

PERTUMBUHAN BENIH KENTANG SECARA IN VITRO MENGGUNAKAN *TEMPORARY IMMERSION BIOREACTOR (TIB)*

In Vitro Growth of Potato Seeds Using the Temporary Immersion Bioreactor (TIB)

Syarif Husen^{1*}, Agus Eko Purnomo², Aniek Iriany³, Poncojari Wahyono⁴, Rizka Nurfitriani⁵

^{1,3}Agroteknologi, Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang, 65114

^{2,5}Laboratorium Kultur In Vitro, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Sengkaling, No. 188, Malang, 65212

⁴Pendidikan Guru Sekolah Dasar, FKIP, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang, 65114

Alamat korespondensi: syarif_husen@umm.ac.id

PERTUMBUHAN BENIH KENTANG SECARA IN VITRO MENGGUNAKAN *TEMPORARY IMMERSION BIOREACTOR (TIB)*

ABSTRAK

Metode perbanyak benih kentang dalam bentuk *plantlet* seringkali menggunakan metode konvensional yaitu kultur dengan media padat. Penggunaan metode ini saat ini kurang efektif, karena memerlukan banyak biaya dan tenaga dalam pengerjaannya. Oleh sebab itu perlu adanya pengembangan metode baru. Percobaan dilakukan untuk membandingkan pertumbuhan benih kentang dalam media padat (konvensional) dengan media cair (*Temporary Immersion Bioreactor*). Varietas Granola Kembang dan Granola Lembang diinokulasi dalam dua jenis media yang berbeda, yaitu media MS (*Murashige and Skoog*) dengan adanya penambahan agar-agar, dan media cair tanpa penambahan agar-agar. Eksplan diinkubasi dalam ruang kultur dengan suhu 20° C - 22° C dengan penyinaran 16 jam terang, dan 8 jam gelap. Sistem TIB diatur kontak media nutrisi dengan eksplan berdurasi 15 menit setiap 60 menit selama 3 pekan. Parameter pertumbuhan yang diamati, diantaranya panjang *plantlet*, diameter batang, jumlah tunas, jumlah akar, panjang akar, jumlah daun dan kandungan klorofil a, b, dan total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi TIB (*Temporary Immersion Bioreactor*) menghasilkan *plantlet* dengan tinggi yang cukup berbeda dengan hasil tertinggi terdapat pada perlakuan TIB Granola Lembang sebesar 15,36 cm, jumlah tunas lebih banyak sebesar 3,7 pada perlakuan sistem TIB varietas Granola Lembang, memiliki diameter batang yang lebih besar pada perlakuan TIB varietas Granola Kembang sebesar 1,12 cm, jumlah akar yang lebih banyak 17,7 pada perlakuan TIB Granola Lembang begitupula panjang akar terbaik pada perlakuan yang sama sebesar 11,25 cm, jumlah daun yang lebih banyak sebesar 9,9 pada perlakuan TIB Granola Kembang, dan kandungan total klorofil yang tinggi yaitu sebesar 0,32 ppm pada perlakuan TIB Granola Kembang.

Kata kunci: benih, pertumbuhan, *Solanum tuberosum*, TIB

ABSTRACT

The method for propagating potato seeds in the form of plantlets often uses conventional methods, namely culture with solid media. The use of this method is currently less effective because it requires a lot of money and energy to carry out. Therefore, it is necessary to develop new methods. Experiments were carried out to compare the growth of potato seeds in solid media (conventional) with liquid media (Temporary Immersion Bioreactor). Granola Kembang and Granola Lembang varieties were inoculated in two different types of media, namely MS (Murashige and Skoog) media with the addition of agar, and liquid media without the addition of agar. Explants were incubated in a culture room at a temperature of 20° C - 22° C with 16 hours of light and 8 hours of darkness. The TIB system is regulated by nutrient media contact with the explant for 15 minutes every 60 minutes for 3 weeks. The growth parameters observed included plantlet length, stem diameter, number of shoots, number of roots, root length, number of leaves, and chlorophyll a, b, and total content. The results of the research showed that the use of TIB (Temporary Immersion Bioreactor) technology produced plantlets with quite different heights with the highest yield found in the TIB Granola Lembang treatment at 15.36 cm, the number of shoots was 3.7 higher in the TIB system treatment of the Granola Lembang variety, had a larger stem diameter in the TIB Granola Kembang variety treatment of 1.12 cm, a greater number of roots of 17.7 in the TIB Granola Lembang treatment as well as the best root length in the same treatment of 11.25 cm, a greater number of leaves amounted to 9.9 in the TIB Granola Kembang treatment, and a high total chlorophyll content of 0.32 ppm in the TIB Granola Kembang treatment.

