

KANDUNGAN BAHAN ORGANIK DAN BEBERAPA SIFAT FISIK TANAH SAWAH PADA POLA TANAM PADI-PADI DAN PADI SEMANGKA

Erwita Pardosi^{1*}, Jamilah² dan Kemala Sari Lubis²

¹Alumnus Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian USU, Medan 20155

²Staf Pengajar Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian USU, Medan 20155

*Corresponding author : E-mail :erwitapardosi@rocketmail.com

ABSTRACT

Most of farmers using crop rotation of rice- watermelon to residuemanure straws from harvested rice at Air Hitam Village, Lima Puluh Distric. The research was conducted to study some physical characteristics and soil organic matter at two crop rotation (rice – rice and rice - watermelon). The samples were taken at 0 – 20 cm soil depth and at there plots each crop rotation. The parameters of soil measured were temperature, total porosity, bulk density, permeability and organic matter. The result showed that all parameters were not different significantly between crop rotation of rice – rice and rice – watermelon except soil temperature.

Keywords: :organic matter, physical properties, crop rotation

ABSTRAK

Banyak petani yang telah menerapkan pola tanam padi – semangka di Desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batubara dengan memanfaatkan jerami dari panen padi sebelumnya. Penelitian ini menganalisis kandungan bahan organik dan beberapa sifat fisik tanah sawah pada dua pola tanam (padi – padi dan padi - semangka). Contoh tanah diambil pada kedalaman 0 – 20 cm pada setiap areal pada pola tanam tersebut. Parameter tanah yang dianalisis yaitu suhu tanah, total ruang pori, kerapatan isi, permeabilitas dan bahan organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara pola tanam padi – padi dan padi – semangka untuk semua parameter yang diamati kecuali suhu tanah.

Kata Kunci: bahan organik, sifat fisik, pola tanam

PENDAHULUAN

Selama proses pembentukan sawah, sifat fisik tanah mengalami banyak perubahan. Proses reduksi dan oksidasi merupakan proses- proses utama yang dapat mengakibatkan perubahan baik sifat mineral, kimia, fisika, dan biologi tanah (Prasetyo et al. 2004). Perubahan sifat fisik tanah juga banyak dipengaruhi oleh terjadinya iluviasi dan atau eluviasi bahan kimia atau partikel tanah akibat proses pelumpuran dan perubahan drainase (Hardjowigeno et al. 2004).

Sifat fisik tanah merupakan faktor yang bertanggung jawab terhadap pengangkutan udara, panas, air dan bahan terlarut dalam tanah. Sifat fisik tanah sangat bervariasi pada tanah tropis.

Beberapa sifat fisik tanah dapat berubah dengan pengolahan seperti temperatur tanah, permeabilitas, kepekaan terhadap aliran permukaan (run-off), dan erosi, kemampuan mengikat air dan menyuplai air untuk tanaman (Damanik et al. 2010). Sistem usaha tani monokultur pangan pada lahan kering secara terus-menerus akan mengakibatkan terganggunya keseimbangan biologi dan kimianya. Pergantian aerobik dan anaerobik pada lahan sawah merupakan satu kontrol alami yang efektif mengendalikan keseimbangan biologi dan nonbiologi (Agus et al. 2004).

Permasalahan yang umumnya dihadapi di lahan sawah adalah ketersediaan air, sehingga petani menghadapi kendala untuk bertanam padi dua kali setahun. Lahan sawah yang kering biasanya diberakan oleh petani. Agar pendapatan petani meningkat, seyogyanya lahan ini dapat dimanfaatkan dengan penanaman semangka setelah panen padi sawah (BPTP Sumatera Barat, 2011)

Pengembangan intensifikasi palawija dan hortikultura perlu dilakukan secara simultan dan terpadu dengan budidaya tanaman padi. Palawija umumnya diusahakan dalam bentuk pergiliran tanaman di lahan sawah tada hujan dan sawah pengairan. Perluasan intensifikasi palawija dan hortikultura harus dilaksanakan dengan perluasan areal padi. Pengembangan pola usaha tani perlu dilakukan secara rasional dan dinamis dengan mempertimbangkan perubahan faktor lingkungan. Produksi tanaman pada lahan basah banyak dipengaruhi oleh tersedianya air irigasi dan hujan, jenis tanah, kemampuan lahan dan teknologi pertanian. Penyediaan air irigasi secara rutin dalam interval waktu tertentu dalam mendukung pengembangan palawija dan sayuran sebagai komponen penting penyusun pola tanam (Saptana et al. 2004)

