

PEMANFAATAN LAHAN SAWAH SESUDAH PADI DENGAN TATA TANAM UNTUK PENINGKATAN PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI DUA VARIETAS WIJEN (*Sesamum indicum* L.)

Eny Dyah Yuniwati¹⁾, Djumali²⁾ dan Hadi Sudarmo²⁾

¹⁾Fakultas Pertanian, Universitas Wisnuwardana, Malang

²⁾Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Indonesia

Abstract

Sesame seed production in rice field one of possible factor is low that needs to be improved. Planting arrangement is expected to increase sesame production. The experiment was conducted in Nganjuk, East Java in April to November 2014. Split Plot Design was used and 3 times replication. The main plot consists two sesame varieties (Winas-1 and Winas-2). Subplot consisted of six plant arrangements, (1) a single row of 50 cm x 25 cm, (2) a single row of 60 cm x 25 cm, (3) double row 40/80 cm x 25 cm, (4) double row 50/80 cm x 25 cm, (5) double row 40/100 cm x 25 cm and (6) double row 50/100 cm x 25 cm. The results showed that the growth, yield components and seed production per hectare of sesame were affected by varieties and plant arrangement. Winas-1 produced a specific leaf weight, leaf area index, leaf relative water content and the number of capsules per plant was higher than Winas-2. Number of branches per plant, weight of 1000 seeds and light interception within and below of shoot were produced Winas-1 lower than Winas-2. Seed production both varieties did not differ. The double row planting arrangement 50/100 cm x 25 cm produced the growth, yield components and seed production per hectare highest and followed by a double row planting arrangement 40/100 cm x 25 cm.

Key words: production, sesame, planting arrangement, variety, rice field

Pendahuluan

Wijen (*Sesamum indicum* L.) termasuk tanaman berdaun lebar, famili *Pedaliaceae* dan penghasil biji berminyak (Ofosuhene-Sintim dan Yeboah-Badu, 2010). Kandungan minyak sebesar 43-55%, berkualitas tinggi, derajat stabilitas tinggi dan resisten terhadap bau *tengik* sehingga sangat baik bagi kesehatan (Ali *et al.*, 2014). Tanaman wijen bersifat toleran terhadap kekeringan sehingga tanaman tersebut dikembangkan di lahan kering (Boureima *et al.*, 2011 dan Ali *et al.*, 2014).

Produktivitas wijen di Indonesia 400 kg/ha (Mardjono, 2007). Produktivitas tersebut lebih rendah bila dibanding

dengan produktivitas wijen dunia sebesar 471,2 kg/ha, apalagi bila dibanding dengan Ghana yang mencapai 688 kg/ha (Ofosuhene-Sintim dan Yeboah-Badu, 2010). Potensi produktivitas wijen di Indonesia sebesar 1400-1600 kg/ha (Mardjono, 2007). Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan produktivitas wijen.

Pengembangan wijen di Indonesia dilakukan di lahan kering pada saat musim penghujan dan lahan sawah sesudah padi (Mardjono, 2007). Teknologi budidaya tanaman wijen di lahan kering sudah banyak tersedia, sedangkan di lahan sawah sesudah padi masih sedikit. Oleh karena itu

produktivitas wijen di lahan kering secara umum lebih tinggi dibanding di lahan sawah (Suddhiyan *et al.*, 2009). Hal inilah yang menyebabkan tanaman wijen pada berbagai negara dikembangkan di lahan kering (Olowe, 2007; Witcombe *et al.*, 2007 dan Amani *et al.*, 2012).

Varietas wijen yang sesuai untuk lahan sawah sesudah padi umumnya bercabang banyak, sedangkan untuk lahan kering tidak bercabang sampai bercabang sedikit (Mardjono, 2007). Perbedaan varietas wijen menyebabkan perbedaan tata tanam yang digunakan (Budi, 2007). Pada lahan kering, penggunaan populasi tanaman yang tinggi diikuti oleh hasil biji wijen yang tinggi pula (Adebisi *et al.*, 2005; Udom *et al.*, 2006; Ngala *et al.*, 2013 dan Singh *et al.*, 2014). Hasil penelitian Gercek dan Simsek (2004) memperlihatkan bahwa peningkatan populasi tanaman di lahan sawah tidak diikuti oleh peningkatan hasil biji wijen. Demikian pula populasi tanaman yang tinggi pada varietas wijen bercabang banyak tidak diikuti oleh peningkatan hasil biji (Rahnama dan Bakhshandeh, 2007).

