



QUANTIS SZEREPE A NÖVÉNYI STRESSZ FOLYAMATOKBAN

KUBINA LAJOS – NAGY VIKTOR

Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt évek során az egyre változó és kiszámíthatatlan időjárási anomáliák arra figyelmeztetnek bennünket, hogy a már meglévő tudásunkat tovább gyarapítsuk és figyelmünket olyan új módszerek és technológiák felé fordítsuk, amelyet eddig nem alkalmaztunk vagy ismeretlen volt számunkra. Az elmúlt évek sok tekintetben is intő jelként voltak értelmezhetőek, az extrém aszályos időjárás terhelő nyomott hagyott a mezőgazdaságban. Rávilágított arra, hogy minden, a növény egészségét megvédeni célzó és a növény stresszel szembeni ellenállóságát növelni képes lehetőséggel számolnunk kell és a jövőben alkalmazni kell, hogy eredményesek tudjunk lenni a mezőgazdasági termelésben. Ennek egyik eleme a növényi biostimuláció.

A dolgozat áttekintést nyújt egy biostimulánsnak (**Quantis**) a növényi életfolyamatokban betöltött szerepéről, valamint a stressz - hatások esetlegesen káros következményeinek mérsékléséről.

Kulcsszavak: stressz, Quantis

QUANTIS ROLE IN PLANT STRESS PROCESSES

SUMMARY

Over the years, ever-changing and unpredictable weather anomalies have reminded us to expand our existing knowledge and turn our attention to new methods and technologies that have hitherto escaped our attention or were unknown to us. The past few years have been a warning sign in many respects, as extreme drought weather has left a burdensome mark on agriculture. He drew our attention to the fact that all options aimed at protecting plant health and increasing the stress resistance of the plant must be taken into account and applied in the future in order to be successful in agricultural production. One element of this is plant biostimulation. The thesis gives an overview of the role of a biostimulant (**Quantis**) in plant life processes and the mitigation of potentially harmful consequences of stress effects.

STRESSZ

A stressz megterheléssel járó helyzet, amelyben egy szervezet a “normális” viselkedéstől eltérő módon viselkedik. *Selye* (1936) szerint: „A stressz a szervezet túlterhelt, túlterhelt állapot a test aspecifikus reakciója mindenfajta igénybevétellel szemben”. Aspecifikus reakció: a stresszortól függetlenül mindig azonosan zajlik le. *Tischler* (1984) szerint: „a stressz a normálistól eltérő olyan helyzet, amely az élőlényt megterheli, de az életét közvetlenül nem veszélyezteti”. *Larcher* (1987) a növények stresszállapotát vizsgálva a következő definíciót fogalmazza meg: „a stressz olyan terheléses állapot, amelyben a növényvel szembeni fokozott igénybevétel a funkciók kezdeti destabilizációját követően egy normalizálódáson át az ellenállóság fokozódásához vezet, majd a tűréshatár túllépésekor tartós károsodást, vagy akár pusztulást is okoz.” A stressz a növényre gyakorolt külső, biotikus vagy abiotikus eredetű előnytelen hatás, mint pl. a fertőzés, a hőség, a vízhiány és az anoxia. A stressz hatását legtöbb esetben a túlélés jellemzőivel, illetve a termés, a gyarapodás (biomassza akkumuláció), vagy a primer asszimilációs folyamatok mérésével jellemzik *Taiž* és *Zeiger* (2006, 2010).

A növényekre ható stresszorok

A növényeket károsító stresszorokat alapvetően 3 nagy csoportra tudjuk bontani:

1. Környezeti (abiotikus stressz):
 - Hideg (fagy)
 - Hőség
 - Aszály
 - Jégkár
 - Víznyomás
 - Homokverés
 - Szél, vihar
 - UV-sugárzás
2. Biotikus stressz:
 - Kórokozók és állati kértevők általi károsítás során fellépő stressz
3. Antropogén (emberi) hatás:
 - Növényvédőszer okozta fitotoxicitás



1.ábra: A növényeket érő stresszhatások (jégverés, hideg, biotikus stressz, aszály)

Figure. 1: Stress effects on plants (icestorm, could, biotic stress, drought) URL¹

Bármelyik stresszforma esetén másodlagosan fellépő stresszként a szabad gyökök vagy másnéven a reaktív oxigénformák (ROS) (mint pl.: a hidrogén-peroxid) keletkezése történik. Valahol a biostimuláció lényegi alapja, hogy ezt a folyamatot megelőzzük, ez ellen próbáljunk védekezni. Tulajdonképpen a növény fiziológiai folyamatait úgy próbáljuk segíteni, hogy ezt a folyamatot megelőzzük, lelassítsuk vagy pedig a szabad gyökök megkötését gyorsítsuk.

