

# DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

## **Éjszakai vörösfény-kezelés hatása a paradicsomnövények gombafertőzéssel szembeni védekezésére**

Doktori (Ph.D.) értekezés

Kukri András

Témavezető:

Dr. Poór Péter

*Egyetemi docens*

Biológia Doktori Iskola  
Növénybiológiai Tanszék  
SZTE TTIK



Szeged

2026

## Bevezetés

A szárazföldi növények megjelenésük óta a fényt nemcsak energiaforrásként hasznosítják, hanem annak minősége alapvetően befolyásolja fejlődésüket, szaporodásukat és stresszválaszaikat. A precíziós mezőgazdaság fejlődése, a klímaváltozás és a kontrollált környezetű termesztőrendszerek térnyerése indokoltá teszi a fényminőség növényi élettani és védekezési folyamatokra gyakorolt hatásának részletes vizsgálatát. A vörös fény különösen is jelentős szerepet játszik a növényi védekezési válaszok modulálásában, azonban az ezt meghatározó molekuláris mechanizmusok még nem teljesen tisztázottak. A vörös fénytel történő megvilágítás alternatív módszert kínálhat a növényeknek a fertőzésre való felkészítésére, egyfajta primingra, ami által a hatékonyabban tudnak majd védekezni a különböző patogéntámadásokkal szemben. A fény által hajtott fotoszintézis, valamint a kórokozó-felismerést követő immunválasz során reaktív oxigénformák (ROS) keletkeznek, amelyek kettős szerepet töltenek be: jelátviteli molekulákként funkcionálnak, ugyanakkor túlzott felhalmozódásuk irreverzibilis oxidatív károsodáshoz vezethet. A ROS-homeosztázis fenntartásában kulcsszerepet játszanak a nem-enzimatis antioxiidánsok (aszorbát, glutation), valamint az enzimatis antioxiidáns rendszer elemei, mint a szuperoxid-dizmutáz (SOD), aszorbát-peroxidáz (APX), peroxidázok (POD), kataláz (CAT) és a glutation S-transzferáz (GST).

Munkánk célja az éjszakai vörösfény-kezelés hatásának vizsgálata paradicsomnövényekben, különös tekintettel az antioxiidáns enzimek aktivitásában és génextpressziójában bekövetkező változásokra közvetlenül a kezelés után, illetve 3 órával azt követően, valamint hosszabb távú kezeléseik során. Transzkriptomikai megközelítéssel azonosítjuk az éjszakai vörös fény által indukált géneket, melyeket RT-qPCR-rel validálunk. Továbbá vizsgáljuk, hogy a sötét periódus megszakítása miként befolyásolja a növények védekezési képességét a nekrotróf gombapatogén *Botrytis cinerea* fertőzésével szemben. Az etilén (ET) szerepét a vörös fény által kiváltott válaszokban ET receptor mutáns növények *Never ripe*, (*Nr*) alkalmazásával elemezzük.

## Célkitűzések

Munkánk célja volt feltárni, hogy az éjszakai vörösfény-megvilágítás milyen hatással van a paradicsomnövények életfolyamataira, különös tekintettel a ROS homeosztázisra, valamint a különböző védekezési hormonok szintjér. Ezzel párhuzamosan kíváncsiak voltunk, amennyiben a vörös fényt „night break” módon, azaz a sötét periódusban, rövid ideig alkalmazzuk, a növény ellenállóbbá válik-e a nekrotróf gombapatogén *Botrytis cinerea* ellen. Mivel kevés kutatás foglalkozik a vörös fényvel “night break” kontextusban alkalmazva, valamint a vörös fény patogének elleni védekezést serkentő hatása ismert, viszont a mögöttes lévő folyamatok kevésbé feltártak, a kutatás hiánypótló lehet. Emellett mivel az ET a nekrotróf patogének elleni védekezésben kulcsfontosságú szerepet játszó fitohormon, szerepét a vörös fényre adott válaszokban ET receptor mutáns *Never ripe* növények segítségével vizsgáltuk, hogy új információkat kapjunk a vörös fényre adott válaszok ET-függésével kapcsolatban.

Kutatásaink során a következő kérdésekre kerestük a választ:

1. Hogyan alakul a reaktív oxigénformák szintje, valamint az azok homeosztázisában részt vevő, főbb enzimatikus antioxidánsok aktivitása, és az azokat kódoló gének expressziója éjszakai vörösfény-megvilágítás hatására?
2. Mik azok a változások, amik csak közvetlenül a megvilágítás után mutathatók ki, valamint melyek azok, melyek 3 órával később is megfigyelhetők?
3. Milyen hosszú vörösfény-megvilágítás lehet elegendő paradicsomnövények edzésére a ROS metabolizmusban bekövetkező változások alapján?
4. A vörös fényvel történő megvilágítás milyen hatással van a védekezésben részt vevő hormonok szintjére, valamint markergénjeik expressziójára?
5. Az RNS szekvenálás eredménye kimutat-e egyéb potenciálisan védekezést segítő gének expressziójában történő változást, esetlegesen milyen más gének szintjében következik be módosulás a vörös fényvel történő megvilágítás hatására?
6. A megvilágítást hosszabb távon keresztül alkalmazva milyen egyéb, különösképpen biokémiai és molekuláris biológiai hatások figyelhetők meg?
7. A vörös fény „night break” módon alkalmazva is segíti-e a paradicsomnövények *B. cinerea* elleni védekezését?
8. Milyen szerepet játszik az ET a vörös fény által indukált hatások kialakításában?