Sistem pertanaman bergilir, yaitu sistem pertanaman padi- semangka telah banyak diterapkan oleh petani di Desa Air Hitam. Dengan sistem pertanaman padi- semangka diharapkan pendapatan petani akan meningkat. Setelah lahan sawah yang ditanami padi sawah panen maka selanjutnya lahan akan ditanami dengan semangka. Melalui sistem pertanaman padi semangka maka efisiensi penggunaan air dapat ditingkatkan, karena tanaman semangka merupakan tanaman

yang tidak membutuhkan banyak air dalam pertumbuhannya. Dengan demikian persediaan air untuk musim tanam padi berikutnya lebih terjamin.

Jerami padi yang semula dibuang dari areal persawahan atau dibakar oleh petani setelah panen padi dapat dimanfaatkan sebagai mulsa untuk pertanaman semangka. Disamping melembabkan tanah, maka mulsa jerami padi juga dapat menambah kandungan bahan organik tanah, yang bermanfaat bagi tanaman yang dibudidayakan di lahan sawah.

Adanya perbedaan pola tanam dan perbedaan lama penggenangan mengakibatkan perbedaan sifat-sifat tanah sawah. Sifat tanah sawah berubah setiap musim karena penggunaan tanah yang berbeda. Sifat tanah pada saat ditanami padi (basah) berbeda dengan waktu ditanami palawija (kering) (Hardjowigeno et al. 2005). Salah satu daerah yang telah menerapkan sistem pertanaman padi- semangka pada lahan sawah adalah Desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batu Bara. Oleh karena itu, peneliti ingin mengetahui perubahan sifat fisik pada tanah sawah dengan sistem pertanaman padi- semangka.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian terletak di desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batubara dengan letak geografis $099^{\circ}49'94'' - 099^{\circ}50'24''$ BT dan $03^{\circ}22'50'' - 03^{\circ}22'66''$ LU pada ketinggian tempat ± 14 m diatas permukaan laut. Pengamatan di lapangan dan analisis tanah di Laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara Medan pada bulan Mei sampai November 2012. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah peta lokasi penelitian skala 1 : 50000, sampel tanah sawah, dan bahan kimia yang dibutuhkan dalam analisis kandungan bahan organik dan sifat fisik tanah sawah. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *ring sampel* untuk mengambil sampel tanah pada kedalaman 0 – 20 cm, tensiometer untuk mengukur tegangan air tanah, termometer tanah untuk mengukur suhu tanah, tensiometer untuk mengukur tekanan air tanah, GPS (*Global Possition System*) untuk mengetahui titik koordinat pengambilan sampel tanah,

serta alat-alat laboratorium yang mendukung dalam penelitian ini. Metode yang digunakan adalah metode survei sistem bebas pada lahan sawah dengan pola tanam padi semangka dan lahan tanpa pergiliran tanaman sebagai pembanding untuk mengkaji perubahan kandungan bahan organik dan beberapa sifat fisik tanah sawah dengan pola tanam tersebut di Desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batubara. Parameter yang diukur adalah kandungan bahan organik tanah (%) metode Walkey and Black, suhu tanah (°C) dengan menggunakan termometer tanah, tegangan air Tanah (mm) dengan menggunakan tensiometer, kerapatan isi tanah (g/ cc) dengan menggunakan *ring sampel*, total ruang pori tanah (TRP) dengan menggunakan *ring sampel*, permeabilitas tanah (cm/ jam) metode *ring sampel* dan diambil pada akhir panen padi dan semangka.

Adapun uji statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji-t untuk membandingkan dua perlakuan, dimana:

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}} \text{ atau } t = \frac{|\bar{A} - \bar{B}|}{S_{(\bar{A} - \bar{B})}} \text{ dengan:}$$

\bar{A} : Lahan dengan pola tanam padi- padi

\bar{B} : Lahan dengan pola tanam padi- semangka

\bar{d} : Selisih antara A dan B

$S_{\bar{d}}$: galat baku dari nilai tengah antara A dan B

$S_{(\bar{A}-\bar{B})}$: galat baku dari nilai tengah antara A dan B

Hipotesis:

$$H_0 : \bar{A} = \bar{B} \text{ atau } \bar{A} - \bar{B} = \mu_{\bar{d}}$$

$$H_1 : \bar{A} \neq \bar{B} \text{ atau } \bar{A} - \bar{B} \neq 0$$

Apabila $t_{\text{hitung}} < t_{0,05}$ ————— H_0 diterima

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan Organik Tanah

Kandungan bahan organik tanah pada lahan sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan pola tanam padi- semangka (B) dapat dilihat pada Tabel 1 .

