

**BAKTERI PEMFIKSASI NITROGEN *AZOTOBACTER*
SEBAGAI PUPUK HAYATI DAN PENGENDALI PENYAKIT
PADA TANAMAN KACANG PANJANG**

***NITROGEN FIXING BACTERIA AZOTOBACTER AS BIOFERTILIZER
AND BIOCONTROL IN LONG BEAN***

**Reginawanti Hindersah^{1,3,*}, Marthin Kalay², Abraham Talahaturuson²,
Yansen Lakburlawal²**

¹Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor, Sumedang 45363

²Fakultas Pertanian Universitas Pattimura

³Pusat Unggulan Maluku Corner Universitas Padjadjaran
reginawanti@unpad.ac.id

Diterima 9 April 2018, disetujui: 20 April 2018

ABSTRACT

Azotobacter is Plant Growth Promoting Rhizobacteria through the mechanism of nitrogen fixation and phytohormon production but this rhizobacteria has a role to control plant diseases. The objective of experiment was to evaluate the activity of Azotobacter as biofertilizers as well as biocontrol on long bean cultivation in damping off endemic land in Ambon city, Maluku Province. The field experiment was arranged in completely randomized block design. Inoculation of long bean by Azotobacter has been done by seed inoculation, soil inoculation before planting, and plant inoculation. Plants treated with Azotobacter received fertilizer NPK of ¾ or ½ dosage recommendation while control plants were received 100% NPK. Research showed that no differences between yield of long bean inoculated with Azotobacter sp +reduced doses of NPK with that of control plants. Any application method of Azotobacter inoculation lowered damping off diseases incidence significantly until 10 days after planting, but no effect of inoculation on late blight at 21 days after planting. This study confirmed that Azotobacter has dual activity to reduce the dose of NPK fertilizer and control damping off.

Key words: Azotobacter, Damping off, NPK fertilizer, PGPR, Yield

ABSTRAK

Azotobacter dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* melalui mekanisme fiksasi nitrogen dan produksi fitohormon, namun rizobakteri ini dapat berperan sebagai pengendali penyakit tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas ganda *Azotobacter* sebagai pupuk hayati dan biokontrol pada budidaya kacang panjang di lahan endemik rebah semai di kota Ambon, Provinsi Maluku. Percobaan lapangan dirancang dalam rancangan acak kelompok. Inokulasi tanaman kacang panjang oleh *Azotobacter* dilakukan dengan cara inokulasi benih, inokulasi tanah sebelum tanam, dan inokulasi tanaman. Pupuk NPK pada pertanaman dengan inokulasi *Azotobacter* diberikan sebanyak $\frac{3}{4}$ atau $\frac{1}{2}$ dosis rekomendasi sedangkan tanaman kontrol diberi 100% NPK. Penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan produksi antara tanaman yang diinokulasi *Azotobacter* sp. disertai NPK dosis rendah dengan tanaman kontrol. Inokulasi *Azotobacter* dengan metode aplikasi apapun menurunkan kejadian penyakit rebah semai yang signifikan sampai 10 hari setelah tanam, tetapi tidak berpengaruh terhadap penyakit hawar daun saat tanaman berumur 21 hari. Penelitian ini menjelaskan bahwa *Azotobacter* memiliki aktivitas ganda yaitu menurunkan penggunaan pupuk NPK dan mengendalikan serangan penyakit rebah semai

Kata kunci: *Azotobacter*, Rebah Semai, Pupuk NPK, PGPR, Hasil tanaman.

PENDAHULUAN

Bahan agrokimia yaitu pupuk dan pestisida sudah umum digunakan untuk meningkatkan hasil tanaman kacang panjang di area pertanian Kota Ambon. Kandungan unsur hara makro utama nitrogen, fosfor dan kalium di lahan tersebut kurang optimal untuk produksi sayuran sehingga pupuk anorganik ditambahkan setiap saat. Lahan pertanaman sayuran di wilayah teluk Ambon termasuk lahan endemik rebah kecambah dan hawar daun *Rhizoctonia solani* karena selama hampir 10 tahun selalu ditanami tanaman sayuran yang menjadi inang *R. solani*.

Penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) adalah alternatif ramah lingkungan yang dapat memperbaiki produktivitas tanaman dan sekaligus kualitas tanah; dan sesuai dengan arah pertanian di dunia untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Penggunaan PGPR sebagai biostimulan yang dapat diimplementasikan pada beberapa komoditas pertanian telah memperlihatkan hasil yang positif

(Ponmurugan *et al.*, 2012; Posada *et al.*, 2016; Hindersah *et al.*, 2018). PGPR memediasi pertumbuhan tanaman melalui fasilitasi akuisisi nitrogen, fosfor dan mineral esensial lain; meningkatkan serapan hormon sitokinin dan auksin oleh tanaman; dan secara tidak langsung menghambat pertumbuhan patogen tanaman (Glick, 2012).

Azotobacter memiliki mekanisme lengkap sebagai mikroba potensial yaitu menyediakan nitrogen, fitohormon dan antifungi. PGPR *Azotobacter* meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen (Tilak *et al.* 2005), produksi fitohormon (Vikhe, 2014) serta eksopolisakarida (Hindersah dan Sudirja, 2009). Eksopolisakarida untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan dan resistensi terhadap antimikroba (Gauri *et al.*, 2012). Beberapa penelitian melaporkan bahwa *Azotobacter* berperan pula sebagai pelindung tanaman dari patogen karena menghasilkan anti fungi.

Azotobacter vinelandii menghasilkan anti jamur yang menekan perkembangan *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu (Bhosale *et al.*, 2013). Jamur pathogen *Alternaria alternate* dan *F. oxysporum* pada tanaman kacang dapat dihambat oleh *A. chroococcum* yang diisolasi dari tanaman yang sama (Mali & Bodhankar, 2009). *Azotobacter* isolat AZT3, AZT13, AZT23 memperlihatkan aktivitas antifungi spectrum luas secara *in vitro* terhadap *Aspergillus*, serta beberapa spesies *Fusarium* dan *Rhizoctonia* (Ahmad *et al.*, 2008).

Pupuk hayati *Azotobacter* telah diperdagangkan karena efeknya yang positif terhadap penurunan dosis pupuk N namun bioprospeking PGPR *Azotobacter* terhadap penekanan penyakit di Indonesia belum banyak dikembangkan. Penekanan penyakit rebah semai dan hawar daun di lokasi lahan sayuran endemik kedua penyakit di kota Ambon penting untuk meningkatkan α produksi dan menekan harga sayuran di musim hujan. Metode aplikasi PGPR *Azotobacter* akan berpengaruh terhadap efektivitasnya sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode aplikasi inokulan cair PGPR terhadap aktivitas ganda *Azotobacter* sebagai pupuk hayati dan biokontrol fungi *R. solani*.

METODE PENELITIAN

Percobaan lapangan dilaksanakan di kebun milik petani di Desa Hatiwe Besar, Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon dengan ketinggian tempat 3 m di atas permukaan laut pada musim hujan. Ordo tanah di lahan percobaan adalah Entisol dengan C organik 1,6%, pH agak masam 5,86 dan N rendah 0,12% yang sepanjang tahun ditanami sayuran daun dengan pemupukan anorganik NPK atau urea. Inokulan cair PGPR *Azotobacter* sp. diproduksi oleh

Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Pada percobaan lapangan ini, pupuk kotoran ayam dicampurkan dengan tanah sebagai pupuk dasar saat pengolahan tanah sebelum kacang panjang varietas Chia Tai ditanam. Pupuk anorganik berupa NPK DGW sebagai sumber unsur hara makro diberikan berdasarkan dosis perlakuan.