## Anyagok és módszerek

A kísérleteinket *Solanum lycopersicum* L. cv. Ailsa Craig vad típusú paradicsomnövényeken, valamint annak etilén receptor mutáns (*Never ripe, Nr*) változatán végeztük. A növényeket előcsíráztatás után üvegházi körülmények között neveltük.

A növényeket éjfélnél különböző időtartamú (5, 15, 30, valamint 180 perc) vörösfény-kezelésnek vetettük alá. A mintákat éjfélnél (6 órával a fényperiódus vége után), közvetlenül a vörösfény-kezelést követően (0, 5, 15, 30 és 180 perc múlva), valamint hajnali 3 órákor gyűjtöttük a korábban vörös fénnel kezelt növényekről. A kontroll mintákat ugyanabban az időpontban szedtük, vörös fénnel nem kezelt, azonos korú növényekről. A mintavétel teljesen kifejlődött levelekből történt, ép paradicsomnövényekről

A *B. cinerea* fertőzéshez SZMC 21472 (Szegei Mikrobiológiai Gyűjtemény) gombatorzset alkalmaztuk. A teljesen kifejlődött, levélnyéllel együtt leválasztott paradicsomlevelek fonáki epidermiszét három különböző ponton inokuláltuk 10 µl hifaszuszpenzióval ( $10^4$  telepképző egység mL<sup>-1</sup>). A léziók átmérőjét a fertőzést követő második napon értékeltük.

A reaktív oxigénformák (O<sub>2</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) produkciójának szintjét, az enzimatis antioxiánok (SOD, POD, APX, CAT) valamint a GST aktivitását, továbbá a fehérjetartalmat és a nem enzimatis antioxiánok mennyiségét (aszorbát, glutation) spektrofotométerrel határoztuk meg. A védelmi hormonok közül az ET produkciót gázkromatográffal, az abszcizinsav-, jázmonsav-, és szalicilsavtartalmat nagynyomású folyadékkromatográfiával határoztuk meg. Génexpressziós változásokat RT-qPCR, valamint RNA-Seq segítségével vizsgáltuk. A NADPH oxidáz aktivitását natív gélen detektáltuk. A fiziológiai paraméterek közül a kallólerakódást fluoreszcens anilin-kék festéssel detektáltuk. A *B. cinerea* fertőzést követő sejthalált Evans-blue festéssel mutattuk ki.

A kezelések hatása és a különböző időpontok közötti különbségek statisztikai feltáráshoz egyszempontos ANOVA módszert használtunk, majd a csoportok közötti páronkénti összehasonlításokat Duncan-próba segítségével végeztük el. A statisztikai értékeléshez a SigmaPlot 11 (Systat Software Inc., Erkrath, Németország) programot használtuk. A statisztikailag szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbségeket különböző betűvel jelöltük.

## Eredmények

Munkánk során elsőként vizsgáltuk meg, hogy az éjszaka, a sötét periódus közepén alkalmazott vörösfény-kezelés hogyan és milyen változásokat indukál a paradicsomnövények alapvető, ROS homeosztázisban részt vevő enzimeinek aktivitására, valamint génexpressziós szintjükre. Emellett kíváncsiak voltunk, hogy az éjszakai vörösfény-kezelés milyen befolyást gyakorol a főbb védelmi hormonok (ET, SA, JA, ABA) szintjére, valamint markergénjeik expressziójára. A vörös fény által indukált változások alaposabb feltárásának érdekében transzkriptomikai analízist végeztünk, aminek segítségével számos új DEG-et sikerült azonosítanunk paradicsomban, melyek hozzájárulhatnak a növény megnövekedett ellenállóképességéhez a *B. cinerea* fertőzéssel szemben. Miután sikerült az egyszeri vörösfény-kezelés hosszát optimalizálni, a hosszútávú, egy héten át ismételt 30 perces megvilágítás- okozta változásokat is megvizsgáltuk. Az ET hatását a vörös fényre adott válaszokban *Nr* mutánsok segítségével tanulmányoztuk. A főbb antioxidáns, és méregtelenítésben résztvevő enzimek aktivitásában, valamint a hormonszintekben bekövetkezett változások mögött álló folyamatok tisztázásához ebben a kísérleti elrendezésben is végeztünk transzkriptomikai elemzést, melynek során számos gént sikerült azonosítanunk, melyek kifejeződésére az ET is hatással van. Vizsgáltunk továbbá fiziológiai paramétereket, melyekre az ET hatása már ismert, viszont annak vörös fényre adott válaszokban való szerepe még nem tisztázott.

