



Perbedaan Karakter Agronomi dan Morfologi Tanaman Anggrek *Dendrobium* Transgenik pada Event T42 dan Wild type

Differences in Agronomic and Morphological Characteristics of Dendrobium Orchid Transgenic Plants Event T42 and Wild Type

Author(s): Khiair Ayatina Hasbi¹; Parawita Dewanti^{2*}; Mohammad Ubaidillah³

(1) Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

(2) Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

(3) Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

*Corresponding author: parawita.faperta@unej.ac.id

Submitted: 15 Jul 2025

Accepted: 24 Aug 2026

Published: 30 Sep 2026

ABSTRAK

Tanaman transgenik hasil transformasi gen *Sucrose Phosphate Synthase 1* (SoSPS1) telah diperoleh dan memiliki pertumbuhan yang berbeda dengan *wild type* namun belum dilakukan karakterisasi agronomi dan morfologi pada tanaman transgenik tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh transformasi gen SoSPS1 terhadap karakter agronomi dan morfologi anggrek *Dendrobium* transgenik. Penelitian dilakukan melalui eksperimen dengan cara membandingkan planlet transgenik yang membawa gen SoSPS1 dan planlet non-transgenik berdasarkan karakter pertumbuhan vegetatif yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah akar, panjang akar, serta biomassa tanaman. Data dianalisis secara statistik untuk mengetahui perbedaan respons pertumbuhan antar-perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi gen SoSPS1 meningkatkan pertumbuhan planlet anggrek yang ditunjukkan oleh peningkatan tinggi tanaman yakni 128% , jumlah daun 46%, luas daun 162%, panjang akar 93% serta jumlah akar 60,6%, dan penurunan jumlah tunas 15,92% dibandingkan tanaman *wild type*. Peningkatan tersebut diduga berkaitan dengan meningkatnya aktivitas enzim SPS yang memacu akumulasi sukrosa sebagai sumber karbon sekaligus molekul sinyal yang mendukung fotosintesis, pembelahan sel, perkembangan sistem perakaran, dan pertumbuhan tajuk. Dengan demikian, transformasi gen SoSPS1 berpotensi meningkatkan vigor planlet anggrek melalui optimalisasi sintesis sukrosa sehingga dapat menjadi salah satu strategi dalam mendukung pengembangan bibit anggrek yang memiliki pertumbuhan vegetatif lebih baik.

Kata Kunci:

Anggrek;
Pertumbuhan;
SoSPS1;
Sukrosa;
Transgenik

ABSTRACT

Keywords:

Orchid;

Growth;

SoSPS1;

Sucrose;

Transgenic

Transgenic plants resulting from the transformation of the Sucrose Phosphate Synthase 1 (SoSPS1) gene have been obtained and exhibited growth patterns distinct from the wild type. However, agronomic and morphological characterization of these transgenic plants has not yet been conducted. This study aims to analyze the effect of SoSPS1 gene transformation on the agronomic and morphological characteristics of transgenic Dendrobium orchids. An experimental approach was employed, comparing transgenic plantlets carrying the SoSPS1 gene with non-transgenic plantlets based on vegetative growth characteristics, including plant height, leaf number, leaf area, root number, root length, and plant biomass. Data were statistically analyzed to determine differences in growth responses between treatments. The research results indicate that SoSPS1 gene transformation enhances orchid plantlet growth, evidenced by increases in plant height (128%), leaf number (46%), leaf area (162%), root length (93%), and root number (60.6%), alongside a 15.92% decrease in shoot number compared to wild-type plants. This enhancement is likely linked to increased SPS enzyme activity, which promotes sucrose accumulation; sucrose serves as both a carbon source and a signaling molecule that supports photosynthesis, cell division, root system development, and shoot growth. Thus, SoSPS1 gene transformation holds the potential to improve orchid plantlet vigor through optimized sucrose synthesis, offering a viable strategy for developing orchid seedlings with superior vegetative growth.



