

## Perbandingan Ekofisiologis Pucuk Teh pada Ketinggian Rendah dan Menengah di DIY

Yovi Avianto<sup>1\*</sup>, Branmanda Fardhaza Saputra<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta  
Jl. Nangka II, Krodan, Maguwoharjo, Depok, Sleman 55282, Indonesia.

\*E-mail: [yovi@instiperjogja.ac.id](mailto:yovi@instiperjogja.ac.id)

Diterima: 12/12/2024

Direvisi: 23/12/2024

Disetujui: 24/12/2024

### ABSTRAK

Tanaman teh merupakan komoditas penting di Indonesia, namun produksinya sangat dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Ketinggian yang berbeda akan menghasilkan kondisi iklim mikro yang unik, seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya yang berbeda pula. Kondisi iklim mikro ini secara langsung memengaruhi pertumbuhan, fisiologi, dan produktivitas tanaman teh. Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana perbedaan ketinggian tempat, khususnya antara dataran rendah dan menengah, mempengaruhi respon fisiologis tanaman teh dan produksi pucuknya di wilayah Yogyakarta. Penelitian dilakukan di dua kebun produksi teh dengan ketinggian tempat berbeda yaitu Turgo (Zona Rendah 514 mdpl) dan Nglingsgo (Zona Menengah 852 mdpl) pada bulan Mei-Agustus 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman teh yang tumbuh di dataran menengah memiliki keunggulan dibandingkan dataran rendah. Kondisi iklim di dataran menengah, seperti suhu yang lebih sejuk dan kelembaban yang cukup, sangat mendukung pertumbuhan tanaman teh. Kondisi ini membuat tanaman teh di dataran menengah lebih efisien dalam berfotosintesis dan menggunakan air. Akibatnya, tanaman teh di dataran menengah menghasilkan daun yang lebih hijau, lebih luas, dan memiliki laju pertumbuhan yang lebih baik. Hal ini berujung pada peningkatan produktivitas dan kualitas pucuk teh. Pemilihan lokasi penanaman teh yang tepat, terutama di daerah dengan ketinggian menengah, sangat penting untuk mencapai hasil produksi yang optimal.

**Kata kunci:** Cekaman suhu, ekofisiologi, fotorespirasi, PAR, zona ketinggian.

### ABSTRACT

*Tea (Camellia sinensis) is a significant commodity in Indonesia, yet its productivity is highly influenced by altitude. Different altitudes result in unique microclimatic conditions, such as variations in temperature, humidity, and light intensity. These microclimatic conditions directly impact the growth, physiology, and productivity of tea plants. This study aimed to understand how altitudinal differences, specifically between low and middle elevations, affect the physiological responses and shoot production of tea plants in the Yogyakarta region. The research was conducted in two tea plantations with varying altitudes: Turgo (Low Zone, 514 m asl) and Nglingsgo (Middle Zone, 852 m asl) from May to August 2024. The results demonstrated that tea plants cultivated at middle elevations exhibited superior performance compared to those at lower elevations. The cooler temperatures and adequate humidity at middle elevations strongly support tea plant growth. These conditions render tea plants at middle elevations more efficient in photosynthesis and water utilization. Consequently, tea plants at middle elevations produce greener, larger leaves, and exhibit a higher growth rate. This ultimately leads to increased productivity and quality of tea shoots. Selecting the appropriate planting location, especially in areas with middle elevations, is crucial for achieving optimal production outcomes.*

**Keywords:** Altitude zone, ecophysiology, heat stress, PAR, photorespiration.

### PENDAHULUAN

Teh (*Camellia sinensis*) merupakan salah satu tanaman perkebunan unggulan di Indonesia yang memiliki kemampuan produksi tinggi dan nilai ekonomi signifikan dibandingkan dengan tanaman perkebunan lainnya (Gunathilaka & Tularam, 2016). Menurut Hajiboland (2017),

tingginya produksi teh disebabkan oleh karakteristik tanaman ini yang mampu menghasilkan biomassa secara berkelanjutan melalui mekanisme pemanenan pucuk muda. Pucuk teh merupakan bagian tanaman yang terus tumbuh sepanjang tahun terutama di daerah tropis seperti Indonesia. Kondisi iklim

Indonesia memungkinkan siklus pemanenan berlangsung lebih sering dibandingkan dengan tanaman perkebunan lainnya (Ahmed et al., 2018). Daerah Istimewa Yogyakarta memang tidak dikenal sebagai daerah utama produksi teh tetapi memiliki potensi perkebunan teh berkat kondisi topografinya yang beragam (Sukmadi et al., 2020). Namun, keberhasilan budidaya teh sangat bergantung pada faktor lingkungan, terutama ketinggian tempat yang memengaruhi iklim mikro di sekitar tanaman.

Secara alami, tanaman teh berasal dari daerah subtropis yang memiliki suhu udara relatif sejuk dan stabil sepanjang tahun. Oleh karena itu, budidaya teh di Indonesia perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan, terutama ketinggian tempat. Dalimoenthe et al. (2017) mengklasifikasikan wilayah penanaman teh dibedakan berdasarkan ketinggian menjadi tiga zona utama yaitu dataran tinggi (>1.200 mdpl), dataran menengah (800–1.200 mdpl), dan dataran rendah (<800 mdpl). Ketinggian tempat merupakan salah satu faktor ekologi utama yang memengaruhi iklim mikro, termasuk suhu udara, kelembapan, intensitas cahaya, dan kecepatan angin (Klinges & Scheffers, 2021; Liebig et al., 2019). Perubahan parameter iklim mikro akibat variasi ketinggian dapat memengaruhi kondisi fisiologis tanaman teh, seperti laju fotosintesis, transpirasi, dan efisiensi penggunaan air. Sebagai contoh, pada dataran tinggi dimana suhu udara cenderung lebih rendah dapat mendukung pertumbuhan teh dengan meningkatkan kualitas daun, tetapi dapat pula menghambat proses fisiologis tertentu jika suhu terlalu rendah (Özdemir et al., 2018).