Rancangan Percobaan

Penelitian dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok yang menguji lima metode inokulasi *Azotobacter* disertai dengan pupuk NPK. Setiap perlakuan diulang empat kali. Metode aplikasi pupuk hayati yang diuji adalah:

A: kontrol; NPK 450 kg/ha

B: NPK 300 kg/ha + *Azotobacter* inokulasi benih

C: NPK 300 kg/ha + *Azotobacter* inokulasi tanah sebelum tanam

D: NPK 300 kg/ha + *Azotobacter* inokulasi tanaman

E: NPK 225 kg/ha + *Azotobacter* inokulasi tanaman

Respons yang diamati adalah tinggi tanaman saat tanaman berumur 17 HST dari 10 sampel tanaman per petak; berat polong per petak dan berat 10 polong saat panen; serta intensitas serangan penyakit rebah kecambah pada 10 hst dan hawar daun pada 14 hst. Seluruh data dianalisis dengan analisis ragam (Uj F) dan uji lanjut menggunakan uji LSD (*least significantly different*) pada $\alpha 0.05$.

Pelaksanaan Percobaan

Percobaan dilaksanakan di atas petak yang sudah ada di lahan petani. Ukuran setiap petak percobaan adalah 6x1 m dengan jarak antar petak 0,6 m. Jumlah lubang tanam per petak

adalah 30 buah dengan jarak antar baris 60 cm dan jarak di dalam baris adalah 40 cm. Setiap petak mendapatkan pupuk kandang ayam sebanyak 11,25 kg setara dengan 15 t/ha; dibenamkan saat pengolahan tanah 5 hari sebelum tanam.

Dosis pupuk rekomendasi untuk kacang panjang adalah 450 kg/ha NPK. Waktu pemupukan anorganik adalah pada saat 4, 15 dan 30 hari setelah tanam dengan cara tugal dengan dosis masing-masing 1/3 dari dosis perlakuan. Banyaknya NPK total yang diaplikasi per petak untuk 225 kg/ha, 300 kg/ha dan 450 kg/ha adalah masing-masing 56 g, 84 g dan 112,5 g. *Azotobacter* diaplikasi dengan metode tergantung perlakuan (Tabel 1.). Dosis inoculan cair *Azotobacter* per ha serta

pengenceran inoculan cair berbeda untuk setiap metode aplikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat tanaman kacang panjang baru berumur 7 hari, hujan turun berturut-turut selama seminggu sehingga pertumbuhan tanaman melambat. Tanah Entisol yang berpasir juga mengakibatkan guludan sering rusak oleh percikan air hujan yang intensif. Pelambatan pertumbuhan juga disebabkan juga oleh adanya serangan *Rhizoctonia solani* penyebab rebah semai. Pengukuran tinggi tanaman pada hari ke 17 setelah tanah memperlihatkan bahwa inoculasi PGPR *Azotobacter* disertai penurunan dosis pupuk NPK meningkatkan tinggi tanaman tetapi tidak mempengaruhi hasil panen dan kualitas polong (Tabel 2).

Tabel 1 Perbedaan metode aplikasi PGPR *Azotobacter* untuk setiap perlakuan

Perlakuan	Dosis per ha	Pengenceran Pupuk hayati	Metode Aplikasi
A	-	-	-
B	1L/ha	5%	Benih direndam di dalam pupuk hayati cair dan diinkubasi selama 12 jam
C	3 L /ha	1%	Pupuk hayati diinokulasikan ke 20% bobot bahan organik per plot dan diinkubasi 3 hari; kemudian dicampurkan dengan 80% bahan organik dan dicampur dengan tanah saat pengolahan tanah.
D dan E	4 L/ha	0,1%	Pupuk hayati disiramkan ke tanaman pada 7, 14, 21 dan 28 hst sebanyak sekitar 25 mL/tanaman

Tabel 2 Pengaruh inoculasi *Azotobacter* terhadap tinggi tanaman pada 17 hari setelah semai dan komponen produksi kacang panjang

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Bobot Polong segar per petak (kg)	Bobot 10 Polong segar (g)
NPK 450 kg/ha	29,6 a	3,25 a	127.5 a
NPK 300 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inoculasi benih	32,6 b	3,34 a	129.7 a
NPK 300 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inoculasi tanah sebelum tanam	32,4 b	3,35 a	128.8 a
NPK 300 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inoculasi tanaman	36.6 c	3,54 a	128.1 a
NPK 225 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inoculasi tanaman	36.0 c	3,17 a	127.0 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan tidak signifikan menurut Uji LSD pada taraf 0.05

