



Respons Ulat Grayak (*Spodoptera litura*) terhadap Lama Perendaman Tembakau Rajang (*Nicotiana tabacum* L.) sebagai Insektisida Nabati

Response of Caterpillar (Spodoptera litura) To the Long Soaking Time of Chopped Tobacco (Nicotiana tabacum L.) as a Vegetable Insecticide

Adi Sanjaya Hasian Silalahi*, Dedi Supriyatdi, Albertus Sudirman
Department of Plantation Cultivation, Politeknik Negeri Lampung, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: hasian012998@gmail.com

Received: March 17, 2021; Accepted: August 31, 2021; Published: October 31, 2021

ABSTRACT

Tobacco is a plant that is concerned with the quality of its leaves, damage to tobacco leaves can reduce its selling value. Caterpillars (*Spodoptera litura*) are pests in tobacco plants that damage the leaves of tobacco plants. Extraction from parts of the tobacco plant can be used as raw material for vegetable pesticides, extracted chopped tobacco can produce alkaloids which can be used as an insecticide to control caterpillars. The purpose of this study was to obtain the best soaking time for chopped tobacco to control caterpillars. The research was carried out in the laboratory and in fields using tobacco plants as hosts for third instar caterpillar larvae by means of contact poison. The research method used a randomized block design (RBD) with the treatment of chopped tobacco for 12, 24, 36, 48 and 62 hours with five replications. The variables observed were mortality, attack intensity and duration of pupa formation. The results showed that chopped tobacco immersion was effective against army caterpillar mortality, the soaking time of chopped tobacco could also accelerate the formation of pupae and 60 hours of immersion had the best attack intensity.

Key words: alkaloid; attack intensity; mortality

Cite this as: Silalahi, A. S. H., Supriyatdi, D. & Sudirman, A. (2021). Respons ulat grayak (*Spodoptera litura*) terhadap lama perendaman tembakau rajang (*Nicotiana tabacum* L.) sebagai insektisida nabati. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*, 23(2), 84-88. DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v23i2.49452>

PENDAHULUAN

Tembakau merupakan tanaman yang cukup dikenal masyarakat Indonesia. Tanaman ini tersebar di seluruh nusantara dan mempunyai kegunaan yang cukup banyak. Tembakau adalah tanaman semusim yang termasuk komoditas perkebunan. Daun tembakau ini digunakan sebagai bahan baku rokok dan cerutu. Kandungan metabolit sekunder pada tembakau juga membuatnya dapat dimanfaatkan sebagai pestisida dan obat (Alegantina, 2017; Nur & Salim, 2014).

Ulat grayak (*Spodoptera litura*) adalah hama penting yang harus dikendalikan karena dapat merugikan petani dan dapat merusak kualitas hasil tanaman, ulat ini menyerang daun pada tanaman inang. Ciri-ciri dari kerusakan yang disebabkan oleh hama ini adalah daun tanaman berlubang. Larva yang masih muda merusak daun dengan meninggalkan sisa epidermis bagian atas dan tulang daun, sedangkan larva tingkat lanjut merusak tulang daun dan bahkan menyerang polong (Gu et al., 2015; Hou et al., 2021).

Sifat yang bergerombol disebabkan cara ngengat meletakkan telur yaitu dengan cara berkelompok. Ulat ini menyerang tanaman tembakau di pembibitan maupun di pertanaman dan di gudang yang terbawa oleh daun yang dipanen, sehingga hama ini dapat disebut sebagai hama inti tanaman tembakau. Kehilangan hasil panen karena hama ulat grayak dapat mencapai 80% jika tidak

dikendalikan (Mohamed et al., 2019). Pengendalian dengan insektisida kimia masih banyak ditemukan dalam mengendalikan hama tersebut. Dampak negatif yang ditimbulkan seperti gejala resistensi hama, resurgensi hama, terbunuhnya musuh alami, meningkatnya residu pada hasil, mencemari lingkungan dan gangguan kesehatan bagi pengguna. Pemanfaatan insektisida nabati dapat mengurangi penggunaan insektisida kimia di areal pertanian (Cabral et al., 2021). Penyerangan hama ulat grayak pada tanaman budidaya para petani menimbulkan kekhawatiran petani karena dapat menyebabkan kerugian ekonomis bahkan gagal panen. Penggunaan bioinsektisida dapat menjadi solusi bagi petani selain harga murah biopestisida juga dapat mengendalikan hama. Biopestisida ini dapat membantu mengurangi penggunaan insektisida kimia, sehingga perlu dilakukan uji lanjut untuk keefektifan bioinsektisida (Chandrasekaran et al., 2012).