Munkánk eredményeképpen az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

1. Az éjszaka alkalmazott egyszeri vörösfény-kezelés közvetlenül a megvilágítás után növelte a szuperoxidgyök-anion szintjét, amit hajnalban is sikerült kimutatni, viszont érdekes módon a hidrogén-peroxid mennyisége csak hajnalban bizonyult magasabbnak a paradicsomnövények kifejlett leveleiben.
2. A tipikusan hajnalban jellemző alacsony SOD, CAT, és APX enzimatisz aktivitása az éjszakai vörösfény-kezelés egyszeri alkalmazását követően fokozódott, amit génexpressziójuk indukciója is megelőzött.
3. Az egyszeri vörösfény-kezelés azonnal növelte a JA/ET növényi védelmi hormonok szintjét, továbbá az ABA akkumulációját hajnalban, 3 órával a vörösfény-megvilágítást követően.
4. A fenti kísérletek transzkriptomikai vizsgálatából arra következtethetünk, hogy vörösfény-kezelés a cirkadián ritmushoz kötött génhálózatokat is befolyásolta, és

emellett számos, a védekezéshez kapcsolódó transzkripciós faktort (DOF, MYB) is aktivált.

5. A vörös fény hosszabb távon alkalmazva nem volt hatással a biomassza tömegére, viszont a vad típusú növények megnyúltak, és a sejtfal kallóztartalma is magasabb volt, amit az *Nr* genotípus esetében nem tapasztaltunk, így arra következtethetünk, hogy az ET-nek szerepe lehet ezen vörös fényre adott növényi válaszokban.
6. A hosszabb távú vörösfény-kezelés RNS-Seq eredményeiből sikerült megállapítani, hogy számos, a *klorofill a/b*-kötő fehérje, hormonok metabolizmusában szerepet játszó, valamint virágzást és fejlődést szabályozó gén kifejeződése mutat ET-függést.
7. A vörösfény-kezelés hatására megnövekedett ET-termelést tapasztaltunk. A VT-ben nőtt a SA és az ABA szintje is, míg az *Nr* növényekben ez nem volt kimutatható, sőt a JA szint csökkent. Az eredmények alapján tehát arra következtethetünk, hogy az ET központi szerepet játszik a vörös fény által kiváltott fitohormon-szint változásokban.
8. Mind az egyszeri, mind pedig a többszöri, hosszabb távon alkalmazott vörösfény-kezelés következtében csökkent a *B. cinerea* okozta léziók mérete, érdekes módon azonban az *Nr* növényekben a kezelés hatékonysága magasabb volt.

## Summary

In this study, we investigated the effects of nocturnal red-light application, delivered as a “night break” in the middle of the dark period, on reactive oxygen species (ROS) homeostasis and defence-related pathways in tomato (*Solanum lycopersicum*). Following the single red-light treatment, we further examined the effects of repeated nocturnal exposure over one week, applying daily 30-minute treatments. The role of ET in mediating red-light responses was assessed using the ethylene-insensitive *Never ripe* (*Nr*) mutant.

Our results demonstrate that a single nocturnal red-light treatment induces a rapid increase in superoxide levels, while hydrogen peroxide accumulation was detected only at dawn. This was accompanied by enhanced activity and transcriptional upregulation of key antioxidant enzymes (SOD, CAT, and APX). Red light also triggered an immediate increase in JA and ET levels, along with elevated ABA content 3 hours after treatment. Transcriptomic data indicated that red light modulates circadian-related pathways and activates defence-associated transcription factors, including members of the DOF and MYB families.

Long-term red-light treatments did not affect overall biomass accumulation but induced morphological changes, such as shoot elongation and increased callose deposition in wild-type plants; these responses were absent in the *Nr* mutant, highlighting the involvement of ET signalling. RNA-Seq analyses further revealed ET-dependent regulation of genes encoding chlorophyll a/b-binding proteins, as well as genes involved in hormone metabolism, flowering, and development. Hormone profiling showed that red light generally enhanced ET production, while SA and ABA levels increased only in wild-type plants. In contrast, JA levels decreased in the *Nr* mutant, underscoring the central role of ET in coordinating phytohormone responses.

Importantly, both short- and long-term red-light treatments reduced lesion size caused by *Botrytis cinerea*, indicating enhanced disease resistance. Interestingly, this protective effect was even more pronounced in the *Nr* mutant.

Overall, our findings demonstrate that nocturnal red-light application modulates ROS homeostasis, phytohormone signalling, and gene expression networks, thereby enhancing resistance to necrotrophic pathogens, with ET playing a key regulatory role in these processes.