Penelitian Yan et al. (2020) mengungkap bahwa suhu optimal tanaman teh berkisar antara 13-30 °C dengan titik optimum 25 °C. Suhu ini biasanya ditemukan pada daerah berketinggian menengah hingga tinggi. Selain itu, kelembapan yang lebih tinggi di daerah berketinggian tinggi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air tanaman (Liu et al., 2015). Sebaliknya, kelebihan air dapat menghambat proses aerasi di zona akar (Kibblewhite et al., 2014). Produksi teh juga sangat dipengaruhi oleh adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan di berbagai ketinggian. Suhu memengaruhi laju pertumbuhan pucuk, yaitu bagian tanaman yang dipanen untuk diolah menjadi teh. Penelitian

Muningsih et al. (2014) menunjukkan bahwa suhu udara yang lebih rendah pada ketinggian tinggi memperlambat laju pertumbuhan pucuk. Wijayanto et al. (2015) menambahkan bahwa produksi teh di dataran tinggi sering kali diimbangi dengan kualitas yang lebih tinggi. Sebaliknya, suhu yang lebih tinggi pada ketinggian rendah dapat mempercepat laju pertumbuhan pucuk, tetapi berpotensi menurunkan kualitas hasil. Namun, jika lingkungan tidak optimal produktivitas dapat menurun meskipun kualitas daun meningkat (Han et al., 2017).

Ketinggian tempat juga berhubungan dengan variasi radiasi matahari dan kecepatan angin. Radiasi matahari yang cukup diperlukan untuk mendukung sintesis metabolit sekunder seperti katekin dan tanin pada daun teh (Xiang et al., 2021; Ye et al., 2021). Namun, pada ketinggian tinggi, intensitas cahaya yang terlalu rendah dapat menghambat laju fotosintesis. Sementara itu, angin berfungsi sebagai pengatur suhu mikro dan pengeringan kanopi, tetapi angin yang terlalu kuat dapat meningkatkan laju transpirasi dan stres air pada tanaman (Zakir, 2018). Dewasa ini penelitian mengenai pengaruh ketinggian tempat terhadap iklim mikro dan fisiologi tanaman teh menjadi semakin relevan. Perubahan pola cuaca dan kenaikan suhu global dapat memengaruhi stabilitas produksi teh di berbagai daerah (Jayasinghe & Kumar, 2021; Lou et al., 2021). Terlebih lagi, di wilayah Yogyakarta kebun produksi teh berada pada wilayah dataran rendah dan menengah. Kedua kondisi agroklimat ini tentunya lebih rentan bagi produksi tanaman teh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon ekofisiologis tanaman teh pada dua ketinggian tempat berbeda (rendah dan menengah) dan dampaknya terhadap produksi. Dengan memahami bagaimana ketinggian tempat memengaruhi tanaman teh, petani dapat mengadopsi strategi pengelolaan yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim.

## **METODE**

Penelitian dilakukan di dua kebun produksi dengan ketinggian tempat berbeda di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Kebun zona rendah berada di Dusun Turgo, Kecamatan Pakem (7°35'13" S, 110°25'15" E, 514 mdpl) dan zona menengah Dusun Nglinggo,

Kecamatan Samigaluh (7°38'46" S, 110°8'35" E, 852 mdpl). Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei – Agustus 2024. Jenis tanah pada lokasi rendah adalah latosol dan pada lokasi menengah adalah andosol. Penelitian ini menguji teh jenis *Assamica* yang diperbanyak melalui biji dengan umur pangkas 5 tahun. Di masing-masing kebun diambil satu patok berukuran 100 m<sup>2</sup>. Dari masing-masing patok dipilih 3 perdu berukuran ± 1 m<sup>2</sup> sebagai unit percobaan. Setiap ketinggian tempat terdapat 10 unit percobaan, sehingga secara keseluruhan terdapat 20 unit percobaan.

Sebelum penelitian dimulai, dilakukan proses petik bersih untuk menghilangkan sisa panen sebelumnya yang dapat memengaruhi hasil penelitian. Aktivitas petik dilakukan sebanyak 8 kali dengan interval daur pangkas setiap 14 hari. Pengambilan sampel pucuk daun teh dilakukan pada area seluas 1 m<sup>2</sup> untuk setiap petak percobaan. Daun teh yang diperoleh dari masing-masing petak kemudian ditimbang dan dihitung berdasarkan jenis pucuk, yaitu pucuk peko dan pucuk burung. Proses pengambilan hasil menggunakan sistem petikan medium, di mana pucuk yang dipanen adalah p+2, p+3m, b+1m, b+2m, dan b+3m. Sensor suhu dan kelembaban udara A3-ATHT02-S03-EN (Shenzhen United Innovation Automatic Control System Co., Ltd; CHN) dipasang di masing-masing lokasi untuk pengambilan data secara *real time* setiap 30 menit. Sensor terkoneksi dengan platform IoT ThingSpeak untuk penyimpanan data. Data suhu dan kelembaban udara kemudian dibuat grafik mingguan bersama dengan data kadar lengas tanah gravimetrik dan intensitas cahaya menggunakan Lux Meter.

Pengamatan indeks luas daun (ILD) dilakukan di petik ke-8 dimana rumus ILD dihitung dengan rumus [1]. Variabel kehijauan diamati dengan SPAD pada daun nomor 4 di bawah pucuk peko dan pucuk burung. Pengamatan aktivitas fisiologis tanaman dilakukan pada minggu pertama setelah pangkas bersih dengan menggunakan *Photosynthetic Analyzer* LI-6800 (LiCOR, Nebraska, USA). Data yang diambil dari alat ini adalah laju asimilasi (A), laju transpirasi (E), konduktansi stomata (gS), dan efisiensi penggunaan air daun (LWUE) yang didapatkan dari rumus [2].

$$ILD = \frac{\text{Luas Daun Total (cm}^2\text{)}}{\text{Tutupan Kanopi (cm}^2\text{)}} \quad [1]$$

$$LWUE = \frac{A \text{ (Laju Asimilasi)}}{E \text{ (Laju Transpirasi)}} \quad [2]$$

Seluruh data yang terkumpul dianalisis menggunakan uji-t independen. Sebelum melakukan uji-t, dilakukan uji-f untuk mengetahui homogenitas data di masing-masing ketinggian tempat. Penyajian data untuk variabel iklim mikro adalah bentuk diagram garis per minggu sedangkan aktivitas fisiologis dan produksi dalam bentuk tabel. Data iklim mikro kemudian dikorelasikan dengan data produksi untuk mengetahui variabel mana yang paling berpengaruh. Selanjutnya, pengaruh dari iklim mikro dianalisis menggunakan analisis regresi. Semua analisis dilakukan dengan perangkat lunak R versi 4.4.2.