PENDAHULUAN

Anggrek merupakan salah satu komoditas tanaman hias yang memiliki nilai estetika dan ekonomi tinggi karena keragaman bentuk, warna bunga, serta daya tahan bunganya yang relatif lama. Karakteristik tersebut menyebabkan permintaan anggrek terus meningkat, baik sebagai tanaman pot maupun bunga potong (Khurajam et al., 2017). Indonesia sebagai salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi memiliki berbagai spesies anggrek yang berpotensi untuk dikembangkan. Di antara berbagai genus anggrek, *Dendrobium* sp. merupakan salah satu yang paling banyak dibudidayakan dan diminati oleh masyarakat maupun industri florikultura. Anggrek *Dendrobium* termasuk kelompok anggrek simpodial yang memiliki pola pertumbuhan merumpun dengan batang semu *pseudobulb* sebagai organ penyimpan cadangan makanan dan air (Bhattacharjee and Hossain, 2015).

Peningkatan kebutuhan pasar terhadap anggrek *Dendrobium* mendorong upaya pengembangan varietas unggul yang memiliki karakter pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas tanaman yang lebih baik. Selain melalui pemuliaan konvensional, pengembangan varietas unggul saat ini semakin banyak memanfaatkan pendekatan bioteknologi, salah satunya melalui transformasi genetik. Teknik ini memungkinkan penyisipan atau modifikasi gen tertentu ke dalam genom tanaman sehingga sifat yang diinginkan dapat diperoleh secara lebih spesifik dan efisien dibandingkan metode persilangan konvensional yang bergantung pada rekombinasi genetik alami (Shafiq et al., 2022; Yali, 2022).

Salah satu gen yang berpotensi meningkatkan performa fisiologis tanaman adalah SoSPS1 (*Saccharum officinarum* *Sucrose Phosphate Synthase 1*). Gen ini mengode enzim *Sucrose Phosphate Synthase* (SPS), yaitu enzim kunci dalam jalur biosintesis sukrosa pada jaringan fotosintetik. Pada tanaman tebu, overekspresi gen SoSPS1 dilaporkan mampu meningkatkan akumulasi sukrosa, efisiensi fotosintesis, serta pertumbuhan vegetatif tanaman (Anur et al., 2020). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kandungan sukrosa pada tanaman tebu transgenik mencapai 5,51 mg g⁻¹ bobot segar, lebih tinggi dibandingkan tanaman *wild type* yang hanya sebesar 2,27 mg g⁻¹ bobot segar. Efek serupa juga dilaporkan pada tanaman tomat yakni overekspresi SoSPS1 meningkatkan kandungan sukrosa daun hingga 116% (Dewanti et al., 2012), serta pada tanaman padi yang menunjukkan peningkatan kandungan sukrosa dibandingkan tanaman non-transgenik (Mulyatama et al., 2022).

Peningkatan kandungan sukrosa tidak hanya berperan sebagai sumber karbon, tetapi juga sebagai molekul sinyal yang mengatur berbagai proses fisiologis tanaman. Sukrosa diketahui berinteraksi dengan jalur regulasi hormon, seperti auksin, sitokinin, brassinosteroid, dan giberelin, yang berperan dalam mengendalikan pembelahan sel, pemanjangan sel, serta akumulasi biomassa tanaman. Oleh karena itu, overekspresi gen SoSPS1 berpotensi menghasilkan perubahan pada karakter pertumbuhan tanaman melalui peningkatan aktivitas metabolisme dan efisiensi penggunaan karbon (Anur et al., 2020).

Meskipun pengaruh overekspresi SoSPS1 terhadap peningkatan kandungan sukrosa dan biomassa telah banyak dilaporkan pada beberapa spesies tanaman, informasi mengenai dampaknya terhadap karakter morfologi tanaman anggrek, khususnya *Dendrobium* sp., masih sangat terbatas. Evaluasi karakter morfologi merupakan salah satu tahapan penting untuk mengetahui respons fenotipik akibat transformasi genetik serta mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada tanaman transgenik dibandingkan tanaman *wild type*. Analisis karakter morfologi seperti tinggi tanaman, jumlah daun, ukuran daun, diameter batang, panjang akar, serta parameter pertumbuhan lainnya diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh ekspresi gen SoSPS1 terhadap pertumbuhan vegetatif anggrek *Dendrobium*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan

