

PEMUPUKAN N, P, K, DAN Mg UNTUK TANAMAN KELAPA SAWIT PADA LAHAN GAMBUT

Sugiyono, R. Sukarji, dan Edy Sigit Sutarta

ABSTRAK

Dengan semakin terbatasnya lahan mineral yang sesuai untuk budidaya kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*), maka pemanfaatan lahan gambut menjadi salah satu pilihan bagi perluasan areal kelapa sawit di masa mendatang. Lahan gambut mempunyai sifat kimia yang berbeda dengan lahan mineral, sehingga membutuhkan dosis pupuk N, P, K, dan Mg optimum yang juga berbeda untuk kelapa sawit. Penelitian pemupukan faktorial 3^4 N, P, K, Mg dengan kombinasi perlakuan 0; 1,5; 3,0 kg urea/pohon/tahun, 0; 1,5; 3,0 kg TSP/pohon/tahun, 0; 2,0; 4,0 kg KCl/pohon/tahun, dan 0; 1,25; 2,50 kg dolomit/pohon/tahun dilakukan pada tanaman kelapa sawit tahun tanam 1992 di tanah gambut kebun Sei Tampang, PT. Cisadane Sawit Raya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk N berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah tandan, bobot tandan, dan produksi tandan buah segar. Pemberian pupuk P dan K hanya berpengaruh nyata terhadap peningkatan bobot tandan dan produksi tandan buah segar pada tahun 1997, sedangkan pemupukan Mg tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah tandan, bobot tandan, serta produksi tandan buah segar. Respon tanaman kelapa sawit yang baik terhadap pemupukan N, P, dan K tersebut antara lain disebabkan oleh nisbah C/N tanah gambut yang masih terlalu tinggi, serta kadar P tersedia dan K dapat dipertukarkan pada tanah gambut yang relatif tergolong rendah.

Kata kunci : *Elaeis guineensis*, gambut, pemupukan

PENDAHULUAN

Luas lahan gambut di Indonesia mencapai 27 juta ha yang sebagian besar tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya (4). Dengan demikian, lahan gambut merupakan sumberdaya alam yang sangat besar untuk digunakan di dalam usaha pertanian. Pemanfaatan lahan gambut untuk subsektor perkebunan sampai saat ini masih terbatas untuk pengembangan budidaya tanaman kelapa sawit (9). Dengan semakin terbatasnya lahan mineral yang sesuai untuk budidaya kelapa sawit, maka pemanfaatan lahan gambut menjadi salah satu pilihan bagi perluasan areal kelapa sawit di masa mendatang.

Gambut tergolong lahan marginal karena mempunyai sifat fisik dan kimia, serta

drainase yang kurang baik (4,6,15). Reaksi tanah yang masam dengan pH 3,0-4,5, kadar hara makro N, P, K, Ca, Mg dan hara mikro B, Cu dan Zn yang rendah, serta kapasitas tukar kation yang sangat tinggi dengan kejenuhan basa yang rendah, menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan dan produksi kelapa sawit (3, 5, 7, 11, 12). Hasil pengamatan di lapang menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit yang ditanam pada tanah gambut sering menunjukkan gejala defisiensi hara, seperti *peat yellows* yang disebabkan oleh kekurangan hara K (8) dan *mid-crown chlorosis* yang disebabkan kekurangan hara Cu (2). Oleh sebab itu, keberhasilan budidaya tanaman kelapa sawit pada tanah gambut sangat bergantung pada aplikasi pemupukan dan pengaturan tata air yang tepat (13). Kondisi tersebut

menyebabkan produktivitas kelapa sawit di lahan gambut tergolong rendah. Rerata produksi kelapa sawit pada lahan gambut dangkal selama 13 tahun sekitar 15 ton TBS/ha/tahun (10). Upaya peningkatan potensi lahan gambut untuk budidaya kelapa sawit dapat dilakukan dengan pemupukan hara makro seperti N, P, K dan Mg, serta hara mikro seperti B, Cu dan Zn. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi pengaruh pemupukan hara makro N, P, K dan Mg terhadap produksi kelapa sawit di tanah gambut.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilakukan di kebun Sei Tampang, PT. Cisadane Sawit Raya, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Tanah gambut pada lokasi percobaan tergolong *Typic Troposaprist* dengan ketebalan 4 m. Bahan tanaman yang digunakan kelapa sawit D x P tahun tanam 1992. Rancangan percobaan faktorial 3^4 (N, P, K, Mg) tanpa ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah kombinasi 3 taraf pemupukan N, P, K dan Mg. Sumber hara N, P, K dan Mg tersebut menggunakan urea, TSP, KCl dan dolomit. Dosis pupuk yang dicobakan adalah 0; 1,5; 3,0 kg urea/pohon/tahun, 0; 1,5; 3,0 kg TSP/pohon/tahun, 0; 2,0; 4,0 kg KCl/pohon/tahun dan 0; 1,25; 2,50 kg dolomit/pohon/tahun. Pelaksanaan pengamatan berlangsung selama 3 tahun dari 1996-1998.

Setiap petak percobaan terdiri atas 25 pohon dengan 9 tanaman yang diamati dan 16 tanaman penyangga. Peubah yang diamati antara lain jumlah tandan, bobot tandan dan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit, perubahan kadar hara N, P, K, Ca, Mg dan Cl daun yang diambil dari pelepah ke-17, serta perubahan sifat kimia tanah seperti pH tanah, kadar C-

organik, N-total dan nisbah C/N, kadar P tersedia di dalam tanah, kadar K, Ca dan Mg dapat dipertukarkan, KTK tanah, dan kejenuhan basa. Analisis tanah dilakukan pada akhir percobaan, sedangkan analisis daun dilakukan setiap tahun. Produksi TBS diamati setiap minggu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tanah

Hasil analisis tanah yang dilakukan pada akhir percobaan menunjukkan tidak adanya pengaruh interaksi pemupukan N, P, K dan Mg terhadap peubah sifat kimia tanah (Lampiran 1). Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa pemberian N dalam bentuk urea berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar N total. Demikian juga, pemberian pupuk P dalam bentuk TSP berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar P tersedia di dalam tanah, pemberian pupuk K dalam bentuk KCl meningkatkan kadar K dapat dipertukarkan, sedangkan pemberian pupuk Mg dalam bentuk dolomit yang mengandung 18 % Mg dan 30 % CaO berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar Mg dan Ca dapat dipertukarkan, kejenuhan basa, serta kadar P tersedia di dalam tanah.

