

KAJIAN STATUS UNSUR HARA MAKRO TANAH (N, P, DAN K) DI PROFIL TANAH LAHAN HUTAN, WANATANI, DAN TEGALAN

The Study of Nutrient Macro Soil (N, P, and K) in Profil Soil Forest Land, Agroforestry, and Dryland Agriculture

Parjono¹

ABSTRACT

This study aims to determine the macronutrients status of Nitrogen (N), Phosphorus (P), and Potassium (K), and soil acidity (pH) in the use of forest land, agroforestry, and dryland agriculture. The study was conducted by taking soil samples at four soil horizons (Ao or Ap, A1 or A2, B1, and B2) in each land use. Soil analysis in the laboratory to determine the concentration of N, P, K, organic C, and soil pH. Data analysis was carried out descriptively. The results showed that the distribution of N, P, and K on forest land and agroforestry decreased based on the depth of the land horizon, while the dryland agriculture has fluctuated. On forest land the concentration of N = 0.20-1.11%, P = 5.81-6.62 ppm, and K = 0.19-1.52%. Agroforestry N = 0.06-0.22%, P = 3.66-4.70 ppm, and K = 0.11-0.78 ppm. Whereas in the dryland agriculture concentration, N = 0.18-0.51%, P = 5.61-6.68 ppm, and K = 0.11-0.37 ppm. Organic matter, the intensity of tillage plays an important role in the distribution pattern and concentration of N, P, and K in the soil. Agroforestry systems can be a solution to the stability of soil fertility.

Keywords: land use; nutrients soil; soil horizon

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status unsur hara makro Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K), serta kemasaman tanah (pH) pada penggunaan lahan hutan, wanatani, dan tegalan. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel tanah pada empat horizon tanah (Ao atau Ap, A1 atau A2, B1, dan B2) di setiap penggunaan lahan. Analisis tanah di laboratorium untuk mengetahui konsentrasi N, P, K, dan pH tanah. Analisis data dilakukan secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi N, P, dan K pada lahan hutan dan wanatani menurun berdasarkan kedalaman horizon tanah, sedangkan tegalan berpola fluktuatif. Pada lahan hutan konsentrasi N= 0.20-1.11%, P= 5.81-6.62 ppm, dan K= 0.19-1.52%. Wanatani N= 0.06-0.22%, P= 3.66-4.70 ppm, dan K= 0.11-0.78 ppm. Sedangkan di tegalan konsentrasi N= 0.18-0.51%, P= 5.61-6.68 ppm, dan K= 0.11-0.37 ppm. Bahan organik, intensitas pengolahan tanah berperan penting dalam pola distribusi dan konsentrasi N, P, dan K dalam tanah. Sistem wanatani dapat menjadi solusi dalam stabilitas kesuburan tanah.

Kata kunci: penggunaan lahan; horizon tanah; unsur hara

Diterima: 20 Februari 2019; Disetujui: 15 Maret 2019

PENDAHULUAN

Faktor produktivitas tanaman salah satunya ditentukan oleh kesuburan tanah. Tanah-tanah dengan tingkat kesuburan tinggi memudahkan dalam mengelola, sebaliknya tanah dengan tingkat kesuburan rendah membutuhkan cost/ongkos produksi yang tinggi. Kesuburan tanah merupakan potensi tanah untuk menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup dalam bentuk tersedia dan seimbang untuk menjamin pertumbuhan dan produksi tanaman secara optimum (Yamani 2010). Tanah dengan tingkat kesuburan yang baik memiliki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang baik dan seimbang. Untuk menjaga agar tanah-tanah pertanian produktif secara *continue/sustainable* berdasarkan kimia kesuburan tanah, maka diperlukan usaha pengelolaan tanah yang baik (konservasi) yaitu berdasarkan parameter kesuburan kimia tanah dan kebutuhan jenis tanaman yang dibudidayakan.

Lahan masam memiliki potensi tersendiri untuk peningkatan swasembada pangan di Indonesia yakni sekitar 146,6 juta ha (Ritung *et al.* 2015). Akan tetapi lahan masam memiliki kendala dalam produktivitas tanaman, yaitu memiliki kadar kemasaman tanah (pH) yang tinggi sehingga kemampuan menyediakan hara makro tanah (N, P, dan K) rendah.