karakter morfologi antara tanaman anggrek *Dendrobium* transgenik yang membawa gen SoSPS1 dengan tanaman *wild type* sebagai dasar dalam mengevaluasi potensi pemanfaatan transformasi genetik pada program perbaikan varietas anggrek.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Juli 2026 di UPA Pengelolaan Limbah dan Laboratorium Terpadu Universitas Jember. Bahan penelitian berupa 10 planlet anggrek *Dendrobium* yang terdiri atas 9 tanaman transgenik overekspresi SoSPS1 (T1, T2, T3, T37, T42, T43, T61, T62, dan T63) dan satu tanaman *wild type* sebagai kontrol. Seluruh planlet yang digunakan memiliki ukuran seragam dengan tinggi sekitar 0,7–1,1 cm. Peralatan yang digunakan meliputi laminar air flow, autoklaf, PCR thermal cycler, mikropipet, sentrifus, vortex, NanoDrop, perangkat elektroforesis, UV transilluminator, mikroskop, serta peralatan laboratorium pendukung lainnya.

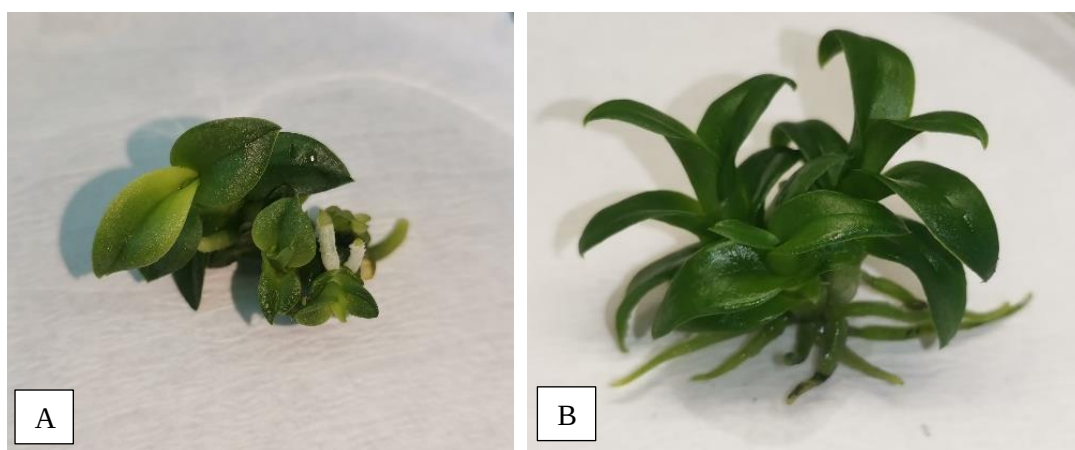
Planlet diperbanyak melalui subkultur pada medium Murashige and Skoog (MS) yang diperkaya sukrosa 30 g L⁻¹, arang aktif 3 g L⁻¹, dan phytagel 2,5 g L⁻¹ dengan pH media 5,7–6,0. Media disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 17,5 psi selama 30 menit. Subkultur dilakukan secara aseptik di dalam laminar air flow, kemudian planlet diinkubasi pada ruang kultur dengan fotoperiode 16 jam terang dan 8 jam gelap.

Karakter morfologi diamati pada umur 12 minggu setelah subkultur, meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bentuk daun, jumlah tunas, jumlah akar, dan panjang akar. Tinggi tanaman dan panjang akar diukur menggunakan mistar (cm) di dalam laf dengan cara menyimpan planlet dan mistar berdampingan di atas cawan petri, sedangkan luas daun dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ berdasarkan citra digital daun. Bentuk daun diamati secara visual berdasarkan karakter morfologi daun, sedangkan jumlah daun, tunas, dan akar dihitung secara langsung pada setiap planlet.

Data morfologi dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rerata dan *standard error of the mean* (SEM) untuk menggambarkan variasi karakter antar tanaman transgenik dan *wild type*.