## Publikációs lista

MTMT azonosító: 10079747

### Referált folyóiratokban megjelent közlemények

(A \*-gal jelölt közlemények közvetlenül kapcsolódnak a Ph.D. értekezéshez)

Czékus, Z., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Iqbal, N., Ördög, A., & Poór, P. (2022). The role of photosynthetic activity in the regulation of flg22-induced local and systemic defence reaction in tomato. *PHOTOSYNTHETICA*, 60, 259–270. <https://doi.org/10.32615/ps.2022.015> IF:2,7

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Hamow, K. Á., Szalai, G., Görgényi Miklósné Tari, I., Ördög, A., & Poór, P. (2021). Activation of Local and Systemic Defence Responses by Flg22 Is Dependent on Daytime and Ethylene in Intact Tomato Plants. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES*, 22. <https://doi.org/10.3390/ijms22158354> IF: 6,208

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Martics, A., Pollák, B. D., Molnár, Á., Ördög, A., Váradi, G., Galgóczi, L. N., Papp, R., Tóth, L., Kocsis, Á. K., Faragó, N., Bódi, N., Bagyánszki, M., Szalai, G., Hamow, K. Á., & Poór, P. (2025). Do guard cells have single or multiple defense mechanisms in response to flg22? *PHYSIOLOGIA PLANTARUM*, 177. <https://doi.org/10.1111/ppl.70249> IF:3,6 (2024)

Czékus, Z., Martics, A., Pollák, B. D., **Kukri, A.**, Görgényi Miklósné Tari, I., Ördög, A., & Poór, P. (2023). The local and systemic accumulation of ethylene determines the rapid defence responses induced by flg22 in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, 287. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.154041> IF:4

Gallé, Á., Farkas, M., Pelsőczy, A. B., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Dorner, Z., Ördög, A., Csiszár, J., Bela, K., & Poór, P. (2023). Contribution of Glutathione Transferases in the Selective and Light-Dependent Effect of Flumioxazin on Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Its Typical Weed Common Poppy (*Papaver rhoeas* L.). *AGRONOMY (BASEL)*, 13. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082053> IF:3,4

Iqbal, N., Ördög, A., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Czékus, Z., & Poór, P. (2024). Salicylic acid- and ethylene-dependent effects of the ER stress-inducer tunicamycin on the photosynthetic light reactions in tomato plants. *JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2024.154222> IF:4,1

Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Milodanovic, D., Martics, A., Czékus, Z., Gallé, Á., Szöllösi, R., Galgóczi, L. N., Tengölics, R., Iqbal, N., Ördög, A., & Poór, P. (2025). Red light improved photosynthesis and defence-related metabolism in tomato in a leaf level-dependent manner. *PLANT STRESS*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.101104> IF:6,9 (2024)

\***Kukri, A.**, Czékus, Z., Gallé, Á., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Hamow, K. Á., Szalai, G., Ördög, A., & Poór, P. (2024). Exploring the effects of red light night break on the defence mechanisms of tomato against fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *PHYSIOLOGIA PLANTARUM*, 176. <https://doi.org/10.1111/ppl.14504> IF:3,673

\***Kukri, A.**, Czékus, Z., Gallé, Á., Szöllösi, R., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Laczi, K., Szekeres, A., Hamow, K. Á., Szalai, G., Khan, M. I. R., Ördög, A., & Poór, P. (2026). Nocturnal red light modulates the ethylene production and the downstream transcriptional networks that control plant defence responses at dawn. *PLANT STRESS*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.101145> IF:6,9 (2024)

**Kukri, A., Rossi, M., Freschi, L., Czékus, Z., & Poór, P. (2025).** Phytohormonal regulation of  $\alpha$ -tocopherol in plants. *PLANT STRESS*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.101032>  
**IF:6,9 (2024)**

Pelsőczi, A. B., Horváth, E., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Poór, P., & Gallé, Á. (2023). Nocturnal Red Light Application Modulated the Fumonisin B1-Induced Changes in Glutathione Transferases of Different Wheat Cultivars. *JOURNAL OF PLANT GROWTH REGULATION*, 42, 6319–6331. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10831-x> **IF:4,8**

**Összesített IF: 53,181**

## **Könyvfejezetek**

**Kukri, A., Kovács, K. T., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2024).** Növényi hormonok hatása az  $\alpha$ -tokoferol szintézisére. A reaktív oxigénformákkal és az antioxidáns védekezéssel kapcsolatos újdonságok (o. 29–38).