Peningkatan produktivitas wijen di lahan sawah dapat dilakukan melalui pengaturan tata tanam. Selama ini pengembangan wijen dilakukan menggunakan tata tanam baris tunggal dengan jarak tanam 50-60 cm x 25 cm (160.000–132.800 tanaman/ha). Di Indonesia belum pernah menggunakan tata tanam baris ganda. Tata tanam baris ganda mampu meningkatkan penetrasi cahaya dalam tajuk tanaman sehingga diperoleh peningkatan produktivitas (Dar *et al.*, 2009). Hasil penelitian di Pakistan menunjukkan bahwa penggunaan tata tanam baris tunggal memperoleh hasil biji wijen yang lebih rendah dibanding baris ganda (Bhatti *et al.*, 2005 dan Bhatti *et al.*, 2013). Di sisi lain perbedaan varietas wijen yang digunakan dengan

beda tata tanam memperoleh hasil yang berbeda-beda pula (Ahmad *et al.*, 2002 dan Roy *et al.*, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian penggunaan tata tanam baris ganda pada beberapa varietas tanaman wijen untuk memperoleh tata tanam baris ganda yang mampu meningkatkan produktivitas wijen di lahan sawah sesudah padi.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Nganjuk, Jawa Timur, pada bulan April hingga November 2014 dengan bahan berupa benih 2 varietas wijen (Winas-1 dan Winas-2), pupuk organik, pupuk anorganik (Phonska dan Urea), dan pestisida.

Rancangan Petak Terbagi digunakan dan diulang 3 kali. Petak utama 2 varietas wijen (Winas-1 dan Winas-2). Anak petak berupa 6 tata tanam, yakni (1) tata tanam baris tunggal 50 cm x 25 cm (160.000 tanaman/ha), (2) tata tanam baris tunggal 60 cm x 25 cm (132.800 tanaman/ha), (3), tata tanam baris ganda 40/80 cm x 25 cm (132.800 tanaman/ha), (4) tata tanam baris ganda 50/80 cm x 25 cm (122.400 tanaman/ha), (5) tata tanam baris ganda 40/100 cm x 25 cm (113.600 tanaman/ha), dan (6) tata tanam baris ganda 50/100 cm x 25 cm (106.400 tanaman/ha).

Ukuran plot yang digunakan adalah 8 m x 6 m. Tanam dilakukan secara tugal dan setelah tanaman tumbuh dilakukan penjarangan dan menyisakan 2 tanaman per lubang tanam. Dosis pupuk anorganik yang digunakan adalah 60 N + 30 P₂O₅ + 30 K₂O per ha. Pupuk urea berkadar N sekitar 45% dan pupuk majemuk NPK berkomposisi 15 : 15 : 15. Waktu pemberian pupuk majemuk diberikan saat umur 2 minggu setelah tanam (MST), dan pupuk Urea diberikan pada umur 4 MST dengan cara ditugal berjarak 10 cm disisi tanaman.

Pengamatan

Pengamatan terhadap intensitas cahaya dalam tajuk dan pertumbuhan tanaman dilakukan pada saat tanaman dalam kondisi pertumbuhan optimum (60 hari setelah tanam), sedangkan pengamatan produksi dan komponen produksi dilakukan pada saat panen.