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa rataan kandungan bahan organik pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) lebih rendah daripada rataan kandungan bahan organik pada tanah sawah dengan pola tanam padi- semangka (B). Hal ini diakibatkan oleh karena, pada pola tanam B sebagian jerami padi sisa panen padi digunakan sebagai mulsa pada pertanaman semangka di musim tanam berikutnya. Namun, perbedaan rataan kandungan bahan organik tersebut setelah dianalisis menggunakan analisis data uji- t menunjukkan bahwa kandungan bahan organik tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Tabel 1. Kandungan bahan organik (%) pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan padi- semangka (B).

No Sampel	Bahan Organik (%)		d= A-B
	Padi-Padi(A)	Padi- Semangka (B)	
1.	1,63	1,43	0,21
2.	1,75	1,82	-0,07
3.	1,63	1,89	-0,26
4.	2,15	2,48	-0,33
5.	2,55	2,60	-0,05
6.	2,08	1,50	0,58
7.	1,89	2,08	-0,19
8.	1,31	2,48	-1,17
9.	1,50	2,29	-0,79
10.	1,89	1,82	0,07
Total	18,39	20,38	-2,00
Rata- Rata	1,84	2,04	-0,20

Menurut Calegariet *al.* (2011) pada lahan di Brazil pada rotasi gandum dengan kedelai dan jagung yang dibandingkan dengan lahan tanpa rotasi diperoleh bahwa dari 13 – 24% karbon organik tanah secara fisik dapat melindungi tanah dari biodegradasi karena lokasinya yang berada di mikroagregat tanah. Meskipun tidak nyata hasil penelitian menunjukkan bahwa ada peningkatan kandungan bahan organik pada pola tanam padi – semangka. Hal ini diperoleh dari dekomposisi jerami terjadi selama pertumbuhan semangka berlangsung.

Suhu Tanah

Suhu tanah pada lahan sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan pola tanam padi- semangka (B) dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa rataan suhu tanah pada lahan sawah dengan pola tanam padi-padi (A) lebih tinggi dibandingkan dengan pola tanam padi- semangka (B). Berdasarkan analisis menggunakan uji-t menunjukkan bahwa suhu tanah berbeda nyata pada taraf 5%. Hal ini karena pada pola tanam padi - semangka, tanah dinaungi oleh tanaman semangka yang menjalar di atas tanah dan dengan adanya mulsa jerami padi dari sisa panen sebelumnya yang diterapkan oleh petani sehingga radiasi matahari terjadi tidak secara langsung terhadap permukaan tanah.

Tabel 2. Suhu tanah (°C) pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan padi- semangka (B).

No Sampel	Suhu Tanah (°C)		d= A-B
	Padi-Padi(A)	Padi- Semangka (B)	
1.	26,00	26,00	0,00
2.	26,00	26,00	0,00
3.	26,00	25,00	1,00
4.	26,00	25,50	0,50
5.	25,00	25,00	0,00
6.	23,00	23,00	0,00
7.	24,00	23,50	0,50
8.	26,00	24,50	1,50
9.	26,00	25,00	1,00
10.	26,00	26,00	0,00
Total	254,00	249,50	4,50
Rata- Rata	25,40	24,95	0,45

Tegangan Air Tanah

Tegangan air tanah pada lahan sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan pola tanam padi- semangka (B) dapat dilihat pada Tabel 3berikut.

Tabel 3. Tegangan air (mm) tanah pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan padi- semangka (B).

No Sampel	Tegangan Air (mm)		d= A-B
	Padi-Padi(A)	Padi- Semangka (B)	
1.	102.02	51.01	51,01
2.	153.02	51.01	102,02
3.	102.02	51.01	51,01
4.	153.02	306.05	-153,02
5.	51.01	51.01	0,00
6.	153.02	306.05	-153,02
7.	102.02	153.02	-51,01
8.	102.02	153.02	-51,01

9.	153.02	102.02	51,01
10.	204.03	255.04	-51,01
Total	1275.20	1479.23	-204,03
Rata- Rata	127.52	147.92	-20,40

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa rataan tegangan air pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) lebih rendah dibandingkan dengan pada pola tanam padi- semangka (B). Berdasarkan analisis menggunakan uji-t menunjukkan bahwa tegangan air tanah tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Tegangan air tanah pada pola tanam padi – semangka lebih tinggi dibandingkan dengan pada pola tanam padi – padi. Artinya bahwa kondisi lahan pada pola tanam padi – semangka lebih kering karena pada saat pertanaman semangka tidak dilakukan pengairan. Musim tanam semangka memanfaatkan kondisi berair pada lahan dari pertanaman sebelumnya dan tanaman semangka menyerap dan memanfaatkan air tersebut.