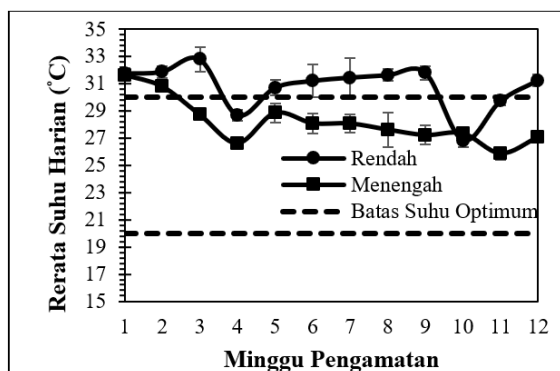
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Iklim Mikro pada Dua Ketinggian Tempat

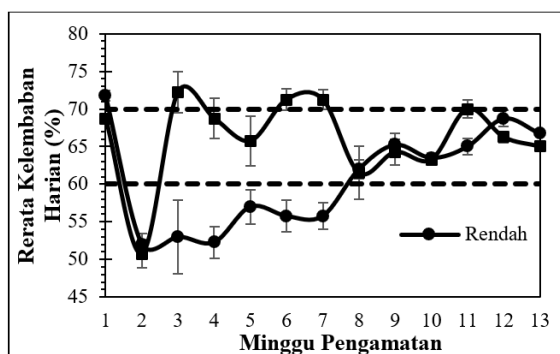
Iklim mikro pada ketinggian tempat sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang sampai di permukaan zona tersebut. Suhu udara akan turun pada setiap kenaikan tinggi tempat 100 meter. Sebaliknya, kelembaban udara akan meningkat. **Gambar 1** dan **Gambar 2** menunjukkan suhu dan kelembaban udara harian di dua Lokasi ketinggian tempat (rendah dan menengah). Berdasarkan **Gambar 1** dan **Gambar 2**, mayoritas suhu dan kelembaban udara pada zona menengah masuk ke dalam suhu udara optimum untuk tanaman teh. Di sisi lain, suhu udara harian di zona rendah terlalu tinggi dan kelembaban udara terlalu rendah untuk pertumbuhan tanaman teh. Menurut Hajiboland (2017), suhu dan kelembaban optimal bagi tanaman teh secara berturut-turut adalah 20-30 °C dan 60-70%. Jika suhu maupun kelembaban melebihi atau kurang dari batas optimum tersebut, tanaman teh akan mengalami gangguan fotosintesis dan menyebabkan produksi menurun.

Enzim-enzim dalam fotosintesis sangat sensitif terhadap suhu (Moore et al., 2021). Pada suhu tinggi, enzim-enzim ini dapat mengalami denaturasi, yang mengurangi efisiensi fotosintesis (Posch et al., 2019). Martin-Avila et al. (2020) menyebutkan salah satu enzim yang sangat penting dalam fotosintesis adalah Rubisco, yang berperan dalam fiksasi karbon.

Pada suhu tinggi, Rubisco cenderung lebih banyak mengikat oksigen daripada karbon dioksida, yang mengurangi efisiensi fotosintesis dan meningkatkan respirasi. Hal ini dapat mengurangi efisiensi fotosintesis dan mengurangi produksi biomassa.



**Gambar 1.** Suhu udara pada zona rendah dan menengah tanaman teh.



**Gambar 2.** Kelembaban udara pada zona rendah dan menengah tanaman teh.

Kelembaban yang rendah menyebabkan tingkat penguapan air dari tanaman lebih tinggi daripada penyerapan air oleh akar (Setiyaningrum et al., 2019). Kondisi ini mengakibatkan tanaman mengalami kekurangan air, yang ditandai dengan layu, daun menguning, dan pertumbuhan terhambat. Kekurangan air akibat kelembaban rendah akan menghambat proses fotosintesis. Sebaliknya, Chia & Lim (2022) mengungkapkan pada kondisi kelembaban terlalu tinggi, proses fisiologis transpirasi dan penyerapan nutrisi tanaman teh akan menurun. Teh yang dihasilkan dari tanaman yang tumbuh dalam kondisi kelembaban tinggi cenderung memiliki kualitas yang lebih rendah (Ahmed et al., 2018).

**Tabel 1** menunjukkan hasil analisis uji-t terhadap variabel iklim mikro pada dua zona

ketinggian. Menurut **Tabel 1**, zona rendah dan menengah memiliki perbedaan suhu dan intensitas cahaya yang nyata. Karakter zona rendah ditandai dengan intensitas cahaya dan suhu udara yang tinggi. Sementara di zona menengah intensitas cahaya yang sampai ke tanaman teh relatif lebih kecil, sehingga suhu udara cenderung lebih rendah. Rendahnya intensitas cahaya harian di zona menengah disebabkan tingginya insidensi kabut yang turun di siang hingga sore hari. Meskipun insidensi kabut cukup sering terjadi di zona menengah, tidak ada perbedaan yang nyata dari variabel kelembaban udara dan kadar lengas tanah di dua zona ketinggian.