## **Konferencia absztraktok**

Atina, M., Pollák, B. D., **Kukri, A.**, Milodanovic, D., Péter, K., Bodor, A., Attila, Ö., Poór, P., & Czékus, Z. (2025). Cross-Talk between pipecolic acid and ethylene signaling during tomato immune responses. *Microbes as hidden or prominent players in plant life*. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347483>

Czékus, Z., Iqbal, N., **Kukri, A.**, Koprivanacz, P., Ördög, A., & Poór, P. (2021). Hexokinázok szerepének vizsgálata a flagellin-indukálta védekezési folyamatokban. *XXIV. Tavaszi Szél Konferencia 2021: Absztrakt kötet*, 169–169. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/32066001>

Czékus, Z., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Iqbal, N., Ördög, A., & Poór, P. (2021a). A fotoszintetikus aktivitás szerepe a flg22 által indukált védekezési reakciókban. *XIII. Magyar Növénybiológiai Kongresszus: Összefoglaló kötet*, 62–62. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/32173003>

Czékus, Z., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Iqbal, N., Ördög, A., & Poór, P. (2021b). A sztómareguláció és a fotoszintézis szerepének vizsgálata az flg22 által indukált napszak-függő védekezésben = Investigation of the role of stomata and photosynthesis in the flg22-induced time-dependent defense reaction of tomato. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XI. Kongresszusa*, 21–21. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/32161041>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Atina, M., Pollák, B. D., Attila, Ö., Gabriella, S., Kamirán, Á. H., & Poór, P. (2025). Tissue- and cell-specific characterization of Flg22-triggered immune responses in tomato plants. *Microbes as hidden or prominent players in plant life*. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347478>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Iqbal, N., Pollák, B. D., Martics, A., Csóré, D., Ördög, A., & Poór, P. (2020). Daytime-dependent regulation of flagellin-induced defence responses in tomato plants. *4th National Conference of Young Biotechnologists*, 39–39. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/32060260>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Iqbal, N., Pollák, B. D., Martics, A., Csóré, D., Ördög, A., & Poór, P. (2021). Investigation of the effects of daytime on the phytohormone-mediated defence responses of tomato plants. *Plant Biology Europe 2021 Abstract Book*, 123–123. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/32147748>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Koprivanacz, P., Martics, A., Pollák, B. D., Molnár, Á., Ördög, A., Váradi, G., Galgóczi, L. N., Papp, R., Tóth, L., Kocsis, Á. K., Faragó, N., Bódi, N., Bagyánszki, M., & Poór, P. (2023). Flg22 által indukált védekezési válaszok szövet- és sejtszintű vizsgálata / Investigation of Flg22-induced defence responses at the tissue and cell level. *A Magyar Szabadgyök-kutató Társaság XII. Kongresszusa*, 17–17. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34124926>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Martics, A., Pollák, B. D., Molnár, Á., Ördög, A., Váradi, G., Galgóczi, L. N., Papp, R., Tóth, L., Kocsis, Á. K., Faragó, N., Bódi, N., Bagyánszki, M., Szalai, G., Hamow, K. Á., & Poór, P. (2025). Flg22-indukálta védekezési válaszok szövet- és sejtszintű vizsgálata paradicsom növényekben. *25. Kolozsvári Biológus Napok Kivonatfüzet*, 79–79. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36216836>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Ördög, A., & Poór, P. (2018). A kitozán által kiváltott immunválasz fényregulációja és napszak függése paradicsomban: A zárósejtek fotoszintézisének szerepe. *Hazai Fotoszintézis-kutatók Találkozója*, 11–11. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/30353826>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Ördög, A., & Poór, P. (2019). Kitozán-indukálta védelmi folyamatok fény- és napszak-függő szabályozása paradicsomban. *Tavaszi Szél 2019 Konferencia. Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia*, 174–174. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/31360554>

Czékus, Z., **Kukri, A.**, Poór, P., & Ördög, A. (2019). Chitosan-induced plant defence responses are influenced by light and daytime in tomato. *9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology ABSTRACT BOOK*, 92–92. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/30805570>

Czékus, Z., Martics, A., **Kukri, A.**, Milodanovic, D., Koprivanacz, P., Bodor, A., Ördög, A., & Poór, P. (2025). A fitokrómok szerepe a pipekolinsav által kiváltott védekezési válaszokban paradicsomban. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XIII. Kongresszusa: Program és Összefoglalók*, 46. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347459>

Czékus, Z., Martics, A., Pollák, B. D., **Kukri, A.**, Görgényi Miklósné Tari, I., Ördög, A., & Poór, P. (2023). The local and systemic accumulation of ethylene determines the rapid defence responses induced by flg22 in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, 287. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.154041>

Czékus, Z., Martics, A., Pollák, B. D., **Kukri, A.**, Ördög, A., & Poór, P. (2023). Effects of ethylene modulators on the flg22-induced fast local and systemic defence responses in tomato plants. *XII Symposium of Ethylene*, <https://ethylene2023.wixsite.com/ethylene2023/program>. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34083776>

Czékus, Z., Pollák, B. D., Martics, A., **Kukri, A.**, Ördög, A., & Poór, P. (2024). The role of ethylene signalling in the regulation of pipecolic acid-induced defence responses of tomato plants. *XIV. Magyar Növénybiológiai Kongresszus: összefoglaló kötet*, 61–61. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35390180>