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bioinsektisida yaitu dengan tembakau. Hal ini disebabkan karena tembakau mengandung nikotin. Insektisida nabati terdapat enam turunan yaitu nikotinoid, rotenoid, piretroid, terpenoid, dan insektisida nabati lainnya. Tembakau rajang merupakan tembakau yang siap jadi bahan rokok, dalam tembakau rajang terdapat kandungan yang bermanfaat untuk insektisida nabati (Dorothy K

Hatsukami, Ghazi Zaatari, 2019). Kandungan pati dan klorofil untuk semua jenis tembakau dikehendaki rendah, karena menyebabkan iritasi pada tenggorokan saat dirokok. Pestisida jenis ini meracuni melalui bagian tubuh serangga melalui kulit (kutikula) kemudian ditransportasikan ke bagian dalam tubuh serangga dimana racun pestisida aktif bekerja dan dapat mengganggu sistem metabolisme serangga yang terserang racun (Q. Zhang et al., 2021).

Air hasil rendaman batang tembakau (*Nicotinia tabacum* L.) dapat digunakan sebagai bioinsektisida dalam mengendalikan ulat kubis (*Plutella xylostella*). Pengaruh yang disebabkan oleh air rendaman ulat kubis sangat nyata, semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin tinggi juga mortalitas pada ulat kubis. Perlakuan pada konsentrasi 40% dianggap lebih efisien karena lebih ekonomis jika dibanding dengan yang 50% dan cukup baik dalam mempengaruhi mortalitas ulat kubis (Xia et al., 2020). Tujuan dari penelitian adalah untuk mendapatkan lama perendaman tembakau rajang yang terbaik untuk mengendalikan ulat grayak (*S. litura*).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 sampai dengan Januari 2020, di lahan Politeknik Negeri Lampung dan Laboratorium Politeknik Negeri Lampung. Alat yang digunakan pada penelitian yaitu, timbangan, kuas kecil, pinset, ember plastik, gelas ukur, pisau, saringan kain, pengaduk, botol mineral, gelas plastik, paranet, bambu, dan rearing hama. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu tembakau kering, benih tanaman bayam, bibit tanaman tembakau dan air aquades.

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan berupa lama ekstraksi tembakau kering terdiri atas lima taraf dengan lima ulangan sehingga didapatkan 25 satuan percobaan, yaitu:

A1: Lama ekstraksi tembakau rajang 12 jam

A2: Lama ekstraksi tembakau rajang 24 jam

A3: Lama ekstraksi tembakau rajang 36 jam

A4: Lama ekstraksi tembakau rajang 48 jam

A5: Lama ekstraksi tembakau rajang 60 jam

Penelitian ini terdapat lima perlakuan yaitu A1, A2, A3, A4 dan A5, yang terdapat 25 satuan percobaan dan dalam setiap perlakuan memiliki dua tanaman sehingga terdapat lima puluh tanaman/polibag. Pengacakan pada penelitian ini dengan cara pengocokan untuk menentukan tata letak percobaan secara random dan sesuai dengan kaidah tata cara penelitian.

Pembuatan pestisida nabati dari tembakau rajang ini dilakukan di lahan Politeknik Negeri Lampung, prosedur pembuatannya yaitu tembakau rajang yang telah disiapkan ditimbang terlebih dahulu sebanyak 1 kg lalu disiapkan air untuk ekstraksi sebanyak 4 liter air. Setelah penimbangan selesai maka campurkan tembakau ke dalam air yang telah disiapkan dan aduk lalu diamkan sesuai perlakuan yang dilakukan dengan lama perendaman 12, 24, 36, 48, 60, jam.

Perlakuan lapangan diterapkan pada tanaman tembakau berumur satu bulan setelah tanam yang telah di beri sungkup. Tanaman tembakau disemprotkan dengan insektisida nabati rendaman tembakau rajang lalu dibiarkan sampai hasil penyemprotan sedikit

mengering setelah itu investasi ulat grayak sebagai serangga uji. Penyemprotan insektisida nabati ini menggunakan konsentrasi 40%, dan dosis 100 ml per tanaman. Setelah dilakukan penyemprotan, ulatgraya ditaruh pada tanaman uji sebanyak 11 ulat per tanaman.