Unsur hara N, P, dan K memiliki peran yang tidak dapat digantikan oleh hara lainnya, berperan dalam komponen penyusun tanaman dan berperan aktif dalam proses metabolisme tanaman. Ketersediaan N, P, dan K dalam tanah ditentukan oleh bahan induk tanah dan aktivitas manusia, yaitu pengolahan tanah, pemupukan, pengairan, dan vegetasi tanaman. Vegetasi berperan penting dalam kesuburan tanah, baik secara fisik, kimia, maupun biologi pada tanah dibawahnya. Guguran daun, batang, ranting, sisa hasil panen, dan perakaran tanaman yang terdekomposisi membantu dalam penyediaan hara dalam tanah dan memperbaiki sifat fisik tanahnya (Yamani 2010). Kandungan unsur hara dalam tanah perlu diketahui dalam pemenuhan kebutuhan unsur hara tanah, sehingga pengelolaan menjadi seimbang. Oleh

karena itu, diperlukan kajian terkait evaluasi ketersediaan dalam tanah.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui status unsur hara N, P, dan K pada lahan hutan, wanatani, dan tegalan di Cisarua, Jawa Barat.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan selama Mei 2016 sampai April 2017. Pengambilan contoh tanah dilakukan di Cisarua, Bogor, Jawa Barat. Contoh tanah diambil pada lahan hutan di lintang koordinat 6°69'530" LS; 106°98'726" BT, wanatani di 6°69'737" LS; 106°97'673" BT, dan lahan tegalan di 6°69'530" LS; 106°98'726" BT. Analisis contoh tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan (DITSL), Institut Pertanian.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Plastik klip 500 g, cangkul, kertas stiker, *Global Positioning System* (GPS), peta tanah, peta tutupan lahan, peta administrasi, peta kontur (skala 1:50.000), ayakan tanah 0.50 mm, timbangan, peralatan analisis N, P, K, dan

pH tanah, serta Software ArGis 10.1, kamera dan alat tulis menulis. Bahan yang digunakan yaitu contoh tanah dan bahan kimia untuk analisis tanah yaitu N-total metode (Kjeldahl), P total (HCl 25%), P tersedia (Bray I), K (ekstrak NH_4OAc pH 7, dan pH tanah (ekstrak H_2O dan M KCl).

Prosedur Penelitian

Lokasi pengambilan contoh tanah berdasarkan overlay peta jenis tanah, lereng, administrasi, dan peta tutupan lahan. Kemudian dipilih penggunaan lahan yang berbeda, yaitu lahan hutan, wanatani, dan lahan tegalan. Setiap tipe penggunaan lahan diwakili oleh dua profil tanah yang dibuat dengan jarak 5-10 m pada posisi lereng tengah berkemiringan 16-35° (30-70%). Profil tanah dibuat hingga batas solum tanah dengan ukuran sekitar 1 m x 1 m x 1.5 m. Contoh tanah terganggu diambil sebanyak 500 g pada 4 horison di setiap profil tanah. Kemudian contoh tanah dimasukkan ke dalam kantong plastik,

diberi label, dan disimpan dalam cooler box untuk dilakukan analisis tanah di laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Tugu Utara Kecamatan Cisarua, Bogor, Jawa Barat. Lokasi penelitian merupakan daerah wisata Puncak Bogor, berada di kaki Gunung Gede-Pangrango dengan curah hujan yang tergolong tinggi. Data curah hujan di Kecamatan Cisarua dapat dilihat pada Tabel 1.