Czékus, Z., Poór, P., **Kukri, A.**, Görgényi Miklósné Tari, I., & Ördög, A. (2019). Kitozán indukálta védekezés napszak- és fény-függő hatásának vizsgálata [Investigation of chitosan-induced plant defence responses regulated by light- and daytime]. *Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság X. Kongresszusa*, 20–20. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/30784805>

Iqbal, N., Ördög, A., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Czékus, Z., & Poór, P. (2024). Salicylic acid- and ethylene-dependent effects of the ER stress-inducer tunicamycin on the photosynthetic

light reactions in tomato plants. *JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2024.154222>

Kondak, D., Kondak, S., Bodor, T. D., **Kukri, A.**, Billege, A., Szöllösi, R., & Kolbert, Z. (2025). Paradicsomtermés *Botrytis cinerea* fertőzésének enyhítése nitrogén-monoxidot felszabadító nanopartikulum előkezeléssel. *Műszaki, Technológiai és Gazdasági Kihívások a XXI. században*, 13–13. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36198563>

Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Milodanovic, D., Czékus, Z., Gallé, Á., Szöllösi, R., Galgóczi, L. N., Tengölics, R., Ördög, A., & Poór, P. (2025). Az éjszakai vörös fény kezelés levélemelet függő hatása paradicsom növények fotoszintetikus aktivitására és metabolizmusára. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XIII. Kongresszusa: Program és Összefoglalók*, 18. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347447>

Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Milodanovic, D., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2024). Supplemental red light enhanced the carbohydrate metabolism and photosynthetic activity in old leaves of tomato plants, depending on the light period. *XIV. Magyar Növénybiológiai Kongresszus : összefoglaló kötet*, 79–79. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35390319>

Koprivanacz, P., Milodanovic, D., **Kukri, A.**, Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2024). Changes in the carbohydrate metabolism of tomato plants following nocturnal red light treatment = Paradicsomnövények szénhidrát metabolizmusának megváltozása éjszakai vörös fény kezelés hatására. *24. Kolozsvári Biológus Napok*, 75–75. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34875140>

Koprivanacz, P., Milodanovic, D., **Kukri, A.**, Martics, A., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2025). Effect of long-term red light inter-lighting on carbohydrate metabolism and morphological traits of tomato plants. *Plant Biology Europe 2025*, 152–153. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36218111>

Koprivanacz, P., Milodanovic, D., **Kukri, A.**, Martics, A., Ördög, A., & Poór, P. (2025). Különböző időintervallumban alkalmazott vörös fényű „inter-lighting” hatása két különböző genotípusú paradicsomnövény szénhidrát-metabolizmusára. *25. Kolozsvári Biológus Napok Kivonatfüzet*, 115. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36216846>

Kovács, K. T., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Martics, A., Bodor, A., & Poór, P. (2025a). Az  $\alpha$ -pinén által indukált védelmi válaszok etilénfüggő hatásának vizsgálata paradicsom növényekben. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XIII. Kongresszusa: Program és Összefoglalók*, 19. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347476>

Kovács, K. T., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Martics, A., Bodor, A., & Poór, P. (2025b). Mikrobiális patogének támadása elleni védekezés paradicsomnövényekben: Az  $\alpha$ -pinén etilén- függésének vizsgálata. *25. Kolozsvári Biológus Napok Kivonatfüzet*, 93. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36216839>

Kovács, K. T., Koprivanacz, P., Milodanovic, D., **Kukri, A.**, Bodor, A., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2024). Investigation of the interaction between  $\alpha$ -pinene and ethylene in the leaves of tomato plants. *XIV. Magyar Növénybiológiai Kongresszus : összefoglaló kötet*, 80–80. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35390445>

**Kukri, A.**, Czékus, Z., Gallé, Á., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Hamow, K. Á., Szalai, G., Ördög, A., & Poór, P. (2024a). Éjszakai vörös fény kezelés hatásának vizsgálata paradicsom növények védekezésének fokozására. *XIV. Magyar Növénybiológiai Kongresszus : összefoglaló kötet*, 19–19. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35219259>

**Kukri, A.,** Czékus, Z., Gallé, Á., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Hamow, K. Á., Szalai, G., Ördög, A., & Poór, P. (2024b). The role of ethylene in the red light-induced defence responses of tomato against *Botrytis cinerea* infection. *XIV. Magyar Növénybiológiai Kongresszus : összefoglaló kötet*, 82–82. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35227587>

**Kukri, A.,** Czékus, Z., Gallé, Á., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Hamow, K. Á., Szalai, G., Ördög, A., & Poór, P. (2025a). Az etilén szerepe a vörös fény által kiváltott védekezési válaszok szabályozásában paradicsomban a *Botrytis cinerea* fertőzés ellen. *25. Kolozsvári Biológus Napok Kivonatfüzet*, 116. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36216854>