Keywords: growth, Solanum tuberosum, seed, TIB

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan terus berkembang mengikuti kemajuan zaman. Bidang pertanian tidak luput dari kemajuan teknologi, salah satunya dalam bidang kultur *in vitro*. Sudah banyak dilakukan produksi tanaman dengan memanfaatkan teknologi terbaru yaitu *Temporary Immersion Bioreactor* (TIB). Pemanfaatan teknologi tersebut biasanya untuk propagasi atau perbanyak tanaman secara *in vitro*, sehingga dapat menghasilkan tanaman dalam jumlah besar dan seragam. TIB merupakan sebuah alat yang melalui kultur dalam media cair dan perendaman sesaat media nutrisi pada eksplan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan produksi bibit tanaman karena memiliki sistem aerasi yang baik (Camargo et al., 2019). Penggunaan media cair ini akan memberikan hasil yang lebih baik dalam hal ini produksi bibit tanaman dibandingkan dengan media padat untuk beberapa spesies tanaman karena memungkinkan kontak antara nutrisi dengan eksplan sangat besar (Mosqueda Frómata et al., 2017).

Sistem ini menerapkan siklus basah dan kering yang terjadi dalam jangka waktu tertentu dan karenanya dapat disebut sebagai perendaman sementara atau periodik. Bioreaktor Perendaman Sementara (TIBs) digunakan untuk meningkatkan kualitas tanaman dan tingkat multiplikasi tanaman dengan teknik perendaman sementara nutrisi pada chamber (Loyola-González et al., 2019). Berbagai sistem perendaman sesaat atau sementara telah banyak dikembangkan diantaranya RITA, RALM, PLANTIMA, SETIS dan PlantForm. RITA terdiri dari wadah tunggal yang dibagi menjadi dua

kompartemen dengan kelembabban yang relatif cukup, yang memisahkan eksplan dengan media cair (Georgiev et al., 2014). Bioreaktor RALM (Bioreactores RALM, Ralm Industria e Comercio Ltda., Brazil) adalah TIB, yang beroperasi dengan prinsip Twin-Flask. PLANTIMA (A-Tech Bioscientific Co., Ltd., Taiwan) adalah TIB dengan volume kecil, dioperasikan berdasarkan prinsip RITA dan telah digunakan untuk perbanyakkan tanaman. Sistem SETIS (Vervit, Belgia, didistribusikan oleh Duchefa Biochemie, Belanda) beroperasi sama seperti TIB dan Box-in-bag adalah TIB sekali pakai, yang beroperasi berdasarkan prinsip TIB pasang surut (Aka Kaçar et al., 2020).

TIB terdiri dari sistem otomatis yang diperuntukkan untuk pertumbuhan jaringan tanaman (Souza et al., 2020), sehingga dapat diterapkan untuk meningkatkan perbanyakkan jaringan tanaman (Máximo et al., 2018). Teknologi sudah diterapkan untuk memproduksi tanaman anggrek (Leyva-Ovalle et al., 2020), *plantlet* aprikot (Zare Khafri et al., 2021), meningkatkan tunas tanaman apel (Sota et al., 2021). Pada tanaman hortikultura juga telah banyak dilaporkan terkait keberhasilan dalam produksi tanaman menggunakan TIB, salah satunya kentang. Untuk meningkatkan jumlah dan ukuran mikrotuber kentang (*Solanum tuberosum* L.) dapat menambahkan sukrosa 8% pada sistem kultur TIB (*Temporary Immersion Bioreactor*) (Gautam et al., 2021). Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan percobaan pemanfaatan teknologi TIB dalam produksi benih kentang (*Plantlet*).

