertanggungjawab untuk menyerap nutrisi untuk seluruh kegunaan bahagian dalam tumbuhan. Bagi bendi, ia mempunyai akar tunjang yang boleh mencecah kepanjangan sehingga 20 sm ke dalam tanah. Aplikasi biochar dipengaruhi beberapa faktor, oleh itu, beberapa cara aplikasi biochar digunakan seperti menabur biochar di atas tanah dan biochar dicampur ke dalam tanah semasa menggembur.

2.4.1 Aplikasi Biochar ke Atas Permukaan Tanah

Biochar boleh diletakkan di atas permukaan tanah bagi tanaman sayur jenis jangka masa singkat seperti tomato, jagung dan cili. Biochar diaplikasikan di antara jarak antara pokok dengan secara taburan. Ini dibuktikan dengan Gathorne-Hardy *et al.* (2008) di mana tiada kehilangan biochar apabila diaplikasi atas permukaan tanah sahaja. Tambahan pula, biochar berguna dalam mengikat nutrisi yang boleh terlarut dan meminimumkan kerosakan racun kepada tanah. Dengan aplikasi biochar ke atas

tanah, ia meminimumkan gangguan mikroorganisma yang menyumbang kepada gumpalan tanah dan keseimbangan tanah (Bronick and Lal, 2005).

Tambahan pula, penggemburan tanah yang maksimum atau kehilangan lapisan tanah yang terdiri daripada daun atau bahagian pokok yang telah reput boleh menyebabkan kehilangan kawasan tadahan karbon yang sedia ada di dalam tanah. Oleh itu, aplikasi biochar ke atas tanah lebih mudah dikendalikan. (Guidelines for The Production and Use of Biochar in Organic Farming, 2010).

2.4.2 Aplikasi Campur Biochar ke Dalam Tanah

Mc Henry (2009) menyatakan bahawa jika biochar berada dalam tanah dibahagian dimana akar berkembang, biochar membantu menyekat nutrisi yang terhakis dari permukaan tanah dengan mengurangkan keupayaan pertukaran kation (KPK). Nutrisi ini akan diserap dalam bentuk ion oleh akar dan diantar kesemua bahagian dalam tumbuhan. Tambahan pula, dengan pencampuran biochar yang seragam ke dalam tanah atas, lebih banyak bahan yang digabung di dalam matriks tanah maka lebih besar potensi sekuestrasi dan perkembangan agronomi seperti biologi tanah, kapasiti menakung air dan keadaan dimana nutrisi sedia ada. Bagaimanapun, aplikasi ini juga mengganggu struktur tanah sedia ada dan boleh mengakibatkan isu-isu lain seperti habuk dan hakisan tanah. Pada masa yang sama, pendedahan tanah bawah ke permukaan atas boleh mengakibatkan pengurai tidak mencapai ke kawasan tersebut dan ini secara tidak langsung menambah kadar karbon di dalam tanah (Post dan Kwon, 2000).

2.5 Kadar Aplikasi Biochar

Kadar aplikasi biochar adalah bergantung kepada jenis-jenis tanah dan tanaman. Selain itu, jenis-jenis biochar dan cara penggunaannya juga mempengaruhi kadar biochar yang diperlukan. Kebanyakan biochar tidak dicampur bersama baja. Jadi tanpa bekalan nutrisi seperti nitrogen dan mikronutrisi yang lain tidak akan meningkatkan hasil tuaian tanaman. Kadar yang terlalu besar bagi biochar akan memberi kesan negatif kepada hasil tanaman seperti yang dinyatakan oleh Rondon *et al.* (2007) bahawa sebanyak 165 ton/ha biochar ditambah ke atas tanah dan menyebabkan hasil tuaian jatuh. Manakala,

Asai *et al.* (2009) menyatakan bahawa hasil tuai beras menunjukkan jumlah hasil yang sama seperti tidak menggunakan biochar.