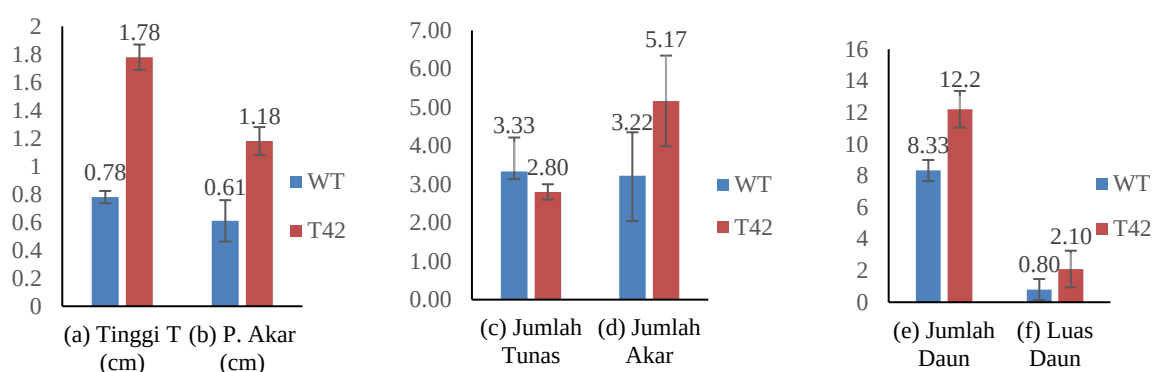
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan merupakan salah satu indikator utama yang mencerminkan keberhasilan tanaman dalam beradaptasi terhadap lingkungan serta memanfaatkan sumber daya yang tersedia. Secara morfologi, pertumbuhan tanaman ditandai oleh peningkatan ukuran, jumlah organ, dan perkembangan struktur vegetatif yang berlangsung sebagai hasil dari aktivitas pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel. Perubahan karakter morfologi, seperti tinggi tanaman, luas daun, jumlah daun, jumlah tunas, dan perkembangan sistem perakaran, digunakan sebagai parameter untuk mengevaluasi respons tanaman terhadap faktor genetik maupun lingkungan. Karakter-karakter tersebut saling berkaitan dalam menentukan vigor tanaman karena berpengaruh terhadap kapasitas fotosintesis, penyerapan air dan unsur hara, serta akumulasi biomassa selama fase pertumbuhan vegetatif (van Tongerlo et al., 2021).



Gambar 1. Perbandingan Karakter Agronomi dan Morfologi Tanaman Anggrek *Dendrobium* Overekspresi SoSPS1 Event T42 dan Wildtype. (A=Wildtype; B=Trangen T42)

Figure 1. Comparison of Agronomic and Morphological Characteristics of *Dendrobium* Orchid Plants SoSPS1 Overexpressing Event T42 and Wild-type. (A=Wildtype; B=Trangen T42)



Gambar 2. Karakter Agronomi dan Morfologi Tanaman Anggrek *Dendrobium* Overekspresi SoSPS1 Event T42 dan Wildtype. (a) Tinggi Tanaman; (b) Panjang Akar; (c) Jumlah Tunas; (d) Jumlah Akar; (e) Jumlah Daun; (f) Luas Daun. (WT=WildType; T42=Transgen).

Figure 2. Agronomic and Morphological Characteristics of *Dendrobium* Orchid Plants SoSPS1 Overexpressing Event T42 and Wildtype. (a) Plant height; (b) Root length; (c) Number of shoots; (d) Number of roots; (e) Number of leaves; (f) Leaf area. (WT = Wild-type; T42 = Transgen42).

Berdasarkan data grafik di gambar 2, pengamatan karakter morfologi menunjukkan bahwa transformasi gen *Saccharum officinarum* Sucrose Phosphate Synthase 1 (SoSPS1) memberikan respons yang berbeda terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman anggrek *Dendrobium*. Secara umum, tanaman transgenik T42 memperlihatkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanaman wild type. Perbedaan tersebut terlihat pada tinggi tanaman, panjang akar, luas daun, jumlah daun, dan jumlah akar, sedangkan jumlah tunas menunjukkan nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan tanaman kontrol. Data pada gambar 2 didukung oleh dokumentasi pada gambar 1 yang menunjukkan adanya perbedaan antara tanaman *wildtype* dengan tanaman transgen T42.