Menurut Subagyono *et al.* (2004) pengelolaan air berperan sangat penting dan merupakan salah satu kunci keberhasilan peningkatan produksi padi di lahan sawah. Produksi padi sawah akan menurun jika tanaman padi menderita cekaman air (*water stress*). Tanaman padi membutuhkan air yang volumenya berbeda untuk setiap pertumbuhannya. Dengan demikian teknik pengelolaan air perlu secara spesifik dikembangkan sesuai dengan sistem produksi padi sawah dan pola tanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alur irigasi dapat secara signifikan meningkatkan hasil tanaman palawija yang dapat dirotasikan dengan tanaman padi (Singh *et al.*,2011)

Kerapatan Isi Tanah

Kerapatan isi pada sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan sawah dengan pola tanam padi- semangka (B) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kerapatan isi (g/cc) pada tanah sawah dengan pola tanam padi - padi (A) dan padi- semangka (B).

No Sampel	Kerapatan Isi (g/cc)		d= A-B
	Padi-Padi(A)	Padi- Semangka (B)	
1.	1,31	1,23	0,08
2.	1,06	1,17	-0,11
3.	1,10	1,12	-0,02
4.	1,19	1,12	0,07
5.	1,16	1,12	0,04
6.	1,23	1,21	0,02
7.	1,15	1,13	0,02
8.	1,26	1,32	-0,06
9.	1,24	1,24	0,00
10.	1,31	1,36	-0,05
Total	12,00	12,02	-0,02
Rata- Rata	1,20	1,20	0,002

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa rataan kerapatan isi pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) sama dengan pada pola tanam padi- semangka (B) dan berdasarkan analisis menggunakan uji-t menunjukkan bahwa kerapatan isi tidak berbeda nyata pada taraf 5%. Dalam penelitian Calegaria et al. (2011) di Brasil pada lahan dengan rotasi tanaman gandum dengan kedelai dan jagung dibandingkan dengan lahan tanpa rotasi tanam diperoleh bahwa kerapatan isi tanah tidak berbeda nyata .

Total Ruang Pori Tanah

Tabel 5. Total ruang pori (%) pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan padi- semangka (B).

No Sampel	Total Ruang Pori (%)		d= A- B
	Padi-Padi(A)	Padi- Semangka (B)	
1	50,64	53,49	-2,85
2	60,17	55,93	4,24
3	58,56	57,89	0,66
4	55,10	57,69	-2,59
5	56,14	57,60	-1,46
6	53,64	54,43	-0,79
7	56,74	57,48	-0,73
8	52,47	50,25	2,22
9	53,23	53,14	0,09
10	50,50	48,68	1,82
Total	547,19	546,58	0,61

Rata- Rata	54,72	54,66	0,06
------------	-------	-------	------

Tabel 5 dapat dilihat bahwa rataan total ruang pori pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) lebih tinggi dibandingkan dengan pada pola tanam padi- semangka (B) dan berdasarkan analisis menggunakan uji-t menunjukkan bahwa total ruang pori tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Pada pola tanam A diperoleh rataan total ruang pori 54,72% dan pada pola tanam B 54,66 %. Kedua nilai ini masih berada pada kondisi total ruang pori yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan literatur dari Hasibuan (2009), yang menyatakan bahwa total ruang pori yang ideal untuk pertumbuhan tanaman adalah 50% dari total volume tanah.

Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah pada lahan sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan pola tanam padi- semangka (B) dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Permeabilitas (cm/jam) pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) dan padi- semangka (B).