**Tabel 1.** Iklim Mikro Tanaman Teh di Dua Zona Ketinggian

Variabel	Zona Ketinggian		Sig
	Rendah	Menengah	
T (°C)	31,18 ± 0,76	26,86 ± 0,22	*
RH (%)	68,33 ± 4,59	70,05 ± 2,84	tn
LI (Lux)	14280 ± 560	8739 ± 320	*
SM (%)	24,55 ± 1,49	26,31 ± 3,92	tn

**Ket:** T= Suhu Udara Harian; RH= Kelembaban Udara; LI= Intensitas Cahaya; SM= Kadar Lengas Tanah. Angka yang ditampilkan berupa rerata ± SE. Signifikansi \* menunjukkan beda nyata pada  $\alpha = 0,05$ ; \*\*  $\alpha = 0,01$ ; \*\*\*  $\alpha = 0,001$ ; dan tn tidak nyata

### Aktivitas Fisiologis Tanaman Teh

Perbedaan intensitas cahaya dan suhu udara di dua zona ketinggian diduga kuat akan mempengaruhi kemampuan fisiologis tanaman teh. Hal ini tercermin di dalam **Tabel 2**, dimana semua variabel yang berupa representatif kemampuan fisiologis tanaman menunjukkan beda nyata. Tanaman teh di zona rendah memiliki skor kehijauan daun, indeks luas daun, laju asimilasi, dan efisiensi penggunaan air yang lebih rendah dibandingkan zona menengah. Kondisi iklim mikro yang cenderung lebih hangat di zona rendah menyebabkan laju transpirasi dan konduktansi stomata tanaman teh menjadi lebih tinggi dibandingkan zona menengah (Marchin et al., 2022). Hasil penelitian ini sesuai dengan Kumar et al. (2015) dimana tanaman semakin rendah tempat tumbuh teh, semakin rendah pula kemampuan fotosintesis, ILD dan hasil pucuknya. Pada kondisi ini, akan terjadi peningkatan deficit tekanan uap, sehingga stomata cenderung lebih membuka. Dengan

kondisi stomata yang membuka lebih lebar, laju transpirasi tanaman akan meningkat.

Menurut **Tabel 1**, faktor iklim yang mungkin mempengaruhi semua variabel fisiologis ini adalah suhu dan intensitas cahaya. Tanaman teh yang tumbuh di suhu udara hangat, cenderung memiliki warna daun yang lebih ke arah hijau muda. Hasil penelitian ini sesuai dengan Wang et al. (2015) di tanaman *Camellia oleifera* yang tercekam suhu tinggi dan kekeringan. Perubahan warna kehijauan daun disebabkan oleh kandungan klorofil yang rendah akibat degradasi berlebihan di suhu udara tinggi. Penurunan kandungan klorofil akibat peningkatan enzim PPH (pheophytinase) (Jespersen et al., 2016). Selain itu, pertumbuhan tajuknya cenderung lebih lebar dan cepat tetapi jumlah daunnya lebih jarang di tiap ruas daun (Zakir, 2018). Hal inilah yang menyebabkan indeks luas daun tanaman teh di suhu udara hangat lebih rendah.

Dengan indeks luas daun yang lebih rendah, penangkapan cahaya tanaman menjadi kurang optimal sedangkan energi matahari sangat dibutuhkan untuk melakukan fotosintesis. Hasilnya, kemampuan fotosintesis tanaman teh menjadi kurang optimal (Pang et al., 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Muningsih et al. (2014) menunjukkan hasil yang berbeda dimana ILD teh Batang Pagilaran cenderung tinggi di dataran menengah dibandingkan dataran tinggi. Perbedaan hasil penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan karakter iklim mikro dengan Lokasi penelitian ini.

**Tabel 2.** Variabel Fisiologis Tanaman Teh di Dua Zona Ketinggian

Variabel	Zona Ketinggian		Sig
	Rendah	Menengah	
KD	46,13 ± 5,29	70,00 ± 2,18	*
ILD	1,25 ± 0,41	2,78 ± 0,32	*
A	1,57 ± 0,82	5,44 ± 0,15	**
E	5,16 ± 1,62	1,79 ± 0,57	**
gS	0,042 ± 0,021	0,018 ± 0,017	tn
LWUE	0,304 ± 0,06	3,04 ± 0,06	***

**Ket:** KD= Kehijauan Daun; ILD= Indeks Luas Daun; A = Laju Asimilasi ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); E= Laju Transpirasi ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); gS= Konduktansi Stomata ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); LWUE= Efisiensi Penggunaan Air Tanaman. Angka yang ditampilkan berupa rerata ± SE. Signifikansi \* menunjukkan beda nyata pada  $\alpha = 0,05$ ; \*\*  $\alpha = 0,01$ ; \*\*\*  $\alpha = 0,001$ ; dan tn tidak nyata

Air juga menjadi bahan baku tanaman teh melakukan fotosintesis. Sayangnya, dengan suhu udara yang lebih tinggi di zona rendah, laju transpirasi tanaman juga meningkat (**Tabel 2**). Dampaknya, tanaman menjadi lebih cepat kehilangan air dan hanya sedikit bahan baku yang dapat digunakan untuk fotosintesis (Zhu et al., 2022). Hal inilah yang menyebabkan efisiensi penggunaan air tanaman teh di zona rendah jauh lebih rendah dibandingkan di zona menengah (0,304 dibanding 3,04).

Rasio asimilasi dan transpirasi merupakan indikator penting kesehatan tanaman. Rasio ini membandingkan jumlah zat kering yang dihasilkan tanaman melalui fotosintesis (asimilasi) dengan jumlah air yang hilang melalui transpirasi. Semakin tinggi rasio ini, semakin efisien tanaman dalam memanfaatkan air (Avianto et al., 2024). Tanaman yang sehat biasanya memiliki rasio asimilasi dan transpirasi yang tinggi. Artinya tanaman tersebut mampu menghasilkan banyak biomassa (zat kering) dengan sedikit kehilangan air (Yang et al., 2022).

Nilai rasio yang rendah dapat mengindikasikan adanya stres pada tanaman. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penurunan efisiensi penggunaan air tanaman sangat dipengaruhi oleh suhu (Li et al., 2018). Beberapa jenis tanaman dilaporkan menunjukkan respon yang sama yaitu teh (Kumar et al., 2015; Li et al., 2018); cabai (Avianto et al., 2024); tomat (Shah Jahan et al., 2019); dan gandum (Zhao et al., 2020).