Peningkatan tinggi tanaman oleh *Azotobacter* disebabkan oleh salah satu atau kedua mekanisme ini: akuisisi nitrogen tersedia yang dihasilkan dari fiksasi nitrogen, dan peningkatan kadar fitohormon tanaman yang berasal dari fitohormon produksi *Azotobacter*. Mekanisme di atas secara langsung meningkatkan serapan N dan perakaran tanaman yang menginduksi pertumbuhan vegetatif. Pemberian *Azotobacter* dengan cara inokulasi tanaman lebih efektif untuk meningkatkan tinggi karena nitrogen dan fitohormon yang telah terbentuk selama produksi pupuk hayati diserap melalui stomata daun dan lebih cepat memasuki sistem metabolisme tanaman untuk pembentukan dan perbesaran sel selama fase vegetatif.

Penurunan dosis NPK disertai metode aplikasi *Azotobacter* apapun tidak mengubah hasil tanaman. Bobot polong segar per petak antara 3,17-3,54 kg atau setara dengan 5,2 dan 5,9 t/ha. Produktivitas ini termasuk rendah karena potensi hasil kacang panjang Chia Tai adalah 25,02 t/ha. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian lain yang menjelaskan bahwa selain dapat mengurangi pupuk anorganik sampai 30%, *Azotobacter* dapat meningkatkan hasil antara 15 – 100% (Kader *et al.*, 2002; Sattar *et al.*, 2008). Penurunan dosis pupuk NPK pada penelitian ini tidak mengubah hasil polong segar per petak serta bobot polong segar

(Tabel 2); menjelaskan bahwa aktivitas biologis *Azotobacter* berperan untuk menggantikan sebagian pupuk NPK meskipun nitrogen adalah unsur hara yang disediakan oleh bakteri ini melalui fiksasi N₂. Penurunan dosis pupuk NPK selain disebabkan oleh aktivitas fiksasi N₂ oleh *Azotobacter* mungkin disebabkan oleh kemampuan *Azotobacter* dalam melarutkan fosfat (Nosrati *et al.*, 2014). Inokulasi PGPR *Azotobacter* eksogenus juga berperan dalam bioaugmentasi; meningkatkan populasi *Azotobacter* di rizosfer yang selanjutnya akan berperan penting dalam siklus unsur hara nitrogen.

Penyakit rebah semai mulai terlihat sejak 5 hari setelah tanam dan berlanjut sampai lima hari kemudian. Kejadian penyakit rebah semai dipengaruhi oleh inokulasi *Azotobacter* pada dosis NPK berapapun (Tabel 3), yang memperlihatkan bahwa *Azotobacter* berpotensi menurunkan persentase serangan penyakit rebah semai yang gejalanya terlihat sejak 3 hari setelah tanam (hst). Tidak terlihat pengaruh penurunan dosis NPK disertai inokulasi *Azotobacter* terhadap persentase penyakit hawar daun yang disebabkan oleh *R. solani* baik pada 14 maupun 21 hst. Perbedaan dosis NPK yang diikuti inokulasi *Azotobacter* pada tanaman di lokasi endemik *R. solani* tidak menurunkan level kesehatan tanaman di fase

Tabel 3 Pengaruh inokulasi *Azotobacter* terhadap persentase penyakit rebah dan hawar daun yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani*

Perlakuan	Rebah semai (%)	Hawar daun (%)	
	10 hst	14 hst	21 hst
NPK 450 kg/ha	8,85 b	3,50 a	1,35 a
NPK 300 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inokulasi benih	4,43 a	2,05 a	0,82 a
NPK 300 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inokulasi tanah sebelum tanam	4,69 a	2,33 a	0,99 a
NPK 300 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inokulasi tanaman	5,21 ab	2,70 a	0,87 a
NPK 225 kg/ha + <i>Azotobacter</i> inokulasi tanaman	5,47 b	2,92 a	0,74 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan tidak signifikan menurut Uji LSD pada taraf 0.05

vegetatif awal. Bukti ini penting untuk memperlihatkan bahwa produksi kacang panjang dengan dosis pupuk NPK di bawah rekomendasi tidak mengganggu kesehatan tanaman. Hasil penelitian Verma *et al.* (2001) di rumah kaca juga menjelaskan hal yang sama; inokulasi *Azotobacter* pada benih *Brassica Juncea* yang diinfeksi *R. solani* menurunkan busuk akar dan meningkatkan germinasi.