Perlakuan di laboratorium menggunakan sistem metode pencelupan daun tembakau (leaf dipping methods). Larva ulat grayak yang telah di siapkan sebanyak 11 ekor dimasukkan kedalam wadah setelah wadah dibersihkan. Daun tembakau yang digunakan sebagai pakan ulat grayak setelah dicelupkan kemudian maka harus dikeringanginkan agar tidak menimbulkan efek lembap saat dimasukan kedalam wadah berisi ulat, setelah kering angin selesai maka pakan sudah bisa dimasukan kedalam wadah, setiap wadah berisi 2 daun tembakau yang telah di aplikasi.

Pengamatan mortalitas ditujukan pada jumlah larva yang mati (mortalitas) pada setiap perlakuan. Hasil pengamatan mortalitas ulat grayak dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

M = Mortalitas larva, n = Jumlah larva yang mati

N = Jumlah seluruh larva yang diamati.

Pengamatan lama perkembangan larva dilakukan dengan menghitung berapa lama waktu larva ulat grayak instar III dari hari setelah aplikasi (HSA) sampai menjadi pupa. Pengamatan dilakukan dengan cara menghitung jumlah kerusakan daun yang disebabkan oleh serangan hama ulat grayak pada setiap tanaman sampel di tiap petak perlakuan. Pengamatan intensitas serangan dilakukan sebelum aplikasi dan pada saat akhir penelitian yaitu setelah larva uji yang masih bertahan hidup memasuki stadium pupa. Hasil pengamatan intensitas serangan larva ulat grayak dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Direktorat Bina Perlindungan Tanaman, 1993)

$$I = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan:

I = Intensitas serangan

n_i = Banyaknya tanaman atau bagian tanaman yang menunjukkan skor ke-I

v_i = Skor daun ke i (i: 0-4)

Z = Skor tertinggi (4)

N = Banyaknya tanaman atau bagian tanaman yang diamati.

Nilai skor daun rusak adalah sebagai berikut: 0 = 0% sehat, 1 = 0% < x ≤ 20% Ringan, 2 = 20% < x ≤ 50% Agak berat, 3 = 50% < x ≤ 90% Berat, 4 = x > 90% Sangat berat (Romanda, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan perlakuan perendaman 12 jam mendapatkan nilai rerata mortalitas 94,55%, perlakuan perendaman 24 jam mendapatkan nilai rerata mortalitas 98,18%, perlakuan perendaman 36 jam mendapatkan nilai rerata mortalitas 100%, perlakuan perendaman 48 jam mendapatkan nilai rerata mortalitas 98,18%, dan perlakuan perendaman 60 jam mendapatkan rerata mortalitas 94,55%.

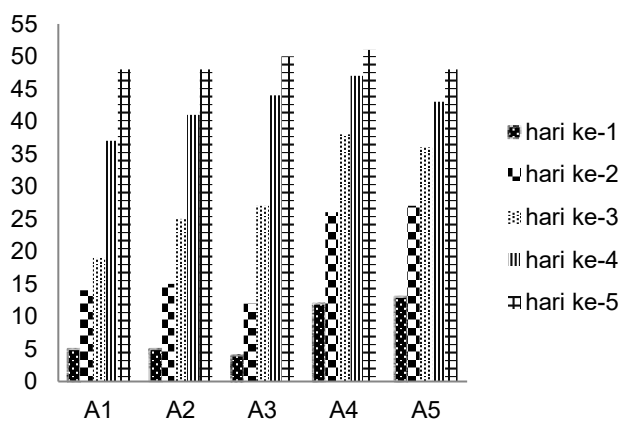
Perlakuan perendaman 48 jam dan perendaman 60 jam memiliki nilai rerata mortalitas lebih rendah dari

perlakuan perendaman 36 jam, diduga terjadi reaksi pada ekstraksi rendaman tembakau rajang yang berlebih. Menurut Sharma et al., (2021), secara ringkas seluruh rangkaian reaksi yang terjadi pada ekstraksi buah duren adalah hidrolisis pati menjadi maltose (disakarida) kemudian hidrolisis menjadi glukosa dan selanjutnya diubah menjadi alkohol dan gas karbondioksida.