Kondisi lahan penelitian berada pada lereng tengah. Lahan hutan merupakan hutan alami yang dikelola oleh Perum Perhutani Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Bogor, jenis tumbuhannya meliputi: pohon damar (*Agathis* sp.), pisang (*Musaceae*), bambu (*Bamuseae*), dan pinus (*Pinaceae*). Lahan tegalan merupakan lahan pertanian warga yang

diberikan selama >3 bulan serta telah dibuat teras-teras tanah. Tanaman yang dibudidayakan sebelumnya yaitu wortel (*Daucus carota* L.), kentang (*Solanum tuberosum*) dan kubis (*Brassica oleracea*). Lahan wanatani tergolong masih muda < 5 tahun, hal ini terlihat dari diameter batang pohonnya yang relatif masih kecil-kecil, serta luas tajuk dan ketinggian pohonnya relatif masih rendah. lahan wanatani berada dekat dengan permukiman warga dan telah dibuat teras-teras tanah untuk pertanian. Jenis tanaman

tahunan/tanaman keras dalam lahan wanatani seperti: cengkeh (*Syzgium aromaticum*), damar (*Agathis dammara*), kayu manis (*Cinnamomum verum*) dan kopi (*Coffea arabica*, *C. robusta*), sedangkan tanaman pertaniannya seperti buncis (*Phaseolus vulgaris*), kubis (*Brassica oleracea*) dan sawi (*Brassica rapa* var. *parachinensis*).

Berdasarkan data curah hujan di lokasi penelitian selama tahun 2012-2016, bahwa terjadi hujan hampir di sepanjang tahun. Curah hujan terendah berada pada bulan Juni hingga September, sedangkan curah hujan tertinggi pada Agustus sampai Mei. Oldeman menentukan iklim Indonesia berdasarkan panjang periode bulan basah (BB) atau bulan kering (BK), dan bulan lembab (BL), secara berturut-turut berdasarkan rata-rata curah hujan

(CH) selama satu tahun, yaitu bulan kering (CH < 100 mm), bulan lembab (CH antara 100-200 mm), dan bulan basah (CH > 200 mm). Hasil pengamatan data iklim menunjukkan bahwa secara umum kondisi iklim di lokasi penelitian tergolong dalam tipe B dengan bulan basah berturut-turut sebanyak 8 kali.

Hasil Analisis N, P, K, C-organik, dan pH Tanah di Lahan Hutan, Wanatani, dan Tegalan

Hasil analisis N, P, K, C-organik, dan pH tanah dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai

Tabel 1. Data curah hujan Kecamatan Cisarua tahun 2012-2016

Tahun	Bulan rata-rata (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Oct	Nop	Des
2012	384.1	347.3	238.9	315.2	140.8	64.3	41.6	11.0	121.4	260.5	363.5	422.9
2013	852.2	338.8	402.8	318.5	492.6	121.9	272.2	131.5	70.4	263.9	259.0	542.6
2014	¹ 206.8	596.6	295.6	395.6	219.9	199.1	344.1	249.8	33.6	94.2	554.3	460.9
2015	357.3	376.8	376.0	227.9	173.3	14.9	3.1	59.0	19.2	50.1	521.7	421.4
2016	361.6	581.7	546.4	481.2	232.0	201.8	252.6	82.6	365.9	393.6	312.1	146.7
Rata-rata	632.4	448.2	371.9	347.7	251.7	120.4	182.7	106.8	122.1	212.5	402.1	398.9
Klasifikasi	BB	BB	BB	BB	BB	BL	BL	BL	BL	BB	BB	BB

