e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

Identifikasi Profil Metabolit Global Biofertilizer Mikroba Tani Nusantara Menggunakan Analisis Metabolomik

Identification of Global Metabolite Profiles of Tani Nusantara Microbial Biofertilizers Using Metabolomics Analysis

Faiz Rabbani Arya Bimantara*, Muhammad Ilyasa' Al Hudzaifah, Syuja Abhista Candra , Muhammad Haikal Rahman , Hiqmal Naura Bhisma , Fadhil Olivian Sandaga

*Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Bogor, Indonesia

[1]faiz.rabbani030405@gmail.com*

Resive : 05 November 2026 Revised : 12 November 2026 Accept :14 November 2026 Publish : 14 November 2026

Abstract

Microbial biofertilizers have long-term benefits because they can naturally improve soil structure and fertility without damaging the ecosystem. This study aimed to analyze the metabolite profile of Tani Nusantara microbial fertilizer and its effect on the growth of rice and wheat. The fertilizer was produced according to the Nusantara fertilizer production guidelines, and 10 mL of the sample was then extracted with methanol and ethyl acetate at 25 °C for one day. The metabolite profile was analyzed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), and the data were processed with a fold change approach using MetaboAnalyst software. The results showed that the fertilizer improved the growth of rice and wheat, including plant height, number of productive tillers, and grain weight in rice, as well as panicle length and number of seeds per panicle in wheat. GC-MS analysis detected various secondary metabolites, such as organic acids, alcohols, esters, and other volatile compounds, as well as bioactive compounds with potential as plant growth stimulants, namely auxins and cytokinins. The mass spectrum showed tetradecanoic acid as the major metabolite. The discussion indicates that these metabolites are related to microbial lipid metabolism, the dissolution of soil minerals, and the protection of plants from pathogens, thereby supporting plant growth. In conclusion, Tani Nusantara biofertilizer contains organic compounds and other metabolites associated with improved plant growth, with tetradecanoic acid as a key metabolite that plays roles in microbial physiology, plant growth promotion, antimicrobial activity, and soil health.

Keywords**:** *Biofertilizer, GC-MS studies, Metabolites Profiling*

Abstrak

Pupuk hayati mikroba memiliki manfaat jangka panjang karena dapat memperbaiki struktur dan kesuburan tanah secara alami tanpa merusak ekosistem. Penelitian ini bertujuan menganalisis profil metabolit pupuk mikroba Tani Nusantara serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman padi dan gandum. Pupuk dibuat sesuai pedoman produksi pupuk Nusantara, kemudian sebanyak 10 mL sampel diekstraksi menggunakan metanol dan etil asetat pada suhu 25 °C selama satu hari. Profil metabolit dianalisis dengan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), dan data diolah dengan pendekatan fold change menggunakan perangkat lunak MetaboAnalyst. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk meningkatkan pertumbuhan padi dan gandum, antara lain tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, dan bobot gabah pada padi, serta panjang malai dan jumlah biji per malai pada gandum. Analisis GC-MS menemukan berbagai metabolit sekunder, seperti asam organik, alkohol, ester, dan senyawa volatil, serta senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai stimulan pertumbuhan tanaman, yaitu auksin dan sitokinin. Spektrum massa menunjukkan asam tetradekanoat sebagai metabolit utama. Pembahasan menunjukkan bahwa

Author@ This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

metabolit tersebut berkaitan dengan aktivitas metabolisme lipid mikroba, pelarutan mineral tanah, dan perlindungan tanaman dari patogen sehingga mendukung pertumbuhan tanaman. Kesimpulannya, pupuk hayati Tani Nusantara mengandung senyawa organik dan metabolit lain yang berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan tanaman, dengan asam tetradekanoat sebagai metabolit kunci yang berperan dalam fisiologi mikroba, pemacuan pertumbuhan tanaman, aktivitas antimikroba, dan kesehatan tanah.

Kata Kunci: Biofertilizer, studi GC-MS, profil metabolit

Penulis Korespondensi : Faiz Rabbani Arya Bimantara

I. PENDAHULUAN

Pupuk biomikrobial adalah pupuk yang mengandung mikroorganisme hidup—seperti bakteri, jamur-jamuran, atau alga yang memiliki fungsi biologis penting dalam membantu meningkatkan kesuburan tanah serta mendukung pertumbuhan tanaman secara alami. Mikroorganisme ini bekerja dengan memfasilitasi berbagai proses, seperti penyerapan unsur hara, fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, penguraian bahan organik, dan produksi hormon pertumbuhan tanaman. Berbeda dengan pupuk kimia, pupuk biomikrobial menggunakan pendekatan biologis yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Ramadhany, 2023).