Tembakau merupakan suatu tanaman yang memanfaatkan daun, sehingga kualitas daun pada tanaman tembakau harus terjaga. Kerusakan pada daun tanaman tembakau dapat mengurangi harga jualnya. Pengendalian hama tanaman tembakau yang menyerang daun seperti ulat grayak diperlukan insektisida yang dapat mengendalikannya dengan cepat (Khanom et al., 2019).

Tabel 1. Rerata mortalitas ulat grayak (%)

Perlakuan	Rata-rata mortalitas
Perendaman 12 Jam (A1)	94,55
Perendaman 24 Jam (A2)	98,18
Perendaman 12 Jam (A3)	100,00
Perendaman 12 Jam (A4)	98,18
Perendaman 12 Jam (A5)	94,55



Gambar 1. Grafik kecepatan kematian ulat grayak dari hari pertama sampai kelima

Grafik kecepatan mortalitas menunjukkan bahwa pada hari pertama sampai hari kedua perlakuan A4 dan A5 memiliki nilai mortalitas yang cukup besar jika dibanding yang lain. Perlakuan A1, A2, dan A3 pada hari ke 4 memiliki peningkatan yang cukup tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin lama perendamannya maka semakin cepat cara kerja racun insektisida nabati tembakau rajang dengan kandungan alkaloid dan kepekatannya yang berbeda.

Tabel 2. Lama pembentukan pupa

Perlakuan	N	Lama Perkembangan Pupa (Hari ± std)
12 Jam (A1)	3	8,00±0,89
24 Jam (A2)	1	7,00±0,45
36 Jam (A3)	0	0,00±0,00
48 Jam (A4)	1	7,00±0,45
60 Jam (A5)	3	6,67±0,89

Keterangan : N adalah jumlah pupa

Perkembangan dari instar III sampai menjadi pupa

(Tabel 3) menunjukkan perlakuan tercepat dalam pembentukan adalah Perendaman 60 Jam karena mempercepat pembentukan pupa sampai dengan 6,67 hari sedangkan pada Perendaman 12 Jam pembentukan pupa sampai hari ke 8 dan tidak termasuk dapat mempercepat pembentukan pupa karena terbilang normal. Perkembangan larva ulat grayak pada umumnya dari instar 1 sampai dengan pupa membutuhkan waktu 12-15 hari, dan instar 3 sampai menjadi pupa dibutuhkan waktu 8-10 hari (Hou et al., 2021; Tang et al., 2021).

Tabel 3. Rerata intensitas serangan ulat grayak (%)

Perlakuan	Rerata Intensitas Serangan
Perendaman 12 Jam (A1)	52,96 a
Perendaman 24 Jam (A2)	32,38 b
Perendaman 36 Jam (A3)	30,45 b
Perendaman 48 Jam (A4)	25,16 b
Perendaman 60 Jam (A5)	22,06 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menyatakan berbeda nyata pada uji Duncan 5%

Perlakuan pemberian insektisida rendaman tembakau rajang pada tanaman tembakau diduga dapat mempercepat perkembangan pupa larva ulat grayak sehingga dapat mengurangi daya serang dari larva ulat grayak, jika dibanding dengan perkembangan pada umumnya yang biasanya mencapai 8-10 hari perlakuan rendaman tembakau rajang hanya membutuhkan 6-8 hari untuk mencapai fase pupa.

Kandungan nikotin yang terdapat pada hasil rendaman tembakau dapat membuat larva ulat grayak mengalami gangguan dalam perkembangan larva tersebut atau mengalami perkembangan yang tidak normal (Sifola et al., 2021). Nikotin dapat merusak perkembangan telur, larva, dan pupa. Selain itu nikotin juga dapat menghambat reproduksi bagi serangga betina dan mengacaukan sistem hormon di dalam tubuh hama betubuh lunak (Nobela et al., 2021).

Perlakuan 12 jam berbeda nyata dengan perlakuan 24, 36, 48 dan 60 jam. Perendaman 60 jam dengan intensitas serangan 22,06% tergolong dalam intensitas serangan yang ringan (Zou et al., 2021). Perlakuan (24-60) jam tergolong intensitas serangan sedang karena intensitasnya 25%-50% dan pada perendaman 12 jam dengan intensitas serangan 52,96% tergolong intensitas serangan berat (Isman et al., 2001).