METODE

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Kultur In Vitro Pusat Produksi Benih Kentang Universitas Muhammadiyah Malang. Ada beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu sterilisasi RITA® Bioreactor, pembuatan media kultur, inokulasi eksplan, pengaturan RITA® Bioreactor, dan pengamatan. RITA® Bioreactor dilakukan pencucian hingga bersih, dan ditiriskan hingga kering. Selanjutnya, dibungkus dengan plastik anti panas ukuran 5 kg/*vessels*, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama 60 menit dengan suhu 121° C. Jenis media yang digunakan dalam percobaan ini ialah media MS (*Murashige and Skoog*) dengan penambahan sumber karbon berupa gula pasir 30 g/l, dan tanpa penambahan agar-agar (media cair), dan untuk media padat ditambahkan agar-agar 6,5 g/l. Media cair dimasukkan kedalam botol schott ukuran 250 ml, dengan tiap botol berisikan 200 ml media cair. Untuk media padat langsung dituangkan kedalam botol kultur sebanyak 25 ml/botol dan ditutup rapat. Kedua jenis media tersebut selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf selama 10 menit dengan suhu 121° C.

Inokulasi eksplan dilakukan didalam LAF (*Laminar Air Flow*) steril dengan eksplan berupa *plantlet* kentang Varietas Granola Kembang (GK) dan Granola Lembang (GL). Eksplan yang digunakan berukuran satu ruas dan diinokulasi dalam *vessel* TIB dan ditambahkan media MS cair

sebanyak 200 ml. Kemudian dilakukan instalasi alat TIB dalam ruang inkubasi, dengan mengatur kontak media nutrisi dengan eksplan 15 menit setiap 60 menit, waktu penyinaran 16 jam terang dan 8 jam gelap menggunakan *timer*. Dijaga suhu ruangan inkubasi antara 18 ° C - 20° C. Dilakukan pengamatan tiap satu pekan sekali untuk parameter jumlah tunas, sedangkan untuk parameter lainnya dilakukan saat *plantlet* telah berumur 21 hari setelah inokulasi.

Data penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel rerata yang selanjutnya dianalisis dengan uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov Smirnov dan uji homogenitas menggunakan levene test. Analisis ragam menggunakan *two-way* ANOVA. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh berbeda nyata terhadap hasil pengamatan, maka dilakukan analisis uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%. Pengolahan data dilakukan menggunakan minitab 19 dan Microsoft excel 2016.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi *plantlet*

Perlakuan TIB (*Temporary Immersion Bioreactor*) dengan penggunaan Varietas Granola Lembang tidak berbeda nyata dengan perlakuan TIB dengan penggunaan Varietas Granola Kembang (Tabel 1).

Tabel 1. Rerata tinggi *plantlet* kentang pada 21 HSI

Perlakuan	Rerata Tinggi Plantlet (cm)
	21 HSI
Non-TIB GL	7,01 b
TIB GL	15,36 c
Non-TIB GK	5,83 a
TIB GK	14,02 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji DMRT pada taraf $P > 0.05$, GL (Granola Lembang), GK (Granola Kembang)

Hasil analisis tinggi *plantlet* umur 21 HSI menunjukkan adanya perbedaan nyata pada perlakuan TIB GK dengan Non-TIB GK. Begitu pula pada perlakuan TIB GL dengan Non-TIB GL. Perlakuan terbaik yakni pada kombinasi sistem TIB dan penggunaan varietas GL dan perlakuan dengan hasil paling rendah pada sistem Non-TIB dengan penggunaan varietas GK. Hal ini dapat terjadi karena dalam sistem TIB memiliki aerasi yang sangat baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Zare Khafri et al., (2021), menyatakan pertumbuhan *plantlet* aprikot (*Prunus armenia* L.) memiliki vigor yang jauh lebih baik, peningkatan tinggi *plantlet* yang signifikan pada sistem perendaman sementara (TIB) dibandingkan dengan sistem konvensional.