Hasil analisis tanah tersebut juga menggambarkan nisbah C/N pada perlakuan pemupukan N, P, K dan Mg masih terlalu tinggi, yaitu sekitar 20. Pada kondisi ini sebagian besar kandungan hara N organik yang terdapat pada tanah gambut belum tersedia untuk tanaman. Sebagian hara N yang ditambahkan melalui pemupukan urea akan diimmobilisasi oleh mikroorganisme tanah untuk proses pelapukan tanah gambut tersebut.

menyebabkan produktivitas kelapa sawit di lahan gambut tergolong rendah. Rerata produksi kelapa sawit pada lahan gambut dangkal selama 13 tahun sekitar 15 ton TBS/ha/tahun (10). Upaya peningkatan potensi lahan gambut untuk budidaya kelapa sawit dapat dilakukan dengan pemupukan hara makro seperti N, P, K dan Mg, serta hara mikro seperti B, Cu dan Zn. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi pengaruh pemupukan hara makro N, P, K dan Mg terhadap produksi kelapa sawit di tanah gambut.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilakukan di kebun Sei Tampang, PT. Cisadane Sawit Raya, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Tanah gambut pada lokasi percobaan tergolong *Typic Troposaprist* dengan ketebalan 4 m. Bahan tanaman yang digunakan kelapa sawit D x P tahun tanam 1992. Rancangan percobaan faktorial 3^4 (N, P, K, Mg) tanpa ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah kombinasi 3 taraf pemupukan N, P, K dan Mg. Sumber hara N, P, K dan Mg tersebut menggunakan urea, TSP, KCl dan dolomit. Dosis pupuk yang dicobakan adalah 0; 1,5; 3,0 kg urea/pohon/tahun, 0; 1,5; 3,0 kg TSP/pohon/tahun, 0; 2,0; 4,0 kg KCl/pohon/tahun dan 0; 1,25; 2,50 kg dolomit/pohon/tahun. Pelaksanaan pengamatan berlangsung selama 3 tahun dari 1996-1998.

Setiap petak percobaan terdiri atas 25 pohon dengan 9 tanaman yang diamati dan 16 tanaman penyanga. Peubah yang diamati antara lain jumlah tandan, bobot tandan dan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit, perubahan kadar hara N, P, K, Ca, Mg dan Cl daun yang diambil dari pelepah ke-17, serta perubahan sifat kimia tanah seperti pH tanah, kadar C-

organik, N-total dan nisbah C/N, kadar P tersedia di dalam tanah, kadar K, Ca dan Mg dapat dipertukarkan, KTK tanah, dan kejenuhan basa. Analisis tanah dilakukan pada akhir percobaan, sedangkan analisis daun dilakukan setiap tahun. Produksi TBS diamati setiap minggu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tanah

Hasil analisis tanah yang dilakukan pada akhir percobaan menunjukkan tidak adanya pengaruh interaksi pemupukan N, P, K dan Mg terhadap peubah sifat kimia tanah (Lampiran 1). Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa pemberian N dalam bentuk urea berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar N total. Demikian juga, pemberian pupuk P dalam bentuk TSP berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar P tersedia di dalam tanah, pemberian pupuk K dalam bentuk KCl meningkatkan kadar K dapat dipertukarkan, sedangkan pemberian pupuk Mg dalam bentuk dolomit yang mengandung 18 % Mg dan 30 % CaO berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar Mg dan Ca dapat dipertukarkan, kejenuhan basa, serta kadar P tersedia di dalam tanah.

Hasil analisis tanah tersebut juga menggambarkan nisbah C/N pada perlakuan pemupukan N, P, K dan Mg masih terlalu tinggi, yaitu sekitar 20. Pada kondisi ini sebagian besar kandungan hara N organik yang terdapat pada tanah gambut belum tersedia untuk tanaman. Sebagian hara N yang ditambahkan melalui pemupukan urea akan diimmobilisasi oleh mikroorganisme tanah untuk proses pelapukan tanah gambut tersebut.

Derasat kemasaman (pH) tanah gambut tergolong rendah, yaitu sekitar 4,0. Kapasitas tukar kation tanah gambut tergolong sangat tinggi yang mencapai 140-150 me/100 g tanah, sehingga peningkatan kadar K sebagai akibat pemupukan KCl tidak berpengaruh terhadap peningkatan kejemuhan basa. Peningkatan kadar Mg dan Ca dapat dipertukarkan sebagai akibat pemupukan dolomit menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kejemuhan basa. Persentase kejemuhan basa sebagai akibat pemupukan N, P, K dan Mg tersebut masih tergolong rendah, yaitu kurang dari 25 %.

Analisis daun

Hasil analisis daun pada akhir percobaan menunjukkan bahwa interaksi pemupukan N, P, K dan Mg tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap perubahan kadar hara daun kelapa sawit yang diamati. Pemberian pupuk N secara mandiri tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan

kadar hara N di dalam daun, tetapi berpengaruh nyata terhadap kadar Mg di dalam daun (Tabel 1). Pemupukan P tidak berpengaruh nyata terhadap kadar P di dalam daun, tetapi berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar K dan peningkatan kadar Cl di dalam daun.

Peningkatan kadar Cl daun sebagai akibat pemberian pupuk P diduga disebabkan pupuk TSP yang digunakan sebagai sumber hara P. Pupuk TSP mengandung Cl karena pada proses pembuatannya terdapat pengasaman pupuk RP dengan asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl). Pengaruh pemberian pupuk K terhadap penurunan kadar Ca di dalam daun menunjukkan sifat antagonisme dari K dengan Ca. Pemberian pupuk K ini juga cenderung menurunkan kadar Mg di dalam daun, namun secara statistik tidak berbeda nyata. Hal yang sukar dijelaskan adalah fenomena penurunan kadar Mg di dalam daun sebagai akibat pemupukan N, serta penurunan kadar K daun sebagai akibat pemupukan P.