Sumber: BMKG Citeko; BB= Bulan basah; BL= Bulan lembab

Tabel 2. Rata-rata sifat kimia tanah

Lahan	Horizon tanah	Kedalaman (cm)	pH		Klasifikasi	C-org. %	Klasifikasi	N-total (Kjeldahl) ..(%)..	Klasifikasi
			H ₂ O	KCl					
Hutan	Ao	0-15	4.00	4.00	Sangat masam	12.18	Sangat tinggi	1.11	Sangat tinggi
	A1	15-30	4.76	4.76	Masam	3.83	Tinggi	0.66	Tinggi
	B1	30-110	4.80	4.80	Masam	3.29	Tinggi	0.29	Sedang
	B2	110-150	4.51	4.51	Masam	0.82	Sangat rendah	0.20	Sedang
Wanatani	Ap	0-15	4.21	4.21	Sangat masam	2.16	Sedang	0.22	Sedang
	A2	15-40	4.53	4.53	Masam	0.26	Sangat rendah	0.08	Sangat rendah
	B1	40-70	4.40	4.40	Sangat masam	0.09	Sangat rendah	0.06	Sangat rendah
	B2	70-100	4.29	4.29	Sangat masam	0.22	Sangat rendah	0.06	Sangat rendah
Tegalan	Ap	0-25	4.39	4.39	Sangat masam	4.16	Tinggi	0.46	Sedang
	A2	25-50	4.69	4.69	Masam	4.09	Tinggi	0.51	Tinggi
	B1	50-75	4.71	4.71	Masam	1.62	Rendah	0.24	Sedang
	B2	75-110	4.29	4.29	Sangat masam	0.63	Sangat rendah	0.18	Rendah

kemasaman tanah (pH) menunjukkan bahwa di setiap penggunaan lahan tergolong masam hingga sangat masam. Kemasaman tanah (pH) aktual maupun potensial tergolong sangat masam hingga masam di setiap penggunaan lahan. Pada lahan hutan pH tanah tergolong menurun berdasarkan kedalaman horizon tanah, dari 4.57 di horizon Ao menjadi 5.05 di horizon B2. Pada lahan lahan wanatani pH tanah sekitar 4.82 – 4.97 lebih rendah dari lahan hutan dengan pola distribusi stabil pada kedalaman tanah, sedangkan di lahan tegalan distribusi pH tanah tergolong fluktuatif yaitu sekitar 4.98 di horizon Ap menurun menjadi 5.13 di horizon A2 sebesar 5.13, kemudian meningkat sekitar 4.97 di horizon B2.

Menurut Tisdale *et al.* (1999), bahwa bentuk Nitrogen (N) di dalam tanah tergolong kurang stabil, sehingga nilai N tersedia mudah berubah. Oleh karena itu, nilai N tersedia dihitung berdasarkan pendekatan 3.5% dari N total yang ada didalam tanah. Sedangkan hara P dan K dihitung berdasarkan analisis hara tersedia. Besarnya nilai N, P, K, dan C-organik dalam tanah disajikan dalam Tabel 2.

Kadar Bahan Organik

Hasil analisis Laboratorium menunjukkan bahwa kadar bahan organik (C-organik) tanah di setiap penggunaan

lahan cenderung menurun berdasarkan kedalaman horizon tanah. Secara umum bahan organik tanah di horizon atas lebih tinggi daripada di bawahnya. Pada lahan hutan kandungan C-organik tergolong sangat tinggi (12.18%) di horizon Ao, kemudian menurun menjadi sangat rendah (0.82) di horizon B2. Pada lahan wanatani C-organik tanah tergolong sedang (2.16%) di horizon Ap kemudian menurun hingga sangat rendah (0.22%), sedangkan pada lahan tegalan tergolong tinggi (4.16%) di horizon Ap, kemudian menurun hingga sangat rendah (0.63%) di horizon B2.

Menurut Hanafiah (2007), bahan organik berperan dalam tanah terutama pengaruhnya terhadap kesuburan tanah. Bahan organik tanah adalah senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi. Menurut Hasibuan (2006), bahan organik salah satu faktor berperan dalam menentukan keberhasilan suatu budidaya tanaman. Hal ini dikarenakan bahan organik dapat meningkatkan kesuburan kimia, fisika maupun biologi tanah.

Kadar N Total Dalam Tanah

Hasil analisis kadar N total (Tabel 2) menunjukkan bahwa pada tanah hutan kadar N total tergolong sangat tinggi

(1.11%) hingga sedang (0.20%) dengan pola distribusi menurun berdasarkan kedalaman horizon tanah. Menurut Cookson et al. (2002), kemampuan tanah dalam menyediakan N ditentukan oleh kadar bahan organik dalam tanah. Hal ini berkorelasi dengan kadar bahan organik yang tinggi di lahan hutan (Tabel 2).