Az egész növény globális válasza egy környezeti stresszorra a szenzortól, a jelátvivőktől és az anyagcsere megváltozásának jellegétől, mértékétől függ. A környezetből érkező bármilyen hatás elsődleges szenzorai általában a membránok, melyek összetétele és működése különösen érzékeny a hőre, a víz- és tápanyag-ellátottságra, a pH-ra, a redoxviszonyokra és további más celluláris és külső környezeti faktorokra, illetve a membránokban lokalizált fehérjekomponensek, melyek érzékelőként funkcionálnak. A stresszor hatására adott növényi válasz – jellege szerint – kétféle lehet:

1. A hatás eltérése, amikor a növény gyenge stressz esetén képes a stressz nélküli állapothoz hasonló, magas anyagcsere-aktivitást fenntartani, súlyosabb stressz esetén pedig csökkentett aktivitással működni és biztosítani a túlélést. A tűrés (tolerancia) az egyed alkalmazkodó képességének, az akklimatizációnak az eredménye, amit a fenotípusos plaszticitás mértéke határoz meg.
2. A hatás kikerülése azt jelenti, hogy extrém intenzitású vagy tartamú stresszhatás esetén az anyagcsere-aktivitás úgy lecsökken, hogy a növény egy nyugvó, alvó állapotba kerül. A növények többsége helyhez kötött lévén, nem tud mozogni fizikailag nem tud kitérni, ezért izolálja magát ily módon a stresszortól. A kikerülés egyik legismertebb példája a mérsékelt égvönön a lombhullatás, ami az évszakok evolúciós időtávon át tartó periodikus

változása következtében alakult ki. Ilyen az időszakosan kiszáradó területeken élő növények gyors fenológiai fejlődése is, amikor a növény egyedfejlődése a kedvező körülmények rövid ideje alatt lezajlik a csírázástól a maghozásig, majd a körülmények romlásakor, a szárazság feltételei közepette magjai vagy más szárazságtűrő képletei biztosítják a túlélést *Fodor és mtsi* (2013).

A biostimulánsok hatása növényi stresszhelyzetekben

A **Syngenta** új biostimulátor készítménye a **Quantis**, amely egy természetes eredetű, aminosav alapú, tápanyagokkal dúsított készítmény. Helyesen alkalmazva, tehát a stressz bekövetkezése előtt, preventív, azaz megelőző jelleggel képes lehet a környezeti (abiotikus) stressz káros hatásainak mérséklésére.

A biostimulátor mint fogalom, igen nehezen értelmezhető egy mondatlalt. Számos szakirodalmi megfogalmazás áll rendelkezésre, de talán a legrövidebben és lényegre törőbben az alábbiak szerint lehetséges: *Patrick du Jardin* (2015) „növényi biostimuláns minden olyan anyag vagy mikroorganizmus, amelyet növényeken alkalmaznak azzal a céllal, hogy tápanyagtartalmától függetlenül javítsák a táplálkozási hatékonyságot, az abiotikus stressztűrést és/vagy a termésminőségi tulajdonságokat.” Összetételüket tekintve is sokfélék lehetnek. Növényi kivonatok, algák, huminsavak, aminosavak stb. Részhalmazt képeznek a klasszikus értelemben vett növényvédőszeres és a termésmenvelő anyagok között. Hajlamosak vagyunk a biostimulátor készítményeket is termésmenvelő anyagként aposztrofálni. Sokkal inkább megfelelő, ha úgy fogalmazunk, hogy ezen anyagok alkalmazásával a növényeket ért stressz sokkal kevésbé veti vissza a várható termést, segítik megőrizni a növényben rejlő genetikai potenciált.

QUANTIS

A Quantis kezelések hatásmechanizmusa

Ahogy már korábban szó volt, a **Quantis** természetes eredetű biostimulátor. Egy hosszú és precíz gyártási folyamat végeredménye, amely gyártási technológia alatt a készítményt különféle tápanyagokkal dúsítják. Természetes összetevőinek köszönhetően a Quantis magas szerves széntartalmú vegyületekben (elsősorban cukrok) gazdag, emellett sok egyéb, a növények számára hasznos és nélkülözhetetlen tápanyagot és aminosavakat tartalmaz. Egyedi és kiemelendő a Quantis kalcium tartalma. A Ca^{2+} jelentős szereppel bír többet között a stresszjelzés folyamatában. Szintén említésre méltó a kálium tartalma is, ennek szerepe a növény élettani folyamataiban és stressztoleranciában is jelentős. Ezek mellett nitrogént, foszfort, bórt, cinket, mangánt és szulfátot is tartalmaz. Átlagosan 2% aminosav tartalma, ebből 0,4-0,6% szabad aminosav. Magas aszparaginsav-, glutaminsav- és alanin koncentráció jellemzi, de ezen kívül tartalmaz még többek között prolint és glicint is. Ezek a fehérjeszintézishez fontosak, továbbá antioxidáns és kelátképző hatásúak, valamit ozmoprotektánsként is működnek (*1. táblázat*).

1. táblázat: A Quantis fizikai – kémiai tulajdonságai
Table 1: Physical – chemical properties URL¹

| Paraméter | Érték |
|---|---------|
| pH (eredeti anyagban) | 6,2 |
| sűrűség (kg/dm ³) | 1,34 |
| száranyag tartalom (m/m%) | 50-55 |
| szerves C tartalom (m/m%) | 15 |
| N tartalom (m/m%) sz.a. | 1,9 |
| P ₂ O ₅ tartalom (m/m%) sz.a. | 0,87 |
| K ₂ O tartalom (m/m%) sz.a. | 17,4 |
| CaO tartalom (m/m%) sz.a. | 2,8 |
| Szulfát (mg/l) | 0,2-0,4 |
| aminosav tartalom (m/m%) | 1,8-2,2 |
| szabad aminosav tartalom (m/m%) | 0,4-0,6 |
| Bór (mg/l) | 7,5-20 |
| Cink (mg/l) | 7-20 |
| Mangán (mg/l) | 10-20 |
| Vízoldékonyság (%) | 99 |

A **Quantis** a stressz bekövetkezése előtt alkalmazva, a benne található összetevőinek köszönhetően képes aktiválni a sejttrendszert (géneket és az anyagcsere folyamatokban szerepet játszó védekezési útvonalakat). Amikor stressz lép fel a **Quantis** összetevőinek hatása először a sejtek és a szervek szintjén jelentkezik és fiziológiai szinten mérhető, ami a hozam fenntartását, javulását eredményezheti.