Penurunan persentasi kejadian penyakit rebah semai oleh *Azotobacter* disebabkan oleh anti jamur yang menghambat jamur patogen seperti yang dilaporkan untuk *Alternaria alternata* and *Fusarium oxysporum* oleh Mali dan Bodhankar (2009). Verma *et al.* (2001) membuktikan bahwa 37% dari isolat *Azotobacter chroococcum* yang diuji memiliki kapasitas menghambat patogen *R. solani* dan 25% menghambat *Xanthomonas campestris*. Dijelaskan pula bahwa senyawa ekstraseluler antimikroba yang disekresikan oleh *Azotobacter* ditemukan ekstraseluler adalah protein yang berasosiasi dengan senyawa kompleks. Pada tanaman kedelai, *A. chroococcum*, juga *Azospirillum brasilense*, bakteri pelarut fosfat (*Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*) dan bakteri pelarut kalium (*B. cereus*) efektif menahan penyakit *Macrophomina phaseolina* (El-Barougy *et al.*, 2009). Selanjutnya pada percobaan rumah kaca mikroba tersebut menurunkan dengan nyata penyakit rebah semai dan meningkatkan kesehatan tanaman dibandingkan dengan kontrol.

Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) *Azotobacter* mengkolonisasi di rizosfer dan permukaan akar serta mudah diisolasi. Selama ini di Indonesia *Azotobacter* lebih dikenal sebagai pupuk hayati. Penelitian ini membuktikan bahwa PGPR *Azotobacter*

mempengaruhi pertumbuhan dan selanjutnya produksi tanaman melalui mekanisme tidak langsung yaitu menekan kejadian penyakit. Efek ganda *Azotobacter* untuk meningkatkan pertumbuhan dan mencegah mikroba fitopatogenik berperan penting dalam menentukan kesuburan tanah kesehatan tanaman. Penurunan dosis pupuk anorganik NPK dan kejadian penyakit rebah semai merupakan alasan untuk mengembangkan PGPR *Azotobacter* dengan efek ganda.

KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan hasil tanaman yang diinokulasi *Azotobacter* sp. disertai penurunan dosis NPK dengan tanaman kontrol. Tidak ada perbedaan produksi tanaman yang diinokulasi *Azotobacter* baik dengan metode inokulasi benih, tanah maupun tanaman yang diikuti dengan pupuk NPK dosis rendah. Efek tidak langsung PGPR *Azotobacter* pada penelitian ini diperlihatkan oleh penekanan penyakit rebah semai meskipun tidak ada pengaruh inokulasi terhadap penyakit hawar daun saat tanaman berumur 21 hari. Efek ganda *Azotobacter* sebagai biofertilizer, biostimulan dan bioprotektan dapat menurunkan kebutuhan pupuk NPK anorganik antara 25% -50% tanpa mengurangi hasil. Cara efektif untuk menurunkan dosis pupuk NPK adalah *Azotobacter* dinokulasikan dengan cara disiramkan ke tanaman. Penelitian ini menjelaskan bahwa *Azotobacter* memiliki aktivitas ganda yaitu menurunkan penggunaan pupuk NPK dan mengendalikan serangan penyakit rebah semai