Pada lahan wanatani konsentrasi N tergolong sedang (0.22%) hingga sangat rendah (0.06%) di horizon B2 dengan distribusi menurun pada kedalaman horizon tanah. Akan tetapi, pada lahan tegalan kandungan N total tergolong tinggi hingga rendah dengan pola distribusi fluktuatif berdasarkan kedalaman horizon tanah, yaitu di horizon Ap tergolong kriteria sedang yaitu sebesar 0.46%, kemudian meningkat dalam kriteria tinggi sebesar 0.51%, dan menurun kriteria rendah sebesar 0.18% di horizon B2. Hal ini disebabkan nitrogen mudah tercuci serta kandungan bahan organik pada lahan wanatani maupun tegalan yang lebih rendah dari hutan. Berkurangnya atau hilangnya N dari tanah selain tercuci oleh air hujan (N dalam bentuk NO_3^-) juga hilang karena digunakan oleh tanaman dan mikroorganisme (Hardjowigeno, 2007).

Kadar P Tersedia Dalam Tanah

Analisis kadar P tersedia dengan metode Bray I (Tabel 3) menunjukkan bahwa kadar P tersedia di setiap penggunaan lahan tergolong rendah hingga sangat rendah, sebaliknya kandungan P total (HCl 25%) di setiap penggunaan lahan tergolong tinggi sekitar 278.95 ppm hingga 421.96 ppm di lahan hutan, lahan wanatani sekitar 163.86 ppm hingga 244.43 ppm, sedangkan di lahan tegalan sekitar 427.32 ppm hingga 548.09 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa hanya < 1% P tersedia dalam tanah untuk tanaman. Hal ini disebabkan karena P di jerap oleh Al, Fe, dan atau Mn.

Sumber P dalam tanah ditentukan oleh bahan induk tanah, sedangkan ketersediaannya dapat dipengaruhi oleh pH tanah, jumlah ion dan senyawa Al-Fe, Mn, Ca, kadar C-organik, Cu, dan Zn serta suhu dan kelembaban tanah (Tisdale *et al.* 1985; Lindsay 1971; Black 1976). Kekahatan P oleh Fe, Al, dan Mn akibat terikatnya unsur-unsur tersebut secara kuat pada tanah mineral liat tipe 1:1 dan oksida-oksida Al dan Fe dalam bentuk Al-P dan atau Fe-P (Haynes *et al.* 2001).

Tabel 3. Lanjutan rata-rata sifat kimia tanah

Penggunaan Lahan	Horizon tanah	Kedalaman (cm)	P tersedia (Bray I) ...(ppm)...	Klasifikasi	P total (HCl 25%) ppm	Klasifikasi	K tersedia (K_2O) (Bray I) ppm	Klasifikasi
Hutan	Ao	0-15	6.62	Rendah	386.57	Sangat tinggi	1.52	Sangat Tinggi
	A1	15-30	5.90	Rendah	278.95	Sangat tinggi	0.80	Tinggi
	B1	30-110	5.90	Rendah	372.10	Sangat tinggi	0.26	Rendah
	B2	110-150	5.81	Rendah	421.96	Sangat tinggi	0.19	Rendah
Wanatani	Ap	0-15	4.61	Rendah	244.43	Sangat tinggi	0.12	Rendah
	A2	15-40	4.52	Rendah	232.10	Sangat tinggi	0.78	Sangat Tinggi
	B1	40-70	4.70	Rendah	166.31	Sangat tinggi	0.18	Rendah
	B2	70-100	3.66	Sangat rendah	163.86	Sangat tinggi	0.11	Rendah
Tegalan	Ap	0-25	5.68	Rendah	498.10	Sangat tinggi	0.37	Rendah
	A2	25-50	6.68	Rendah	548.09	Sangat tinggi	0.32	Rendah
	B1	50-75	6.38	Rendah	427.32	Sangat tinggi	0.12	Rendah
	B2	75-110	5.61	Rendah	429.71	Sangat tinggi	0.11	Rendah