Golongan intensitas serangan meliputi intensitas serangan ringan 0-25%, sedang 25-50%, berat 50-75% dan fuso 75-100% (J. Zhang et al., 2021). Semakin tinggi konsentrasinya maka akan semakin besar daya racun yang di dihasilkan (Barchanska et al., 2021; Firma, 2019). Tembakau rajang jika semakin lama direndam maka senyawa alkaloid yang di dihasilkan semakin pekat dan hasil air rendaman semakin kental.

Hasil pemberian insektisida nabati berpengaruh untuk mengurangi intensitas serangan pada daun tanaman tembakau (Garcia-perez et al., 2021; Torra et al., 2021). Selain berfungsi sebagai racun kontak nikotin juga berfungsi sebagai penolak (repelan) kehadiran serangga yang disebabkan bau yang menyengat, antifidan atau mencegah serangga memakan tanaman, merusak perkembangan telur, larva, dan pupa,

menghambat reproduksi bagi serangga betina dan mengacaukan sistem hormon (Vieira et al., 2020; Zhang & Yang, 2021).

KESIMPULAN

Semua perlakuan lama perendaman tembakau rajang efektif dalam mengendalikan hama ulat grayak pada tanaman tembakau dan mengurangi intensitas seranganannya. Upaya pengendalian hama ulat grayak pada tanaman tembakau disarankan menggunakan tembakau rajang dengan perendaman selama 60 jam, perendaman tersebut memiliki intensitas serangan ringan dan moralitas yang tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Alegantina, S. (2017). Penetapan Kadar Nikotin dan Karakteristik Ekstrak Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum* L .) Determination of Nicotine Levels in Tobacco Leaves and Characteristics of Tobacco Leaves Extract (*Nicotiana tabacum* L .). *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pelayanan Kesehatan*, 1(2), 113–119.
- Barchanska, H., Tang, J., Fang, X., Danek, M., & Joanna, P. (2021). Profiling and fingerprinting strategies to assess exposure of edible plants to herbicides. *Food Chemistry*, 335(May 2020). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127658>
- Cabral, J. P., Faria, D., & Morante-Filho, J. C. (2021). Landscape composition is more important than local vegetation structure for understory birds in cocoa agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 481(June 2020). <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118704>
- Chandrasekaran, R., Revathi, K., Nisha, S., Kirubakaran, S. A., Sathish-narayanan, S., & Senthil-nathan, S. (2012). Physiological effect of chitinase purified from *Bacillus subtilis* against the tobacco cutworm *Spodoptera litura* Fab . *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104(1), 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.07.002>
- Dorothy K Hatsukami, Ghazi Zaatari, and E. D. (2019). The case for the WHO Advisory Note, Global Nicotine Reduction Strategy. *Physiology & Behavior*, 176(3), 139–148. <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2016-053134>.The
- Firma, M. G. (2019). Pemanfaatan ekstrak daun tembakau (*Nicotiana tabacum* L) untuk mengendalikan ulat grayak (*spodoptera litura* f) pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L .) di lapang. *AGRICA: Journal of Sustainable Dryland Agriculture*, 12(2), 94–101.
- Garcia-perez, P., Lucini, L., & Trevisan, M. (2021). Concealed metabolic reprogramming induced by different herbicides in tomato. *Plant Science*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110727>
- Gu, S., Zhou, J., Gao, S., Wang, D., Li, X., & Guo, Y. (2015). Identification and comparative expression analysis of odorant binding protein genes in the tobacco cutworm *Spodoptera litura*. *Nature Publishing Group*, February, 1–17. <https://doi.org/10.1038/srep13800>
- Hou, W., Staehelin, C., Esmail, M., Elzaki, A., Hafeez, M., Luo, Y., & Wang, R. (2021). Functional analysis of CYP6AE68 , a cytochrome P450 gene associated with indoxacarb resistance in *Spodoptera litura* (*Lepidoptera* : *Noctuidae*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178(August), 104946. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104946>
- Isman, M. B., Wan, A. J., & Passreiter, C. M. (2001). Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm , *Spodoptera litura*. *Fitoterapia*, 72, 65–68.
- Khanom, S., Jang, J., & Lee, O. R. (2019). Overexpression of ginseng cytochrome P450 CYP736A12 alters plant growth and confers phenylurea herbicide tolerance in *Arabidopsis*. *Journal of Ginseng Research*, 43(4), 645–653. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2019.04.005>
- Mohamed, I., Eid, K. E., Abbas, M. H. H., Salem, A. A., Ahmed, N., Ali, M., Shah, G. M., & Fang, C. (2019). Use of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizae to improve the growth and nutrient utilization of common bean in a soil infected with white rot fungi. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 171(September 2018), 539–548. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.100>
- Nobela, O., Ndhlala, A. R., Tugizimana, F., Njobeh, P., Raphasha, D. G., Ncube, B., & Madala, N. E. (2021). Tapping into the realm of underutilised green leafy vegetables : Using LC-IT-ToF-MS based methods to explore phytochemical richness of *Sonchus*. *South African Journal of Botany*, 000. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.010>
- Nur, Y. H. (Kementerian P., & Salim, Z. (Lembaga I. P. I. (2014). Nilai the Competitiveness of Local Virginia Tobacco : a Value. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan*, 22, 1–10.
- Sharma, Y., Kaur, A., Bhardwaj, R., Srivastava, N., & Lal, M. (2021). Bioorganic Chemistry Preclinical assessment of stem of *Nicotiana tabacum* on excision wound model. *Bioorganic Chemistry*, 109(January), 104731. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2021.104731>
- Sifola, M. I., Carrino, L., Cozzolino, E., Piano, L., Graziani, G., & Ritieni, A. (2021). Potential of Pre-Harvest Wastes of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L .) Crops , Grown for Smoke Products , as Source of Bioactive Compounds (*Phenols and Flavonoids*).
- Tang, C., Tsai, C., Wu, C., Lin, Y., Li, C., Wu, Y., Wei, S., & Lu, Y. (2021). MicroRNAs from *Snellenius manilae* bracovirus. *Communications Biology*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01563-3>
- Torra, J., Rojano-delgado, A. M., Men, J., Salas, M., & Prado, R. De. (2021). Cytochrome P450 metabolism-based herbicide resistance to imazamox and 2 , 4-D in *Papaver rhoeas*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 160, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.007>
- Vieira, B. C., Luck, J. D., Amundsen, K. L., Werle, R., Gaines, T. A., & Kruger, G. R. (2020). Herbicide drift exposure leads to reduced herbicide sensitivity in. *Scientific Reports*, 2146(10), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59126-9>
- Xia, A., Biao, C., Ai, C., Yang, G., Sheng, R., Quan, H., Feng, F., Chen, M., & Ning, X. (2020). The trichome - specific acetolactate synthase *NtALS1* gene , is