Berdasarkan kenyataan di atas, kefahaman yang mendalam dalam menentukan jenis biochar yang sesuai digunakan, kadar biochar dan jenis tanah yang digunakan. Kadar aplikasi biochar kurang dikaji di kawasan Tropika untuk penanaman bendi dan anggaran dibuat melalui kumpulan jenis pokok bendi tergolong.

2.5.1 Lima tan sehektar Biochar

Pada kuantiti 5 tan sehektar biochar, ini merupakan kuantiti optimum untuk meningkatkan kualiti tanah dari segi tahan lembapan (Dugan *et al.*, 2010). Biochar meningkatkan kadar tahan lembapan dalam tanah dari tersejat ke udara terutamanya di negara kita yang beriklim tropika, iaitu panas sepanjang tahun. Lembapan dalam bentuk cecair iaitu air tersedia untuk akar pada bila-bila masa diperlukan. Penggunaan biochar lebih dari kadar ini akan mengalami penurunan kadar tahan lembapan dalam tanah sekaligus memberi kesan negatif terhadap hasil tanaman.

2.5.2 Sepuluh tan sehektar biochar

Aplikasi biochar bagi kadar 10 tan sehektar dengan baja tahi ayam mengandungi kurang lebih karbon dan lebih habuk berbanding dengan penggunaan biochar dari bahan buangan kayu. Kadar ini terbukti memberi kesan positif dimana peningkatan hasil tanaman kacang soya di Thailand dan Indonesia (Dugan *et al.*, 2010).

2.5.3 20 tan sehektar Biochar

Menurut Major *et al.*, (2010), pengaplikasian 20 tan sehektar terhadap jagung menunjukkan hasil yang memberangsangkan berbanding kadar lain. Biomas jagung menurun apabila kadar yang lebih tinggi digunakan seperti 40, 60 dan 80 tan sehektar. Jagung tergolong dalam tanaman sayur buah jangka pendek dan ini boleh diaplikasikan kepada tanaman bendi. Selain itu, tanaman kobis menunjukkan hasil yang sama terhadap kadar ini.

Berdasarkan pada kadar 5, 10 dan 20 tan sehektar ini, masing-masing memberikan kesan yang positif terhadap kualiti tanah dan hasil tuaian tanaman. Oleh itu, kadar-kadar ini dipilih dan digunakan sebagai rawatan terhadap tanaman bendi dalam kajian ini.

2.6 Perkembangan Akar

Akar adalah permulaan bagi sistem vaskular yang menggerakkan air dan mineral dari tanah dan dibawa terus ke seluruh bahagian pokok. Sistem vaskular terbahagi kepada dua, iaitu bahagian xilem dan floem. Akar merupakan di antara penyumbang sebanyak suku hingga satu per tiga dari jumlah berat kering keseluruhan pokok. Akar memerlukan oksigen yang cukup untuk menggerakkan sel-sel untuk berfungsi. Namun keadaan tanah yang kurang subur seperti tanah mampat atau bertakung, ini mengurangkan penggerakan oksigen sekaligus membunuh sel-sel akar dan perkembangan akar yang tidak sempurna. Perkembangan akar sukar dilihat di dalam tanah dan kita selalu mengabaikan kebajikan dan kepentingan akar yang sama penting dengan kesihatan pokok. Sebanyak 80% masalah pokok berpunca daripada tanah atau akar itu sendiri.