Mikroorganisme dalam pupuk hayati ini memiliki fungsi yang spesifik. Sebagai contoh, bakteri *Rhizobium* membentuk hubungan simbiosis dengan akar tanaman polong-polongan untuk memfiksasi nitrogen dari atmosfer; jamur *Trichoderma* membantu menguraikan bahan organik dan melindungi tanaman dari patogen; sementara mikoriza meningkatkan penyerapan fosfor dan unsur hara lainnya oleh akar tanaman (Misnen dkk., 2012; Vardhana dkk., 2024; Cahyani dkk., 2024). Selain itu, mikroba seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum* berperan dalam menyediakan nitrogen bagi tanaman non-polong-polongan, sedangkan *Bacillus* dan *Pseudomonas* menghasilkan metabolit yang mendorong pertumbuhan tanaman serta meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan (Misnen dkk., 2012; Vardhana dkk., 2024; Cahyani dkk., 2024).

Pupuk biomikrobial menawarkan manfaat jangka panjang karena mampu memperbaiki struktur dan kesuburan tanah secara alami tanpa merusak ekosistem. Penggunaannya membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, yang sering kali memberikan dampak negatif terhadap tanah dan lingkungan. Lebih lanjut, pupuk ini meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, memperbaiki kesehatan tanaman, serta menjadi solusi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis profil metabolit pupuk hayati organik mikrobial "Nusantara" menggunakan metode Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS).

II. METODE

Pembuatan pupuk mikroba dilakukan sesuai dengan pedoman produksi pupuk Nusantara yang ditetapkan oleh Program Studi Biologi, Universitas Pertahanan. Analisis GC–MS dilaksanakan dengan mengikuti metode yang dijelaskan oleh Fendiyanto dkk. (2024) dan Pratami dkk. (2025), dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 10 mL sampel diekstraksi menggunakan metanol dan etil asetat pada suhu 25 °C selama 1 hari dengan pengocokan terus-menerus pada kecepatan 50 rpm. Ekstrak yang diperoleh kemudian dipekatkan melalui penguapan selama 60 menit menggunakan alat evaporator (Caliper Life Science, AS). Data metabolomik dianalisis menggunakan pendekatan *fold change* dengan perangkat lunak MetaboAnalyst (Pratami dkk., 2025; Fendiyanto dkk., 2024). Analisis dilakukan dengan menggunakan jenis analisis tidak berpasangan (*unpaired analysis*), dengan ambang batas *fold change* ditetapkan sebesar 2.

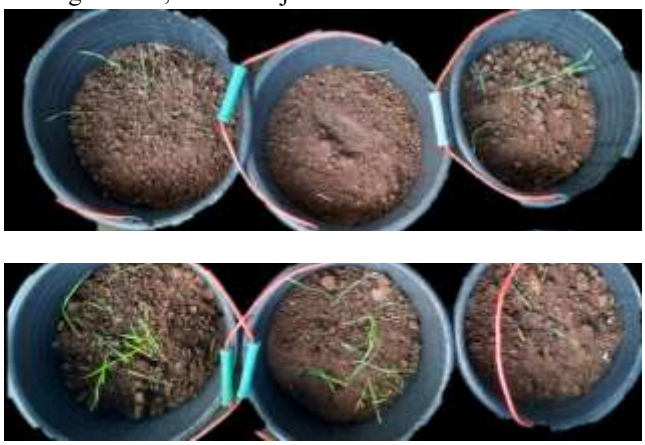
e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Pengaruh Pupuk Mikroba terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Padi dan Gandum. Aplikasi pupuk organik Nusantara berbasis mikroba memberikan pengaruh positif yang signifikan pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi dan gandum (Gambar 1 dan 2). Pada tanaman padi, pupuk ini mempercepat fase pertumbuhan vegetatif, meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif, serta menghasilkan bobot gabah per rumpun yang lebih tinggi. Pada tanaman gandum, terjadi peningkatan panjang akar, panjang malai, jumlah biji per malai, bobot biji per tanaman, dan hasil panen total. Aplikasi pupuk juga meningkatkan aktivitas biologis tanah, termasuk jumlah mikroba tanah.



Gambar 1. Pengaruh Pupuk Mikroba terhadap Pertumbuhan Tanaman Gandum (*Triticum aestivum*). Tanpa Pupuk Hayati Nusantara/Kontrol Negatif (A), dengan Pupuk Hayati Tani Nusantara (B).