- involved in acylsugar biosynthesis in tobacco (*Nicotiana tabacum* L .). *Planta*, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03418-x>
- Zhang, J. J., & Yang, H. (2021). Metabolism and detoxification of pesticides in plants. *Science of the Total Environment*, 790(1). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148034>
- Zhang, J., Li, S., Li, W., Chen, Z., Guo, H., Liu, J., Xu, Y., Xiao, Y., Zhang, L., Arunkumar, K. P., Smagghe, G., Xia, Q., Goldsmith, M. R., Takeda, M., & Mita, K. (2021). Circadian regulation of night feeding and daytime litura. *Communications Biology*, 286(4), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-01816-9>
- Zhang, Q., Ye, Y., Qu, Q., Yu, Y., Jin, M., Lu, T., & Qian, H. (2021). Enantioselective metabolomic modulations in *Arabidopsis thaliana* leaf induced by the herbicide dichlorprop. *Science of the Total Environment*, 797, 149015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149015>
- Zou, X., Bk, A., Abu-izneid, T., Aziz, A., Devnath, P., Rauf, A., Mitra, S., Bin, T., Mujawah, A. A. H., Lorenzo, J. M., Mubarak, M. S., Wilairatana, P., & Suleria, H. A. R. (2021). Biomedicine & Pharmacotherapy Current advances of functional phytochemicals in *Nicotiana* plant and related potential value of tobacco processing waste: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 143(August), 112191. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112191>