

Agrologia

Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman

Volume 4, Nomor 1, April 2015

POTENSI TUMBUHAN OBAT DALAM UPAYA PEMANFAATAN LAHAN PEKARANGAN OLEH MASYARAKAT DESA CIMENTENG KAWASAN TAMAN NASIONAL UJUNG KULON

Nurmayulis dan N. Hermita

RESPONS PERTUMBUHAN VEGETATIF JAGUNG DI TAILING TAMBANG TIMAH TERKONTAMINASI KADMIUM SETELAH INOKULASI BAKTERI INDOGENUS

Hindersah, R dan J. Matheus

PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI (*Brassica juncea* L) SETELAH APLIKASI PUPUK HAYATI TUNGGAL DAN DAN KONSORSIUM

Kalay, A.M., Hindersah, R., Talahaturuson, R., Uluputty, M.R dan A. F. Langoi

AKTIVITAS ANTI CENDAWAN EKSTRAK DAUN SEREH WANGI (*Cymbopogon nardus* L.) TERHADAP *Colletotrichum* sp PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA BUAH CABAI (*Capsicum annum* L.) SECARA IN VITRO DAN IN VIVO

Syabana, M. A., Saylendra, A dan D. Ramdhani

PERTUMBUHAN DAN HASIL SELEDRI (*Apium grafeolens* L.) PADA MEDIA PASIR SETELAH DIBERIKAN GANDASIL D DAN ATONIK

Uluputty, M.R.

ANALISIS DAMPAK FENOMENA EL NINO (1997-1998) TERHADAP

Salman, R.S.

PERTUMBUHAN DAN SERAPAN NITROGEN *Azolla microphylla* AKIBAT PEMBERIAN FOSFAT DAN KETINGGIAN AIR YANG BERBEDA

Utama, P., Firnia, D dan G. Natanael

KEANEKARAGAMAN DAN KEMERATAAN SERANGGA PADA AREAL TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum* L) SETELAH BERBAGAI

Tomayahu, E.

Agrologia

Vol. 4

No. 1

Halaman
01 – 59

Ambon,
April 2015

ISSN
2301-7287

**PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI (*Brassica juncea* L)
SETELAH APLIKASI PUPUK HAYATI TUNGGAL DAN DAN KONSORSIUM**

A.Marthin Kalay¹⁾, Reginawanti Hindersah²⁾, Abraham Talahaturuson¹⁾, M. Riadh Uluputty¹⁾,
Ferra Langoi³⁾

¹⁾ Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka Ambon 97233

²⁾ Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Bandsung. Jl. Raya Jatinangor, Sumedang, Jabar

³⁾ Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Ambon. Jl. A.Y. Patty, Ambon

Email: marthinkalay@gmail.com

ABSTRACT

Penggunaan pupuk hayati merupakan salah satu solusi untuk mencegah dampak negatif akibat penggunaan pupuk sintetik. Penelitian lapangan ini bertujuan untuk mengetahui efek pemberian pupuk hayati tunggal *Azotobacter* dan pupuk hayati konsorsium pemfiksasi nitrogen dan pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L). Perlakuan dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok dengan lima ulangan. Tanaman sawi diinokulasi dengan pupuk hayati cair sesuai perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik pupuk hayati cair *Azotobacter* maupun konsorsium berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi namun tinggi dan bobot segar tajuk tanaman yang diinokulasi dengan pupuk hayati konsorsium lebih baik daripada tanaman dengan *Azotobacter*. Inokulasi pupuk hayati konsorsium meningkatkan tinggi dan bobot segar tajuk sampai 15,68 % dan 17,05 %, sedangkan pemberian *Azotobacter* hanya mencapai 7,77 % dan 9,58 %, dibanding dengan kontrol.

Kata kunci: Pupuk hayati, *Azotobacter*, Bakteri Pemfiksasi Nitrogen, Mikroba Pelarut Fosfat, Sawi

**PLANT GROWTH AND YIELD OF GREEN CABBAGE (*Brassica juncea* L)
FOLLOWING APPLICATION SINGLE AND CONSORTIAL BIOFERTILIZER**

ABSTRAK

The use of biofertilizers is important to prevent the negative impact of the synthetic fertilizers in vegetable production. This study aimed to determine the effect of single biofertilizer *Azotobacter*, and consortial biofertilizer which consist of nitrogen fixer bacteria and phosphate solubilizing bacteria on the growth and yield of green cabbage (*Brassica juncea* L). The experimental designed was randomized block design with five replications. Green cabbage seedling were inoculated with biofertilizer *Azotobacter* and consortial biofertilizer on the growth and yield of green cabbage. Plants with consortial biofertilizer showed better growth and yield than that received single biofertilizer. Consortial biofertilizer can increase plant height and shoot fresh weight up to 15.68 % and 17.05 %, while those with *Azotobacter* were 7.77 % and 9.58 % consecutively, compared with plants control.