Tanaman transgenik T42 memiliki tinggi tanaman sebesar $1,78 \pm 0,09$ cm, sedangkan tanaman wild type hanya mencapai $0,78 \pm 0,04$ cm, sehingga terjadi peningkatan sekitar 128%. Peningkatan tinggi tanaman menunjukkan bahwa ekspresi gen SoSPS1 berkontribusi terhadap percepatan pertumbuhan vegetatif. Enzim *sucrose phosphate synthase* (SPS) merupakan enzim pembatas laju (*rate-limiting enzyme*) dalam biosintesis sukrosa. Aktivitas SPS yang meningkat akan menghasilkan akumulasi sukrosa yang lebih tinggi sehingga menyediakan karbon dan energi dalam jumlah lebih besar untuk mendukung pembelahan serta pemanjangan sel (Afidah et al., 2022). Sukrosa tidak hanya berfungsi sebagai hasil fotosintesis, tetapi juga sebagai molekul sinyal (*sugar signaling*) yang mengatur ekspresi berbagai gen pertumbuhan (Yoon et al., 2021). Oleh karena itu, peningkatan tinggi tanaman pada T42 diduga merupakan konsekuensi dari meningkatnya sintesis sukrosa akibat overekspresi SoSPS1.

Peran sukrosa sebagai molekul sinyal telah banyak dilaporkan berinteraksi dengan berbagai fitohormon, terutama auksin, sitokinin, dan giberelin. Interaksi tersebut memacu aktivitas meristem pucuk, meningkatkan pembelahan sel, dan mempercepat pemanjangan internodus. Aluko et al., (2021) menjelaskan bahwa pertumbuhan batang merupakan hasil kombinasi antara pembelahan sel pada jaringan meristem dan ekspansi sel yang dipengaruhi oleh ketersediaan fotosintat. Dengan demikian, peningkatan tinggi tanaman pada T42 mengindikasikan bahwa tanaman memperoleh suplai karbon yang lebih besar dibandingkan tanaman *wild type*.

Karakter lain yang mengalami peningkatan adalah panjang akar. Rata-rata panjang akar tanaman *wild type* adalah $0,61 \pm 0,15$ cm, sedangkan rata-rata panjang akar tanaman T42 mencapai $1,18 \pm 0,10$ cm atau meningkat sekitar 93%. Selain akar yang lebih panjang, jumlah akar pada tanaman transgenik juga meningkat dari rata-rata 3,22 menjadi 5,17 akar atau meningkat sekitar 60.6%. Peningkatan panjang dan jumlah akar menunjukkan bahwa transformasi gen SoSPS1 tidak hanya memengaruhi pertumbuhan tajuk, tetapi juga sistem perakaran (Anur et al., 2020). Akar merupakan organ utama dalam penyerapan air dan unsur hara sehingga perkembangan akar yang lebih baik akan meningkatkan kemampuan tanaman dalam memperoleh sumber daya dari media tumbuh (Lynch et al., 2021). Kondisi tersebut selanjutnya akan memperkuat pertumbuhan vegetatif secara keseluruhan melalui mekanisme umpan balik positif antara akar dan tajuk (Li et al., 2021).

Hubungan antara sukrosa dan perkembangan akar telah banyak dijelaskan pada berbagai spesies tanaman. Sukrosa berperan sebagai sumber energi utama sekaligus sinyal metabolik yang mengatur pembentukan akar lateral melalui jalur regulasi auksin (Mishra et al., 2022). Ketersediaan sukrosa yang tinggi mampu meningkatkan aktivitas pembelahan sel pada meristem akar sehingga akar berkembang lebih cepat dan lebih banyak. Oleh karena itu, peningkatan panjang dan jumlah akar pada tanaman T42 menunjukkan bahwa ekspresi SoSPS1 kemungkinan meningkatkan efisiensi distribusi karbon menuju organ sink, khususnya akar yang sedang aktif tumbuh.

Perbedaan yang paling signifikan ditemukan pada karakter luas daun. Rata-rata luas daun tanaman *wild type* adalah $0,80 \pm 0,005$ cm², sedangkan rata-rata luas daun tanaman T42 mencapai $2,10 \pm 0,08$ cm², atau meningkat sekitar 162%. Daun merupakan organ fotosintesis utama sehingga peningkatan luas daun akan meningkatkan luas permukaan yang mampu menangkap cahaya. Semakin luas permukaan daun, semakin besar pula potensi tanaman dalam menghasilkan fotosintat (Paul, 2021). Kondisi ini membentuk mekanisme yang saling mendukung, yaitu peningkatan aktivitas SPS menghasilkan sukrosa lebih tinggi, sementara luas daun yang lebih besar meningkatkan kapasitas fotosintesis sehingga produksi sukrosa menjadi semakin optimal.