De ahhoz, hogy megértsük a **Quantis** hatásmechanizmusát, nézzük meg lépésről lépésre, hogy az egyes összetevői miként járulnak hozzá a növényi anyagcsere változás folyamataihoz, miként tudja hatékonyan mérsékelni a környezeti stressz okozta terméscsökkenő hatásokat (1. ábra).

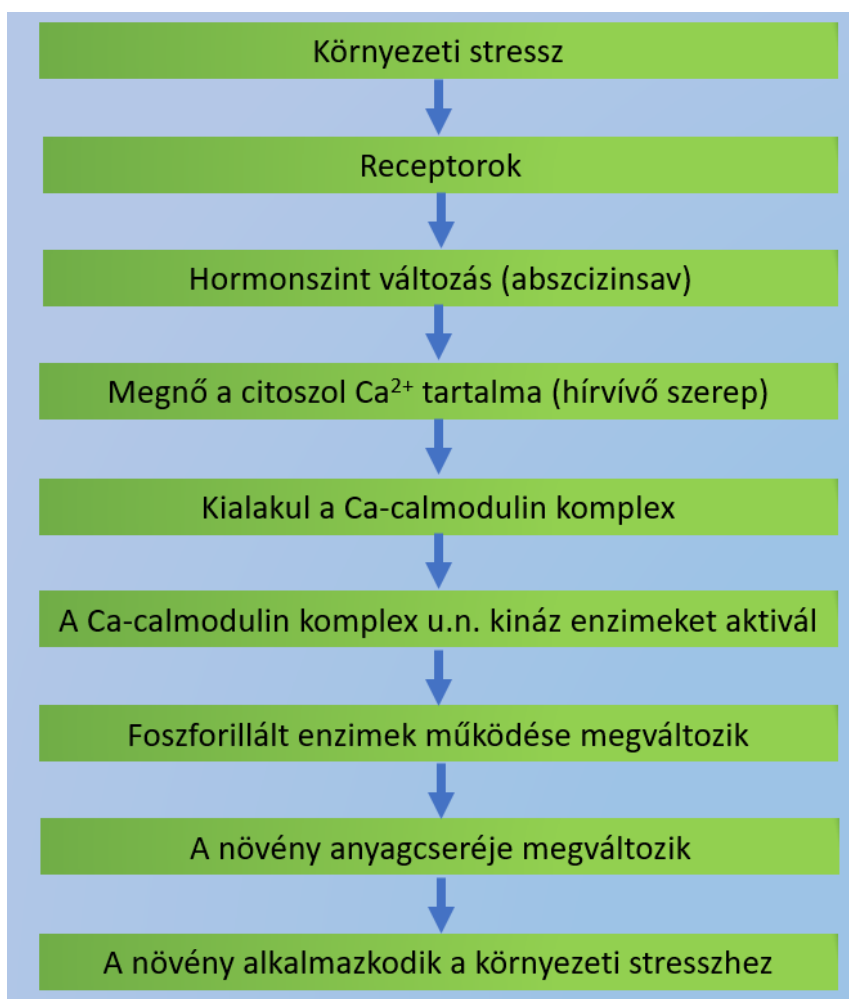
A **kalcium** nélkülözhetetlen növényi tápanyag. A sejt falban és a membránokban különböző szerkezeti szerepek betöltéséhez szükséges, a vakulomban lévő szeretlen és szerves anionok ellenkationja, a citoszol Ca²⁺-koncentráció ([Ca²⁺]_{cyt}) pedig kötelező intracelluláris hírvívő *White és Broadly* (2003). A talajból a gyökérszőrőkön keresztül

veszik fel a kalciumot a növények, majd innen szállítódnak a növényi részekhez. A Ca kulcsfontosságú jel átvivőként ismert a növényekben és az abszcizinsav után egy második hírvívő, többek közt részt vesz egyes ioncsatornák szabályozásában és ezáltal a sztómák záródásában is. Szárazság esetén a korlátozott vízfelvétel, továbbá a magas hőmérséklet és/vagy légköri aszály indukálta sztómazáródás miatt leálló respiráció a Ca felvételi zavaraihoz és hiány kialakulásához vezethet. A kalcium a növények növekedésének és fejlődésének különböző aspektusaihoz nélkülözhetetlen, mint például a sejttal tágulása és stabilitása *Hetherington és Brownlee* (2004). A legtöbb kalciumhiányos rendellenességet a kalcium egyenletlen eloszlása okozza *Hirschi* (2004). A kalcium homeosztázis zavarát külső ingerek esetén figyelték meg. Korábban megfigyelték, hogy a szabad kalcium koncentrációjának növekedése biológiai reakciót vált ki a külső ingerekkel szemben, ami a kalcium második hírvívő szerepét jelzi. A kalcium kódolja mind a biotikus, mind az abiotikus stresszorok változásait. A sejtek tehát a dekódolási információt megfelelő biológiai válasz generálására használják fel. Így a sejtservecskék és a citoszol szabad Ca^{2+} szintjének dinamikus változásai a sejtek adaptációjában, növekedésében, anyagcseréjében és fejlődésében jelentkeznek *Berridge et al.* (2003). Egy kutatási tanulmány kimutatta, hogy a mitokondriumok és a kloroplasztok Ca^{2+} jeleket váltanak ki az abiotikus és biotikus stresszorokkal szemben *Nomura és Shiina* (2014). Alapvető szerepet tölt be a növények különböző élettani és fejlődési folyamatokban, valamint hírvívőként működik az immunitásban és a növények tápanyag jelzésében *Thor* (2019). A kalciumot, mint második hírvívőt mind a tápanyag- jelzésben, mind a növényi immunitásban tanulmányozták, hogy javuljanak a növényvédelmi stratégiák *Singh* (2020).

