

KONTRIBUSI BAKTERI ENDOFIT TERHADAP PENEKANAN SERANGAN HAMA, PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS PADI DI LAHAN SAWAH TADAH HUJAN

Taliana Indriyani Nur Qulfatin ¹⁾, Achmad Fatchul Aziez ^{*2)}, Endang Suprapti ²⁾,
Siti Mardhika Sari ²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

²⁾ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta 0271 726278

^{*)} Penulis Korespondensi : achmad.aziez@lecture.utp.ac.id

Submitted : 11 Desember 2023 **Accepted** : 14 Pebruari 2024 **Approved** : 29 Pebruari 2024

ABSTRAK

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia, produksi padi dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan, hal ini disebabkan oleh semakin sedikitnya lahan pertanian yang ada telah dialih fungsikan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kontribusi bakteri endofit di lahan sawah tadah hujan pada serangan hama utama, pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi.

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Demangan, Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali pada Juni sampai September 2022, dengan metode faktorial pola dasar Rancangan Petak Terpisah (*split plot Design*) dengan 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu dosis bakteri endofit sebagai main plot (petak utama) dengan taraf D0: Kontrol (tanpa bakteri), D1: 20 L/Ha, D2: 30 L/Ha, D3: 40 L/Ha dan faktor kedua macam varietas padi sebagai sub plot (anak petak) dengan taraf V1: varietas situbagendit, V2: varietas mekongga, V3: varietas ciherang. Parameter yang diamati yaitu persentase serangan hama utama, berat segar tanaman, berat kering tanaman, berat gabah per rumpun, berat gabah per petak, berat 1000 gabah, indeks panen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bakteri endofit tidak berpengaruh nyata terhadap persentase serangan hama utama, berat segar tanaman, berat kering tanaman, berat gabah per rumpun, berat gabah per petak serta indeks panen akan tetapi menunjukkan hasil sangat nyata terhadap berat 1000 gabah. Hama utama yang menyerang tanaman padi yaitu kepik hijau, sundep beluk, walang sangit, kepik hijau.

Kata kunci: bakteri endofit, hama, lahan sawah tadah hujan, padi, produktivitas

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is the staple food of the Indonesian people. Domestic rice production has not been able to meet needs, this is due to the increasing small amount of agricultural land that has been converted into use.

The aim of this research is to determine the contribution of endophytic bacteria in rainfed rice fields to the main pest attacks, growth and productivity of rice plants.

This research was carried out in Demangan Village, Sambi District, Boyolali Regency from June to September 2022, using the basic factorial method of Split Plot Design with 2 treatment factors and 3 replications. The first factor is the dose of endophytic bacteria as the main plot (main plot) with levels D0: Control (without bacteria), D1: 20 L/Ha, D2: 30 L/Ha, D3: 40 L/Ha and the second factor is the type of rice variety as sub plots (sub plots) with level V1: situbagendit variety, V2: mekongga variety, V3: ciherang variety. The parameters observed were the percentage of main pest attacks, fresh weight of plants, dry weight of plants, weight of grain per hill, weight of grain per plot, weight of 1000 grains, harvest index.

The results of the research showed that the application of endophytic bacteria had no significant effect on the percentage of main pest attacks, plant fresh weight, plant dry weight, grain weight per hill, grain weight per plot and harvest index but showed very significant results on the weight of 1000 grains. The main pests that attack rice plants are green ladybugs, sundep beluk, stink bugs, green ladybugs.

Key words: endophytic bacteria, pests, productivity, rainfed rice fields, rice

PENDAHULUAN

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan penting yang telah menjadi makanan pokok lebih dari

setengah penduduk dunia. Di Indonesia, padi merupakan komoditas utama dalam menyokong pangan masyarakat Indonesia (Anggraini. *et al.*, 2013)

Serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti hama dan penyakit merupakan salah satu kendala biologis dalam produksi dan ketahanan pangan di Indonesia. Perubahan lingkungan akan berpengaruh positif atau negatif terhadap perkembangan organisme pengganggu tanaman baik hama, patogen, maupun gulma (Sianipar, 2018).