Intensitas cahaya diukur menggunakan *lightmeter* pada bagian atas, tengah dan bawah tajuk tanaman. Persen intensitas cahaya di dalam (PIin) dan di bawah (PIun) tajuk dihitung dengan rumus:

$$PIin = 100 \times Iin/Ion \dots\dots \%$$

$$PIun = 100 \times Iun/Ion \dots\dots \%$$

Keterangan:

Iin = Intensitas cahaya yang diterima dalam tajuk

Iun = Intensitas cahaya yang diterima di bawah tajuk

Ion = Intensitas cahaya yang diterima di atas tajuk

Pengamatan pertumbuhan 10 tanaman sampel dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman, jumlah cabang, kandungan air relatif daun, bobot spesifik daun, dan indek luas daun. Kandungan air relatif daun diamati menggunakan metode yang dipakai Peyman *et al.* (2012). Adapun bobot spesifik daun dan indek luas daun

diamati menggunakan metode yang dipakai Umar *et al.* (2012).

Pengamatan produksi dan komponen produksi dilakukan pada saat panen. Jumlah polong dan bobot 1000 biji diamati pada 10 lubang tanaman contoh pada setiap plot. Produksi biji per ha diukur dari bobot biji per plot yang dikonversi ke bobot biji per ha.

Analisis data

Data dianalisis ragam dan bila terdapat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji pembandingan BNT pada taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Iklim Mikro Pertanaman Wijen

Kondisi iklim mikro pertanaman wijen yang mencakup intensitas cahaya dalam tajuk dan di bawah tajuk tanaman hanya dipengaruhi oleh genetik tanaman dan tata tanam. Varietas Winas-2 menghasilkan intensitas cahaya di dalam dan di bawah tajuk yang lebih besar dibanding varietas Winas-1. Tata tanam baris ganda 50/100 x 25 cm menghasilkan intensitas cahaya di dalam dan di bawah tajuk yang paling tinggi. Tata tanam baris tunggal 50 cm x 25 cm menghasilkan intensitas cahaya di dalam dan di bawah tajuk yang paling rendah (Tabel 1).

Tabel 1. Intensitas Cahaya di Dalam dan di Bawah Tajuk Tanaman pada Dua Varietas Wijen dan Berbagai Tata Tanam

Perlakuan	Intensitas cahaya (%)	
	Dalam tajuk tanaman	Di bawah tajuk tanaman
Varietas:		
Winas-1	35,64 b	23,08 b
Winas-2	38,66 a	25,48 a
BNT 5%	2,34	1,34
Tata tanam:		
50 x 25	30,21 f	18,48 f
60 x 25	33,01 e	21,14 e
40/80 x 25	35,41 d	23,27 d
50/80 x 25	38,08 c	25,52 c
40/100 x 25	41,32 b	27,54 b

50/100 x 25	44,85 a	29,73 a
BNT 5%	1,61	0,91

Keterangan: Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. tn = tidak nyata.

Pertumbuhan Tanaman Wijen

Komponen pertumbuhan tanaman mencakup jumlah cabang per tanaman, kandungan air relatif daun, bobot spesifik daun, dan indek luas daun dipengaruhi oleh genetik tanaman dan tata tanam yang digunakan. Tinggi tanaman tidak

terpengaruh oleh keduanya (Tabel 2). Varietas Winas-2 menghasilkan jumlah cabang per tanaman yang lebih banyak. Varietas Winas-1 menghasilkan kandungan air relatif, bobot spesifik daun, dan indek luas daun yang lebih besar.

Tabel 2. Tinggi Tanaman, Jumlah Cabang Per Tanaman, Kandungan Air Relatif Daun, Bobot Spesifik Daun, dan IndeK Luas Daun Pada Dua Varietas Wijen dan Berbagai Tata Tanam

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah cabang (helai/tanaman)	RWC daun (%)	Bobot spesifik daun (mg/cm ²)	Indek luas daun
Varietas:					
Winas-1	158,82	6,09 b	85,18 a	3,96 a	6,17 a
Winas-2	160,04	6,36 a	84,56 b	3,83 b	5,92 b
BNT 5%	tn	0,19	0,52	0,11	0,22
Tata tanam:					
50 x 25	160,60	5,70 c	81,22 e	3,61 f	6,11 ab
60 x 25	160,70	6,15 b	83,50 d	3,72 e	6,13 ab
40/80 x 25	156,25	6,15 b	84,81 c	3,85 d	6,23 a
50/80 x 25	159,95	6,13 b	85,52 c	4,00 c	5,99 bc
40/100 x 25	157,88	6,53 ab	86,59 b	4,07 b	5,93 bc
50/100 x 25	161,20	6,70 a	87,56 a	4,13 a	5,88 c
BNT 5%	tn	0,42	0,92	0,05	0,21

Keterangan: Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. tn = tidak nyata. RWC = kandungan air relatif.