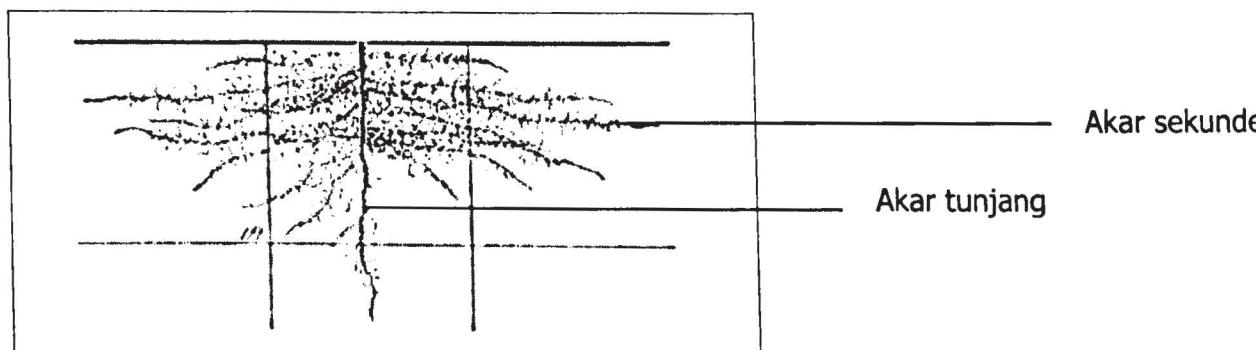
Akar penting sebagai penyokong kepada pertumbuhan dan perkembangan pokok selain memberi perlindungan semasa bencana alam seperti angin kencang dan ribut. Akar membantu menyerap air dan mineral dari tanah atau medium untuk tindak balas dan metabolisma sel-sel dalam pokok terutamanya pada fasa pembentukan buah. Akar bertindak sebagai stor makanan bagi karbohidrat, gula dan protein hasilan fotosintesis. Semasa musim salji, pokok tidak akan melakukan fotosintesis dan tiada sumber air kerana air membeku. Oleh itu, pokok akan menyimpan makanan di bahagian akar sebagai sumber tenaga untuk hidup. Selain itu, akar membantu meminimumkan hakisan tanah dengan mencengkam struktur tanah di sekeliling.

Akar secara umum terbahagi kepada dua jenis, akar tunjang dan serabut. Jagung mempunyai akar serabut yang berisipadu besar tetapi berkembangan secara terhad. Akar tunjang pula merupakan akar bercabang terhad tetapi memanjang secara menegak seperti pokok bendi. Pertumbuhan dan perkembangan akar dipengaruhi oleh genetik pokok, struktur dan tekstur tanah. Bagi tanah liat, strukturnya yang mampat menghadkan akar berkembang dan kuantiti oksigen dalam tanah. Manakala di tanah

gersang, sistem akar berkembang lebih luas bagi memudahkan pencarian kawasan yang lembap dan terdapat sumber nutrisi yang diperlukan.

2.6.1 Perkembangan Awal

Pokok bendi mempunyai tiga fasa pertumbuhan dan perkembangan akar iaitu, awal, pertengahan dan matang. Dalam tempoh tiga minggu selepas percambahan, pokok bendi mampu mencapai ketinggian 13 sm, mempunyai 4 helai daun dan lai daun yang berukuran 5 – 8 sm. Bendi adalah pokok sayuran buah yang mempunyai akar tunjang yang kukuh sehingga mampu berkembang secara menegak dengan 5 mm garis pusat (diameter) dan 1 sm kedalaman tanah. Akar bendi mempunyai 21- 35 batang akar sekunder, maksimum ketebalan adalah 1.5 mm dan tumbuh secara melintang bermula dari bawah permukaan tanah sehingga ke dalam tanah. Beberapa akar sekunder bergerak secara condong ke bawah. Akar sekunder berserabut semasa perkembangan dan mempunyai saiz berukuran 2- 54 sm. Akar bendi pada masa ini berwarna putih dan rapuh.



Rajah 2.1 Corak pertumbuhan akar bendi.

Sumber: Whiting *et al.*, 2011

2.6.2 Perkembangan tengah

Pokok bendi pada masa ini mempunyai banyak cabang dan mampu mencapai ketinggian kira-kira 21 sm. Ia mempunyai garis pusat 1.3 sm dilitupi dengan daun yang lebat. Kudup bunga juga mula kelihatan. Akar tunjang bendi semakin kukuh dengan ukuran 12 mm garis pusat dari permukaan tanah dan bersaiz 1 mm pada masa yang sama berkembang sehingga 25 sm ke dalam tanah. Manakala akar sekunder berkembang dengan jarak 20 sm dari permukaan tanah sehingga 38-81 sm secara melintang dari pokok induk. Selalunya akar bendi mempunyai 29 batang akar untuk