A környezeti stressz hatására a növényben megváltozik az abszcizinsav mennyisége. Ezt érzékelve a megnő a citoszol Ca tartalma, ha van elegendő a növényekben. Ez gyakorlatilag a hírvívő szerepe (egy növények esetén rovarkárosítás következtében jaszonsav termelődik, amely hasonló hírvívő szereppel rendelkezik). Ezután kialakul a Ca-Calmodulin komplex, amely úgynevezett kináz enzimeket aktivál, melyek foszforcsoportokat pakolnak rá más enzimekre. Így a foszforillált enzimek működése megváltozik, tehát a növény anyagcseréje is megváltozik (ez a stresszválasz) és alkalmazkodik a megváltozott feltételekhez, azaz a stresszes körülményekhez. Ezzel az anyagcsere változással képes reagálni és túlélni a környezeti változásokat (3. ábra). Ha nincs megfelelő mennyiségű Ca a növényekben, ez a stresszjelzési vagy szignalizációs folyamat nem következik be, nem indul meg az anyagcsere változás és a növény károsodásához, pusztulásához vezet *Ranty et al.* (2006). A napraforgó esetén aszályos körülmények közt megfigyelhető Bract nekrozis is a Ca hiányával hozható összefüggésbe *Woltz – Harbaugh*, (1986). A **Quantis** alkalmazása növelheti a celluláris Ca mennyiségét, ami támogatja a stressz jelátvitelt és génexpressziót (stresszválasz) vált ki.

A turgor fenntartása ozmotikus szabályozással fontos fiziológiai adaptáció a vízhiány káros hatásainak minimalizálására. Az ozmotikus stressz egy másodlagos stressz, amely sejtszinten fejeződik ki. A növény elveszti a turgornyomását, ami a sztómák záródását idézi elő. Zárt sztómák esetén nem működik a légzés és a párologtatás sem, csökken a fotoszintézis, nő a növény hőmérséklete.

A megfelelő **kálium** tartalom elősegítheti az ozmotikus szabályozást, amely magasabb turgornyomást, relatív víztartalmat és alacsonyabb ozmotikus potenciált tart fenn, ezáltal javítva a növényi sejtek vízháztartását. A második legnagyobb mennyiségben szükséges elem, K⁺ formában veszik fel a növények. Igen mobilis, megkötődik az apoplaszt negatív töltésein, de könnyen lecserélődik, és gyorsan szállítódik a xilémbe és a floémbe is. Mozgása befolyásolja a vízpotenciál viszonyokat és a membránpotenciált. A kálium számos enzimet aktivál, befolyásolja a hidratációt, és fontos szerepet tölt be a jeltovábbításban (akciós potenciálok által közvetített ingerek). Számos anyagcsere- és élettani folyamat alapul a kielégítő kálium ellátáson *Fodor és mtsi* (2013).



2.ábra: A növényi stresszválasz egyszerűsített folyamata *Ranty et al.* (2006).

Figure.2: Simolified process of plant stress response *Ranty et al.* (2006).

A kálium indukálja a sejtekben az oldott anyag felhalmozódását, így csökkenti az ozmotikus potenciált és fenntartja a sejt turgorát ozmotikus stressz alatt. Emellett a **Quantis** olyan szerves szén tartalmú molekulákat is (elsősorban cukrok) tartalmaz, amelyek szintén segítenek az ozmotikus szabályozásban. Ezek a szerves vegyületek ozmoprotektánsként működnek, felhalmozódnak a sejtekben és kiegyenlítik a sejt környezete és a citoszol közti ozmotikus különbséget *Ahmad et al.* (2020).

A **Quantis** aminosav profilja magas alanin-, aszparaginsav- és glutaminsav koncentrációt mutat, emellett megtalálható még benne többek között a prolin és glicin is. Ezen aminosavak jelentősek a fehérjeszintézis szempontjából, de szerepet játszanak az ozmotikus potenciál fenntartásában (ozmoprotektánsok), kelátképző hatásúak, továbbá nélkülözhetetlen antioxidánsok. Egyes nitrogéntartalmú vegyületek, köztük az aminosavak, például a glicin, a betain és a prolin antioxidáns tulajdonságokkal is rendelkezik, amelyek megvédik a növényeket az abiotikus stressztől a szabad gyökök megkötőjeként. A fehérje hidrolizátumokat jól tanulmányozták, hogy elősegítsék a mikrobák növekedését és aktivitását a rizoszféra zónáiban, és ezáltal javítsák a talajok általános termékenységét *Bulgari és mtsi.* (2019).