Tata tanam baris ganda 50/100 cm x 25 cm menghasilkan jumlah cabang per tanaman, kandungan air relatif, dan bobot spesifik daun yang tertinggi, sedangkan yang terendah diperoleh tata tanam baris tunggal 50 cm x 25 cm. IndeK luas daun tertinggi diperoleh tata tanam baris ganda 40/80 cm x 25 cm, dan terendah diperoleh tata tanam baris ganda 50/100 cm x 25 cm.

Komponen Produksi dan Produksi

Komponen produksi yang mencakup jumlah polong per tanaman maupun per ha dan bobot 1000 biji. Tidak ada interaksi antara varietas tanaman dengan tata tanam terhadap produksi biji. Jumlah polong dan bobot 1000 biji dipengaruhi oleh varietas tanaman dan tata tanam yang digunakan. Produksi biji wijen hanya dipengaruhi oleh tata tanam yang digunakan (Tabel 3).

Tabel 3. Jumlah Polong dan Produksi Biji pada Dua Varietas Wijen dan Berbagai Tata Tanam

Perlakuan	Jumlah polong		Bobot 1000 biji (g)	Produksi biji (kg/ha)
	(buah/tanaman)	(1000 buah/ha)		
Varietas:				
Winas-1	101,49 a	4501,1 a	2,90 b	1648,8
Winas-2	91,36 b	4358,5 b	3,03 a	1500,9
BNT 5%	4,27	141,6	0,09	tn
Tata tanam:				
50 x 25	88,68 d	4291,4 c	2,76 d	1410,5 d
60 x 25	93,82 cd	4354,9 bc	2,93 c	1457,9 cd
40/80 x 25	95,87 bc	4437,0 b	2,96 c	1590,2 bc
50/80 x 25	93,58 cd	4430,1 b	2,95 c	1599,9 b
40/100 x 25	101,07 ab	4487,5 ab	3,06 b	1646,3 ab
50/100 x 25	105,53 a	4578,1 a	3,15 a	1744,2 a
BNT 5%	5,98	132,7	0,07	138,5

Keterangan: Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. tn = tidak nyata.

Varietas Winas-1 menghasilkan jumlah polong per tanaman maupun per ha lebih banyak dan bobot 1000 biji lebih rendah dibanding Winas-2, namun produksi biji per hektar tidak menunjukkan adanya perbedaan. Tata tanam yang menghasilkan jumlah polong per tanaman dan per ha serta produksi biji terbesar diperoleh baris ganda 50/100 cm x 25 cm disusul 40/100 cm x 25 cm dan yang terakhir baris tunggal 50 cm x 25 cm.

Pemilihan tata tanam wijen ditujukan untuk mengurangi kompetisi antar tanaman dalam memperoleh energi cahaya dan nutrisi sehingga diperoleh pertumbuhan tanaman dan produksi biji yang optimum (Maunde *et al.*, 2011). Secara umum penggunaan tata tanam baris ganda menghasilkan ruang yang lebih longgar meski jumlah populasi tanamannya sama dengan tata tanam baris tunggal (Haruna *et al.*, 2013). Penggunaan jarak antar baris yang lebih besar akan menghasilkan ruang kosong yang lebih luas sehingga intensitas cahaya

lebih leluasa menembus tajuk tanaman (Caliskan *et al.*, 2004). Hal inilah yang menyebabkan tata tanam baris ganda 50/100 x 25 cm menghasilkan intensitas cahaya di dalam dan di bawah tajuk yang tertinggi. Tata tanam baris tunggal 50 cm x 25 cm menghasilkan intensitas cahaya di dalam dan di bawah tajuk yang terendah (Tabel 1).