### Produksi Pucuk Teh pada Dua Zona Ketinggian

Pucuk peko dan pucuk burung adalah organ utama yang dipanen dari tanaman teh. Sebagai organ vegetatif, produksi pucuk teh dipengaruhi oleh laju fotosintesis dan respirasi tanaman. Sementara, laju fotosintesis maupun laju respirasi juga dipengaruhi oleh suhu dan intensitas cahaya yang sampai ke tajuk tanaman. Menurut **Tabel 3**, terdapat perbedaan nyata antar zona ketinggian dalam variabel jumlah pucuk peko dan burung, bobot segar peko dan burung, rasio pucuk peko dan burung serta produktivitas. Teh yang ditanam di zona menengah menghasilkan jumlah pucuk peko dan burung yang lebih banyak dibandingkan zona rendah. Akibatnya, bobot segar dari

masing-masing jenis pucuk juga lebih besar dibandingkan di zona rendah. Di sisi lain, bobot kering peko dan burung tidak berbeda nyata antar zona ketinggian.

**Tabel 3.** Produksi Pucuk Tanaman Teh di Dua Zona Ketinggian

Variabel	Zona Ketinggian		Sig
	Rendah	Menengah	
JPP	4,37 ± 0,53	23,79 ± 0,82	***
JPB	18,50 ± 1,28	26 ± 2,37	*
BSP	3,52 ± 1,45	19,15 ± 1,99	***
BSB	22,36 ± 0,73	53,09 ± 1,63	**
BKP	0,12 ± 0,08	0,16 ± 0,09	tn
BKB	4,18 ± 0,76	4,88 ± 1,12	tn
P/B	0,23 ± 0,11	0,91 ± 0,32	*
Prod	51,76 ± 2,67	144,48 ± 5,09	**

**Ket:** JPP= Jumlah Pucuk Peko dan JPB= Jumlah Pucuk Burung (pucuk/m<sup>2</sup>/petikan); BSP= Bobot Segar Peko; BSB= Bobot Segar Burung; BKP= Bobot Kering Peko; BKB= Bobot Kering Burung (g/m<sup>2</sup>/petikan); P/B= Rasio Peko dan Burung; Prod= Produktivitas (g/m<sup>2</sup>/bulan). Angka yang ditampilkan berupa rerata ± SE. Signifikansi \* menunjukkan beda nyata pada α = 0,05; \*\* α = 0,01; \*\*\* α = 0,001; dan tn tidak nyata.

Selaras dengan hasil penelitian ini, Raj et al. (2019) mengungkapkan bahwa trend penurunan produksi tanaman teh terjadi akibat perubahan iklim mikro di sekitar tajuk. Penurunan produksi paling ekstrim terjadi di wilayah zona yang kurang sesuai dengan syarat tumbuh tanaman teh (zona rendah). Anjarsari et al. (2020) menambahkan bahwa produksi berkorelasi negatif dengan suhu udara, sehingga penanaman tanaman teh sangat perlu memperhatikan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan produksi.

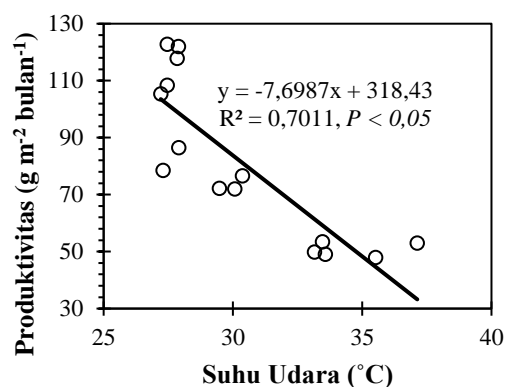
Rachman et al. (2024) menyebutkan bahwa rasio pucuk peko terhadap pucuk burung menggambarkan kesehatan tanaman teh. Saat nilai rasio peko terhadap burung ≥ 1 maka pertumbuhan peko pada perdu teh lebih banyak (lebih dominan) dibandingkan pucuk burung. Nilai rasio di kedua zona ketinggian masih < 1 yang artinya tanaman teh di kedua zona tersebut kurang sehat. Banyaknya jumlah pucuk burung menandakan lebih banyak pucuk yang tidak mampu menghasilkan pucuk baru (kurang produktif) (Raj et al., 2019).

**Tabel 4.** Korelasi Iklim Mikro dan Produktivitas Teh

	T	RH	LI	SM	Pro
T	1				
RH	0,26	1			
LI	0,62*	-	1		
SM	-0,11	0,06	-0,11	1	
Pro	-0,84**	0,07	-0,85**	0,1	1

**Ket:** Angka merupakan koefisien korelasi yang diikuti signifikansi. \* beda nyata pada α = 0,05; \*\* α = 0,01; \*\*\* α = 0,001.

Dalam kondisi rasio P/B bernilai < 0,4 tanaman teh dinyatakan mengalami stress akibat suhu yang terlalu tinggi (Wulansari et al., 2022). Tanaman teh akan memproduksi lebih banyak pucuk burung yang sebenarnya merupakan pucuk dorman akibat kekurangan asimilat (Chen et al., 2019). Asimilat yang dihasilkan dari proses fotosintesis lebih diprioritaskan untuk pertumbuhan generatif dengan membentuk bunga dan buah teh. Menurut Zhang et al. (2023), suhu yang terlalu tinggi dapat mengganggu metabolisme nitrogen di dalam tubuh tanaman teh, sehingga nitrogen yang diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif (pucuk peko), dialihkan ke pembentukan pucuk dorman (pucuk burung). Hasil penelitian ini juga didukung oleh Sakiroh et al. (2021), dimana rasio pucuk teh ditentukan oleh suhu udara. Hal ini menyebabkan pengaruh juga pada bobot segar dan bobot kering pucuk teh. Dengan bobot segar pucuk yang lebih tinggi di zona menengah, maka produktivitas tanaman teh di zona ini menjadi lebih besar.