A környezeti (biotikus) stresszeket a káros, reaktív oxigénfajták (továbbiakban ROS) hozták összefüggésbe. A ROS-ok – azon kívül, hogy erőteljes és gyors oxidációt képesek okozni – szignálmolekulaként is viselkednek, mely viselkedés megértése, különösen a specifitás, a szelektivitás tekintetében, rövid életidejük és rendkívüli reaktivitásuk miatt nehezen volt elképzelhető. A szignál jelleg azáltal érvényesülhet, hogy az adott ROS megváltozott sejtfunkcióhoz vezető jelátviteli kaszkádot indít el, valamint azáltal is, hogy a ROS, mint egy effektor molekula az elsődlegesszignálra adandó válaszként proteinek vagy más struktúrákat változtat meg közvetlenül. A legreaktívabb hidroxil gyök féléletideje 10^{-9} s, tehát csak a keletkezésének közvetlen közelében hathat. A H_2O_2 viszont, melynek féléletideje 1 ms, képződésétől viszonylag nagyobb távolságra is el tud diffundálni. Mivel a ROS-ok egymásba átalakulni képesek, egymással dinamikus egyensúlyban vannak, nem egyszerű megmondani, hogy az adott helyzetben melyik ROS aktív. Szignálként való működésük feltétele, hogy a sejt érzékelje őket. Ez az érzékelés számos molekula által történhet, akár egyidejűleg is. A H_2O_2 kis molekula, s ezért nem valószínű, hogy van speciális receptora, ami a klasszikus receptor/ligandum kötéshez hasonlóan felismerné. De mivel gyenge oxidáns, az „üzenetet” oxidáló képessége révén továbbíthatja. Lehetséges, hogy a ROS-oknak a sejt egyes helyein való előfordulása determinálja szignál mivoltukat, annak hatékonyságát és specifitását. A ROS-ok, de leginkább a H_2O_2 , jelenlétét érzékelő protein valószínűleg egy kétkomponensű hisztidinkináz (HK) a plazmalemmában. HK-ok a növénysejtben ozmoszenzorként és a hormonok érzékelésében is szerepet játszanak. A ROS-ok érzékelésére szolgálhatnak továbbá olyan molekulák, melyek ugyan nem egy szignáltranszdukciós út csúcán állnak, hanem a láncban vesznek részt, mint például tiolperoxidázok, proteinkinázok vagy foszfatázok. Ugyanígy transzkripciós faktorok is lehetnek a redox signalling részei. A ROS-ok bárhol is képződnek és hatnak, célpontjaik nagy valószínűséggel a fehérjék cisztein és metionin komponenseinek –SH csoportjai. E csoportok oxidációja, –S–S– csoportok kialakulása az adott protein konformációs változását, s ezáltal aktivitásának

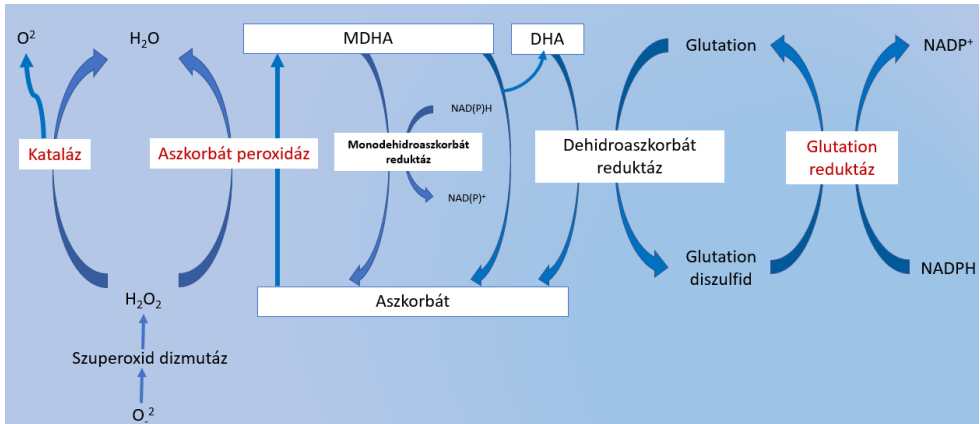
megváltozását eredményezi. Ezen kívül számos más változás is bekövetkezhet a fehérjékben a ROS-ok hatására. A ROS-ok érzékelését a jelátviteli lánc egyes komponenseinek a ROS detoxifikációban résztvevő elemekkel való kölcsönhatása is eredményezheti *Fodor és mtsi* (2013). **Ezek a reaktív oxigénformák a következők:**

- Hidrogén-peroxid
- Szuperoxid
- Szinglet oxigén
- Hidroxilgyök
- Perhidroxilgyök

Normál körülmények közt a ROS folyamatosan termelődik különböző metabolikus utak melléktermékeként, de az antioxidánsok könnyen méregtelenítik őket enzimatis és nem enzimatis úton is *Blokhina* (2003), *Apel és Hirt* (2004), *Mittler et al.* (2004).