Intensitas cahaya di dalam tajuk yang tinggi mendorong tanaman melakukan fotosintesis tanaman yang tinggi (Zu *et al.*, 2010). Dalam proses fotosintesis diperlukan ketersediaan air dalam daun sehingga laju fotosintesis tanaman yang tinggi memicu penyerapan air ke dalam daun yang tinggi pula (Fisher *et al.*, 2012). Kondisi yang demikian menyebabkan kandungan relatif air dalam daun meningkat (Umar *et al.*, 2012). Hal inilah yang menyebabkan tata tanam baris ganda 50/100 cm x 25 cm menghasilkan kandungan air relatif dalam daun yang tertinggi, sedangkan terendah diperoleh tata tanam baris tunggal 50 cm x 25 cm (Tabel 2).

Laju fotosintesis tanaman yang tinggi akan menghasilkan jumlah asimilat untuk pertumbuhan organ-organ tanaman, termasuk daun, yang tinggi pula. Jumlah asimilat untuk pertumbuhan daun yang menyebabkan pertumbuhan daun meningkat (Matsuda *et al.*, 2011). Di sisi lain, intensitas cahaya yang tinggi menyebabkan pertumbuhan penebalan daun dan sebaliknya terjadi pertumbuhan perluasan daun bila intensitas cahaya rendah (Zu *et al.*, 2010). Oleh karena itu tanaman yang menerima intensitas cahaya tinggi menghasilkan bobot spesifik daun yang tinggi dan indek luas daun yang rendah. Sebaliknya tanaman yang menerima intensitas cahaya rendah menghasilkan bobot spesifik daun yang rendah dan indek luas daun yang tinggi. Hal inilah yang menyebabkan bobot spesifik daun yang tertinggi dan indek luas daun yang terendah diperoleh tata tanam 50/100 cm x 25 cm (Tabel 2). Hasil penelitian Fadl (2010) juga memperlihatkan bahwa wijen yang ditanam di bawah kepadatan populasi pohon akasia yang tinggi menghasilkan daun-daun yang tipis dan luas.

Bahan kering organ-organ tanaman, termasuk polong dan biji, merupakan hasil akumulasi jumlah asimilat yang tersedia untuk pertumbuhan organ-organ tanaman. Oleh karena itu peningkatan jumlah asimilat yang tersedia untuk pertumbuhan menyebabkan peningkatan jumlah polong per tanaman dan produksi biji (Haruna, 2011 dan Ojikpong *et al.*, 2007).

Perbedaan varietas wijen yang digunakan menyebabkan perbedaan bobot spesifik daun, indek luas daun, kandungan air relatif daun, jumlah polong per tanaman dan bobot 1000 biji yang dihasilkan (Hasanpour *et al.*, 2012 dan El-Naim *et al.*, 2012). Varietas Winas-1 menghasilkan bobot spesifik

daun, indek luas daun dan kandungan air relatif daun yang lebih tinggi dan distribusi cahaya dalam tajuk yang lebih rendah dibanding Winas-2 (Tabel 1 dan 2). Kondisi yang demikian menyebabkan asimilat yang dihasilkan oleh kedua varietas tersebut tidak berbeda (Zu *et al.*, 2010). Di sisi lain, varietas Winas-1 menghasilkan banyak polong yang terbentuk, sedangkan Winas-2 memperbesar biji yang terbentuk (Tabel 3). Hasil penelitian Hermawan *et al.* (2012) memperlihatkan adanya korelasi positif antara jumlah polong per tanaman dan bobot 1000 biji dengan produksi biji. Hal inilah yang menyebabkan varietas Winas-1 menghasilkan produksi biji per ha yang tidak berbeda dengan Winas-2 (Tabel 3).

Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Varietas Winas-1 menghasilkan bobot spesifik daun, indek luas daun, kandungan air relatif daun dan jumlah polong per tanaman yang lebih tinggi serta jumlah cabang per tanaman, bobot 1000 biji dan distribusi cahaya di dalam dan dibawah tajuk yang lebih rendah dibanding varietas Winas-2.
2. Tata tanam baris ganda 50/100 cm x 25 cm menghasilkan pertumbuhan, komponen produksi dan produksi biji per ha yang paling tinggi dan disusul tata tanam baris ganda 40/100 cm x 25 cm.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional dan Kebudayaan yang telah membiayai kegiatan penelitian ini. Selain itu terima kasih disampaikan kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Wisnuwardana dan Kepala Balai

Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat yang telah mengizinkan untuk melaksanakan penelitian ini, dan tak lupa disampaikan pula terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adebisi, MA., MO. Ajala, DK. Ojo and AW. Salau. 2005. Influence of population density and season on seed yield and its component in nigerian sesame genotypes. *Journal of Tropical Agriculture* 43(1-2), 13-18.
- Ahmad, R., T. Mahmood, MF. Seleem and S. Ahmad. 2002. Comparative performance of two sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties under different row spacing. *Asian Journal of Plant Science* 1(5), 546-547.
- Ali, S., A. Jan, Inamullah, S. Ahmad, M. Ullah and Imran. 2014. Effect of tillage systems, irrigation interval and phosphorus levels on oil content, yield and yield component of sesame. *Journal of Environment and Earth Science* 4(11), 7-12.
- Amani, M., P. Golkar and G. Mohammadi-Nejad. 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Recent Scientific Research* 3(4), 226-230.
- Bhatti, IH., R. Ahmad and MS. Nazir. 2005. Agronomic traits of sesame as affected grain legume intercropping and planting patterns. *Pakistan Journal of Agricultural Science* 42, 56-60.
- Bhatti, IH., R. Ahmad, A. Jabbar, M. Nadeem, MM, Khan, Wasiud-Din and SN. Vains. 2013. Agronomic performance of mask bean as an intercrop in sesame under different planting patterns. *Emir Journal of Food Agriculture* 25(1), 52-57.
- Boureima, S., M. Eylettes, M. Diouf, TA. Diop and P. van Damme. 2011. Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Research Journal of Environmental Science* 5(6), 557-564.
- Budi, LS. 2007. The effect of planting method and varieties on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Buletin Agronomi* 35(2), 135-141. (Indonesian)
- Caliskan, S., M. Arslan, H. Arioglu and N. Isler. 2004. Effect of planting method and population on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a mediterranean type of environment. *Asian Journal of Plant Sciences* 3(5), 610-613.
- Dar, JS., MA. Cheema, MA. Wahid, MF. Saleem, M. Farooq and SMA. Basra. 2009. Role of planting pattern and irrigation management on growth and yield of spring planted sunflower (*Helianthus annuus*). *International Journal of Agriculture and Biology Science* 11(6), 701-706.
- El-Naim, AM., EM. Eldey, AA. Jaberelder, SE. Ahmed and AA. Ahmed. 2012. Determination of suitable variety and seed rate of sesame (*Sesamum indicum* L.) in sandy dunes of Kordofan, Sudan. *International Journal of Agriculture and Forestry* 2(4), 175-179.
- Fadl, KEM. 2010. Growth and yield of groundnut, sesame and roselle in an Acacia senegal agroforestry system in North Kordofan, Sudan. *Journal of Agriculture and rural Development in Tropics and Subtropics* 11(1), 35-40.
- Fisher, P., J. Almanza-Merchan and F. Ramirez. 2012. Source-sink relationship in fruit species. *Revista Colombiana De Ciencias Horticolas* 6(2), 238-253.
- Gercek, S., E. Boydak and M Simsek. 2004. Effect of irrigation methods and row spacing on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7(12), 2149-2154.
- Haruna, IM. 2011. Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by nitrogen and intra row spacing in Lafia, Nasarawa State of Nigeria. *Elixir Agriculture* 41, 5685-5688.
- Haruna, IM., L. Aliyu and SM. Maunde. 2013. Competitive behaviour groundnut