Tabel 1. Pengaruh mandiri pemupukan N, P, K dan Mg terhadap kadar hara daun sawit

Perlakuan	Dosis pupuk (kg/pohon/tahun)	Kadar hara daun (%)					
		N	P	K	Ca	Mg	Cl
N0	0 kg Urea	2,45	0,151	0,82	0,73	0,53	0,61
N1	1,50 kg Urea	2,48	0,151	0,80	0,75	0,50	0,63
N2	3,00 kg Urea	2,48	0,154	0,81	0,73	0,49	0,65
		t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	*	t.n.
P0	0 kg TSP	2,47	0,151	0,84	0,71	0,50	0,61
P1	1,50 kg TSP	2,46	0,153	0,82	0,74	0,51	0,62
P2	3,00 kg TSP	2,47	0,154	0,79	0,75	0,51	0,66
		t.n.	t.n.	*	t.n.	t.n.	*
K0	0 kg KCl	2,49	0,154	0,79	0,77	0,52	0,61
K1	2,00 kg KCl	2,47	0,151	0,85	0,69	0,50	0,63
K2	4,00 kg KCl	2,45	0,151	0,80	0,65	0,50	0,67
		t.n.	t.n.	*	*	t.n.	*
Mg0	0 kg Dolomit	2,46	0,151	0,84	0,72	0,51	0,62
Mg1	1,25 kg Dolomit	2,47	0,154	0,80	0,73	0,49	0,63
Mg2	2,50 kg Dolomit	2,47	0,151	0,80	0,75	0,51	0,64
		t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.
LSD _{0,05}		0,04	0,005	0,04	0,05	0,03	0,04
LSD _{0,01}		0,05	0,007	0,05	0,07	0,04	0,05
CV (%)		2,63	6,10	8,48	12,27	10,77	11,41

Keterangan: t.n = tidak nyata; * = nyata pada $p < 0,05$; ** = sangat nyata pada $p < 0,01$

Status hara N dan K di dalam daun pada perlakuan pemupukan N, P, K dan Mg umumnya tergolong rendah hanya berkisar 2,46 - 2,48 % N dan 0,79 - 0,85 % K, sedangkan status hara P daun tergolong normal berkisar 0,151 - 0,154 % P (14). Status hara Ca daun tergolong normal sampai tinggi berkisar 0,69 - 0,77 % Ca. Kadar hara Mg daun kelapa sawit pada tanah gambut juga tergolong tinggi berkisar 0,49 - 0,53 % Mg, sedangkan kadar hara Mg daun pada tanah mineral hanya sekitar 0,25 % Mg.

Produksi kelapa sawit

Berdasarkan analisis ragam, interaksi antara perlakuan pemupukan N, P, K dan Mg tidak berpengaruh nyata terhadap terhadap jumlah tandan, bobot tandan dan produksi tandan buah segar (TBS), sehingga ketiga peubah produksi kelapa sawit tersebut disajikan secara mandiri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan N secara mandiri berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah tandan, bobot tandan dan produksi TBS (Tabel 2, 3 dan 4).

Tabel 2. Pengaruh pemupukan N, P, K, dan Mg terhadap jumlah tandan kelapa sawit

Perlakuan	Dosis pupuk (kg/pohon/tahun)	Jumlah tandan (tandan/pohon)		
		1996	1997	1998
N0	0 kg Urea	15,3	14,8	13,3
N1	1,50 kg Urea	17,3	16,0	15,8
N2	3,00 kg Urea	18,2	16,3	15,9
	*	*	*	**
P0	0 kg TSP	16,5	15,3	14,7
P1	1,50 kg TSP	17,6	15,8	15,0
P2	3,00 kg TSP	16,9	16,2	15,3
	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.
K0	0 kg KCl	16,3	15,3	14,5
K1	2,00 kg KCl	17,6	15,5	15,0
K2	4,00 kg KCl	16,9	16,2	15,4
	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.
Mg0	0 kg Dolomit	16,8	15,6	15,0
Mg1	1,25 kg Dolomit	17,0	16,0	14,7
Mg2	2,50 kg Dolomit	17,1	15,5	15,3
	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.
LSD _{0,05}		1,3	1,22	1,3
LSD _{0,01}		1,8	1,63	1,7
CV (%)		14,2	14,09	15,8

Keterangan t.n : tidak nyata; * = nyata pada p_{0,05}; ** = sangat nyata pada p_{0,10}

Pemupukan N pada dosis 1,5 kg urea/pohon/tahun meningkatkan jumlah tandan sekitar 8-19 %, bobot tandan 10-19 %, dan produksi TBS sekitar 23-38 % dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan N. Pemberian pupuk N pada dosis 3,0 kg urea/pohon/tahun dibandingkan dengan pemupukan N pada dosis 1,5 kg urea/pohon/tahun tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap produksi TBS.

Respon tanaman kelapa sawit terhadap pemupukan N disebabkan oleh sebagian besar kandungan hara N pada tanah gambut masih dalam bentuk organik yang belum tersedia untuk tanaman. Hal ini tercermin dari nisbah C/N yang masih tergolong tinggi sekitar 20,0. Kandungan N total biasanya tinggi, namun ketersediaannya rendah, yaitu kurang dari 1 % terhadap total N akibat tingginya C/N.

Tabel 3. Pengaruh pemupukan N, P, K, dan Mg terhadap bobot tandan kelapa sawit

Perilaku	Dosis pupuk (kg/pohon/tahun)	Bobot tandan (kg/tandan)		
		1996	1997	1998
N0	0 kg Urea	3,2	4,7	5,5
N1	1,50 kg Urea	3,3	5,4	6,3
N2	3,00 kg Urea	3,8	5,6	6,5
		*	*	**
P0	0 kg TSP	3,4	4,9	6,0
P1	1,50 kg TSP	3,4	5,7	6,1
P2	3,00 kg TSP	3,5	5,0	6,2
		t.n.	*	t.n.
K0	0 kg KCl	3,4	4,3	6,0
K1	2,00 kg KCl	3,5	5,3	6,1
K2	4,00 kg KCl	3,4	6,1	6,1
		t.n.	*	t.n.
Mg0	0 kg Dolomit	3,6	5,6	6,2
Mg1	1,25 kg Dolomit	3,3	5,0	6,0
Mg2	2,50 kg Dolomit	3,4	5,1	6,2
		t.n.	t.n.	t.n.
LSD _{0,05}		0,3	0,5	0,3
LSD _{0,01}		0,4	0,6	0,4
CV (%)		16,3	15,7	9,6