Hama tanaman padi menjadi hal penting yang selalu saja dibicarakan dalam budidaya pertanian, termasuk pertanian padi sawah. Hal ini karena hama dianggap sebagai musuh petani dalam memperoleh produksi padi. Tanaman padi yang sehat adalah tanaman yang tidak terserang oleh hama dan penyakit, tetapi yang terjadi tanaman padi juga tidak luput dari serangan hama dan penyakit. Sebagian besar hama adalah jenis serangga (Channa *et al.*, 2004), dan berbagai jenis serangga hama tersebut mempunyai musuh alami (*natural enemy*). Musuh alami serangga hama umumnya berupa Arthropoda dari jenis serangga dan laba-laba, serta dapat digolongkan menjadi predator dan parasitoid.

Mikroorganisme yang berpotensi sebagai agen hayati adalah dari kelompok bakteri endofit (Hallman *et al.*, 1997), bakteri endofit yang aktif mengkolonisasi jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman tersebut (Gunawan, 2005). Harni *et al.*, (2007), menjelaskan bakteri endofit dapat menekan penetrasi, reproduksi, dan populasi nematoda didalam akar nilam 54,8- 70,6% serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman nilam dengan meningkatkan produksi nilam 37,86-84,71%. Selanjutnya Harni *et al.*, (2007) menginformasikan bahwa bakteri endofit yang diisolasi dari beberapa tanaman dilaporkan dapat mengendalikan nematoda peluca akar (*Pratylenchus brachyurus*) hingga 74% pada tanaman nilam.

Biofertilizer bakteri endofit dapat memberikan berbagai mekanisme pengendalian (kompetisi, antibiotik, induksi ketahanan dan lain-lain) secara bersamaan, sehingga akan lebih efektif dalam mengendalikan patogen (James dan Mathew, 2017). Selanjutnya menurut Kumar dan Jagadeesh (2016), Kombinasi mikroorganisme dalam biofertilizer dapat mengendalikan berbagai patogen tanaman dengan lebih efektif. Bakteri memiliki lebih dari satu pengaruh menguntungkan terhadap inangnya, dengan mekanisme penekanan penyakit yang berbeda. Menggabungkan strain dengan mekanisme penekanan yang penyakit yang berbeda, dapat mengendalikan patogen dengan lebih

efektif.

Kelompok bakteri endofit yang banyak dimanfaatkan sebagai agens hayati adalah *Serratia spp*, *Rhizobium spp*, *Bradyrhizobium spp*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus spp*. (Chandrashekhara *et al.*, 2007).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah faktorial dengan pola Rancangan Petak Terpisah (*split plot Design*) terdapat 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan. Dosis bakteri endofit sebagai *main plot* (petak utama), terdiri atas 4 taraf : Kontrol (tanpa bakteri)(Do), 20 Liter/Ha/Aplikasi (D1), 30 liter/Ha/Aplikasi (D2), 40 Liter/Ha/Aplikasi (D3). Macam varietas padi sebagai *sub plot* (anak petak), terdiri atas 3 taraf yaitu Situbagendit (Varietas padi tadah hujan)(V1), Mekongga (V2) dan Ciherang (V3).

Penanaman dengan 3 benih, umur 20 hari dilakukan penjarangan dan ditinggalkan 1 tanaman. Pupuk urea-SP36-KCl dengan dosis 200 kg/ha, 83,3 kg/ha dan 83,3 kg/ha.

Parameter yang diamati yaitu persentase serangan hama utama, berat segar tanaman, berat kering tanaman, berat gabah per rumpun, berat gabah per petak, berat 1000 gabah, indeks panen serta inventarisasi hama.