Gambar 1. Perbandingan tinggi *plantlet* kentang, a) sistem TIB, b) sistem Non-TIB

Jumlah daun *plantlet*

Terdapat beda nyata pada parameter jumlah daun perlakuan Non-TIB terhadap perlakuan TIB (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan sistem TIB memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun yang tumbuh. Jumlah daun pada masa inkubasi dipengaruhi oleh pembelahan sel yang aktif sehingga perkembangan daun juga lebih cepat. Hal ini diduga karena kecepatan aerasi dan jumlah gelembung yang masuk kedalam lingkungan kultur yang dapat mempercepat respirasi (Pertamawati, 2012). Menurut Karyanti et al., (2018), menyatakan bahwa daun adalah organ yang diperlukan oleh *plantlet* untuk proses fotosintesis dan metabolisme lainnya sehingga daun yang terbentuk sangat menentukan keberhasilan saat aklimatisasi.

Tabel 2. Rerata jumlah daun *plantlet* kentang pada 7 HSI, 14 HSI, dan 21 HSI

Perlakuan	Rerata Jumlah Daun <i>Plantlet</i>		
	7 HSI	14 HSI	21 HSI
Non-TIB GL	2,2 a	4,5 a	6,5 a
TIB GL	3,5 b	5,2 b	8,4 b
Non-TIB GK	2,2 a	4,5 a	6,4 a
TIB GK	3,6 b	5,8 c	9,9 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji DMRT pada taraf $P>0.05$, GL (Granola Lembang), GK (Granola Kembang)

Hasil pengamatan secara visual (Gambar 1), *plantlet* pada sistem TIB memiliki jumlah daun yang lebih banyak dan rimbun, serta memiliki karakteristik morfologis daun yang lebar dibandingkan dengan perlakuan sistem kultur Non-TIB.



Gambar 2. Perbandingan jumlah daun *plantlet* kentang, a) sistem Non-TIB, b) sistem TIB

Jumlah dan panjang akar

Perlakuan sistem Non-TIB GL tidak beda nyata dengan perlakuan sistem TIB, akan tetapi terlihat beda nyata terhadap perlakuan TIB GL maupun TIB GK untuk parameter jumlah akar. Pada parameter panjang akar perlakuan sistem Non-TIB GK tidak beda nyata terhadap sistem TIB GK, akan tetapi beda nyata terhadap perlakuan TIB GL (Tabel 3).

Tabel 3. Rerata jumlah dan panjang akar *plantlet* kentang pada 21 HSI

Perlakuan	Pengamatan 21 HSI	
	Jumlah akar	Panjang akar (cm)
Non-TIB GL	7,3 a	6,44 a
TIB GL	17,7 c	11,25 c
Non-TIB GK	7,7 a	8,31 b
TIB GK	15,2 b	10,1 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji DMRT pada taraf $P > 0.05$, GL (Granola Lembang), GK (Granola Kembang)

Terlihat perbedaan yang cukup berarti dari segi jumlah dan panjang akar apabila dilihat secara visual (Gambar 3). Pertumbuhan akar *plantlet* kentang pada sistem TIB sangat baik, hal ini diduga karena pertukaran gas yang sangat baik dalam sistem TIB. Medium cair sangat cocok untuk kultur dengan eksplan tunas (Souza et al., 2020), hal ini karena eksplan yang sering melayang pada permukaan atas medium cair dapat mengalami difusi gas secara memadai dibandingkan dengan

menggunakan sistem Non-TIB, penelitian ini sebelumnya pernah dilakukan (Carrión & Tapia, 2019) pada beberapa varietas tanaman kentang dengan perendaman waktu tertentu.



Gambar 3. Jumlah dan panjang akar *plantlet* kentang, a) sistem TIB, b) sistem Non-TIB

Jumlah tunas dan Diameter batang

Plantlet pada umur 21 HSI pada perlakuan sistem TIB GK mengalami pertumbuhan diameter batang yang cukup baik dibanding dengan perlakuan lainnya. Pada pengamatan jumlah tunas tampak perlakuan sistem TIB berbeda nyata dengan sistem Non-TIB (Tabel 4).