Keterangan t.n = tidak nyata; * = nyata pada $p_{0,05}$; ** = sangat nyata pada $p_{0,10}$

Pemupukan P secara mandiri hanya berpengaruh nyata terhadap peningkatan bobot tandan dan produksi TBS pada tahun 1997. Pemupukan P pada dosis 1,5 dan 3,0 kg TSP/pohon/tahun meningkatkan bobot tandan berturut-turut sebesar 19 % dan 4 %, serta meningkatkan produksi TBS sebesar 20 % dan 5 % dibandingkan dengan pemupukan tanpa P. Respon tanaman kelapa sawit terhadap pemupukan P ini berkaitan dengan meningkatnya kadar hara P tersedia di dalam tanah sebagai akibat penambahan pupuk TSP (Lampiran 1). Pemberian pupuk P pada dosis 1,5 kg TSP/tahun dan 3,0 kg TSP/ pohon/tahun masing-masing meningkatkan kadar P tersedia di dalam tanah secara sangat nyata dari 31 ppm menjadi 171 dan 160 ppm P.

Pemupukan K secara mandiri juga berpengaruh nyata terhadap peningkatan bobot tandan dan produksi TBS. Pemupukan K pada dosis 2,0 dan 4,0 kg KCl/pohon/tahun pada 1997 tersebut meningkatkan bobot tandan berturut-turut sebesar 23 % dan 42 %, serta meningkatkan produksi kelapa sawit sebesar 24 % dan 50 %. Respon tanaman kelapa sawit yang baik terhadap pemupukan K berkaitan dengan kadar hara K di dalam tanah gambut yang relatif rendah dibandingkan dengan kapasitas tukar kation tanah gambut yang tinggi, serta berada dalam perimbangan yang tidak baik dengan kadar Ca dan Mg yang umumnya tergolong tinggi.

Tabel 4. Pengaruh pemupukan N, P, K, dan Mg terhadap produksi TBS

Perlakuan	Dosis pupuk (kg/pohon/tahun)	Produksi kelapa sawit (kg TBS/pohon)		
		1996	1997	1998
N0	0 kg Urea	47,6	69,8	72,5
N1	1,50 kg Urea	58,8	86,1	99,7
N2	3,00 kg Urea	66,8	90,8	103,9
		*	*	**
P0	0 kg TSP	56,6	75,7	88,5
P1	1,50 kg TSP	56,2	91,2	91,5
P2	3,00 kg TSP	60,3	79,8	96,1
		t.n.	*	t.n.
K0	0 kg KCl	56,3	65,9	88,5
K1	2,00 kg KCl	59,2	81,7	92,6
K2	4,00 kg KCl	57,7	99,0	95,0
		t.n.	*	t.n.
Mg0	0 kg Dolomit	59,7	86,8	93,1
Mg1	1,25 kg Dolomit	55,9	79,3	88,2
Mg2	2,50 kg Dolomit	57,5	80,5	94,9
		t.n.	t.n.	t.n.
LSD _{0,05}		5,8	12,2	10,3
LSD _{0,01}		7,7	16,3	13,8
CV (%)		18,2	26,6	20,4

Keterangan t.n = tidak nyata; * = nyata pada p_{0,05}; ** = sangat nyata pada p_{0,10}

Kadar K dapat dipertukarkan pada perlakuan tanpa pemupukan K sebesar 1,79 me K/100 g tanah atau hanya sebesar 1,3 % terhadap kapasitas tukar kation tanah, dengan nisbah K/Ca/Mg sebesar 6/64/30 (Lampiran 1). Hal ini menjadi penyebab sering dijumpainya gejala kekurangan hara K pada tanaman kelapa sawit pada tanah gambut. Hasil ini sejalan dengan penelitian Singh *et al* (13) yang melaporkan bahwa K merupakan hara makro yang paling kritis di tanah gambut sehingga diperlukan pemupukan K dengan dosis tinggi untuk menunjang pertumbuhan dan produksi kelapa sawit yang optimum. Penelitian pada gambut dalam di Malaysia menunjukkan bahwa aplikasi 6,0 kg abu janjang dan 3,0 kg KCl/pohon/tahun secara nyata meningkatkan produksi TBS hingga 76 % terhadap kontrol.

Pemupukan Mg tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah tandan, bobot tandan, serta produksi TBS meskipun kadar hara Mg di dalam tanah dan daun tergolong tinggi. Hasil serupa juga dilaporkan oleh

Chang dan Chan (1) yang menyatakan bahwa tanah gambut mengandung cukup Mg dan Ca untuk keperluan tanaman, sehingga respon tanaman terhadap aplikasi hara tersebut tidak diperoleh.

KESIMPULAN

Aplikasi urea, TSP, dan KCl masing-masing dapat meningkatkan kadar N total, P tersedia, dan K dapat dipertukarkan. Dolomit berpengaruh nyata terhadap peningkatan P tersedia, kadar Mg dan Ca dapat dipertukarkan, kejenuhan basa, serta menu-runkan kadar N total. Pemupukan N pada dosis 1,5 dan 3,0 kg urea/ pohon/tahun berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah tandan, bobot tandan dan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Pemupukan P pada dosis 1,5 kg TSP/ pohon/tahun dan pemupukan K pada dosis 2,0 kg dan 4,0 KCl/pohon/tahun hanya berpengaruh nyata terhadap peningkatan bobot tandan dan produksi TBS kelapa sawit pada tahun kedua, sedangkan pemupukan