A B

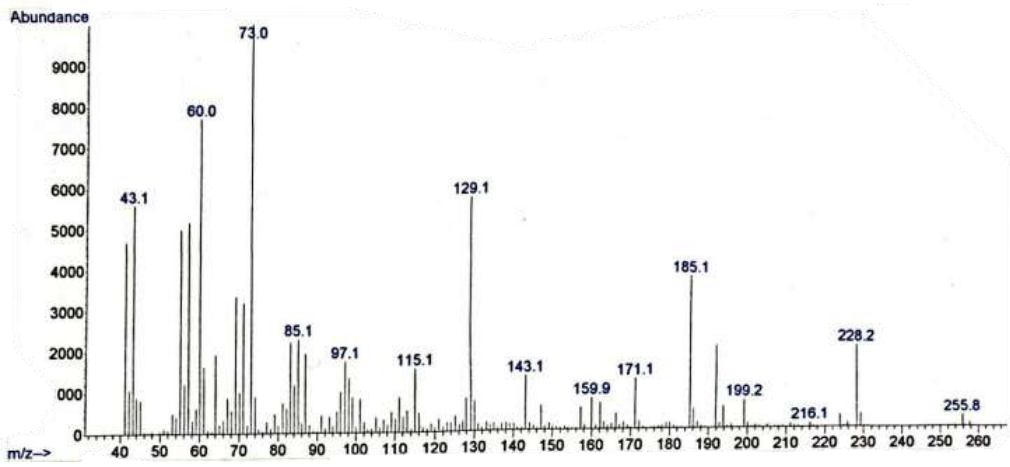
Gambar 2. Aplikasi Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan Padi (*Oryza sativa* L.) cv. Inpago 12 pada Tahap Perkecambahan. Menggunakan Pupuk Hayati Tani Nusantara (A) dan Kontrol Negatif (B).

Profil Metabolit Pupuk Mikroba Nusantara. Analisis GC-MS menunjukkan keberadaan berbagai metabolit sekunder dalam pupuk organik mikrobial Nusantara, yaitu asam organik, alkohol, ester, dan senyawa volatil lainnya. Analisis ini juga mengidentifikasi senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai stimulan pertumbuhan tanaman, yaitu hormon pertumbuhan auksin dan sitokinin.

Spektrum massa GC-MS pupuk hayati menunjukkan pola fragmentasi yang kompleks dengan puncak ion yang menonjol pada m/z 43, 60, 73, 85, 97, 115, 129, 143, 159, 171, 185, 199, 216, 228, dan 255 (Gambar 3). Fragmen bermassa rendah dengan intensitas tinggi terdapat pada m/z 43 dan 60, sedangkan ion dengan nilai m/z yang lebih tinggi terdeteksi pada rentang 85 hingga 255.

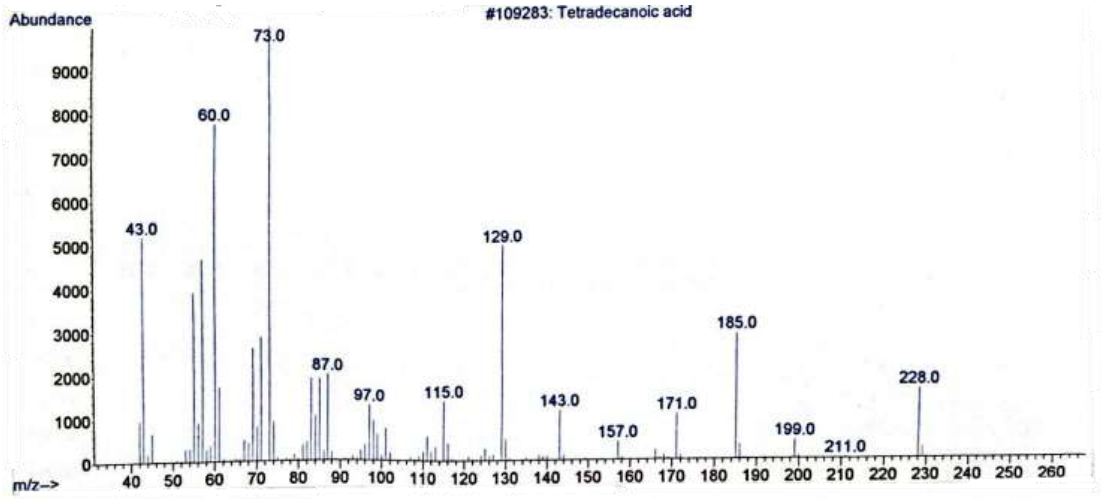
e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan



Gambar 3. Profil metabolit pupuk Nusantara pada m/z 0 hingga 260.