RUJUKAN

- ABARES. 2011. Biochar: Implications for Agricultural Productivity (English). Sparkes, J., Stoutjesdijk, P. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry ABARES. Australian Government.
- Abbruzzese, G., Beritognolo, I., Muleob, R., Piazzaia, M., Sabattia, M., Mugnozza, G. S. and Kuzminsky, E. 2009. Leaf morphological plasticity and stomatal conductance in three *Populus alba* L. genotypes subjected to salt stress. *Environmental and Experimental Botany* **66**: 381-388
- Abd El-Kader, A. A., Shaaban, S. M. and Abd El-Fattah, M. S. 2010. Effective of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* L.) grown in sandy calcareous soil. *Agric. Biol. J. North America* **1**: 225-231
- Adetuyi, F. O., Osagie, A. U., Adekunle, A. T. 2008. Effect of postharvest storage techniques on the nutritional properties of benin indigenous okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Pakistan J. Nutrit* **7**: 652-657
- Ali, S. A. S., 2010. UPM Terajui Inovasi Biochar Negara Tangani Perubahan Iklim. *Bernama*. 19 Januari.
- APN. 2009. Biochar for Carbon Reduction, Sustainable Agriculture and Soil Management (BIOCHARM). Karve, P., Prabhune, R., Shackley, S., Carter, S., Anderson, P., Sohi, S., Cross, A., Haszeldine, S., Knowles, T., Field, J. and Tanger, P. ARCP.
- Arif, M., Ali, A., Umair, M., Munsif, F., Ali, K., Inamullah, Salem, M. and Ayub, G. 2012. Effect of biochar, FYM and mineral nitrogen alone and in combination on yield and yield components of maize. *Sarhad J. Agric.* **28(2)**: 191-195
- Arshad, M. and Frankenberger, W. T. 1991. Microbial production of plant hormones. *Plant Soil* **133**: 1-8
- Asai, H., Samson, B. K., Stephen, H. M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T. and Horie, T. 2009. Biochar ammdment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research* **111**: 81-84.
- Aslund, I. 2012. Effects of applying biochar to soils from Embu, Kenya: Effects on crop residue decomposition and soil fertility under varying soil moisture levels. *Swedish University of Agricultural Sciences*.
- Blackwell, P., Riethmuller, G. and Coling, M. 2009. *Biochar Application to Soil*. In: Lehmann, J. and Joseph, S. (Eds.). Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan.
- Brian, J., Atwell, B. J. and Colin, G. N. 1999. Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation. *Australian Society of Plant Scientist*.
- Brockhoff, S. R. Christians, N. E., Taber, H. G., Killorn, R. J., Horton, R. 2010. Physical and chemical properties of sand-based turfgrass root-zones amended with biochar. *Agronomy Journal* **102**:1627-1631
- Bronick, C. J. and Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* **124**: 3-22.
- Chan, K. Y., Zwieten, L. V., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research* **45**: 629-634
- Chan, K., Zwieten, V. Y. L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. 2007. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Austral. J. Soil Res.* **46(5)**: 437-444.
- Chan, K. Y., Van, Z. L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research* **46**. 437. DOI: 10.1071/sr08036