A glutaminsav, mely a **Quantis** teljes aminosavtartalmának 24 %-át adja, hozzájárul a sejten belül a glutation képződéséhez. A glutation a sejtek által termelt fő antioxidáns metabolit, amely közvetlenül hat a szabad gyökök képződésére. A növényekben nélkülözhetetlen a fejlődésük szabályozásában és a környezeti igénybevételekre (hőség, szárazság stb.) adott válaszokban *Hammed et al.* (2014). Vizsgálatok bizonyították, hogy **Quantissal** kezelt növényekben az enzimatis méregtelenítésben résztvevő enzimek (glutacion-reduktáz, aszkorbát-peroxidáz, kataláz) magasabb koncentrációban voltak jelen, növelte ezen enzimek aktivitását. Amely szintén a hatékonyabb védelmet jelzi a káros oxigénformák ellen (4. ábra).

A nem enzimatis méregtelítés olyan antioxidánsok köthető, mint az aszkorbinsav, a glutacion vagy az ozmoprotektánsok (glicin, betain). Ezen molekulák közvetlenül megköthetik a ROS-t és minimalizálhatják a ROS általi sejtkárosodást *Huang et al.* (2019). Vizsgálatok megerősítették a sztahidrin jelenlétét a **Quantis**-szal kezelt növényekben, amely egy erős antioxidáns. A sztahidrin mennyisége a növényekben alacsonyabb, mint a proliné, mivel a prolinból két enzimatis lépésben szintetizálódik *Hayat et al.* (2012). A **Quantis** betaint is tartalmaz és valójában a prolin sztahidrinné történő átalakulása a stressztűrő képesség fejlődésével jár.



3.ábra: A legfontosabb ROS detoxifikáló enzimek és metabolitok (piros színnel kiemelve azon enzimek, melyek esetén magasabb aktivitást mértek **Quantis** kezelés hatására kísérletekben) *Huang et al. (2019)*.

*Figure 3: (The most important ROS detoxifying enzymes and metabolites (highlighted in red are enzymes with higher activity measured by **Quantis** treatment in experiments) *Huang et al. (2019)*.*

Összeségében a fentebb említett összetevők növényfiziológiai háttéréből származó termésstabilizálás a következő hatásokban nyilvánul meg:

- Fokozott fotoszintetikus aktivitás
- Sejtek és membránok stabilitása
- Növény felületi hőmérsékletének csökkentése
- Késleltetett öregedés (szeneszcencia)

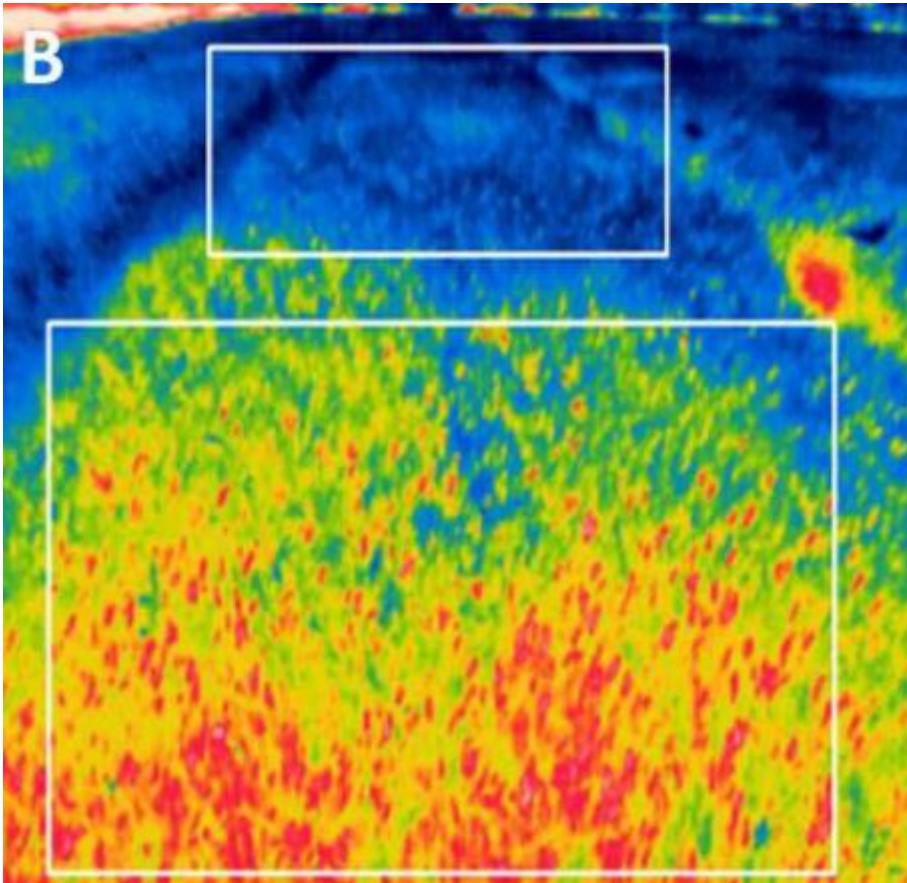
A fotoszintézist gyakran befolyásolja az abiotikus (környezeti) stressz. Aszály okozta stressz esetén a fiziológiai hatások külsőleg

- a fotoszintetikus aktivitás csökkenésében,
- a zöld levélfelület csökkenésében,
- a növekedés visszamaradásában és
- termésnövekedésben nyilvánulnak meg *Singh és Thakur (2018)*.