No Sampel	Permeabilitas (cm/jam)		d= A- B
	Padi-Padi(A)	Padi- Semangka (B)	
1.	6,13	6,08	0,05
2.	6,32	5,37	0,95
3.	6,40	8,50	-2,10
4.	7,12	9,99	-2,87
5.	6,30	6,24	0,06
6.	9,97	6,08	3,89
7.	9,89	8,60	1,29
8.	8,37	8,04	0,33
9.	7,22	8,60	-1,38
10.	9,97	9,81	0,16
Total	77,69	77,31	0,38
Rata- Rata	7,77	7,73	0,04

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa rataan permeabilitas pada tanah sawah dengan pola tanam padi- padi (A) lebih tinggi dibandingkan dengan pada pola tanam padi- semangka (B) dan berdasarkan analisis data dengan menggunakan uji-t menunjukkan bahwa permeabilitas tanah berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Dari hasil analisis permeabilitas tanah diperoleh bahwa rataan permeabilitas tanah pada lahan dengan pola tanam padi - padi (A) yaitu 7,77 lebih tinggi dibandingkan dengan rataan permeabilitas pada lahan dengan pola tanam padi- semangka (B) yaitu 7,73. Namun demikian pada lahan dengan pola tanam A dan B menurut Arsyad (1989), menunjukkan bahwa kemampuan tanah untuk meneruskan air atau udara pada berada pada kelas permeabilitas agak cepat.

Dengan adanya rotasi tanaman antara tanaman padi dengan semangka dapat membantu mengendalikan gulma, memutus siklus hama yang menyerang tanaman padi dan semangka. Younessiet al. (2007) menyatakan bahwa rotasi tanaman merupakan salah satu praktek penting dalam sistem pertanian berkelanjutan. Rotasi tanaman dapat membantu dalam mengendalikan gulma, memasok nutrisi tanah, meningkatkan kualitas tanah, dan mengurangi erosi tanah.

KESIMPULAN

Semua parameter yang diamati antara pola tanam padi – padi dan pola tanam padi – semangka tidak berbeda nyata kecuali pada suhu tanah sehingga pola tanam padi - semangka dapat diterapkan oleh petani di Desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Fahmuddin., dan Irawan. 2004. Alih Guna dan Aspek Lingkungan Lahan Sawah. *dalam* Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.
- Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.
- BPTP Sumatera Barat. 2011. Pesisir Selatan Berpeluang Kembangkan Semangka Setelah Padi Sawah. http://sumbarlitbang.deptan.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=199:pesisir-selatan-berpeluang-kembangkan-semangka-setelah-padi-sawah&catid=1:info-teknologi. [12 Maret 2012].
- Calegari. A., Rheinheimer.D., Tourdonnet S., Tessier. D., Hargrove WL., Ralisch R., Guimaraes MF., Tavares Filho. 2011. Soil Physical Properties Affected by Soil Management and Crop Rotation in a Long Term Experiment in Southern Brazil. Instituto Agronomico do Parana, Londrina, Parana. Brazil.
- Damanik, M.M.B., B.E. Hasibuan., Fauzi., Sarifuddin., H. Hanum. 2010. Kesuburan Tanah dan Pemupukan. USU Press. Medan.
- Hardjowigeno, S. dan M. L. Rayes. 2005. Tanah Sawah Karakteristik, Kondisi dan Permasalahan Tanah Sawah di Indonesia. Bayumedia Publishing. Malang.

Hardjowigeno, S., H. Subagyo, dan M. L. Rayes. 2004. Morfologi dan Klasifikasi Tanah. *dalam* Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.

Hasibuan, B. E. 2009. Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian.USU. Medan.

Prasetyo, H.P., J.S. Adiningsih, K. Subagyono, dan R. D.M. Simanungkalit. 2004. Mineralogi, Kimia, Fisika, dan Biologi Lahan Sawah. *dalam* Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.Saptana., I.W. Rusastra., H.P. Saliem., Supriati.2004. Prospek Pengembangan Pola Tanam dan Diversifikasi Tanaman Pangan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor.

Saptana., I.W. Rusastra., H.P. Saliem., Supriati.2004. Prospek Pengembangan Pola Tanam dan Diversifikasi Tanaman Pangan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor.

Singh. UP.,Singh Y., Singh. RG., Gupta. RK. 2011. Opportunities for increasing food legume production through Conservation Agriculture based resource conserving technologies in rice-wheat System. NASC Complex.New Delhi. India.

Subagyono, K., A. Dairiah., E. surmaini., dan U. Kurnia. 2004. Pengelolaan Air pada Tanah Sawah. *dalam* Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.

Younessi, Z., Y. Filizadeh., A. Rezazadeh.2007. Effects of Crop Rotation and Tillage Depth on WeedCompetition and Yield of Rice in the PaddyFields of Northern Iran.J. Agric. Sci. Technol.