Analisis data menggunakan sidik ragam taraf nyata 5% dan 1%. Apabila perlakuan berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut dengan uji jarak berganda Duncan taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hama Utama Padi

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa persentase serangan hama utama pada beberapa varietas tergolong rata-rata tingkat serangannya termasuk tinggi. Perbedaan persentase serangan hama utama pada beberapa kombinasi antara dosis dan varietas tanaman padi juga disebabkan oleh varietas. Semakin banyak jumlah anakan/malai, maka kondisi iklim makro tanaman menjadi lebih baik dan semakin disukai oleh organisme, khususnya hama. Selanjutnya warna tanaman juga menentukan disukai tidaknya hama. Varietas tahan adalah varietas yang mengurangi peluang keberhasilan hama untuk menggunakan tanaman tersebut sebagai sumber makanan dan tempat untuk berkembang biak (Anggraeni, 2002). Suatu varietas tahan apabila memiliki sifat-sifat memungkinkan tanaman pulih kembali dari serangan hama, mengandung sifat genetik tanaman yang mampu mengurangi tingkat kerusakan disebabkan oleh serangan hama

dan mampu menghasilkan produk yang lebih banyak dan lebih baik dari varietas yang lain pada tingkat populasi hama yang sama (Sumarno, 1992).

Tabel 1. Pengaruh dosis bakteri endofit dan varietas padi terhadap serangan hama utama (%), berat segar tanaman (g), dan berat kering tanaman (g)

Perlakuan	Parameter Pengamatan		
	Serangan hama utama (%)	Berat segar tanaman (g)	Berat kering tanaman (g)
Dosis (D)			
D0	88,89	92,95	34,29 b
D1	77,78	88,85	39,85 b
D2	83,33	97,11	41,05 b
D3	61,11	100,89	50,57 a
Varietas (V)			
V1	83,33	65,49	38,58
V2	81,25	72,95	42,23
V3	68,75	75,20	43,50
Interaksi antara D dan V			
D0V1	83,33	93,25	33,88
D0V2	100,00	98,82	34,78
D0V3	83,33	86,79	34,21
D1V1	83,33	79,72	38,38
D1V2	83,33	84,89	40,48
D1V3	66,67	101,92	40,70
D2V1	91,67	86,05	37,42
D2V2	75,00	106,43	41,34
D2V3	83,33	98,85	44,37
D3V1	75,00	90,26	44,63
D3V2	66,67	98,92	52,33
D3V3	41,67	113,50	54,75

Keterangan : Perlakuan pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT taraf 5%.

Dari hasil pengamatan Tabel pertumbuhan diperoleh hasil rerata tidak berbeda nyata pada semua perlakuan berat segar tanaman, hasil rerata tertinggi pada perlakuan D₃ (Dosis bakteri endofitik 40l/ha) yaitu 100,89 dan yang terendah terdapat pada perlakuan D₁ (Dosis bakteri endofitik 20l/ha) yaitu 88,85. Perlakuan V₃ (Varietas Padi Ciherang) tidak berbeda nyata dengan V₁ (Varietas Situ Bagendit) dan V₂ (Varietas Padi Mekongga). Perlakuan interaksi tertinggi diperoleh D₃V₃ yaitu 113,50 sedangkan yang terendah diperoleh D₁V₁ yaitu 79,72.

Hal ini disebabkan diduga

pengaplikasian bakteri endofit yang kurang tepat. Mikroba endofit memiliki kemampuan istimewa yang tidak dimiliki mikroba lain yaitu produksi fitohormon seperti auksin, sitokinin dan giberelin serta produksi metabolit sekunder (Wakas *et al*, 2012). Kemampuan menghasilkan fitohormon ini sangat berperan penting dalam proses perkecambahan biji, pertumbuhan akar, modifikasi sistem perakaran pada lahan kritis, peningkatan biomassa akar serta pembentukan batang dan daun (Fralle *et al.*, 2015).