Keywords: Biofertilizer, Azoto-UP, Bion-UP, mustard, *Brassica juncea*.

PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman sangat diharapkan dalam budidaya tanaman. Salah satu input yang dapat dilakukan adalah dengan pemupukan dengan

pupuk sintetik dan bahan pembenah tanah namun seringkali diberikan berlebihan sehingga merusak kondisi lahan. Selain itu, pemberian pupuk yang mengandung unsur hara diberikan berlebihan akan mengganggu

keseimbangan kimia di dalam tanah, dan akan menghambat pengambilan unsur hara oleh akar tanaman sehingga proses metabolisme di dalam jaringan tanaman terganggu.

Sejumlah mikroorganismes yang terdapat di alam, dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hayati. Keberadaan mikroorganismes di tanah berperan dalam proses penguraian bahan organik, melepaskan nutrisi ke dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman, dan mendegradasi residu toksik (Sparling, 1998). Selain itu, mikroba juga berperan sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman (*plant growth promoting agents*) yang menghasilkan berbagai hormon tumbuh, vitamin dan berbagai asam-asam organik yang berperan penting dalam merangsang pertumbuhan bulu-bulu akar. Salah satu kelompok organisme yang penting dalam ekosistem tanah dan berperan sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman adalah rizobakteri yaitu bakteri yang hidup di rizosfir tanaman dan mengalami interaksi intensif dengan akar tanaman maupun tanah.

Mikroorganismes yang telah banyak dimanfaatkan sebagai pupuk hayati antara lain *Azotobacter chroococcum*, *A. vinelandii*, *Azospirillum* sp, *Acinetobacter* sp, *Pseudomonas cepacia*, dan *Penecillium* sp. Hasil penelitian beberapa peneliti menunjukkan bahwa *Azotobacter* dapat memfiksasi dinitrogen kemudian mengkonversi menjadi amonium melalui reduksi elektron dan protonasi gas dinitrogen (Wani *et al.*, 1995 ; Simanungkalit dkk., 2006), dan dapat memproduksi fitohormon sitokinin, giberelin, dan auksin (Hindersah dan Simarmata, 2004; Wedhastri, 2002). *Azospirillum* mampu menambat nitrogen (N₂) sebanyak 40-80% (Eckert *et al.*, 2001) dan menghasilkan fitohormon IAA (Oedjijonoet *al.*, 2012 ; Akbari *et al.*, 2007), yang berperan dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman. *Acinetobacter* dapat meningkatkan kandungan klorofil pada tanaman monokotil dan dikotil dalam sistem budidaya hidro-ponik (Suzuki *et al.*, 2014). *Pseudomonas cepacia*

dapat memicu pertumbuhan tanaman (PGPB) (Coenye dan Vandamme. 2003). *Penicillium* dapat berperan sebagai stimulan pertumbuhan tanaman (Phuwawat dan Soy-tong, 2001).

Berdasarkan potensi mikroorganismes di atas, telah dilakukan berbagai produk pupuk hayati berbentuk air, baik secara tunggal maupun konsorsium antara lain pupuk hayati cair Azoto-UP dan Bion-UP. Kedua produk ini masih dalam taraf pengujian efektivitasnya terhadap berbagai tanaman sayuran daun maupun buah dan pada tanaman pangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek pemberian Azoto-UP dan Bion-UP terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L).

METODOLOGI

Penelitian di laksanakan di Kebun petani di desa Waiheru Kecamatan Teluk Baguala pada bulan Juni 2014. Penelitian menggunakan bibit sawi varietas shinta, pupuk kotoran Ayam sebagai pupuk dasar (20 ton/ha) pupuk hayati cair Azoto-UP (mengandung *Azotobacter chroococum* 10⁷ cfu/mL), pupuk hayati cair Bion – UP (mengandung *Azotobacter chroococum* 10⁷ cfu/mL, *Azotobacter vinelandii* 10⁷ cfu/mL, *Azospirillum* sp. 10⁷ cfu/mL, *Pseudomonas cepacia* 10⁷ cfu/mL, *Penicilium* sp. 10⁷ cfu/mL, *Acinetobacter* sp. 10⁷ cfu/mL), pupuk NPK kujang (200 kg/ha). Lahan diolah dengan rotary kemudian dibuat bedeng sebanyak 15 bedeng/petak, dengan ukuran 2,0 m x 1,5 m atau 3 m². Jarak antar petak adalah 0,30 m, sedangkan jarak antar ulangan/blok adalah 0,50 m. Tiap petak diberikan 7,5 kg pupuk kotoran ayam atau setara 20 ton/ ha, ditaburkan secara merata diatas petak kemudian ditanam ke dalam tanah lima hari sebelum tanam. Bibit sawi ditanam dengan jarak 20 x 20 cm, jumlah tanaman per petak sebanyak 63 tanaman.