Mg pada tanah gambut tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan produksi kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direksi PT Cisadane Sawit Raya dan Manajer Kebun Sei Tampang yang telah mendukung pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. CHANG, K.C. and C.L. CHAN. 1981. Preliminary results of an NPK and lime factorial fertiliser trial on deep peat. Proc. Int. on Oil Palm in Agricultural in the Eighties, Kuala Lumpur.
2. CHEONG, S. and NG, S.K. 1996. Copper deficiency of oil palm on peat. Proc. Malaysian. Int. Agric. Oil Palm Conf. Kuala Lumpur.
3. DOLMAT, M.T., A.H. HASAN and Z. Z. ZAKARIA. 1982. Development of peat for oilpalm planting in Malaysia - Johor Barat Agricultural Project as a case study. PORIM Bull. 5 (2) : 1-17.
4. HARDJOWIGENO, S. 1989. Sifat-sifat dan potensi tanah gambut Sumatera untuk pengembangan pertanian. Prosiding Seminar Tanah Gambut Untuk Perluasan Pertanian. Fakultas Pertanian UISU. Medan. 309 p.
5. JAMAN, O and H.S. KUEH. 1996. Oil palm research and development on peat soil in Sarawak. 1996 Seminar on Prospect of Oil Palm Planting on Peat in Sarawak. The Golden Hope Opportunity. Sibu, Sarawak. Malaysia. 10 p.
6. JOSEPH, K.T., S. HUSSEIN and C.S. WILLIAM. 1970. Assessing the nutrient status of peat soil from the Klang area. Mal. Agric. J.47 (3): 10-17.
7. NG, S.K. and TAN Y.P. 1974. Nutritional complexes of oil palm planted on peat soil in Malaysia. I. Foliar symptoms, nutritional composition and yield. Oleagineux 29, 1-14.
8. NG, S.K., Y.P. TAN., E. CHAN and S.P. CHEONG. 1974. Nutritional complexes of oil palm planted on peat soil in Malaysia. II. Preliminary results of copper sulphate treatments. Oleagineux 29 (3): 445-456.
9. PANGUDIYATNO, G. 1984. Potensi gambut bagi tanaman perkebunan. Menara Perkebunan 52(4a): 113-118.
10. PANGUDIYATNO, G. 1987. Tanaman kelapa sawit di tanah gambut. Bul. Perkebunan. 8 (1): 5-15.
11. PURBA, P. dan A. U. LUBIS. 1987. Prospek tanah gambut untuk tanaman kelapa sawit di Indonesia. International Peat Soceity. Yogyakarta. 12 p.
12. SINGH, G. 1987. Zinc nutrition of oil palms n peat soils. Proc. of 1987 Int. Oil Palm/ Palm Oil Conf. Kuala Lumpur, Malaysia. 738 p.
13. SINGH, G., T.Y. PAU, C.V. R. PADMAN, and L.F. WAH. 1987. Experiences on the cultivation and management of oil palms on deep peat in United Plantations Berhad. The Planter, 63(733):143-159.
14. VON UEXKULL, H.R and T.H. FAIRHURST. 1991. The oil palm. IPI-Buletin.12. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 79 p.
15. WIDJAYA-ADHI, IPG. 1988. Physical and chemical characteristics of peat soils of Indonesia. IARD Journal, 10 (3): 59-64.

Lampiran 1. Hasil analisis tanah pada perlakuan pemupukan N, P, K, dan Mg pada tanaman kelapa sawit di lahan gambut.

Perlakuan	Dosis pupuk (kg/pohon/tahun)	pH Tanah	C-organik (%)	N total (%)	Nisbah C/N	P-Bray II (ppm)	Kat. tukar (me/100g)			K.T.K. (me/100g)	K.B. (%)
							K	Ca	Mg		
N0	0 kg urea	3,98	34,89	1,63	21,51	129	4,76	17,10	7,50	145,31	21
N1	1,50 kg urea	4,06	33,63	1,86	18,42	119	3,09	19,01	7,86	147,64	20
N2	3,00 kg urea	4,10	34,56	1,70	20,07	120	3,98	16,99	9,17	141,24	22
		t.n.	t.n.	*	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	
P0	0 kg TSP	4,17	35,61	1,82	20,52	31	5,07	17,97	9,75	147,28	23
P1	1,50 kg TSP	4,01	33,54	1,69	20,06	171	2,97	19,50	7,76	138,22	22
P2	3,00 kg TSP	3,96	34,43	1,68	20,42	160	2,79	15,63	7,03	148,70	18
		t.n.	t.n.	*	*	*	t.n.	t.n.	t.n.	t.n.	
K0	0 kg KCl	4,15	33,64	1,72	20,23	129	1,79	20,04	9,56	140,29	23
K1	2,00 kg KCl	3,90	35,12	1,75	20,38	118	4,43	17,01	6,71	148,96	19
K2	4,00 kg KCl	4,09	34,42	1,72	20,38	121	5,61	16,05	8,27	144,94	21
		t.n.	t.n.	*	t.n.	t.n.	**	t.n.	t.n.	t.n.	
Mg0	0 kg dolomit	3,78	34,77	1,84	19,25	69	4,17	13,91	3,99	145,22	15
Mg1	1,25 kg dolomit	4,17	33,69	1,71	20,14	140	3,88	18,56	9,10	138,96	23
Mg2	2,50 kg dolomit	4,19	34,63	1,64	21,60	158	3,77	20,62	11,44	150,01	25
		t.n.	t.n.	*	t.n.	t.n.	**	t.n.	**	t.n.	*

The increase of oil palm production on peat soil by N, P, K, and Mg fertilizers application

Sugiyono, R. Sukarji, and Edy Sigit Sutarta

Abstract

Fast development of oil palm plantation has caused the decrease of mineral soil that is suitable for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), so that peat soil has become an important alternative for oil palm development. Peat soil has different chemical properties from mineral soil, so it is estimated that oil palm planted at peat soils required different kind and doses of fertilizers compared to the oil palm growth on mineral soils. Factorial experiment with 3⁴ N, P, K, Mg has been conducted on 1996 – 1998 in Sei Tampang estate, PT. Cisadane Sawit Raya to study the type and dose of fertilizers required for growth and production of the oil palm on peat soil. Treatments used were 0; 1.5; 3.0 kg urea/palm/year, 0; 1.5; 3.0 kg TSP/palm/year, 0; 2.0; 4.0 kg KCl/palm/year, and 0; 0.75; 1.50 kg dolomite/palm/year. Result showed that nitrogen application significantly increased number of bunch, bunch weight, and fresh fruit bunch yield. Phosphorus and potassium application only increased bunch weight and fresh fruit bunch on 1997, while the application of magnesium did not affect oil palm production significantly. Those good responses of N, P, and K application related to the high C/N ratio, and low available P and exchangeable K of peat soil.