Pada parameter berat kering tanaman berpengaruh nyata pada pemberian bakteri endofit, hal tersebut disebabkan karena adanya peranan bakteri endofit yang mampu menghasilkan fitohormon auksin, sitoksin, etilen, giberelin, dan asam absisat yang mampu merangsang pertumbuhan tanaman dan akhirnya berdampak pula pada peningkatan berat kering tanaman. Bacon, *et al.* dalam Murthi (2015) menyatakan bahwa bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menyediakan nutrisi bagi tanaman seperti nitrogen, fosfat, dan mineral lain serta menghasilkan hormon etilen, auksin dan sitokinin.

Macam varietas menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap berat kering tanaman. Hal tersebut dikarenakan di lahan penelitian merupakan lahan sawah tadah hujan yang sering terjadi kekeringan, karena hanya ada air pada saat hujan saja. Selain itu juga di sebabkan oleh rendahnya C-Organik yang ada pada lahan penelitian yang sudah dianalisis sebelum penelitian dengan hasil 1,29% sedangkan kandungan C-Organik yang optimal bagi padi sawah tadah hujan yaitu 2,27%, sehingga aplikasi biofertilizer bakteri endofitik tidak dapat hidup pada tanaman/lahan dan tidak mempengaruhi pertumbuhan vegetatif serta generatif dengan adanya ciri mulai dari sedikitnya jumlah pertumbuhan anakan pada tiap rumpun tanaman padi, selain itu juga jumlah kadar air yang terkandung sangat sedikit.

Tabel 2. Pengaruh dosis bakteri endofit dan varietas padi terhadap berat gabah perumpun (g), berat gabah per petak (kg), berat 1000 gabah (g), dan Indeks Panen (IP)

Perlakuan	Parameter Pengamatan			
	Berat gabah per rumpun (g)	Berat gabah Per Petak (kg)	Berat 1000 gabah (g)	Indeks Panen (IP)
Dosis bakteri endofit (D)				
D0	22,14	5,38	24,40 ab	0,31
D1	20,12	5,02	22,55 b	0,29
D2	20,30	5,07	22,68 b	0,27
D3	27,13	6,77	26,19 a	0,65
Varietas padi (V)				
V1	20,87	4,21	23,23	0,38
V2	24,03	3,97	24,32	0,47
V3	22,35	4,35	24,31	0,29
Interaksi antara D dan V				
D0V1	18,10	5,33	23,47	0,39
D0V2	25,88	5,62	24,99	0,34
D0V3	22,46	5,22	24,75	0,23
D1V1	22,20	5,15	21,51	0,28
D1V2	18,94	5,05	22,78	0,29
D1V3	19,22	4,88	23,37	0,31
D2V1	18,73	5,55	22,18	0,32
D2V2	22,08	4,17	23,50	0,27
D2V3	20,12	5,50	22,38	0,23
D3V1	24,50	6,40	25,79	0,53
D3V2	29,27	6,32	26,02	0,57
D3V3	27,63	7,60	26,78	0,42

Keterangan : Perlakuan pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT taraf 5%.

Berat butir gabah ditentukan dari banyaknya zat pati yang tertimbun dalam buah. Zat pati dalam buah berasal dari dua sumber yaitu fotosintesis sebelum pembungaan dan hasil fotosintesis selama fase pemasakan (Deptan, 1988). Proses fotosintesis ini sangat ditentukan oleh keadaan cahaya, air dan unsur-unsur hara baik yang tersedia didalam tanah maupun melalui daun.

Hasil gabah per petak merupakan salah satu parameter yang digunakan sebagai penentu tinggi rendahnya produktivitas tanaman serta menggambarkan kualitas lahan yang digunakan. Untuk mengetahui pengaruh

pemberian bakteri endofit terhadap berat gabah Per petak dilakukan pengamatan pada saat tanaman padi sudah dipanen (120 hst).