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan pupuk hayati Azoto-UP dan Bion – UP yang diberikan secara terpisah. Perlakuan yang dicobakan adalah Tanpa Azoto-UP dan Bion-UP (A), Azoto-UP (B), dan Bion-UP (C). Perlakuan dirancang dengan

menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan lima ulangan/blok, sehingga terdapat 24 satuan percobaan. Respons pengamatan adalah tinggi tajuk, Jumlah daun dan bobot tajuk yang diukur pada saat tanaman panen yaitu pada umur 23 hari setelah tanam.

Aplikasi Azoto-UP dan BION-UP

Aplikasi Azoto-UP dan Bion-UP dilakukan dengan cara membuat larutan Azoto-Up/Bion-UP dengan konsentrasi 0,5 %, dengan cara melarutkan 5 mL Azoto-UP/Bion-UP dalam 1000 mL air. Larutan Azoto-UP/Bion-UP 0,5 % tersebut di ambil 100 mL kemudian ditambahkan dengan 3000 mL air selanjutnya disiram pada 63 tanaman yang ada di dalam satu petak (15 mL per tanaman). Aplikasi dilakukan dua kali yaitu pada tanaman berumur 5 dan 15 hari setelah tanam.

Pengamatan

Respon yang diamati adalah (1) tinggi tajuk yang diukur mulai dari pangkal batang

sampai ujung daun yang paling panjang, (2) jumlah daun, dan (3) bobot segar tajuk. Pengukuran dilakukan setelah tanam sampai berumur 22 hari setelah tanam atau pada saat panen. Setiap petak percobaan diambil 10 tanaman sebagai sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tajuk

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian Azoto-UP dan Bion-UP memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tajuk sawi ($P=0,001$). Tabel 1 memperlihatkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan Bion-UP memiliki tajuk yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan Azoto-UP dan tanpa diberi perlakuan.

Tabel 1. Aplikasi Azoto-UP dan Bion-UP terhadap tinggi tajuk sawi

| Perlakuan | Tinggi Tajuk (cm) | Jumlah daun | Bobot segar tajuk (g) |
|--------------------------------|-------------------|-------------|-----------------------|
| Tanpa Azoto-UP dan Bion-UP (A) | 36.57 a | 10.94 a | 102.88 a |
| Azoto-UP (B) | 39.65 a | 12.12 a | 113.78 ab |
| Bion-UP (C) | 43.37 b | 11.16 a | 124.02 b |

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dalam kolom menunjukkan berbeda tidak signifikan menurut Uji Tukey $\alpha 0,05$

Jumlah Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian Azoto-UP dan Bion-UP memberikan pengaruh tidak signifikan terhadap jumlah daun sawi ($p = 0.142$). Rata-rata jumlah daun pada tanaman yang tidak maupun yang mendapat perlakuan pemberian Azoto-UP dan Bion-UP berkisar 11 helai. Hal ini berhubungan dengan sifat genetik yang dimiliki tanaman sawi (Tabel 1).

Bobot Segar Tajuk

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian Azoto-UP dan Bion-UP memberikan pengaruh signifikan terhadap bobot segar tajuk sawi ($P=0,006$). Tabel 1 memperlihatkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan Bion-UP memiliki bobot segar tajuk yang lebih berat secara signifikan dibandingkan dengan tanaman yang tanpa diberi perlakuan Azoto-UP dan Bion-UP, tetapi tidak signifikan dengan perlakuan Azoto-UP.