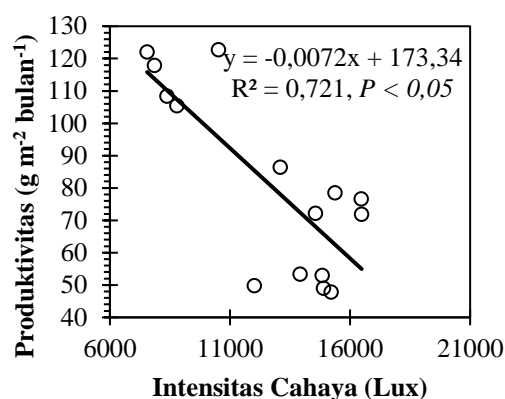


**Gambar 3.** Hubungan produktivitas terhadap suhu udara (N = 20)

### Korelasi dan Regresi Variabel Mikroklimat dan Produktivitas

Untuk mengetahui variabel yang mempengaruhi produktivitas, dilakukan analisis korelasi yang disajikan pada **Tabel 4**. Berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson, intensitas cahaya berkorelasi positif kuat dengan suhu udara. Artinya, semakin meningkatnya intensitas cahaya akan menyebabkan peningkatan suhu udara juga. Hasil ini sesuai dengan penelitian Li et al. (2018). Sakiroh et al. (2021) juga mengungkapkan korelasi negatif suhu udara dengan bobot kering pucuk sebesar -0,99. Penelitian lain yang dilakukan oleh Anjarsari et al. (2020) pada periode petik jendangan, suhu, kelembaban udara dan radiasi matahari berkorelasi negatif terhadap bobot segar pucuk. Variabel iklim mikro yang berkorelasi dengan produktivitas tanaman teh adalah suhu udara dan intensitas cahaya. Kedua variabel ini memiliki korelasi negatif yang kuat dengan produktivitas. Hubungan sebab akibat antara kedua variabel ini dianalisis lebih lanjut dengan analisis regresi yang ditampilkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.

Berdasarkan **Gambar 3**, hubungan sebab akibat antara suhu udara dan produktivitas tanaman teh bersifat linear dengan persamaan regresi  $y = -7,6987x + 318,43$ . Kenaikan suhu sebesar  $1^\circ\text{C}$  akan menyebabkan penurunan produktivitas sebanyak  $7,6987\text{ g/m}^2/\text{bulan}$ . Sementara itu, di **Gambar 4**, hubungan sebab akibat antara intensitas cahaya juga bersifat linear negatif. Persamaan hubungan antara kedua variabel ini digambarkan sebagai  $y = -0,0072x + 173,34$ . Berdasarkan rumus ini, penurunan produktivitas terjadi sebanyak  $-0,72\text{ g/m}^2/\text{bulan}$  akibat kenaikan intensitas cahaya sebanyak 100 lux. Hasil penelitian di Assam, suhu udara bulanan lebih dari  $26,6^\circ\text{C}$  akan menurunkan produksi tanaman teh. Peningkatan suhu sebanyak satu derajat pada suhu bulanan rata-rata  $28^\circ\text{C}$  akan menyebabkan penurunan hasil sebanyak 3,8% (Duncan et al., 2016).



**Gambar 4.** Hubungan produktivitas terhadap intensitas cahaya (N = 20)

Variasi dalam produksi bahan kering pada variabel intensitas cahaya dapat terjadi akibat perbedaan jumlah intersepsi radiasi kumulatif (Wu et al., 2019). Cahaya adalah faktor kunci dalam pertumbuhan tanaman. Selain mendukung fotosintesis, cahaya juga memengaruhi berbagai proses penting seperti percabangan, pertumbuhan daun, dan respirasi. Durasi penyinaran (fotoperiodik) dan intensitas cahaya turut berperan dalam mengatur laju pertumbuhan dan hasil produksi tanaman (Usodri et al., 2022). Secara umum, produktivitas tanaman sangat dipengaruhi oleh total karbon yang terakumulasi melalui proses fotosintesis pada setiap unit luas daun. Namun, paparan radiasi yang terlalu kuat pada tanaman teh dapat menurunkan efisiensi aktivitas komponen fotosintesis (Nyabundi et al., 2019).