A szárazság okozta fotoszintézis korlátozás legfőbb oka a sztóma záródása, amely csökkenti a gázcsereén keresztüli CO₂ felvételt és ennek következtében a fotoszintézist. A kálium elősegítheti az ozmotikus szabályozást és magasabb turgornyomást tarthat fenn, így elősegítheti a sztóma nyitott állapotát és lehetővé teszi a fotoszintézis folytatását. Brit kísérletek bizonyították, hogy a **Quantissal** kezelt növényekben, 30 °C-on jóval nagyobb volt a párologtatás intenzitása (ennek fontosságára még kitérünk) és a CO₂ megkötés mértéke, ami a kezelt növényekben a fotoszintetikus aktivitás növekedését igazolta. Kukorica hibridekben vizsgálták a növények fényhasznosítását, azaz szakszóval nevezve a fluoreszcenciát. A fluoreszcencia nem más, mint a nem hasznosult, vagy visszasugárzott fényenergia. Minél jobban tudja a növény a fényt hasznosítani, annál intenzívebben képes

fotoszintetizálni. Akár szárazságra érzékenyebb, akár pedig szárazságtűrő kukorica hibridekben a **Quantis** javította a kukorica fényhasznosítását.

Az állomány hőmérséklete az egyik legfontosabb jelző paraméter, amely könnyen mérhető és jól jelzi a növény élettani állapotát aszály stressz idején. Hiszen a levelek hőmérséklete és a transzspirációs (légzés) hűtés között szoros összefüggés van. Szárazság hatására a talaj nedvességtartalma alacsony és csökkenti a levél vízpotenciálját, a sztóma ozmotikus nyomását, ezáltal a légűtést, ami a levélzet hőmérsékletének emelkedéséhez vezet. Egyéb stressz okozta következmények is a növény, un. „lázás” állapotát tudják előidézni (pl.: szabad gyökök felhalmozódása). Kifejezetten fontos tehát, hogy a sztóma nyitott állapotban tartásával a fotoszintézisen túl a transpiráció is zavartalanul tudjon működni, hiszen 10 °C-os levélfelület hőmérséklet emelkedés a lebontó folyamatokat 2-3-szorosára tudja felgyorsítani *Jackson et al.* (1981). A **Quantis** alkalmazása segít csökkenteni az állomány hőmérsékletét a stressz elleni védelem fokozásával (*4. ábra*).



4. ábra: Hőkamerás felvétel, amely a növényállomány hőmérsékeltét szemlélteti. Az „B” jelű terület zászlós levél kiterülés idején **Quantis** kezelést kapott, az állomány hőmérséklete 22,6 °C-os, míg az állomány többi része csak fungicid kezelésben részesült, itt a hőmérséklet 24,1 °C. (Syngenta, Olaszország, 2013)

Figure 4: Thermal imaging showing the temperature of the plant stock. Area B received **Quantis** treatment during flag leaf spread, the stock temperature was 22.6 °C, while the rest of the stock received only fungicidal treatment, the temperature here is 24.1 °C. (Syngenta, Italy, 2013) URL¹

Az öregedés (szeneszcencia) során klorofill lebomlik, a levelek zöldből sárgává válnak, így a fotoszintézis véget ér, ami végül a növények lombhullásához vezet. Az öregedés a sejtkárosodás eredménye, ami a klorofill rövidebb élettartamában nyilvánul meg. A szárazság, a hő, a hideg és a sóstressz is a levelek öregedését, sárgulását okozza a növényekben. A klorofill egy magnézium központi atomú, porfirinvas vegyület, ami a növényekben a fény energiájának elnyeléséért felel. A klorofillképződés első lépése a glutaminsav átalakulása, tehát a klorofill kialakulásához glutaminsavra van szüksége a növénynek. A glutaminsav mellett a glicin is alapvető metabolit a klorofill szintézisben.

A nitrogén zöldítő hatása ismert jelenség. Azonban a szárazság során alkalmazott nitrogén hatóanyag hasznosulása kérdéses. Ha csupán nitrogén hatóanyag segítségével várjuk a zöldítő hatást, ez rendkívül energiaigényes folyamat a növények számára, továbbá jóval hosszabb időt vesz igénybe, mintha glutaminsav tartalmú készítményt alkalmaznánk lombon keresztül *Willows* (2007). A **Quantis**, ahogy már említettük, magas glutaminsav- és glicin tartalommal is bír. Laboratóriumi kísérletekben kimutatták, hogy a **Quantis**-szal kezelt szója növények még aszályosabb körülmények közt is egészségesebbek maradtak, tovább megőrizték a zöld biomassza tömegüket. Értelemszerűen a fotoszintézis és a termés szempontjából lényeges felépítő folyamatok tovább tudtak működni. A késleltetett öregedés a **Quantis** egyik nagy előnye, amely szántóföldi körülmények közt gyakran vizuálisan is megfigyelhető.

A növényi biostimuláció élettani alapjainak megismerése egy merőben új gondolkodást és szemléletet vetít előre. Ez nélkülözhetetlen lesz a jövő kihívásainak tükrében ahhoz, hogy eredményesen tudjunk termelni. Ebben az összefoglalóban a növényfiziológia azon szakaszait igyekeztünk bemutatni, a teljesség igénye nélkül, amelyek a készítmény használatához szükséges ismereteinket tudják bővíteni és az eredményes alkalmazás alapjait hivatottak megteremteni.