Tabel 2. Peningkatan tinggi tajuk berdasarkan perlakuan Azoto-UP dan Bion-UP

| Perlakuan | Rata-rata Tinggi tajuk | Peningkatan tinggi tajuk (%) | |
|--------------------------------|------------------------|------------------------------|------------|
| Tanpa Azoto-UP dan Bion-UP (A) | 36.57 | | |
| Azoto-UP (B) | 39.65 | 7.77 (B-A) | |
| Bion-UP (C) | 43.37 | 15.68 (C-A) | 8.58 (C-B) |

Tabel 3. Peningkatan bobot segar tajuk berdasarkan perlakuan Azoto-UP dan Bion-UP

| Perlakuan | Rata-rata Bobot Segar Tajuk | Peningkatan bobot segar tajuk (%) | |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| Tanpa Azoto-UP dan Bion-UP (A) | 102.88 | | |
| Azoto-UP (B) | 113.78 | 9.58 (B-A) | |
| Bion-UP (C) | 124.02 | 17.05 (C-A) | 8.26 (C-B) |

Berdasarkan analisis statistik (Tabel 1) secara umum menunjukkan bahwa pemberian Bion-UP dengan dosis 15 mL pertanaman dapat meningkatkan tinggi dan bobot segar tajuk. Tabel 2 dan Tabel 3 memperlihatkan bahwa pemberian Bion-UP meningkatkan tinggi dan bobot segar tajuk dari perlakuan tanpa Azoto-UP dan Bion-UP masing-masing sebesar 15,68 % dan 17,05 %, sedangkan pemberian Azoto-UP hanya mampu meningkatkan tinggi dan bobot segar tajuk sebesar 7,77 % dan 9,58 %.

Lebih besarnya pengaruh Bion-UP dari pada Azoto-UP terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi disebabkan karena Bion-UP mengandung beberapa spesies mikroorganisme dari golongan bakteri yaitu *Azotobacter chroococcum*, *A. vinelandii*, *Azospirillum* sp, *Acinetobacter* sp, *Pseudomonas cepacia*, dan jamur *Penicillium* sp, sedangkan Azoto-UP hanya mengandung *Azotobacter chroococcum*. Peranan *Azotobacter chroococcum* terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman adalah karena *Azotobacter chroococcum* mampu memproduksi hormon sitokinin, auksin dan giberelin (Hindersah *et al.*, (2000); produksi hormon terjadi pada fase logaritmik akhir (Taller dan Wong, 1989); memfiksasi N₂ secara bebas (Wani *et al.*, 1995); dan meningkatkan aktivitas enzim Nitrogenase dalam memfiksasi N₂, konsentrasi IAA,

Citokinin dan Giberelin, dengan peningkatan rata-rata 50 % dari kapasitas alaminya (Suryatmana *dkk*, 2008).

Azospirillum sp, *Acinetobacter* sp, dan *Penicillium* sp. memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi ditunjukkan dengan kemampuan berbagai cara dari bakteri-bakteri tersebut. yang hidup bebas di dalam tanah, baik di sekitar maupun dekat dengan perakaran. *Azospirillum* sp dapat menambat N₂ mencapai dua belas kali lebih dominan dibandingkan bakteri penambat N₂ lainnya yang hidup bebas dalam tanah (Samekto, 2008). Bakteri ini dikenal sebagai penambat nitrogen asosiatif karena kebutuhan nutriennya tergantung pada eksudat akar tanaman inang dan tanaman inang memanfaatkan hasil aktivitas bakteri untuk pertumbuhannya (Frankenberger dan Arshad, 1995). Eckert *et al.*, (2001) menambahkan bahwa *Azospirillum* mampu menambat nitrogen (N₂) sebanyak 40-80 %. Selain berperan sebagai penambat N₂, juga menghasilkan fitohormon IAA (Oedjijono *et al.*, 2012 ; Akbari *et al.*, 2007), yang berperan dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman. Hasil penelitian Tetelepta, (2014) bahwa *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan panjang akar, jumlah akar lateral, bobot basah dan bobot kering akar tanaman melon. *Acinetobacter* merupakan bakteri pemicu pertumbuhan

tanaman (*plant growth-promoting bacterium* = PGPB) yang dapat meningkatkan kandungan klorofil pada tanaman monokotil dan dikotil (Suzuki *et al.*, 2014). *Pseudomonas cepacia* yang sekarang dikenal dengan nama *Burkholderia cepacia*, berperan sebagai pemicu pertumbuhan tanaman (PGPB) (Coenye dan Vandamme. 2003). *Penicillium* berperan sebagai stimulan pertumbuhan tanaman, dan kebanyakan berperan sebagai agens hayati pengendali penyakit tumbuhan karena menghasilkan antibiotik (misalnya penisilin) yang mampu melarutkan metaphosphates dan memanfaatkannya sebagai sumber fosfor.