Tabel 4. Rerata jumlah tunas dan diameter batang *plantlet* kentang pada 21 HSI

Perlakuan	Pengamatan 21 HSI	
	Jumlah tunas	Diameter batang (cm)
Non-TIB GL	1,5 a	0,51 a
TIB GL	3,7 b	0,96 b
Non-TIB GK	1,8 a	0,74 a
TIB GK	3,5 b	1,12 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji DMRT pada taraf $P>0.05$, GL (Granola Lembang), GK (Granola Kembang)

Diameter batang terbaik terdapat pada perlakuan sistem TIB GK. Diameter batang dipengaruhi oleh adanya suplai aerasi yang diberikan melalui aerator sebagai sumber karbon (Souza et al., 2020), selain itu dalam wadah bioreaktor homogenitas media juga terjaga dengan adanya pergerakan yang terjadi. Sirkulasi udara dan homogenitas nutrisi dalam media merupakan hal penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman untuk membantu meningkatkan kualitas proses metabolisme dalam jaringan tanaman (Karyanti et al., 2018).

Kandungan klorofil

Klorofil total tertinggi terdapat pada perlakuan sistem TIB GK (Tabel 5). Klorofil a dan b dipengaruhi oleh jenis pigmen yang berfungsi aktif sebagai pusat reaksi atau fotosistem, yakni fotosistem I (menyerap cahaya dengan panjang gelombang 680 nm) dan fotosistem II (menyerap cahaya dengan panjang gelombang 700 nm). Fotosistem II menghasilkan energi dari elektron yang dilepaskan untuk fotofosforilasi yang selanjutnya menghasilkan ATP, yaitu satuan pertukaran energi dalam sel. Pada saat yang bersamaan cahaya mengionisasi fotosistem I melepaskan elektron yang akhirnya mereduksi NADP menjadi NADPH. ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam fotosintesis memicu berbagai proses biokimia planlet. Proses biokimia tersebut yang mampu memacu pertumbuhan planlet. Fotosintesis pada tumbuhan akan menghasilkan proses biokimia yang akan memberikan keuntungan diantaranya meningkatkan laju multiplikasi (Pertamawati, 2012), meningkatkan presentase planlet hidup, menekan kontaminasi dan memberikan mengoptimalkan pada sistem dengan wadah kultur yang besar (Karyanti et al., 2018b). Selain itu dalam masa aklimatisasi planlet lebih mampu bertahan karena sejak dalam botol kultur tanaman sudah menjalankan fungsinya, antara lain dalam proses respirasi dan fotosintesis sehingga lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan hidup tanaman yang sebenarnya (Rai & Wiendi, 2015).

Tabel 5. Kandungan klorofil a, b, dan total *plantlet* kentang

Perlakuan	Kandungan Klorofil (ppm)		
	a	b	Total
Non-TIB GL	0,11 a	0,11 a	0,22 a
TIB GL	0,12 b	0,13 b	0,25 b
Non-TIB GK	0,12 b	0,12 a	0,24 b
TIB GK	0,14 c	0,18 c	0,32 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji DMRT pada taraf $P > 0.05$, GL (Granola Lembang), GK (Granola Kembang)