Ezen információkból láthatjuk, hogy a **Quantis** a számos hasznos összetevőjének köszönhetően, (Ca-ion, K-ion, aminosavak, szerves szén tartalmú vegyületek stb.) helyesen, tehát a stressz bekövetkezése előtt, preventíven alkalmazva elősegítheti a növény stresszel szembeni ellenállóságának növekedését. A **Quantis** stressztolerancia növelő hatása pedig a végső cél, tehát a termés mennyiségében is megmutatkozik. Hiszen alkalmazásával a növényeket érő stresszhatások azt kevésbé tudják csökkenteni.

IRODALOM

- Ahmad, F. – Singh, A. – Tripath, D. K.* (2020): Chapter 3: Osmoprotective Role of Sugar in Mitigating Abiotic Stress in Plants. In: Aryadeep Roychoudhury – Durgesh Kumar Tripath (2020): Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress: Biochemical and Molecular Perspectives.
- Apel, K. - Hirt, H.* (2004): Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55, 373–399.
- Berridge, M.J. - Bootman, M.D. - Roderick, H.L.* (2003): Calcium signalling: dynamics, homeostasis and remodelling *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 4. pp. 517-529
- Blokhina, O.* (2003): Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann. Bot.* 91, 179–194.
- Bulgari, R. – Franzoni, G. – Ferrante, A.* (2019): Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy* 9:306.
- du Jardin P.* (2015): Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation *Scientia Horticulturae* 196: 3-14.
- Fodor, F. és mtsi* (2013): A növényi anyagsere élettana. Eötvös Lóránd Tudományegyetem

- Jackson, R.D. – Idso, S.B. – Reginato, R.J. – Pinter jr, P.J.* (1981): Canopy temperature as a Crop Water Stress Indicator. *Water Resources Research* Vol 17 No 4 pp.1133-1138
- Hameed, A. - Sharma, I. - Kumar, A. - Azooz, MM. - Lone, H.A. - Ahmad, P.* (2014): Chapter 6 - Glutathione Metabolism in Plants under Environmental Stress. *Oxidative Damage to Plants. Antioxidant networks and signaling.* Pages:183-200.
- Hayat, S. – Hayat, Q. – Alyemini, M. N. – Wani, A. S. – Pichtel, J. – Ahmad, A.* (2012): Role of proline under changing environments. *Plant Signal Behav.* 7(11): pp. 1456-1466.
- Hetherington A.M. - Brownlee, C.* (2004): The Generation of Ca²⁺Signalin Plants. *Annual Reivew of Plant Biologi* 55. pp.401-427.
- Hirschi, K.D.* (2004): The Calcium conundrum. Both versatile nutriend and specific signal. *Plant Phyto* 136. pp. 2438-2442.
- Huang, H. - Ullah, F. - Zhou, D-X, - Yi, M. - Zhao, Y.* (2019): Mechanism of ROS regulatuion of plant development and stress responses. *Front. Plant Sci. Plant Development and EvoDevo* Volume 10.
- Larcher, W.* (1987): Stress bei Pflanzen. *Naturwissenschaften* 74. pp. 158–167.
- Mittler, R. - Vanderauwera, S. - Gollery, M. - Van Breusegem, F.* (2004): Reactive oxygen gene network of plants. *Trends Plant Sci.* 9, 490–498.
- Nomura, H. – Shiina, T.* (2014): Calcium Signaling in Plant Endosymbiotic Organelles: *Molacular Plant.* 7. pp. 1094-1104.
- Ranty, B. - Aldon, D - Galaud, JP.* (2006): Plant Calmodulins and Calmodulin-Related Proteins, *Plant Signal Behav* 1(3): pp.96-104
- Selye, J.* (1936): Károsító tényezőkkel előidézett szindróma *Nature*
- Singh, R.* (2020): Calcium in plant biology nutrient and second messenger. *International Jurnal of Biological Innovations*
- Singh, J. – Thakus, J.K.* (2018): Photosynthesis and Abiotic Stress in Plants. In Sharad Vats (2018) *Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants.* Pp. 27-46. Springer
- Taiz, L. – Zeiger, E.* (2006): *Plant physiology.* 4th edn., Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 764 pp.
- Taiz, L. - Zeiger, E.* (2010): *Plant physiology.* 5th edn., Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 782 pp.
- Thor, K.* (2019): Calcium Nutrient and Messenger. *Plant Sci.* 10.
- Tischler* (1984): *Stresszfiziológia növények és a stressz ppt*
- White, P.J. – Broadley, MR.* (2003): Calcium in Plants, *Annals of Botany* 92. 487-511.
- Willows, R.D.* (2007): Chlorophyll synthesis. In Robert R. Wise – J. Kenneth Hooper (2007): *Advances in Photosynthesis and Respiration. Volume 23. The Structure and Function of Plastids.* Pp. 295-313. Springer.
- Woltz, S.S. – B.K. Harbaugh, B.K.* (1986): Calcium deficiency at the basis cause of marginal bract necrosis of 'Gutbier V-14 Glory' Poinsettia. *HortScience* 21(6): 1403-1404.
- URL¹ <https://www.syngenta.hu/press-release/hir/biostimulacio-syngenta-modra-quantis-novenyelettani-hattere> [letöltve 2023. 09. 27.].