- in sesame/groundnut intercropping system under varying poultry manure rates and planting arrangement. *Sustainable Agriculture Research* 2(3), 22-26.
- Hasanpour, R., H. Pirdashti, MA. Esmaili and A. Abbasian. 2012. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) and nitrogen qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. *International Journal of Agriculture and Crops Sciences* 4(11), 662-665.
- Hermawan, H., Taryono and Supriyanto. 2012. Correlation analysis among yield components and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under different nitrogen. *Vegetalika* 1(4), 30-34. (Indonesian)
- Mardjono, R. 2007. Sesame superior varieties Sumberrejo 1 and 4 for development in rice field after paddy. *Perspektif* 6(1), 1-9. (Indonesian)
- Matsuda, R., K. Suzuki, A. Nakano, T. Higashide and M. Takaichi. 2011. Responses of leaf photosynthesis and plant growth to altered source-sink balance in a Japanese and Dutch tomato cultivar. *Scientia Horticulturae* 127, 520-527.
- Maunde, SM., IM. Haruna, AI. Sharifai and H. Hassan. 2011. Productivity of soybean/sesame mixture as influenced by farmyard manure and plant arrangement in the Northern Guinea Savanna Ecological Zone of Nigeria. *Production Agriculture and Technology* 7(2), 127-136.
- Ngala, AL., IY. Dugje and H. Yakubu. 2013. Effects of inter-row spacing and plant density on performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a nigerian Sudan Savanna. *Science International (Lahore)* 25(3), 513-519.
- Ofosuhene-Sintim, H. and VI. Yeboah-Badu. 2010. Evaluation of sesame (*Sesamum indicum*) production in Ghana. *Journal of Animal & Plant Sciences* 6(3), 653-662.
- Ojikpong, TO., DA. Okpara and CO. Muoneke. 2007. Effects of plant spacing and sowing date on sesame (*Sesamum indicum* L.) production in the South Eastern Nigeria. *Nigerian Agricultural Journal* 38, 12-23.
- Olowe, VIO. 2007. Optimum planting date for sesame (*Sesamum indicum* L.) in transition zone of South West Nigeria. *Agriculture Tropica et Subtropica* 40, 156-163.
- Peyman, M., E. Ali, N. Ali, and KB. Teymur. 2012. Water relation, solute accumulation and cell membrane injury in sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars subjected to water stress. *Annals of Biological Research* 3(4), 1833-1838.
- Rahnama, A. and A. Bakhshandeh. 2007. Determination of optimum row-spacing and plant density for uni-branched sesame in Khuzestan Province. *Journal of Agricultural Science and Technology* 8, 25-33.
- Roy, N., SM. Abdullah-Mamun and Md. Sarwar-Jahan. 2009. Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 5(5), 823-827.
- Singh, R., AK. Upadhyay, P. Shrivastava, VK. Singh and SK. Singh. 2014. Productivity enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) through improved production technologies. *The Bioscan* 9(1), 107-110.
- Suddhiyam, P., S. Suwannaketnikom, W. Dumkhum and N. Duandao. 2009. Fertilizers for organic sesame. *Asian Journal of Food and Agro-Industry. Special Issue*, S197-S204.
- Udom, GN., AS. Fagam and E. Ekwere. 2006. Effect of intra-row spacing and weeding frequency on the yield performance of sesame/cowpea intercrop. *Emirate Journal of Food and Agricultural Science* 18(2), 52-60.
- Umar, UA., M. Mahmud, SU. Abubakar, BA. Babaji and UD. Idris. 2012. Performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties as influenced by nitrogen fertilizer level and intra row spacing. *The Pasific Journal of Science and Technology* 13(2), 364-369.
- Witcombe, JR., PA. Hollington, CJ. Howarth, S. Reader and KA. Steele. 2008.

- Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Science* 363(1492), 703-716.
- Yuniwati, E.D., N. Basuki, E.W. Wisnubroto, and W.H. Utomo. 2012. Combating land degradation in cassava field by crop yield improvement. *Basic. Appl. Sci. Res.*, 2: 4975-4982,
- Yuniwati E.D., W.H. Utomo, and R.H. Howeler. 2015. Farmers' Based Technology Development for Sustainable Cassava Production System. *International Journal Agriculture Research*. Accepted, Publish Process.
- Zu, XG., SP. Long and DR. Ort. 2010. Improving photosintetic efficiency for greater yield. *Ann. Rev. Plant. Biol.* 61:235-261.