Key words : *Elaeis guineensis*, peat soil, fertilization

Introduction

Peat land in Indonesia reaches 27 million ha spreading out mostly in Sumatra, Kalimantan, Sulawesi and Irian Jaya (4). Therefore, peat land is a great natural resources for agricultural activities. So far, the use of peat land for perennial crop was limited only for oil palm cultivation (9). The decrease in mineral land availability which is suitable for oil palm cultivation has caused peat soil become one of the important soils for oil palm development in the near future.

Peat land classified as a marginal land due to its poor physical, chemical, and drainage properties (4, 6, 15). Low soil acidity with the pH 3,0 - 4,5; low macronutrients such as N, P, K, Ca, Mg and micronutrients such as B, Cu, and Zn, and high cation exchange capacity (CEC) with

low total cation become limiting factors for oil palm growth and production in peat soil (3, 5, 7, 11, 12). Result of field observation showed that oil palm on peat soil often shows nutrient deficiencies such as peat yellows caused by K shortage (8), and mid-crown chlorosis caused by Cu deficiency (2). Therefore the success of planting depends on the fertilizer inputs and the proper water management (13). That condition caused low oil palm productivity in peat soil. The average of oil palm production on shallow peat soil observed for 13 years was 15 ton FFB/ha/year (10). Several efforts need to be studied in order to increase oil palm productivity in peat soil, especially the application of macronutrients such as N, P, K, Mg, and micronutrients such as B, Cu, and Zn. The experiment was conducted to study the effect of fertilizer application, especially N, P, K,

and Mg on oil palm productivity in peat soil.

Materials and Methods

The experiment was conducted on 4 m depth of *Typic Troposaprist* soil in Sei Tampang estate, PT. Cisadane Sawit Raya, District Labuhan Batu, North Sumatra, by using D x P planting material planted on 1992. The layout of the experiment was 3⁴ factorial design with four fertilizers and 3 levels of fertilizer dosages, i.e. 0 kg, 1.5 kg, 3.0 kg urea/palm/year, 0; 1.5; 3.0 kg TSP/palm/year, 0; 2.0; 4.0 kg KCl/palm/year, and 0; 1.25; 2.50 kg dolomite/palm/year. The observation was conducted for 3 years, from 1996 to 1998.

Each plot consisted of 25 palms, 9 palms as observation trees and 16 palms as guard trees. The observation was carried out on number of bunch, bunch weight, FFB production, the change of leaf nutrient content (N, P, K, Ca, Mg, and Cl) collected from leaf-17, change of soil chemical properties such as soil pH, C-organic, N-total, C/N ratio, P-available, exchangeable cations (K, Ca, Mg), CEC, and total bases. Soil analysis was done at the end of the experiment, while leaf analysis was conducted every year. FFB production was observed every week.

Results and Discussion

Soil analysis

Result on soil analysis conducted at the end of 1998 showed that there was no significant effect of N, P, K, Mg interaction on the soil properties (Appendix 1). Urea application significantly increased total N in the soil. Phosphorus application

significantly increased the availability of P in the soil. Potassium application increased exchangeable K, while dolomite application containing 18 % MgO and 30 % CaO was able to increase exchangeable Mg and Ca significantly, base saturation, and P available in the soil.

C/N ratio of the soil was still high, around 20, which reflects non-availability of organic N of the peat soil for plant uptake. As a consequence, part of nitrogen applied to the soil would be immobilized by microorganisms and used for peat decomposition. The CEC of peat soil was very high, about 140 - 150 me/100 g soil so that the application of K and Mg to the peat soil did not significantly increase soil bases saturation. The increase of the exchangeable Mg and Ca due to dolomite application significantly increased base saturation. Nonetheless, the percentage of base saturation after fertilizers application was still low, less than 25 %.

Leaf analysis

Leaf analysis at the end of the experiment showed that the N, P, K, Mg interaction did not show significant effect on leaf nutrient content. The application of N fertilizer did not show significant effect on the increase of leaf N content but affected Mg content significantly (Table 1). In addition, the application of P did not show any effect on P nutrient content, but it decreased K and increased Cl in the palm leaves. It was suspected that the increase of Cl was due to acidulation of rock phosphate as raw material for TSP. In such case, TSP presumably contained high Cl. Potassium application increased K and Cl significantly, but decreased Ca in the oil palm leaves. However, the application of

dolomite did not show significant change on Mg and other leaves nutrients.

The decrease of Ca content due to the potassium application showed the antagonistic relationship between K and Ca. The potassium application tends to decrease Mg content in the leaves but it was not different significantly. There was no logic explanation about the decrease of Mg as a result of N fertilizer application, and the decrease of leaf K content due to P application.

The status of nitrogen and potassium leaf content due to N, P, K, and Mg applications in general was low, only about 2.46 – 2.48 % N and 0.79 – 0.85 % K, while the status of leaf P was normal, about 0.151 – 0.154 % P (14). The status of leaf calcium content was normal to high, about 0.69 – 0.77 % Ca. Magnesium leaf content of the oil palm in peat soil was high, about 0.49 – 0.53 % Mg, which was higher than 0.25 % of mineral soil.

Table 1. Single effect of N, P, K, and Mg fertilizers on palm leaf nutrient content

Treatment	Dosage (kg/palm/year)	Leaf nutrient (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
N0	0 kg Urea	2.45	0.151	0.82	0.73	0.53
N1	1.50 kg Urea	2.48	0.151	0.80	0.75	0.50
N2	3.00 kg Urea	2.48	0.154	0.81	0.73	0.49
		ns	ns	ns	ns	*
P0	0 kg TSP	2.47	0.151	0.84	0.71	0.50
P1	1.50 kg TSP	2.46	0.153	0.82	0.74	0.51
P2	3.00 kg TSP	2.47	0.154	0.79	0.75	0.51
		ns	ns	*	ns	ns
K0	0 kg KCl	2.49	0.154	0.79	0.77	0.52
K1	2.00 kg KCl	2.47	0.151	0.85	0.69	0.50
K2	4.00 kg KCl	2.45	0.151	0.80	0.65	0.50
		ns	ns	*	*	ns
Mg0	0 kg Dolomite	2.46	0.151	0.84	0.72	0.51
Mg1	1.25 kg Dolomite	2.47	0.154	0.80	0.73	0.49
Mg2	2.50 kg Dolomite	2.47	0.151	0.80	0.75	0.51
		ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}		0.04	0.005	0.04	0.05	0.03
LSD _{0.01}		0.05	0.007	0.05	0.07	0.04
CV (%)		2.63	6.10	8.48	12.27	10.77
						11.41

* = significantly different at 5 % LSD test; ns = not significant.