**Kukri, A.,** Czékus, Z., Gallé, Á., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Hamow, K. Á., Szalai, G., Ördög, A., & Poór, P. (2025b). Red light irradiation at night enhances tomato defence against fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Plant Biology Europe 2025*, 164–165. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36218117>

**Kukri, A.,** Czékus, Z., Iqbal, N., Zsindely, N., Bodai, L., Gallé, Á., Galgóczi, L. N., Ördög, A., & Poór, P. (2023). Éjszakai vörös fény kezelés hatása paradicsom növények *Botrytis cinerea* elleni védekezésére = [Effects of nocturnal red light treatment on tomato plants for the control of *Botrytis cinerea*]. *A Magyar Szabadgyök-kutató Társaság XII. Kongresszusa*, 38–38. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34124946>

**Kukri, A.,** Czékus, Z., Pollák, B. D., Csóré, D., Ördög, A., & Poór, P. (2019). Flg22 elicitor etilénfüggő hatásainak vizsgálata paradicsom levelében [Investigation of ethylene dependent effects of flg22 elicitor in tomato leaves]. *Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság X. Kongresszusa*, 48–48. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/30784848>

**Kukri, A.,** Koprivanacz, P., Milodanovic, D., Martics, A., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2025). A fitokrómok szerepe a fény indukálta reaktív oxigénformák metabolizmusában. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XIII. Kongresszusa: Program és Összefoglalók*, 51. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347464>

**Kukri, A.,** Kovács, K. T., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2024). Növényi hormonok hatása az  $\alpha$ -tokoferol szintézisére. In *A reaktív oxigénformákkal és az antioxidáns védekezéssel kapcsolatos újdonságok* (o. 29–38). <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35130675>

Martics, A., Pollák, B. D., **Kukri, A.,** Milodanovic, D., Koprivanacz, P., Bodor, A., Ördög, A., Poór, P., & Czékus, Z. (2025a). Az etilén hatása a pipekolinsav által kiváltott rezisztencia kialakulására paradicsomban. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XIII. Kongresszusa: Program és Összefoglalók*, 26. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347445>

Martics, A., Pollák, B. D., **Kukri, A.,** Milodanovic, D., Koprivanacz, P., Bodor, A., Ördög, A., Poór, P., & Czékus, Z. (2025b). Pipecolic acid-triggered immunity in tomato: The role of ethylene signaling. *Plant Biology Europe 2025*, 167–168. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36218128>

Martics, A., Pollák, B. D., **Kukri, A.,** Ördög, A., Poór, P., & Czékus, Z. (2025). Az etilén jelátvitel szabályozó szerepe a pipekolinsav által kiváltott védekezési mechanizmusokban a paradicsom növényekben. *25. Kolozsvári Biológus Napok Kivonatfüzet*, 117. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36216857>

Milodanovic, D., Koprivanacz, P., **Kukri, A.,** Bodor, A., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2024). Phytochromes positively regulate *Pseudomonas syringae*-induced ER stress response in tomato leaves. *XIV. Magyar Növénybiológiai Kongresszus : összefoglaló kötet*, 85–85. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35390739>

Milodanovic, D., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Bodor, A., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2025). How phytochromes influence the *Pseudomonas syringae*-induced ER stress response in tomato leaves? *Plant Biology Europe* 2025, 167–168. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36218132>

Milodanovic, D., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Czékus, Z., Martics, A., Ördög, A., Bodor, A., & Poór, P. (2025). Képes-e a molekuláris chaperon 4-fenilvajsav (PBA) mérsékelni a *Pseudomonas syringae* által kiváltott sejtthálalt paradicsomban? 25. *Kolozsvári Biológus Napok Kivonatfüzet*, 98. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36216841>

Milodanovic, D., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Martics, A., Bodor, A., Czékus, Z., Ördög, A., & Poór, P. (2025). A fitokrómok szerepe a *Pseudomonas syringae* által kiváltott ER stressz szabályozásában paradicsomban. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XIII. Kongresszusa: Program és Összefoglalók*, 28. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347450>

Milodanovic, D., Péter, K., **Kukri, A.**, Czékus, Z., Atina, M., Attila, Ö., Bodor, A., & Poór, P. (2025). Could 4-phenylbutyric acid (PBA) mitigate *Pseudomonas syringae* infection through reducing ER stress in tomato? *Microbes as hidden or prominent players in plant life*. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347484>

Ördög, A., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Girón Lafuente, A., Zafra Salcedo, M., & Poór, P. (2019). Organ-specific and daytime-dependent effects of exogenous flg22 elicitor treatments on the photosynthetic activity of tomato leaves. *9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology ABSTRACT BOOK*, 90–90. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/30805586>