Bakteri *Acinetobacter* sp. dan *Pseudomonas cepacia* merupakan bakteri yang banyak berperan sebagai agens hayati untuk mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan patogen tular tanah (*soil borne*) (Coenye dan Vandamme. 2003 ; Holmes *et al.*, 1998 ; Phuwiat dan Soy-tong, 2001). Berkurangnya kemampuan patogenis memungkinkan tanaman tumbuh sehat dan melakukan aktifitas fisiologis secara baik.

KESIMPULAN

Aplikasikan pupuk hayati cair Azoto-UP dan Bion-UP berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi. Pemberian Bion-UP lebih baik dibandingkan dengan Azoto-UP yang ditunjukkan pada pertumbuhan tinggi tajuk dan hasil bobot segar tajuk. Pemberian Bion-UP dapat meningkatkan tinggi dan bobot segar tajuk sampai 15,68 % dan 17,05 %, sedangkan pemberian Azoto-UP hanya mencapai 7,77 % dan 9,58 %, dibanding terhadap perlakuan tanpa pemberian Azoto-UP dan Bion-UP.

DAFTAR PUSTAKA

Akbari, Gh. Abbas, Arab, S.M., Alikhani, A.H., Allahdadi and M.H. Arzanesh. 2007. Isolation and selection of indigenous *Azospirillum* spp. And the IAA of superior strain effects on

wheat roots, *World J. Agric. Sci.*, 3 (4): 523-529.

Coenye, T and P. Vandamme. 2003. Minireview : Diversity and significance of *Burkholderia* species occupying diverse ecological niches. *Environmental Microbiology* (2003) 5(9), 719–729

Eckert, BOB, Weber, Kirchof, G., Halbritter, A., Stoffelsl, M and A. Hartmann. 2001. *Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass. *Miscanthus Intern*, J. Systematic and Evolutionary Microbiol 51 : 17-26

Frankenberger Jr., W.T. and M. Arshad. 1995. *Phytohormones in soils*. Marcel Dekker Inc., New York.

Hindersah R. dan Simarmata, T. 2004. Potensi Rizobakteri *Azotobacter chroococcum* dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah. *Jurnal Natur Indonesia* 5(2):127-133.

Hindersah, R, Arief, D.H dan Y. Sumarni. 2000. Kontribusi hormonal *Azotobacter chroococcum* pada pertumbuhan kecambah jagung dalam kultur cair. *Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi Pertanian*, Yogyakarta 6-7 November 2000. hal. 141-151.

Holmes, A., Govan, J and R. Goldstein 1998. Agricultural Use of *Burkholderia* (*Pseudomonas*) *cepacia*: A Threat to Human Health. *Emerging Infectious Diseases* 4 (2) : 221-227.

Oedjijono, Lestanto U.W., Nasution, E.K, dan Bondansari. 2012. Pengaruh *Azospirillum* Spp. Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea*

- Mays* L.) Dan Kemampuan Beberapa Isolat Dalam Menghasilkan IAA. Prosiding Seminar Nasional "Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II" Purwokerto, 27-28 Nopember 2012. Hal: 156-163
- Phuwiwat, W. and Soy-tong, K. 2001. The effect of *Penicillium notatum* on plant growth. *Fungal Diversity* 8: 143-148.
- Samekto, R. 2008. Bioteknologi dan keheraan tanaman (mikroorganisme, nitrogen dan fosfor). *J. Inov. Pertan.* 7: 66-85.
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D dan W. Hartatrik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Organic Fertilizer and Biofertilizer. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sparling, G.P. 1998. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicator of soil health. Dalam Pankhurst, C., Doube, B.M. & Gupta, V.V.S.R. (eds). *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford: CABI Publishing.
- Suzuki, W., Sugawara, M., Miwa, K and M. Morikawa. 2014. Plant growth-promoting bacterium *Acinetobacter calcoaceticus* P23 increases the chlorophyll content of the monocot *Lemna minor* (duckweed) and the dicot *Lactuca sativa* (lettuce). *J Biosci Bioeng.* 118 (1): 41-44.
- Taller, B.J and T.Y. Wong. 1989. Cytokinins in *Azotobacter vinelandii* Culture Medium. *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 266-267.
- Teteleptan, L.D. 2014. Pemacuan Pertumbuhan Melon (*Cucumis melo* L.) Dengan Menggunakan Cendawan Mikoriza Arbuskula Dan Bakteri *Azospirillum* sp. [Tesis} Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wani, S.P., Rupela, O.P and K.K. Lee. 1995. Sustainable Agriculture In Semi Arid Tropics Thorough Biological Nitrogen Fixation In Grain Legumes. *Plant and Soil.* 174 (1-2): 29-49