Oil palm production

The interaction of N, P, K, and Mg did not show significant effect on the number of bunch, bunch weight, and FFB production. Nitrogen fertilization showed significant effect on number of bunch, bunch weight, and FFB yield (Table 2 – 4). Nitrogen applied at 1.5 kg urea/palm/year increased 8-19 % of number of bunch, 10-19 % of bunch weight, and 23-38 % of FFB compared to the palm without N application. There was no different effect of

N applied at 1.5 or 3.0 kg urea/palm/year on the oil palm yield.

High response of N fertilization on the oil palm production was caused by low availability of N in peat soil although peat soil contains high N-total. Most nitrogen of peat soil was still in the organic form, which was indicated by high C/N ratio (about 20) of the peat soil in. The N-total content normally was high but the available fraction was very low due to high of C/N ratio, being less than 1 % of the N-total.

The application P only affected bunch weight and FFB production significantly on 1997. Application of 1.5 kg and 3.0 kg TSP/palm/year increased 19 % and 4 % bunch weight, respectively. It also increased 20 % and 5 % of FFB, respectively. This response of oil palm was due to

the increase of phosphorus availability in the soil (Appendix 1). The application of 1.5 kg TSP increased P availability from 31 to 171 ppm, while the application of 3.0 kg TSP increase P availability from 31 to 160 ppm.

Table 2. The single effect of N, P, K, Mg fertilizers on number of bunch

Treatment	Dosage (kg/palm/year)	Number of bunch		
		1996	1997	1998
N0	0 kg Urea	15.3	14.8	13.3
N1	1.50 kg Urea	17.3	16.0	15.8
N2	3.00 kg Urea	18.2	16.3	15.9
	*	*	*	**
P0	0 kg TSP	16.5	15.3	14.7
P1	1.50 kg TSP	17.6	15.8	15.0
P2	3.00 kg TSP	16.9	16.2	15.3
	ns	ns	ns	
K0	0 kg KCl	16.3	15.3	14.5
K1	2.00 kg KCl	17.6	15.5	15.0
K2	4.00 kg KCl	16.9	16.2	15.4
	ns	ns	ns	
Mg0	0 kg Dolomite	16.8	15.6	15.0
Mg1	1.25 kg Dolomite	17.0	16.0	14.7
Mg2	2.50 kg Dolomite	17.1	15.5	15.3
	ns	ns	ns	
LSD _{0.05}		1.3	1.22	1.3
LSD _{0.01}		1.8	1.63	1.7
CV (%)		14.2	14.09	15.8

*, ** = significantly different at 5 %, 1% LSD test; ns = non significant

Table 3. The single effect of N, P, K, Mg fertilizers on oil palm bunch weight

Treatment	Dosage (kg/palm/year)	Bunch weight (kg/bunch)		
		1996	1997	1998
N0	0 kg Urea	3.2	4.7	5.5
N1	1.50 kg Urea	3.3	5.4	6.3
N2	3.00 kg Urea	3.8	5.6	6.5
	*	*	*	**
P0	0 kg TSP	3.4	4.9	6.0
P1	1.50 kg TSP	3.4	5.7	6.1
P2	3.00 kg TSP	3.5	5.0	6.2
	ns	*	*	ns
K0	0 kg KCl	3.4	4.3	6.0
K1	2.00 kg KCl	3.5	5.3	6.1
K2	4.00 kg KCl	3.4	6.1	6.1
	ns	*	*	ns
Mg0	0 kg Dolomite	3.6	5.6	6.2
Mg1	1.25 kg Dolomite	3.3	5.0	6.0
Mg2	2.50 kg Dolomite	3.4	5.1	6.2
	ns	ns	ns	
LSD _{0.05}		0.3	0.5	0.3
LSD _{0.01}		0.4	0.6	0.4
CV (%)		16.3	15.7	9.6

*, ** = significantly different at 5 %, 1% LSD test; ns = non significant

Table 4. The single effect of N, P, K, Mg fertilizers on FFB yield

Treatment	Dosage (kg/palm/year)	Production (kg FFB/palm)		
		1996	1997	1998
N0	0 kg Urea	47,6	69,8	72,5
N1	1.50 kg Urea	58,8	86,1	99,7
N2	3.00 kg Urea	66,8	90,8	103,9
		*	*	**
P0	0 kg TSP	56,6	75,7	88,5
P1	1.50 kg TSP	56,2	91,2	91,5
P2	3.00 kg TSP	60,3	79,8	96,1
		ns.	*	ns
K0	0 kg KCl	56,3	65,9	88,5
K1	2.00 kg KCl	59,2	81,7	92,6
K2	4.00 kg KCl	57,7	99,0	95,0
		ns.	*	ns
Mg0	0 kg Dolomite	59,7	86,8	93,1
Mg1	1.25 kg Dolomite	55,9	79,3	88,2
Mg2	2.50 kg Dolomite	57,5	80,5	94,9
		ns	ns	ns
LSD _{0.05}		5,8	12,2	10,3
LSD _{0.01}		7,7	16,3	13,8
CV (%)		18,2	26,6	20,4

* ** = significantly different at 5 %, 1% LSD test; ns = non significant.

Potassium fertilization increased bunch weight and FFB significantly. Compared to those without K application, the application of 2.0 and 4.0 kg KCl/palm/year on 1997 increased 23 % and 42 % of bunch weight, while FFB production increased 24 % and 50 %, respectively. Good response of potassium application on oil palm production related to low K content compared to high CEC and cation imbalance of peat soil. Exchangeable K of peat soil was about 1.79 me K/100g soil or only 1.3 % of CEC, with K/Ca/Mg ratio around 6/64/30 (Appendix 1). Those characteristics are the main reason of K deficiency on the oil palm in peat soil. This result agrees with Singh *et al.* (13) who found that potassium is the most critical macronutrient in peat soil so that application of high dose potassium is needed to support an optimum growth and yield of oil palm. The experiment on deep peat in Malaysia showed that the application of 6.0 kg bunch ash and 3.0 kg muriate

of potash per palm per year significantly increased FFB production by 76 % over the control.