### SIMPULAN

Ketinggian tempat memengaruhi pertumbuhan tanaman teh. Variabel-variabel iklim seperti suhu, intensitas cahaya, kelembaban udara, dan kadar air tanah di daerah menengah lebih mendukung proses fotosintesis dan mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Kondisi ini berdampak pada variabel fisiologis tanaman seperti laju kehijauan daun, ILD, fotosintesis, transpirasi, dan efisiensi penggunaan air. Akibatnya, produktivitas tanaman teh di daerah menengah lebih tinggi, ditandai dengan peningkatan jumlah dan kualitas pucuk. Hasil penelitian ini berimplikasi bagi praktik budidaya teh, terutama dalam memilih lokasi penanaman yang sesuai dan menerapkan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim terutama di zona ketinggian rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Griffin, T., Cash, S. B., Han, W.-Y., Matyas, C., Long, C., Orians, C. M., Stepp, J. R., Robbat, A., & Xue, D. (2018). Global Climate Change, Ecological Stress, and Tea Production. In W.-Y. Han, X. Li, & G. J. Ahammed (Eds.), *Stress Physiology of Tea in the Face of Climate Change* (pp. 1–23). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-2140-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2140-5_1)
- Anjarsari, I. R. D., Rezamela, E., Syahrian, H., & Rahadi, V. H. (2020). Pengaruh cuaca terhadap hasil pucuk teh (*Camellia sinensis* L.(O) Kuntze) klon GMB 7 pada periode jendangan dan pemetikan produksi. *Jurnal Kultiva*, 19(1), 1076–1082. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i1.23375>
- Avianto, Y., Noviyanto, A., Jaya, G. I., Handru, A., Ferhat, A., Hartanto, E. S., Sidiq, M. F., Saputra, B. F., Ramadhani, J. N., & Shofry, M. A. (2024). Integrating Automated Drip Irrigation and Organic Matter to Improve Enzymatic Performance and Yield of Water Efficient Chilli in Karst Region. *Journal of Ecological Engineering*, 25(11), 175–187. <https://doi.org/10.12911/22998993/192820>
- Chen, H., Liu, C., Liu, C., Hu, C., Hsiao, M., Chiou, M., Su, Y., & Tsai, H. (2019). A Growth Model to Estimate Shoot Weights and Leaf Numbers in Tea. *Agronomy Journal*, 111(5), 2255–2262. <https://doi.org/10.2134/agronj2019.01.0056>
- Chia, S. Y., & Lim, M. W. (2022). A critical review on the influence of humidity for plant growth forecasting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1257(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1257/1/012001>
- Dalimoenthe, S. L., Wulansari, R., & Rezamela, E. (2017). DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP PRODUKTIVITAS PUCUK TEH PADA BERBAGAI KETINGGIAN TEMPAT / Impact of Climate Changes on Leaves Productivity in Various Elevation Levels. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 22(3), 135. <https://doi.org/10.21082/littri.v22n3.2016.135-141>
- Duncan, J. M. A., Saikia, S. D., Gupta, N., & Biggs, E. M. (2016). Observing climate impacts on tea yield in Assam, India. *Applied Geography*, 77, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.10.004>
- Gunathilaka, R. P. D., & Tularam, G. A. (2016). The Tea Industry and a Review of Its Price Modelling in Major Tea Producing Countries. *Journal of Management and Strategy*, 7(1), p21. <https://doi.org/10.5430/jms.v7n1p21>
- Hajiboland, R. (2017). Environmental and nutritional requirements for tea cultivation. *Folia Horticulturae*, 29(2), 199–220. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0019>
- Han, W.-Y., Huang, J.-G., Li, X., Li, Z.-X., Ahammed, G. J., Yan, P., & Stepp, J. R. (2017). Altitudinal effects on the quality of green tea in east China: A climate change perspective. *European Food Research and Technology*, 243(2), 323–330. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2746-5>
- Jayasinghe, S. L., & Kumar, L. (2021). Potential Impact of the Current and Future Climate on the Yield, Quality, and Climate Suitability for Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]: A Systematic Review. *Agronomy*, 11(4), 619. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040619>
- Jespersen, D., Zhang, J., & Huang, B. (2016). Chlorophyll loss associated with heat-induced senescence in bentgrass. *Plant Science*, 249, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.04.016>
- Kibblewhite, M. G., Prakash, S., Hazarika, M., Burgess, P. J., & Sakrabani, R. (2014). Managing declining yields from ageing tea plantations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(8), 1477–1481. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6543>
- Klinges, D. H., & Scheffers, B. R. (2021). Microgeography, Not Just Latitude, Drives Climate Overlap on Mountains from Tropical to Polar Ecosystems. *The American Naturalist*, 197(1), 75–92. <https://doi.org/10.1086/711873>
- Kumar, R., Bisen, J. S., Choubey, M., Singh, M., & Bera, B. (2015). Studies on effect of altitude and environment on physiological activities and yield of Darjeeling tea (*Camellia sinensis* L.) plantation. *Journal Crop and Weed*, 11, 71–79.
- Li, X., Wu, L., Geng, X., Xia, X., Wang, X., Xu, Z., & Xu, Q. (2018). Deciphering the Environmental Impacts on Rice Quality for



- Different Rice Cultivated Areas. *Rice*, 11(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s12284-018-0198-1>
- Liebig, T., Ribeyre, F., Läderach, P., Poehling, H.-M., Van Asten, P., & Avelino, J. (2019). Interactive effects of altitude, microclimate and shading system on coffee leaf rust. *Journal of Plant Interactions*, 14(1), 407–415. <https://doi.org/10.1080/17429145.2019.1643934>
- Liu, S.-C., Yao, M.-Z., Ma, C.-L., Jin, J.-Q., Ma, J.-Q., Li, C.-F., & Chen, L. (2015). Physiological changes and differential gene expression of tea plant under dehydration and rehydration conditions. *Scientia Horticulturae*, 184, 129–141. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.036>
- Lou, W., Sun, K., Zhao, Y., Deng, S., & Zhou, Z. (2021). Impact of climate change on inter-annual variation in tea plant output in Zhejiang, China. *International Journal of Climatology*, 41(S1). <https://doi.org/10.1002/joc.6700>
- Marchin, R. M., Backes, D., Ossola, A., Leishman, M. R., Tjoelker, M. G., & Ellsworth, D. S. (2022). Extreme heat increases stomatal conductance and drought-induced mortality risk in vulnerable plant species. *Global Change Biology*, 28(3), 1133–1146. <https://doi.org/10.1111/gcb.15976>
- Martin-Avila, E., Lim, Y.-L., Birch, R., Dirk, L. M. A., Buck, S., Rhodes, T., Sharwood, R. E., Kapralov, M. V., & Whitney, S. M. (2020). Modifying Plant Photosynthesis and Growth via Simultaneous Chloroplast Transformation of Rubisco Large and Small Subunits. *The Plant Cell*, 32(9), 2898–2916. <https://doi.org/10.1105/tpc.20.00288>
- Moore, C. E., Meacham-Hensold, K., Lemonnier, P., Slatery, R. A., Benjamin, C., Bernacchi, C. J., Lawson, T., & Cavanagh, A. P. (2021). The effect of increasing temperature on crop photosynthesis: From enzymes to ecosystems. *Journal of Experimental Botany*, 72(8), 2822–2844. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab090>
- Muningsih, R., Indradewa, D., & Sulistyarningsih, E. (2014). Physiological Characters and Yield of Tea Shoots at Some Age of Production Pruning and Altitude. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 17(1), 25. <https://doi.org/10.22146/ipas.4922>
- Nyabundi, K. W., Owuor, P. O., Netondo, G. W., & Bore, J. K. (2019). Radiation Use Efficiency and Yield Responses of Clonal Tea (*Camellia sinensis*) to Locations of Production. *International Journal of Tea Science*, 14(1), 26–38. <https://doi.org/10.20425/ijts1414>
- Özdemir, F., Şahin Nadeem, H., Akdoğan, A., Dinçer, C., & Topuz, A. (2018). Effect of altitude, shooting period, and tea grade on the catechins, caffeine, theaflavin, and thearubigin of Turkish black tea. *TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY*, 42(5), 334–340. <https://doi.org/10.3906/tar-1710-21>
- Pang, J., Li, H., Tang, X., & Geng, J. (2019). Carbon dynamics and environmental controls of a hilly tea plantation in Southeast China. *Ecology and Evolution*, 9(17), 9723–9735. <https://doi.org/10.1002/ece3.5504>
- Posch, B. C., Kariyawasam, B. C., Bramley, H., Coast, O., Richards, R. A., Reynolds, M. P., Trethowan, R., & Atkin, O. K. (2019). Exploring high temperature responses of photosynthesis and respiration to improve heat tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 70(19), 5051–5069. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz257>
- Rachman, A. L., Anjarsari, I. R. D., Soleh, M. A., & Rezamela, E. (2024). Keefektifan Penggunaan Pupuk Anorganik dan Aplikasi Kitosan dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Teh (*Camellia sinensis* L.). *Agrikultura*, 35(1), 164. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i1.53754>
- Raj, E. E., Ramesh, K. V., & Rajkumar, R. (2019). Modelling the impact of agrometeorological variables on regional tea yield variability in South Indian tea-growing regions: 1981-2015. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1581457. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1581457>
- Sakiroh, S., Sasmita, K. D., & Astutik, D. (2021). Pengaruh Naungan dan Ketinggian Tempat terhadap Produksi Pucuk Teh (*Camellia sinensis* L.). *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. Seminar Nasional Lahan Suboptimal, Palembang.
- Setiyaningrum, A. A., Darmawati, A., & Budiyanto, S. (2019). Pertumbuhan dan