Spektrum massa yang dominan sesuai dengan asam tetradekanoat (asam miristat), ditandai oleh ion molekuler dan puncak fragmen yang khas. Fragmen ion utama terdapat pada m/z 43, 60, 73, 87, 97, 115, 129, 143, 157, 171, 185, 199, 211, dan 228 dengan kelimpahan yang tinggi, sehingga asam tetradekanoat merupakan metabolit utama dalam formulasi pupuk hayati tersebut (Gambar 4).



Gambar 4. Profil metabolit pupuk Nusantara pada m/z 0 hingga 260 untuk metabolit asam tetradekanoat.

2. Pembahasan

Peningkatan pertumbuhan dan hasil padi serta gandum sejalan dengan rancangan pupuk ini, yaitu memanfaatkan mikroorganisme menguntungkan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara esensial bagi tanaman (Riani, 2018; Santoso, 2011; Saudale, 2020). Kehadiran mikroba yang menguntungkan membantu proses fiksasi nitrogen dan pelarutan fosfat, yang merupakan faktor kunci dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Swasono, Santoso, dan Nihayati, 2014; Widianingsih dkk., 2011). Pupuk ini juga berkontribusi pada perbaikan struktur tanah sehingga penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih efisien (Santoso, 2011; Yang dkk., 2016). Peningkatan jumlah mikroba tanah yang mendukung dekomposisi bahan organik turut memperbaiki kualitas tanah dan menyediakan unsur hara esensial, sehingga pupuk organik

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

berbasis mikroba dapat menjadi alternatif ramah lingkungan untuk menunjang produktivitas pertanian (Mitsis dkk., 2020; Reswari dkk., 2020).

Metabolit sekunder yang terdeteksi dalam pupuk berperan penting dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Asam organik seperti asam sitrat dan asam laktat berkontribusi pada pelarutan mineral tanah, sedangkan senyawa volatil seperti fenol dan terpenoid dapat berfungsi sebagai agen antibakteri dan antijamur alami untuk melindungi tanaman dari patogen. Hormon pertumbuhan auksin dan sitokinin berperan dalam meningkatkan panjang akar, jumlah tunas, serta efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman, sehingga keberadaannya kemungkinan berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan yang teramati pada padi dan gandum. Analisis metabolit ini tidak hanya memberikan wawasan mengenai komposisi kimia pupuk, tetapi juga menegaskan peran pupuk sebagai produk biologis yang ramah lingkungan dan efektif untuk mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

Ion-ion fragmen pada spektrum massa merupakan karakteristik asam lemak rantai panjang dan metabolit turunan lipid, yang umumnya dihasilkan selama aktivitas metabolik mikroba. Fragmen bermassa rendah dengan intensitas tinggi (m/z 43 dan 60) mengindikasikan pemutusan rantai alkil yang khas, sementara ion dengan nilai m/z yang lebih tinggi menunjukkan adanya kerangka asam lemak jenuh. Dominasi asam tetradekanoat mengindikasikan metabolisme lipid mikroba yang aktif dan mencerminkan potensi biokimia konsorsium mikroba yang digunakan dalam produksi pupuk hayati. Hubungan langsung antara metabolit tertentu, seperti asam tetradekanoat, dan respons pertumbuhan tanaman masih perlu dikonfirmasi melalui pengujian lebih lanjut.

IV. KESIMPULAN

Analisis GC–MS menunjukkan bahwa pupuk hayati mikroba mengandung metabolit berbasis asam lemak, yang mencerminkan metabolisme lipid mikroba yang aktif selama proses fermentasi. Senyawa-senyawa tersebut diketahui berkontribusi terhadap pemacuan pertumbuhan tanaman, antagonisme mikroba terhadap patogen, serta perbaikan ekologi mikroba tanah. Deteksi turunan asam lemak rantai panjang mendukung potensi fungsional pupuk hayati tersebut sebagai input pertanian yang aktif secara biologis dan berkelanjutan. Hasil GC–MS mengonfirmasi bahwa asam tetradekanoat merupakan metabolit kunci yang terdapat dalam pupuk hayati mikroba tersebut. Senyawa ini diketahui memainkan peran penting dalam fisiologi mikroba dan dilaporkan berkontribusi terhadap pemacuan pertumbuhan tanaman, aktivitas antimikroba, serta peningkatan kesehatan tanah. Ditemukannya asam lemak ini mendukung potensi fungsional pupuk hayati mikroba sebagai input pertanian yang berkelanjutan. Secara keseluruhan, profil metabolit yang diperoleh dari analisis GC–MS menunjukkan bahwa pupuk hayati tersebut mengandung senyawa bioaktif yang dapat meningkatkan interaksi antara tanaman dan mikroba serta memperbaiki produktivitas tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Departemen Biologi, Fakultas Matematika Militer dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pertahanan Republik Indonesia melalui Proyek skema PBL (PBL, PI: MHF)