Peningkatan luas daun juga diikuti oleh meningkatnya jumlah daun dari rata-rata 8,33 menjadi 12,20 helai, atau sekitar 46% lebih tinggi dibandingkan *wild type*. Jumlah daun yang lebih banyak menunjukkan bahwa aktivitas pembentukan primordia daun berlangsung lebih aktif pada tanaman transgenik. Hal ini sejalan dengan konsep bahwa ketersediaan karbon yang tinggi dapat mempercepat perkembangan organ vegetatif melalui peningkatan aktivitas meristem pucuk. Choudhary et al., (2022) menjelaskan bahwa gula merupakan regulator penting yang menghubungkan status metabolisme tanaman dengan proses perkembangan melalui pengaturan ekspresi gen yang berhubungan dengan siklus sel.

Meskipun sebagian besar karakter vegetatif mengalami peningkatan, jumlah tunas pada tanaman T42 justru sedikit lebih rendah dibandingkan *wild type*, yaitu rata-rata 2,80 dibandingkan 3,33 tunas, sehingga terjadi penurunan sekitar 15,92%. Fenomena ini menunjukkan bahwa peningkatan kandungan sukrosa tidak selalu diikuti oleh peningkatan seluruh karakter pertumbuhan. Pembentukan tunas merupakan proses yang dipengaruhi oleh keseimbangan hormon, khususnya rasio sitokinin dan auksin. Pada kondisi tertentu, peningkatan metabolisme karbon lebih banyak diarahkan untuk memperbesar organ yang telah terbentuk, seperti daun dan akar, dibandingkan menginisiasi pembentukan tunas baru. Dengan kata lain, hasil fotosintesis pada tanaman T42 kemungkinan lebih diprioritaskan untuk mempercepat pertumbuhan vegetatif dibandingkan meningkatkan jumlah titik tumbuh.

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Anur et al., (2020) yang melaporkan bahwa overekspresi SoSPS1 pada tanaman tebu meningkatkan kandungan sukrosa, efisiensi fotosintesis, dan biomassa tanaman dibandingkan tanaman *wild type*. Demikian pula Dewanti et al., (2012) melaporkan bahwa ekspresi SoSPS1 pada tanaman tomat mampu meningkatkan kandungan sukrosa daun hingga 116%. Hasil penelitian Mulyatama et al., (2022) menunjukkan peningkatan kandungan sukrosa pada tanaman padi transgenik. Meskipun spesies yang digunakan berbeda, ketiga penelitian tersebut memperlihatkan pola respons yang serupa, yaitu peningkatan metabolisme karbon akibat overekspresi SoSPS1 menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman anggrek *Dendrobium* transgenik T42 memiliki performa morfologi yang lebih unggul dibandingkan tanaman *wild type*. Peningkatan tinggi tanaman, luas daun, jumlah daun, panjang akar, dan jumlah akar mengindikasikan bahwa ekspresi gen SoSPS1 mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan karbon untuk mendukung pertumbuhan vegetatif. Temuan ini memberikan bukti bahwa SoSPS1 berpotensi dimanfaatkan sebagai gen target dalam program rekayasa genetika maupun pemuliaan molekuler anggrek untuk menghasilkan tanaman dengan vigor pertumbuhan yang lebih baik. Namun demikian, diperlukan penelitian lanjutan yang mengintegrasikan analisis ekspresi gen, kandungan sukrosa, aktivitas fotosintesis, dan akumulasi biomassa agar mekanisme fisiologis yang mendasari perubahan morfologi tersebut dapat dijelaskan secara lebih komprehensif.

KESIMPULAN

Transformasi gen SoSPS1 meningkatkan pertumbuhan vegetatif planlet anggrek melalui peningkatan sintesis sukrosa sebagai sumber karbon dan molekul sinyal. Peningkatan sukrosa mendukung pembentukan daun, pemanjangan batang, serta perkembangan sistem perakaran dengan meningkatkan fotosintesis, pembelahan sel, dan penyerapan air serta unsur hara. Hubungan timbal balik antara akar dan tajuk menghasilkan akumulasi biomassa yang lebih tinggi sehingga vigor tanaman meningkat. Dengan demikian,

transformasi gen SoSPS1 terbukti meningkatkan kualitas pertumbuhan vegetatif planlet anggrek.