- Chan, K. and Xu, Z. 2009. *Biochar-Nutrient Properties and their Enhancement*. In: Lehmann, J, and Joseph, S. Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan.
- Chen, Y., Shinogi, Y. and Taira, M. 2010. Influence of biochar use of sugarcane growth, soil parameters and groundwater quality. *Australian Journal of Soil Research* **48(6-7)**: 526-30
- Danilov, R. A. and Ekelund, N. G. 2001. Effects of pH on the growth rate, motility and photosynthesis in *Euglena gracilis*. *Pub Med. Gov* **46(6)**:549-554.
- Department of Biotechnology (DBT) Government of India, New Delhi. 2011. Biology of *Abelmoschus esculentus* L. (Okra). In: Series of Crop Specific Biology Documents.
- Deenik, J. L., McClellan, A. T. and Uehara, G. 2009. Biochar volatile matter content effect in plant growth and nitrogen transformation in a Tropical soil. *Western Nutrient Management Conference* **8**: 26-31.
- Dr. G. W. Easterwood. 2002. Calcium's role in plant nutrition. *Fluid Journal*. 1-3.
- Dugan, E., Verhoef, A., Robinson, S. and Sohi, S. 2010. Bio- char from sawdust, maize stover and charcoal: Impact on water holding capacities (WHC) of three soils from Ghana. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing-World. 1-6 August, Brisbane Australia.
- Gaskin, A., Speir, K., Harris, D., Lee, K. and Das, C. 2008. Effect of pyrolysis chars on corn yield and soil quality in loamy sand soil of the Southeastern United States. In: Biochar: Sustainability and Security in a Changing Climate. *Proceedings of the Second International Biochar Initiative Conference*. 8-10 September 2008. Newcastle, United Kingdom.
- Gaskin, J. W., Speir, R. A., Harris, K. Das, K. C., Lee, R. D., Morris, L. A. and Fisher, D. S. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status and yield. *Agronomy Journal* **102(6)**: 623-633. DOI: 10.2134/agronj2009.0083.
- Gathorne-Hardy, A., Knight, J. and Woods, J. 2008. Surface application of biochar to pasture: changes in yield, diversity, forage quality and its incorporation into the soil. Biochar: Sustainability and Security in a Changing Climate. *Proceedings of the 2nd International Biochar Initiative Conference*. 8-10 September 2008. Newcastle, United Kingdom.
- Gaunt, J. L. and Lehman, J. 2008. Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. *Environmental Science and Technology* **42**: 4152-4158.
- Gopalan, C., Rama Sastri, B. V. and Balasubramanian, S. 2007. Nutritive Value of Indian Foods. National Institute of Nutrition (NIN), ICMR.
- Graber, E. R., Harel, Y. M., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., David, D. R., Tsechansky, L., Borenshtein, M. and Elad, Y. 2010. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant and Soil* **337**: 481- 496
- Guerrero, M., Ruzi, M. P., Alzuet, M. U., Bilbao, R. and Miller, A. 2005. Pyrolysis of Eucalyptus at different heating rates: Studies of char characterization and oxidative reactivity. *J. Anal Appl Pyrolysis* **74**:307-314
- Guidelines for the Production and Use of Biochar in Organic Farming. 2010. In: *Biochar Science Version 2.3 (2)*: 359-362
- Haslin Gaffor. 2007. Sungai Kedua Terpanjang di Malaysia Diancam Pencemaran. *mStar online*, 21 September.
- Hodge, A., Berta, G., Doussan, C., Merchan, F. and Crespi, M. 2009. Plant root growth, architecture and function. *Plant Soil* **2009(321)**: 153-187