Kadar Kalium (K_2O) Dalam Tanah

Hasil analisis kadar K dalam tanah (Tabel 3) menunjukkan bahwa pada lahan hutan berdasarkan parameter kimia kesuburan tanah (Eviati dan Sulaeman 2009), konsentrasi K tergolong sangat tinggi di horizon Ao (1.52 ppm) dengan distribusi menurun kedalam horizon B2 (0.19 ppm) dan tergolong rendah. Pada lahan wanatani pola distribusi K tergolong fluktuatif yaitu pada horizon Ap tergolong rendah (0.12 ppm), meningkat menjadi sangat tinggi (0.78 ppm) kemudian menurun dalam kategori rendah (0.11 ppm) di horizon B2. Pada lahan tegalan kadar K tergolong rendah dengan pola distribusi menurun disetiap kedalaman horizon tanah dari 0.37 ppm di horizon Ap menjadi 0.11 ppm di horizon B2.

Kalium mempunyai sifat yang sama dengan N, yaitu mudah tercuci. Curah hujan yang tinggi di lokasi penelitian (Tabel 1) menyebabkan K dan N mudah tercuci (*leaching*). Pada lahan hutan kadar K tergolong tinggi disebabkan pencucian masih dapat di tahan oleh vegetasi yang tinggi, yaitu hujan yang jatuh masih mengenai tajuk, ranting atau pepohonan sebelum mengenai tanah secara langsung. Pada lahan wanatani kondisi vegetasi yang relatif masih muda dan rendah masih menyebabkan pencucian tanah terjadi, sedangkan pada lahan tegalan rendahnya tutupan lahan atau vegetasi primer/tanaman tetap serta pengolahan lahan secara intensif membantu pencucian tanah semakin tinggi.

KESIMPULAN

Lahan hutan memiliki kandungan C-organik, hara N, P, dan K lebih tinggi dari pada lahan wanatani, dan tegalan. Kecuali hara fosfor di lahan tegalan (> 427.32 ppm) lebih tinggi dari lahan hutan sekitar 278.95 hingga 421.96 ppm, dan wanatani sekitar 166.31 hingga 244.43 ppm. Konsentrasi kadar P total yang tinggi pada lahan tegalan diduga berasal dari pemupukan inorganik oleh petani. Bahan organik berperan penting dalam ketersediaan N, P, dan K dalam tanah. Intensitas pengolahan lahan yang tinggi menyebabkan bahan organik terangkut melalui hasil panen maupun termineralisasi serta rendahnya

pengembalian bahan organik kedalam tanah menyebabkan bahan organik semakin menurun setiap waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Black CA. 1976. *Soil Plant Relationship*. New York (US). Jhon Wiley and Sons, Inc Pr.
- Cookson WR, Cornforth IS, Rowarth J. 2002. Winter soil temperature (2-15°C) effects on nitrogen transformations in clover green manure amended or unamended soils: A laboratory and field study[J]. *J. Soil Biology and Biochemistry*. 34 (10):1401-1415.
- Hanafia KA. 2007. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta (ID). PT. Raja Grafindo Persada.
- Hardjowigeno S. 2007. *Ilmu Tanah*. Jakarta (ID). Akademika Presindo.
- Hasibuan BA. 2006. *Ilmu Tanah*. Medan (ID). Universitas Sumatra Utara, Pertanian.
- Lindsay WL. 1971. *Chemical Equilibria in Soils*. New York (US). John Wiley and Sons Pr.
- Ritung S, Suryani E, Subardja D, Sukarman, Nugroho K, Suparto, Hikmatullah, Mulyani A, Tafekresnanto C, Sulaeman Y, etc. 2015. *Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. Bogor (ID). IAARD Press. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian,
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD, Havlin JL. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. New York (US). Macmillan Publ.
- Yamani A. 2010. Kajian Tingkat Kesuburan Tanah Pada Hutan Lindung Gunung Sebatung di Kabupaten Kota Baru Kalimantan Selatan. *Jurnal Hujan Tropis* (29): 32.
- Haynes RJ, Mokolobate MS. 2001. Amelioration of Al Toxicity and P Deficiency in Acid Soils by Additions of Organic Residues: a Critical Review of The Phenomenon and The Mechanisms Involved. *J. Nutrient Cycling in Agroecosystems*. (59):47-63.