- produksi tanaman kailan (*Brassica oleracea*) akibat pemberian mulsa jerami padi dengan takaran yang berbeda. *Journal of Agro Complex*, 3(1), 75. <https://doi.org/10.14710/joac.3.1.75-83>
- Shah Jahan, M., Wang, Y., Shu, S., Zhong, M., Chen, Z., Wu, J., Sun, J., & Guo, S. (2019). Exogenous salicylic acid increases the heat tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L) by enhancing photosynthesis efficiency and improving antioxidant defense system through scavenging of reactive oxygen species. *Scientia Horticulturae*, 247, 421–429. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.047>
- Sukmadi, S., Kasim, F., Simatupang, V., Goeltom, A. D. L., & Saftara, I. (2020). Strategi Pengembangan Wisata Berbasis Kearifan Lokal pada Desa Wisata Pagerharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta. *Masyarakat Pariwisata: Journal of Community Services in Tourism*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.34013/mp.v1i1.356>
- Usodri, K. S., Widiyani, D. P., & Supriyatdi, D. (2022). Hubungan antar beberapa unsur iklim mikro pada produksi tanaman karet (*Hevea brassiliensis*) klon PB260. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, 7(2), 75–80. <https://doi.org/10.24853/jat.7.2.75-80>
- Wang, B., Chen, J., Chen, L., Wang, X., Wang, R., Ma, L., Peng, S., Luo, J., & Chen, Y. (2015). Combined drought and heat stress in *Camellia oleifera* cultivars: Leaf characteristics, soluble sugar and protein contents, and Rubisco gene expression. *Trees*, 29(5), 1483–1492. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1229-9>
- Wijayanto, A., Indradewa, D., & Putra, E. T. S. (2015). KUANTITAS DAN KUALITAS HASIL PUCUK ENAM KLON TEH SINENSIS (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze var *Sinensis*) DI BAGIAN KEBUN KAYULANDAK, PT. PAGILARAN. *Vegetalika*, 4(3), 42–56. <https://doi.org/10.22146/veg.10476>
- Wu, B.-S., Rufyikiri, A.-S., Orsat, V., & Lefsrud, M. G. (2019). Re-interpreting the photosynthetically action radiation (PAR) curve in plants. *Plant Science*, 289, 110272. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110272>
- Wulansari, R., Athallah, F., & Pramudita, A. (2022). Effect of slope and year of pruning of tea plants on soil water content in Indonesian tea plantations. *Soil Science Annual*, 73(4), 1–7. <https://doi.org/10.37501/soilsa/157103>
- Xiang, P., Zhu, Q., Tukhvatshin, M., Cheng, B., Tan, M., Liu, J., Wang, X., Huang, J., Gao, S., Lin, D., Zhang, Y., Wu, L., & Lin, J. (2021). Light control of catechin accumulation is mediated by photosynthetic capacity in tea plant (*Camellia sinensis*). *BMC Plant Biology*, 21(1), 478. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03260-7>
- Yan, P., Wu, L., Wang, D., Fu, J., Shen, C., Li, X., Zhang, L., Zhang, L., Fan, L., & Wenyan, H. (2020). Soil acidification in Chinese tea plantations. *Science of The Total Environment*, 715, 136963. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136963>
- Yang, Y., Zhang, S., Wu, J., Gao, C., Lu, D., & Tang, D. W. S. (2022). Effect of long term application of super absorbent polymer on soil structure, soil enzyme activity, photosynthetic characteristics, water and nitrogen use of winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 13, 998494. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.998494>
- Ye, J.-H., Lv, Y.-Q., Liu, S.-R., Jin, J., Wang, Y.-F., Wei, C.-L., & Zhao, S.-Q. (2021). Effects of Light Intensity and Spectral Composition on the Transcriptome Profiles of Leaves in Shade Grown Tea Plants (*Camellia sinensis* L.) and Regulatory Network of Flavonoid Biosynthesis. *Molecules*, 26(19), 5836. <https://doi.org/10.3390/molecules26195836>
- Zakir, M. (2018). Review on Impacts of Climate Change on Tea Yield, Yield Components and Quality. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 4(5), 24–37. <http://dx.doi.org/10.20431/2454-6224.0405005>
- Zhang, W., Ni, K., Long, L., & Ruan, J. (2023). Nitrogen transport and assimilation in tea plant (*Camellia sinensis*): A review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1249202. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1249202>
- Zhao, H., Zhang, P., Wang, Y., Ning, T., Xu, C., & Wang, P. (2020). Canopy morphological changes and water use efficiency in winter

wheat under different irrigation treatments. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(4), 1105–1116. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62750-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62750-4)  
Zhu, Y., Cheng, Z., Feng, K., Chen, Z., Cao, C., Huang, J., Ye, H., & Gao, Y. (2022).

Influencing factors for transpiration rate: A numerical simulation of an individual leaf system. *Thermal Science and Engineering Progress*, 27, 101110. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101110>