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa pada berat gabah per petak tidak berbeda nyata terhadap semua perlakuan, hal ini disebabkan sedikitnya pertumbuhan anakan pada tanaman padi sehingga tidak mampu meningkatkan jumlah bobot gabah per petak. Selain itu juga dipengaruhi oleh tingginya persentase serangan hama utama pada tanaman padi seperti hama penggerek batang yang merusak tanaman, dan juga hama walang sangit yang menyerang bulir padi sehingga bulir padi jadi rusak atau tidak terisi.

Dari Tabel 2 menunjukkan tidak terdapat interaksi antara perlakuan dosis bakteri endofit dengan varietas padi. Perlakuan dosis bakteri endofit terdapat pengaruh yang sangat nyata terhadap berat 1000 butir gabah, sedangkan perlakuan varietas menunjukkan pengaruh yang tidak nyata.

Indeks panen tidak dipengaruhi oleh interaksi dosis bakteri endofit dan varietas padi. Indeks panen padi juga tidak berbeda pada perlakuan dosis bakteri endofit dan varietas padi. Tidak adanya perbedaan tersebut disebabkan perbandingan antara hasil panen ekonomi per hasil panen biologi antar perlakuan menunjukkan nilai yang sama. Kurang optimalnya pertumbuhan padi terutama disebabkan karena perolehan hara tanaman tidak optimal akibat persaingan antar tanaman dan intensitas cahaya yang kurang.

Inventarisasi Hama Utama

Walang Sangit (*Leptocorisa oratoriu*)

Walang sangit mulai menyerang bulir padi yang matang susu pada fase nimfa dan imago dengan cara menghisap cairan buah padi dari tangkai bunga (paniculae) pada waktu fase awal pembentukan biji atau pada fase pembungaan padi atau stadia keluarnya malai. Dalam suatu 7 rumpun atau suatu komunitas tanaman, fase pembungaan memerlukan waktu selama 10-40 hari karena terdapat perbedaan laju perkembangan antar tanaman maupun antar anakan. Apabila fase 50% bunga telah keluar, maka pertanaman dianggap dalam fase berbunga. Pertumbuhan memasuki stadia pemasakan yang terdiri dari masak susu (masa bertepung), menguning dan masak panen dengan penuaan daun, yaitu pada 65 Hari Setelah Tanam (HST) (Liliana, 2009).



Gambar 1. Walang Sangit (*Leptocorisa oratoriu*)

Belalang Hijau (*Oxya spp.*)

Gejala khas pada daun dan malai disebabkan oleh nimfa dan belalang dewasa. Lingkungan perairan cocok untuk perkembangan mereka (misalnya sawah). Ukuran belalang berkisar dari 5mm hingga 11cm, dan mereka bisa panjang dan ramping atau pendek dan gemuk. Mereka dapat berbau dengan mudah ke lingkungan mereka karena mereka berwarna hijau atau jerami. Betina meletakkan telur berwarna kuning di dedaunan padi.



Gambar 2a. Belalang



Gambar 2b. Serangan Oleh Belalang

Penggerek Batang Padi

Hama ini menyerang tanaman padi pada berbagai fase pertumbuhan mulai dari fase vegetatif sampai generatif. Gejala yang ditimbulkan dari serangan hama penggerek batang secara umum ada 2 jenis, yaitu sundep dan beluk.

Larva ngengat bertelur dan meletakkannya pada batang tanaman padi, dan selang 4-5 hari telur akan menetas sekaligus merusak sistem pembuluh tanaman yang terdapat pada batang padi. Dampak visualnya yaitu pucuk batang padi menjadi kering kekuningan serta mudah dicabut. Sedangkan untuk gejala beluk, serangannya terjadi pada fase generatif (masa pembentukan malai). Dampak serangan yang ditimbulkan menyebabkan bulir padi menjadi hampa akibat proses pengisian bijinya tidak berjalan sempurna karena kerusakan pada pembuluh batang padi.