- Hossain, M. K., Steroz, V., Chan, K. Y. and Nelson, P. F. 2010. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Chemosphere* **78**:1167-1171
- Husk, B. and Major, J. 2011. Commercial scale agriculture field trial in Quebec, Canada, over 2 years: Effects of biochar on soil fertility, biology, crop productivity and quality. Disponible enligne:[http://www.blue-leaf.ca/main-en/files/BlueLeaf%20Biochar%20Field%20Trial%20Report-2%20EN.pdf](http://www.blue-leaf.ca/main-en/files/BlueLeaf%20Biochar%20Field%20Trial%2008-09%20Report-2%20EN.pdf).
- Husk, B. and Major, J. 2011. Biochar commercial agriculture field trial in Quebec, Canada - year three: Effects of biochar on forage plant biomass quantity, quality and milk production. Available online at <http://www.blue.leaf.ca/main-en/files/Blue LeafBiocharForage FieldTrial-Year3Report.pdf>.
- Ippolito, J., Lentz, R., Novark, J., Spokas, K., Collins, H. and Strenbel, J. 2010. Biochar Usage: Pros and Cons. Western Nutrient Management Conference 9: 93-98. In: *Proceeding of the Western Nutrient Management Conference*. 3 – 4 March 2010. Reno, Nevada.
- Jabatan Pertanian Malaysia. 2012. Polisi Jabatan: Pakej Rangsangan Ekonomi (PRE) Tahun 2009-2010.
- Kasukabe, Y., Marshall, N. and Fanton, B. 2004. Salt stress causes a depletion in CO₂ assimilation in okra. *Plant Cell Physiology* **55**: 1016-1019
- Khan, H. Z., Malik, M. A. and Saleem, M. F. 2008. Effect on rate and source of organic material on the production potential of spring maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Agric. Sci.* **45(1)**: 40-43.
- Kimetu, J. M., Lehmann, J., Ngose, S. O., Mugendi, D. N., Kinyangi, J., Riha, S. J., Verchot, L., Recha, J. W., Pell, A. N. 2008. Reversibility of soil productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. *Ecosystem* **11**: 726-739.
- Krull, E. 2009. Stabilisation of organic carbon in soil through biochar production in an analysis of greenhouse gas mitigation and carbon sequestration opportunities from rural land use. *CSIRO National Research Flagships: Sustainable Agriculture*
- Kookara, R. S., Sarmah, A. K., Van Zwieten, L., Krull, E. and Singh, B. 2011. Biochar application to soil: Agronomic and environmental, benefits and unintended consequences. *Advances in Agronomy* **112**: 103-43
- Lehmann, J., Jr, D. S., J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferrasol of the Central Amazon Basin: fertilizer, manure and charcoal amendment. *Plant Soil* **249**:343-357
- Liang, B., Lehman, J. and Solomon, D. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **70**: 1719-1730
- Major, J., Ramdon, M., Molina, D., Rina, S. J. and Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian Savanna Oxisol. *Plant and Soil* **333**: 117-128. DOI: 10.1007/s11104-010-0327-0.
- Masulili, A., Utomo, W. H. and Syechfani, M. S. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agricultural Science* **2(1)**: 39-47
- Mc Henry, M. P. 2009. Agricultural generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk. *Agriculture Ecosystems and Environment* **129**: 1-7.
- McElligot, K. M. 2011. *Biochar amendments to Forest soils: effects on soil properties and tree growth*. Bachelor of Science Dissertation. University of Idaho.