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Dirjen Pendidikan Tinggi pada tahun anggaran 2015 melalui skema

penelitian Strategis Nasional. Kami berterimakasih kepada Dinas Pertanian Provinsi Maluku yang mendukung penelitian Unpad untuk komoditas sayuran di Kota Ambon.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad F, Ahmad, I., Khan M-S. 2008. *Screening of Free-Living Rhizospheric Bacteria for Their Multiple Plant Growth Promoting Activities*. Microbiology Research. 163 (2): 173-181.
- Bhosale H.J. Kadam T.A., Bobade A.R. 2013. *Identification and Production of Azotobacter vinelandii and Its Antifungal Activity Against Fusarium oxysporum*. Journal of Environmental Biology. 34 (2):177-182.
- El-Barougy, E, N-M Awad, A-S Turkey, and H-A Hamed. 2009. *Antagonistic Activity of Selected Strains of Rhizobacteria Against Macrophomia Phaseolina of Soybean Plants*. American European Journal of Agriculture and Environment Science. 5 (3):337-347.
- Gauri S-S, Mandal, S-M., and Pati B.R. 2012. *Impact of Azotobacter Exopolysaccharides on Sustainable Agriculture*. Applied Microbiology Biotechnology. 95 (2): 331 - 338.
- Glick B.R. 2012. *Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications*. Hindawi Publishing Corporation. Scientifica. Vol. 2012, Article ID 963401, pp15.
- Hindersah R., Setiawati M.R., Fitriatin B.N., Suryatama P., Asmiran, P., Panatarani C., Joni I.M. 2018. Graphite tail powder and liquid biofertilizer as trace elements source for ground nut. Hal 030004-1 - 030004-8. *Dalam AIP Conference Proceedings, The 1st International Conference and Exhibition on Powder Technology Indonesia, Jatinangor*. 8-9 Agustus 2017.
- Kader M.A., Mian M.H., Hoque M.S. 2002. *Effect of Azotobacter Inoculant on Yield and Nitrogen Uptake by Wheat*. Journal Biology Science. 2 (4):25 -251.
- Mali G.V., Bodhankar M.G. 2009. *Antifungal and Phytohormone Production Potential of Azotobacter chroococcum Isolates from Groundnut (Arachis hypogea L.) Rhizosphere*. Research Journal of Chemistry and Environment. 15 (2):1-7.
- Nosrati R., Owlia P., Saderi H., Rasooli F, Ali Malboobi M. 2014. *Phosphate Solubilization Characteristics of Efficient Nitrogen Fixing Soil Azotobacter Strains*. Iranian Journal of Microbiology. 6 (4):285-295
- Ponmurugan K.A., Sankaranarayanan, Al-Dharbi N.A. 2012. *Biological Activities of Plant Growth Promoting Azotobacter sp. Isolated from Vegetable Crops Rhizosphere Soils*. Journal of Pure and Applied Microbiology. 6 (4):147-154.
- Posada L.F., Ramírez M., Ochoa-Gómez N., Cuellar-Gaviria T.Z., Argel-Roldan L.E., Ramírez C-A., Villegas-Escobar V. 2016. *Bioprospecting of Aerobic Endospore-Forming Bacteria with Biotechnological Potential for Growth Promotion of Banana Plant*. Scientia Horti. 212: 81–90

- Sattar M.A., Rahman M.F., Das D.K., Choudhury T.M.A. 2008. *Propects of using Azotobacter, Azospirillum and cyanobacteria as supplements of urea nitrogen for rice production in Bangladesh*. <http://www.aciar.gov.au/system/files/node/9817/pr130+part+3.pdf>. [24/12/2008].
- Tilak K.V.B.R., Ranganayak N., Manoharachar, C. 2006. *Synergistic Effects of Plant-Growth Promoting Rhizobacteria and Rhizobium on Nodulation and Nitrogen Fixation by Pigeonpea (Cajanus cajan)*. *European Journal of Soil Science*. 57 (1): 67-71
- Verma S., Kumar V., Narula N, Merbach W. 2001. *Studies in Vitro Production of Antimicrobial Substances by Azotobacter chroococcum Isolates/Mutans*. *Journal of Plant Diseases Protection*. 108 (2):152-165.
- Vikhe P.S. 2014. *Azotobacter species as a Natural Plant Hormone Synthesizer*. *Research Journal on Recent Science*. 3 (IVC):59-63.