The application of Mg fertilizer did not significantly affect to the number of bunch, bunch weight, and FFB production although Mg content in leaves and soil was high. The similar result has been stated by Chang and Chan (1), where there is adequate Mg and Ca in the peat to meet palm requirements and generally no response are obtained to these nutrients.

Conclusions

The application of urea, TSP, and KCl increased N total, P available, and exchangeable K respectively. Dolomite application increased P-available, exchangeable Mg, exchangeable Ca, and base saturation, but decreased N-total. Nitrogen application significantly increased number of bunch, bunch weight, and FFB yield. The application of 1.5 kg TSP/palm/year, 2.0

kg and 4 kg KCl only increased bunch weight and FFB on 1997, while the application of Mg did not affect oil palm production significantly.

Acknowledgement

We wish to thank the Director of PT Cisadane Sawit Raya and the Manager of Sei Tampang estate, who support us in conducting this experiment.

References

1. CHANG, K.C., and C.L. CHAN. 1981. Preliminary results of an NPK and lime factorial fertiliser trial on deep peat. Proc. Int. on Oil Palm in Agricultural in the Eighties. Kuala Lumpur.
2. CHEONG,S and NG, S.K. 1996. Copper deficiency of oil palm on peat. Proc. Malaysian. Int. Agric. Oil Palm Conf. Kuala Lumpur.
3. DOLMAT, M.T., A.H. HASAN and Z. Z. ZAKARIA. 1982. Development of peat for oil palm planting in Malaysia - Johor Barat Agricultural Project as a case study. PORIM Bull. 5 (2) : 1-17.
4. HARDJOWIGENO, S. 1989. Sifat-sifat dan potensi tanah gambut Sumatera untuk pengembangan pertanian. Prosiding Seminar Tanah Gambut Untuk Perluasan Pertanian. Fakultas Pertanian UISU. Medan. 309 p.
5. JAMAN, O and H.S. KUEH. 1996. Oil palm research and development on peat soil in Sarawak. 1996 Seminar on Prospect of Oil Palm Planting on Peat in Sarawak. The Golden Hope Opportunity. Sibu, Sarawak. Malaysia. 10 p.
6. JOSEPH, K.T., S. HUSSEIN and C.S. WILLIAM. 1970. Assessing the nutrient status of peat soil from the Klang area. Mal. Agric. J.47 (3): 10-17.
7. NG, S.K. and TAN Y.P. 1974. Nutritional complexes of oil palm planted on peat soil in Malaysia. I. Foliar symptoms, nutritional composition and yield. Oleagineux 29, 1-14.
8. NG, S.K., Y.P. TAN., E. CHAN and S.P. CHEONG. 1974. Nutritional complexes of oil palm planted on peat soil in Malaysia. II. Preliminary results of copper sulphate treatments. Oleagineux 29 (3): 445-456.
9. PANGUDIYATNO, G. 1984. Potensi gambut bagi tanaman perkebunan. Menara Perkebunan 52(4a): 113-118.
10. PANGUDIYATNO, G. 1987. Tanaman kelapa sawit di tanah gambut. Bul. Perkebunan. 8 (1): 5-15.
11. PURBA, P dan A. U. LUBIS. 1987. Prospek tanah gambut untuk tanaman kelapa sawit di Indonesia. International Peat Soceity. Yogyakarta. 12 p.
12. SINGH, G. 1987. Zinc nutrition of oil palms n peat soils. Proc. of 1987 Int. Oil Palm/ Palm Oil Conf. Kuala Lumpur, Malaysia. 738 p.
13. SINGH, G., T.Y. PAU, C.V. R. PADMAN, and L.F. WAH. 1987. Experiences on the cultivation and management of oil palms on deep peat in United Plantations Berhad. The Planter, 63(733):143-159.
14. VON UEXKULL, H.R. and T.H. FAIRHURST. 1991. The oil palm. IPI-Buletin.12. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 79 p.
15. WIDJAYA-ADHI, IPG. 1988. Physical and chemical characterristics of peat soils of Indonesia. IARD Journal, 10 (3): 59-64.

ooOoo

Appendix 1. Soil properties after the application of N, P, K, and Mg fertilizers on peat soil

Treatment	Dosage (kg/palm/yr.)	Soil pH	C-organic (%)	N total (%)	C/N ratio	P-available (ppm)		Exchangeable cation (me/100g)		CEC (me/100g)	BS (%)
						K	Ca	Mg			
N0	0 kg Urea	3.98	34.89	1.63 a	21.51	129	4.76	17.10	7.50	145.31	21
N1	1.50 kg Urea	4.06	33.63	1.86 b	18.42	119	3.09	19.01	7.86	147.64	20
N2	3.00 kg Urea	4.10	34.56	1.70 a	20.07	120	3.98	16.99	9.17	141.24	22
P0	0 kg TSP	4.17	35.61	1.82 b	20.52	31 A	5.07	17.97	9.75	147.28	23
P1	1.50 kg TSP	4.01	33.54	1.69 ab	20.06	171 B	2.97	19.50	7.76	138.22	22
P2	3.00 kg TSP	3.96	34.43	1.68 a	20.42	160 B	2.79	15.63	7.03	148.70	18
K0	0 kg KCl	4.15	33.64	1.72	20.23	129	1.79 A	20.04	9.56	140.29	23
K1	2.00 kg KCl	3.90	35.12	1.75	20.38	118	4.43 B	17.01	6.71	148.96	19
K2	4.00 kg KCl	4.09	34.42	1.72	20.38	121	5.61 B	16.05	8.27	144.94	21
Mg0	0 kg Dolomite	3.78	34.77	1.84 b	19.25	69 a A	4.17	13.91 a	3.99 A	145.22	15 a
Mg1	1.20 kg Dolomite	4.17	33.69	1.71 ab	20.14	140 b AB	3.88	18.56 ab	9.10 B	138.96	23 b
Mg2	2.40 kg Dolomite	4.19	34.63	1.64 a	21.60	158 b B	3.77	20.62 b	11.44 BC	150.01	25 b

* Numbers followed by the different letters show a significant difference at 5 or 1% LSD test.

ns = not significant ; CEC = cation exchange capacity; BS= base saturation