Gambar 3. Hama Penggerek Batang

KESIMPULAN

Dari penelitian pengaruh pemberian bakteri endofit terhadap serangan hama utama, pertumbuhan dan produktivitas padi (*Oryza sativa* L.) di lahan sawah tadah hujan dapat disimpulkan bahwa penggunaan bakteri endofit pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) tidak berpengaruh pada parameter persentase serangan hama utama, berat segar tanaman, berat gabah per rumpun, berat gabah per petak, serta indeks panen. Interaksi antara dosis bakteri

endofit dengan macam varietas padi tidak berpengaruh pada semua parameter pengamatan, baik parameter hama, pertumbuhan dan juga parameter hasil tanaman padi. Penggunaan bakteri endofit pada tanaman padi menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap berat 1000 gabah. Hama utama yang menyerang tanaman padi (*Oryza sativa* L.) diantaranya yaitu kepik hijau, sundep beluk, walang sangit, walang hijau serta burung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni WM. 2002. Studi ketahanan varietas padi terhadap wereng batang coklat *Nilaparvata lugens* Stal (*Homoptera: Delphacidae*) [skripsi] Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Angraini, dkk. 2013. Sistem Tanam dan Umur Bibit pada Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Varietas Inpari 13. *Jurnal Produksi Tanaman* 1(2) :52-60
- Chandrashekhara, 2007. Endophytic Bacteria from Different Plant Origin Enhance. <http://www.scialert.net/gredirect.php?doi=ajppaj.2007.1.11&linkid=pdf-similarby-SN-Chandrashekhara-2007>. Diakses 21 Juni 2023.
- Channa, N.B., Bambaradeniya, Amarasinghe, F.P. 2004. Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review. IWMI. Ghana, Pakistan, South Africa, Srilanka, Thailand.
- Departemen Pertanian. 1998. Uji lapang alsintan mendukung budidaya tanaman padi sawah secara terpadu. www.mekanisasi.litbang.deptan.go.id. Diakses 6 Juli 2023.
- Fraile, P.G., Menendez, E. dan Rivas, R. 2015. Role of Bacterial Biofertilizer in Agriculture and Forestry. *Bioengineering*, 2(3): 183-205.
- James D, Girija D, Mathew SK, Nazeem PA, Babu TD, Varma AS. 2017. Detection of *Ralstonia solanacearum* race 3 causing bacterial wilt of solanaceous vegetables in Kerala, using random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *J. of Trop.Agr.* 41:33-37.
- Kumar, KH and Jagadeesh, KS. 2016. Microbia consortia-mediated plant defense against phytopathogens and growth benefits. *South Indian Journal of Biological Sciences*; 2 (4): 395-403.
- Liliana Monica Da Conceicao. 2009. Efektifitas Penggunaan Bangkai Yuyu, Katak dan Tikus Sebagai Antraktan Walang Sangit (*Leptocorisa acuta* Thunberg). Skripsi. Program Studi Biologi. Fakultas Teknobiologi. Universitas Jaya Yogyakarta.
- Murthi, R.S. et al. 2015. Potensi Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tembakau yang Terinfeksi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.). *J. Agroteknologi* 4(1): 1881-1889.
- Sianipar MS. 2018. Fluktuasi Populasi dan Keragaman Musuh Alami Hama Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens* Stal.) pada Lahan Padi Sawah di Wilayah Universitas Wiralodra, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. *J Agrikultura* 29 (2): 82-88.
- Sumarno. 1992. Pemuliaan untuk Ketahanan terhadap Hama. Dalam Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman I. (Ed. A.Kasno et al.) pp.348-363. PPTI Jawa Timur.
- Waqas, M., Khan, A.L., Kamran, M., Hamayun, M., Kang, S.M., Kim, Y.H. dan Lee, I.J. 2012. Endophytic fungi produce gibberellins and indoleacetic acid and promotes Hot-plant growth during stres. *Journal Molecules*, 17: 10754-10773.