DAFTAR PUSTAKA

Afidah, S.N., Agustien, I.D., Dewanti, P., Sugiharto, B., 2022. Increased activity of  sugarcane sucrose-phosphate synthase in transgenic tomato in response to N-terminal truncation. *Indones. J. Biotechnol.* 27, 43.

Aluko, O.O., Li, C., Wang, Q., Liu, H., 2021. Sucrose Utilization for Improved Crop Yields:  A Review Article. *Int. J. Mol. Sci.* 22, 4704.

Anur, R.M., Mufithah, N., Sawitri, W.D., Sakakibara, H., Sugiharto, B., 2020.  Overexpression of Sucrose Phosphate Synthase Enhanced Sucrose Content and Biomass Production in Transgenic Sugarcane. *Plants* 9, 200.

Bhattacharjee, D.K., Hossain, M.M., 2015. Effects Of Plant Growth Regulators And  Explants On Propagation In The Monopodial And Sympodial Orchid: A Study In Vitro. *J. Orchid Soc. India* 1, 91–102.

Choudhary, A., Kumar, A., Kaur, N., Kaur, H., 2022. Molecular cues of sugar signaling in  plants. *Physiol. Plant.* 174, 1–20.

Dewanti, P., Ratnasari, T., Christanto, S., Sugiharto, B., 2012. Peran Sucrose Phosphate  Synthase (SPS) dan Sucrose Transporter (SUT) dalam Akumulasi Sukrosa pada Tomat (*Lycopersicon esculentum*) Transgenik, in: Seminar Nasional Dan Kongres Indonesia Protein Society. pp. 45–51.

Khuraijam, J.S., Sharma, S.C., Roy, R.K., 2017. Orchids : Potential Ornamental Crop in  North India. *Int. J. Hortic. Crop Sci. Res.* 7, 1–8.

Li, H., Testerink, C., Zhang, Y., 2021. How roots and shoots communicate through stressful  times. *Trends Plant Sci.* 26, 940–952.

Lynch, J.P., Strock, C.F., Schneider, H.M., Sidhu, J.S., Ajmera, I., Galindo-Castañeda, T.,  Klein, S.P., Hanlon, M.T., 2021. Root anatomy and soil resource capture. *Plant Soil* 466, 21–63.

Mishra, B.S., Sharma, M., Laxmi, A., 2022. Role of sugar and auxin crosstalk in plant growth  and development. *Physiol. Plant.* 174, 1–21.

Mulyatama, R.A., Neliana, I.R., Sawitri, W.D., Sakakibara, H., Kim, K.-M., Sugiharto, B.,  2022. Increasing the Activity of Sugarcane Sucrose Phosphate Synthase Enhanced Growth and Grain Yields in Transgenic Indica Rice. *Agronomy* 12, 2949.

Paul, M.J., 2021. Improving Photosynthetic Metabolism for Crop Yields: What Is Going to  Work? *Front. Plant Sci.* 12, 10–13.

Shafiq, M., Ashraf, T., Mushtaq, S., Anjum, N., Asim, M., Feroze, M.A., Rehman, M.A.,
 Aziz, M., 2022. Response of Different (*Capsicum annuum* L) Genotypes for Callus
Induction, Plant Regeneration and Plant Transformation. *Sarhad J. Agric.* 38, 1332–
1343.

van Tongerlo, E., van Ieperen, W., Dieleman, J.A., Marcelis, L.F.M., 2021. Vegetative traits
 can predict flowering quality in *Phalaenopsis* orchids despite large genotypic variation
in response to light and temperature. *PLoS One* 16, e0251405.

Yali, W., 2022. Application of Genetically Modified Organism (GMO) Crop Technology
 and Its Implications in Modern Agriculture. *Int. J. Appl. Agric. Sci.* 8, 1.

Yoon, J., Cho, L., Tun, W., Jeon, J., An, G., 2021. Sucrose signaling in higher plants. *Plant*
 *Sci.* 302, 110703.