- Moyin, E. I. 2008. Incorporation of sole and amended agro- industrial biomass for soil bulk density and porosity improvement, root growth and pod yield of okra (*Abelmoschus esculentus* Moench L.). *Continental J. Agronomy* **2**: 8-18
- Namgay, T., Singh, B. and Singh, B. P. 2011. Plant availability of arsenic and cadmium as influenced by biochar application to soil. In: *19th World Congress of Soil Science, Soil Solution for a Changing World*. 1 - 6 August 2010. Brisbane, Australia.
- Novak, J. M., Busscher, W. J., Ippolito, I., Lima J. G., Das, K. C., Steiner, C., Ahmedna, M., Rehran, D., Amonette, J., Bae, S., Schomberg, H. and Watts, D. W. 2010. Assessment of biochars impact on moisture storage and aggregate formation in an Ultisol and Aridisols. In Review. *J. Soil Water. Cons.*
- Nzanza, B., Marais, D. and Soundy, P. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation and biochar amendment on growth and yield of tomato. *Int. J. Agric. Biol.*
- Oluwatoyinbo, F. I., Akande, M. O., Makinde, E. A. and Adediran, J. A. 2009. Growth and yield response of okra to lime and compost on an acid in the humid Tropics. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* **5(5)**: 858-863
- Ogawa, M. and Okimori, Y. 2010. Pioneering works in biochar research, Japan. *Australian Journal of Soil Research* **48(6-7)**: 489-500
- Poorter, H. and Nagel, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology* **27**: 595-607.
- Post, W. M. and Kwon, K. C. 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. *Global Change Biology* **6**: 317-327
- Rondon, M. A., Lehmann, J., Ramírez, J. dan Hurtado, M. 2006. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biol Fertile Soils*. DOI 10.1007/s00374-006-0152-z.
- Rousk, J., Baath, E., Brookes, P. C., Lauber C. L., Lozupone, C., Caporaso, J. G., Knight, R. and Fierer, N. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an Arable soil. *The International Society for Microbial Ecology (ISME) Journal* :1-12.
- Saifullah, M. and Rabbani, M. G. 2009. Evaluation and characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) genotypes. *SAARC J. Agric.* **7**: 92-99
- Schmidt, M. W. I. and Noack, A. G. 2000. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications and current challenges. *Global Biogeochemical Cycles* **14**: 777-793.
- Shackley, S., Carter, S., Knowles, T., Middlelink, E., Haefele, S., Sohi, S., Cross, A. and Haszeldine, S. 2011. Sustainable gasification-biochar system? A case study of rice-husk gasification in Cambodia, Part I: Context, chemical properties, environmental and health and safety issues. *Energy Policy*.
- Sparkes, J and Stoutjesdijk, P. 2011. Biochar: Implications for Agricultural Productivity. ABARES technical report 11.6, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Science, Canberra.
- Spokas, K. A. Baker, J. and Reicosky, D. C. 2010. Ethylene: potential key for biochar amendment impacts. *Plant Soil* **2010(333)**: 443-452
- Steinbeiss, S., Gleixner, G. and Antonietti, M. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry* **41**: 1301-1310.
- Sivakumaran, S., Sivakumaran, S., Jeyakumar, P., Salas, C. D. M., Deurer, M., McIvor, I. and Clothier, B. 2010. Effect of charcoal (biochar) amendments in Manawatu sandy-loam soil (New Zealand) on white clover growth and nodulation. *19th*

World Congress of Soil Science, Soil Solutions for A Changing World. 1-6 August 2010, Brisbane, Australia.

- Smith, S. R., Hall, J. E. and Hadley, P. 1992. Composting sewage sludge wastes in relation to their suitability for use as fertilizer materials for vegetables crop production. *Acta Hort.* **302**: 202-215
- Suppadit, T., Kitikoon, V., Phubphol, A. and Neumnol, P. 2012. Effect of quail litter biochar on productivity of four new Physic nut varieties planted in cadmium-contaminated Soil. *Chilean Journal Agricultural Research* **72(1)**: 125-132
- Tyerman, S. D. and Skerrett, I. M. 1999. Root ion channels and salinity. *Scientia Horticulture* **78**: 175-235.
- Utomo, W. H. 2012. The effect of biochar on the growth and N fertilizer requirement of maize (*Zea mays L.*) in green house experiment. *Journal of Agricultural Science* **4(5)**: 255-262
- Utusan Online. 2009. UPM Ketuai R&D Komersial Biochar. *Arkib, 15 Disember*.
- Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A. and Nishihara, E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use Management*. Doi:10.1111/j.1475-2743.2011.00340.x
- Van Zwieten, L, Kimber, S, Morris, S, Chan, KY, Downie, A, Rust, J, Joseph, S & Cowie, A 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil* **327(1-2)**: 235-46.
- Wardle D.A., Zackrisson, O. and Nilsson M. C. 1998. The charcoal effect in Boreal forests: Mechanisms and ecological consequences. *Oecologia* **115**: 419–426.
- Weaver, J. E. and Bruner, W. E. 1927. *Okra: Root Development of Vegetable Crops*. McGRAW- HILL Book Company , Inc.
- Whiting, D., Roll, M. and Vickerman, L. 2011. Minor Revisions. *Colorado Master Garden Program*. Colarado State University Extension **132**: 1-5
- Zieelie, A., Hoffman, J. E. and Hardie, A. G. 2012. Effect of biochar on selected soil physical properties of a low potential sandy soil. University of Stellenbosch.