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan pertumbuhan *plantlet* kentang yang ditumbuhkan dalam media TIB dan Non-TIB baik pada Varietas Granola Lembang (GL), dan Granola Kembang memiliki pertumbuhan yang sangat baik apabila dibandingkan dengan pertumbuhan *plantlet* kentang dalam media Non-TIB. Hampir sebagian besar parameter pengamatan menunjukkan hasil yang baik dalam sistem TIB terutama pada Varietas Granola Kembang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan lancar berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih banyak kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah membiayai seluruh kegiatan penelitian melalui program dana hibah Penelitian Fundamental 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Aka Kaçar, Y., Biçen, B., Şimşek, Dönmez, D., & Erol, M. H. (2020). Evaluation and comparison of a new type of temporary immersion system (Tis) bioreactors for myrtle (*myrtus communis* l.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1), 1611–1620. https://doi.org/10.15666/aeer/1801_16111620
- Camargo, S. S., Rufato, L., Magro, M., & de Souza, A. L. K. (2019). Temporary immersion biorreators: Efficient technique for the propagation of the ‘pircinque’ strawberry. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(1), 1–8. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019102>
- Carrión, A., & Tapia, M. de L. (2019). Yield of five potato varieties in Temporary Immersion Bioreactors (TIB). *Peruvian Journal of Agronomy*, 3(1), 24. <https://doi.org/10.21704/pja.v3i1.1281>
- Gautam, S., Solis-Gracia, N., Teale, M. K., Mandadi, K., Silva, J. A. da, & Vales, M. I. (2021). Development of an in vitro Microtuberization and Temporary Immersion Bioreactor System to Evaluate Heat Stress Tolerance in Potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 12(August), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.700328>
- Georgiev, V., Schumann, A., Pavlov, A., & Bley, T. (2014). Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Engineering in Life Sciences*, 14(6), 607–621. <https://doi.org/10.1002/elsc.201300166>
- Karyanti, K., Kristianto, Y. G., Khairiyah, H., Novita, L., Sukarnih, T., Rudiyan, Y., & Sofia, D. Y. (2018a). Pengaruh wadah kultur dan konsentrasi sumber karbon pada perbanyakan kentang atlantik secara in vitro. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*, 5(2), 177. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v5i2.3012>
- Karyanti, Kristianto, Y. G., Khairiyah, H., Novita, L., Sukarnih, T., Rudiyan, Y., & Sofia, D. Y. (2018b). The Effect of Culture Container and Carbon Source Concentration on In Vitro Shoot Propagation of Atlantic Potato. *Jurnal Bioteknologi Biosains Indones*, 5(October), 177–187.
- Leyva-Ovalle, O. R., Bello-Bello, J. J., Murguía-González, J., Núñez-Pastrana, R., & Ramírez-Mosqueda, M. A. (2020). Micropropagation of Guarianthe skinneri (Bateman) Dressler et W. E. Higging in Temporary Immersion Systems. *3 Biotech*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-2010-3>
- Loyola-González, O., Medina-Pérez, M. A., Hernández-Tamayo, D., Monroy, R., Carrasco-Ochoa, J. A., & García-Borroto, M. (2019). A pattern-based approach for detecting pneumatic failures on temporary immersion bioreactors. *Sensors (Switzerland)*, 19(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/s19020414>
- Máximo, W. P. F., Santos, P. A. A., Martins, G. S., Mendonça, E. G., & Paiva, L. V. (2018). In vitro multiplication of eucalyptus hybrid via temporary immersion bioreactor: Culture media and cytokinin effects. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 18(2), 131–138. <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n2a19>
- Mosqueda Frómata, O., Escalona Morgado, M. M., Teixeira da Silva, J. A., Pina Morgado, D. T., & Daquinta Gradaille, M. A. (2017). In vitro propagation of *Gerbera jamesonii* Bolus ex Hooker f. in a temporary immersion bioreactor. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 129(3), 543–551.

- <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1186-7>
- Pertamawati, P. (2012). Pengaruh Fotosintesis Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Dalam Lingkungan Fotoautotrof Secara Invitro. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 12(1), 31–37. <https://doi.org/10.29122/jsti.v12i1.848>
- Rai, S. P., & Wiendi, N. M. A. (2015). Optimasi Produksi Bibit Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*) Kultivar Granola dengan Teknik Fotoautotrofik. *Buletin Agrohorti*, 3(1), 28–38. <https://doi.org/10.29244/agrob.v3i1.14822>
- Sota, V., Benelli, C., Çuko, B., Papakosta, E., Depaoli, C., Lambardi, M., & Kongjika, E. (2021). Evaluation of ElecTIS bioreactor for the micropropagation of *Malus sylvestris* (L.) Mill., an important autochthonous species of Albania. *Horticultural Science*, 48(1), 12–21. <https://doi.org/10.17221/69/2020-HORTSCI>
- Souza, D. M. S. C., Avelar, M. L. M., Fernandes, S. B., Silva, E. O., Duarte, V. P., Molinari, L. V., & Brondani, G. E. (2020). Spectral quality and temporary immersion bioreactor for in vitro multiplication of *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*. *3 Biotech*, 10(10), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02447-3>
- Zare Khafri, A., Solouki, M., Zarghami, R., Fakheri, B., Mahdinezhad, N., & Naderpour, M. (2021). In vitro propagation of three Iranian apricot cultivars. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 57(1), 102–117. <https://doi.org/10.1007/s11627-020-10112-w>