Ördög, A., Czékus, Z., **Kukri, A.**, & Poór, P. (2019). Exogén flg22-kezelés napszak- és szervfüggő hatása paradicsom növények fotoszintézisére [Daytime- and organ-specific effects of exogenous flg22 elicitor treatment on the photosynthetic activity of tomato plants]. *Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság X. Kongresszusa*, 49–49. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/30784859>

Ördög, A., **Kukri, A.**, Iqbal, N., Czékus, Z., & Poór, P. (2023). Possible effect of ethylene on the development of tomato flowers and fruit set after exposure to red light at night. *XII Symposium of Ethylene*, <https://ethylene2023.wixsite.com/ethylene2023/program>. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34083773>

Ördög, A., **Kukri, A.**, Iqbal, N., Czékus, Z., & Poór, P. (2024). Possible effect of ethylene on the development of tomato flowers and fruit set after exposure to red light at night. *XIV. Magyar Növénybiológiai Kongresszus : összefoglaló kötet*, 90–90. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/35390825>

Pelsőczy, A. B., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Kovács, K. T., Tóth, B., Meszlényi, T. J., Bartók, T., Gallé, Á., & Poór, P. (2023). Fumonizineknek kitett búzakaralások védekezési reakcióinak vizsgálata [Investigation of the defence responses of wheat ears exposed to fumonisins]. *A Magyar Szabadgyök-kutató Társaság XII. Kongresszusa*, 50–50. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34124967>

Pelsőczy, A. B., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Tóth, B., Meszlényi, T., Bartók, T., Gallé, Á., & Poór, P. (2025). Glutathion S-transzferázok védelmi válaszokban betöltött szerepének vizsgálata fumonizinekkel kezelt búzakaralásokban. 25. *Kolozsvári Biológus Napok Kivonatfüzet*, 118. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36216863>

Péter, K., Milodanovic, D., **Kukri, A.**, Czékus, Z., Atina, M., Attila, Ö., & Poór, P. (2025). The effect of three weeks of nocturnal red-light treatment on the carbohydrate metabolism and

defence mechanisms of tomato plants against *Botrytis cinerea*. *Microbes as hidden or prominent players in plant life*. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347480>

Poór, P., Czékus, Z., Koprivanacz, P., **Kukri, A.**, Iqbal, N., & Ördög, A. (2021). A bakteriális elicitor flg22 napszakfüggő hatása a mezofillum és a zárósejtek fotoszintetikus aktivitására. *XVI. MAGYAR NÖVÉNYANATÓMIAI SZIMPÓZIUM*, 12–12. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/32537898>

Poór, P., Czékus, Z., **Kukri, A.**, Girón Lafuente, A., Zafra Salcedo, M., & Ördög, A. (2019). Activation of defense responses by flg22 elicitor is dependent on the daytime and ethylene in intact tomato leaves. *9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology ABSTRACT BOOK*, 89–89. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/30805578>

Poór, P., **Kukri, A.**, Czékus, Z., Gallé, Á., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Hamow, K. Á., Szalai, G., Ördög, A., & Fehér, A. (2025). The light in the night: Role of reactive oxygen species and defence-related phytohormones in the action of nocturnal red light. *Plant Biology Europe 2025*, 80–81. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36218091>

Poór, P., Ördög, A., Koprivanacz, P., Milodanovic, D., Martics, A., Pelsőczy, A. B., **Kukri, A.**, & Czékus, Z. (2025). Hő- és szárazságtűrés a városban: A reaktív oxigénformák metabolizmusának és az antioxidánsok szerepe fák levelében. *A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság XIII. Kongresszusa: Program és Összefoglalók*, 35. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/36347453>

## Nyilatkozat

A felsorolt közlemények felelős szerzőjeként igazolom, hogy Kukri András, PhD jelölt jelentős mértékben hozzájárult az alábbi tudományos publikációk elkészítéséhez, és a tézisben közölt eredményeket más PhD értekezésben nem használjuk fel.

\***Kukri, A.**, Czékus, Z., Gallé, Á., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Hamow, K. Á., Szalai, G., Ördög, A., & Poór, P. (2024). Exploring the effects of red light night break on the defence mechanisms of tomato against fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *PHYSIOLOGIA PLANTARUM*, 176. <https://doi.org/10.1111/ppl.14504> **IF:3,673**

\***Kukri, A.**, Czékus, Z., Gallé, Á., Szöllősi, R., Nagy, G., Zsindely, N., Bodai, L., Galgóczi, L. N., Laczi, K., Szekeres, A., Hamow, K. Á., Szalai, G., Khan, M. I. R., Ördög, A., & Poór, P. (2026). Nocturnal red light modulates the ethylene production and the downstream transcriptional networks that control plant defence responses at dawn. *PLANT STRESS*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.101145> **IF:6,9 (2024)**



Dr. Poór Péter

*egyetemi docens*

SZTE TTIK Növénybiológiai Tanszék