DAFTAR PUSTAKA

Cahyani, E.G., Azzahroh, E.Q., Fendiyanto, M.H. and Pratami, M.P. (2024) 'Enhancing food security: chlorophyll B content in several rice genotypes as an indicator of drought stress tolerance', *MUNISI: Military Mathematics and Natural Sciences*, 2(2), pp. 49–53.

Fendiyanto, M.H., Anshori, M.F., Pratami, M.P., Wasonga, D.O. and Seleiman, M.F. (2024) 'Metabolite comparative variation

related lipid metabolisms among fruit, leaf, and stem of *Jatropha curcas*', *Heliyon*, 10(15).

Misnen, Palupi, E.R., Syukur, M. and Yudiwanti (2012) 'Penapisan genotipe jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) untuk toleransi terhadap kekeringan', *Jurnal Agronomi Indonesia*, 40(3), pp. 232–238.

Mitsis, T., Efthimiadou, A., Bacopoulou, F., Vlachakis, D., Chrousos, G.P. and Eliopoulos, E. (2020) 'Transcription factors and evolution: an integral part of gene expression (Review)', *World Academy of Sciences Journal*, 2, pp. 3–8. doi: 10.3892/wasj.2020.32.

Pratami, M.P., Sujarwo, W., Fendiyanto, M.H., Yuniati, R., Kurniyanto, I.R., Widiayani, N., ... and Anshori, M.F. (2025) 'Metabolite profiling of some organs and the potential of *Mukia javanica* as an antihypertension', *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, p. 1487446.

Ramadhany, N. (2023) 'Laju deforestasi hutan akibat aktivitas pertambangan di Provinsi Kalimantan Timur', *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 7(1), pp. 10–19.

Reswari, H.A., Fauzan, A., Kurniawati, D., Aisyah, I.S., Septia, E.D. and Zainudin, A. (2020) 'Produktivitas biji jarak pagar sebagai penghasil biodesel dan kandungan free fatty acid dalam crude jatropha oil', in *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (Sentrinov)*, 6(1), pp. 1192–1199.

Riani (2018) 'Perbandingan efektivitas daun jarak+minyak kayu putih dengan daun jarak tanpa minyak kayu putih terhadap kesembuhan perut kembung pada bayi 0 – 2 tahun di wilayah kerja Puskesmas Bangkinang Kota tahun 2017/2018', *Jurnal Ners*, 2(2), pp. 71–81.

Santoso, B.B. (2011) 'Variation in oil contents, and seed and seedling characteristics of *Jatropha curcas* of West Nusa Tenggara selected genotypes and their first improved population', *Bioscience*, 3(3), pp. 130–135.

Saudale, F. (2020) 'Analisis struktur gen dan protein LDAP (*Lipid Droplet-Associated Protein*) yang berperan dalam biogenesis minyak pada tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)', *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 9(2). doi: 10.23887/jst-undiksha.v9i2.21327.

Swasono, F.G., Santoso, M. and Nihayati, E. (2014) *Pengaruh cekaman air dan kombinasi pupuk nitrogen dan kalium terhadap pertumbuhan dan kadar minyak atsiri tanaman serai wangi (Cymbopogon nardus L.)*. Doctoral dissertation. Brawijaya University.

Vardhana, D.P., Pratami, M.P., Ferdiyanto, M.H., Ramadhan, D.P. and Cahyani, E.G. (2024) 'Comparative study of chlorophyll A on several rice genotypes for food resilience against drought stress', *MUNISI: Military Mathematics and Natural Sciences*, 2(2), pp. 40–43.

Widianingsih, W., Hartati, R., Endrawati, H., Yudiati, E. and Iriani, V.R. (2011) 'Pengaruh pengurangan konsentrasi nutrien fosfat dan nitrat terhadap kandungan lipid total *Nannochloropsis oculata*', *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(1), pp. 24–29.

Yang, T., Xu, R., Chen, J. and Liu, A. (2016) 'β-Ketoacyl-acyl carrier protein synthase I (KASI) plays crucial roles in the plant growth and fatty acids synthesis in tobacco', *International Journal of Molecular Sciences*, 17(8), p. 1287. doi: 10.3390/ijms17081287.