

DEBRECENI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS
KÖRNYEZETGAZDÁLKOZÁSI KAR

Növénytudományi Intézet, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék

Intézetvezető: Prof. Dr. Csajbók József egyetemi tanár

Tanszékvezető: Prof. Dr. Veres Szilvia egyetemi tanár

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

NÖVÉNYI HORMONOK FELHASZNÁLÁSA A NÖVÉNYBETEGSÉGEK
MEGELŐZÉSÉRE, AZ ÁLTALUK OKOZOTT KÁROK MÉRSÉKLÉSÉRE

Karacs Janka
agrármérnök, osztatlan képzés
Konzulens: Dr. Makleit Péter
egyetemi adjunktus

DEBRECEN

2024.

1. Bevezetés

A termesztett növények ápolására és védelmére tett törekvések elengedhetetlen része a korszerű mezőgazdaságnak. Ahogy az agrotechnikai eszközök, a földhasználati formák folyamatosan fejlődnek, úgy a növényvédelemben is új utak nyílnak egy tudás alapú mezőgazdaságban. Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a gazdálkodók, termelők, hogy a lehető leghatékonyabban védekezzenek a különböző növénybetegségek ellen, melyek számottevő termés kiesést, minőségromlást okozhatnak.

A különböző védelmi módszerek együttes alkalmazása hívta életre az integrált növényvédelmet, melynek célja, hogy a kémiai növényvédelem mellett az agrotechnikai elemek és a biológiai eljárások is előtérbe jussanak a kórokozók elleni védekezésben. Egyre jelentősebb szerepet kapnak a nem növényvédő szer használaton alapuló, preventív technológiai elemek, ugyanakkor számos kórokozó esetén, legyen az bakteriális vagy gombatermészetű, még nem lehet teljes mértékben elhagyni a vegyszereket. Mégis, az elmúlt években egyre inkább felszínre törnek azok a problémák, melyeket a nem megfelelő vegyszerhasználatnak lehet tulajdonítani, akár felhasználási módja, akár a hatóanyagtartalma miatt. Az okozott károk csak sok év elteltével mérséklődnek, egyes káros vegyületek még a mai napig kimutathatóak a talajból, a termésből és még az emberi szervezetből is.

A termesztési rendszerek legfiatalabb vonala az ökológiai gazdálkodás, melynek alapja, hogy fenntartható módon alkalmazzuk a termesztési elemeket, előnyben részesítve a környezetbarát, biológiai és fizikai növényvédelmet a kémiai úton történő védekezéssel szemben.

Növényi hormonok alkalmazásával lehetőség nyílik a fertőzésekkel való alternatív megküzdésre. A növényi szervezet az evolúció során számos olyan védekezési mechanizmust fejlesztett ki, mellyel hatékonyan tudott védekezni a károsítókkal szemben, azonban a megfelelő kezelésekkel e védekezési mechanizmus fokozható, támogatható.

A növényi hormonok olyan vegyületek, amelyek alacsony koncentrációban vannak jelen a növényekben és bioregulátorokként működnek. Ahogy az elnevezés is mutatja, szabályozó funkciót látnak el a növényekben, részt vesznek a növekedésben, az anyagcserében a teljes életciklus során. Emellett fontos szerepet játszanak az abiotikus és biotikus hatások közvetítésében, elsődleges szerepük a jelátvitel, mely által segítik a növények gyors alkalmazkodását a környezeti változásokhoz.

A külső hatások, legyen az környezeti tényező vagy kórokozó, stressz faktorok lehetnek a növény számára. A növényi stressz élettan rendkívül összetett folyamatok rendszere, mely által a növény képes alkalmazkodni, adaptálódni ezen környezeti hatásokhoz, stresszorokhoz. A korai felismerés a receptorok által és a gyors reakció elősegítheti a növény védekezését a kórokozókkal szemben. Számos olyan hormonként funkcionáló vegyület található meg a növényi szervezetben, melyek stresszhelyzetben alkalmasak a védekezési reakció indukálására, megelőzve a megfertőződést és annak sejtszintű továbbterjedését.

2. Témafelvetés

Magyarországon a termesztett növényeink közül a legnagyobb termesztési területtel rendelkező, így legjelentősebb gazdasági növényeink a kukorica és az őszi búza. Megközelítőleg 0,8-1,0 millió hektáron, évi 6-8 tonna/hektár (kukorica) és 4-6 tonna/hektár (búza) termésátlaggal termesztjük e növényeket, melyek kiemelt figyelmet érdemelnek mind talajhasználati, agrotechnikai és növényvédelmi szempontból. Gazdasági növényeink termesztésének biztonságát számos kártevő és kórokozó veszélyezteti, így példának okáért a gabonanövények esetében a fuzáriózis, a kukorica esetében az üszögfertőzés akár 30-40%-os termés kiesést is okozhat.

A termesztett búza (*Triticum aestivum* L.) egyik jelentős megbetegedését a *Gibberella zeae* (anamorf alakja *Fusarium graminearum*) gomba okozza. A gomba optimális időjárási feltételek között vegyszeres védekezést igényel. A *Fusarium* fertőzés biotikus stressznek minősíthető, hasonlóan a kukorica (*Zea mays*) golyvásüszög fertőzéséhez, melyet az *Ustilago maydis* gomba okoz. A stressz válaszokban elsődleges hírvivőként a növényi hormonok vesznek részt. Hatásukra a növény önvédelmi reakciói bekapcsolnak, fajtától/hibridtől függően eltérő hatékonysággal képesek a növény kórokozó elleni védelmére. Ez alapján, a preventív, stressz hormonokkal történő előkezelés mintegy kondicionálja a növényt a fertőzésre, javítja annak önvédelmi képességeit és megteremtheti annak lehetőségét, hogy a vegyszeres védekezést el lehessen hagyni. De hogyan is segíthető elő a védekezés és mi annak élettani háttere?

A növények, az állatokkal ellentétben nem rendelkeznek immunrendszerrel. Az immunitás lehetőséget teremt arra, hogy az élő szervezet külön tudja választani a saját és az idegen sejteket egymástól, felismerve ezáltal az esetleges kórokozókat és hatékonyan fel tudjon lépni ellenük, megvédve a szervezetet a megfertőződéstől. A növényeknek, immunrendszer hiányában, más

stratégiákat kellett kifejlesztenie, de így is sok esetben képesek ellenállni az őket megtámadó károsító formáknak. Elsődleges, fizikai védvonala a növényeknek maga a sejtfal, melynek összetétele fajokként eltérő lehet. Ezen áthatolva a kórokozó bekerül a sejtekbe, melyekben felszaporodik és megtámadja a növényt, melyre válaszreakció indukálódik.

A növényi hormonok egyik alapvető funkciója, hogy a növényekben zajló anyagcsere folyamatok szabályozásában aktívan részt vesznek, legyen az növekedés, termésérés vagy lombhullatás. A növekedésben elsősorban az auxinok, a gibbellerinek, valamint a citokininnek játszanak jelentős szerepet, e vegyületek felelősek a sejtek növekedéséért, a sejtszám gyarapodásért, a megnyúlásért, hatásmechanizmusuk együttesen jut érvényre a növényben.

Kiemelten fontos funkció a már említett jelátvitel, melynek hiányában a növény képtelen lenne reagálni a környezeti hatásokra, beleértve kórokozók támadását. A növényi hormonok előnye, hogy könnyedén képesek a termelő és a felhasználás helye közötti transzlokációra, ezzel biztosítva, bármely növényi szervben hatékonyan válaszreakciót indukáljanak. Összességében elmondható, hogy a környezeti hatásokra e stressz hormonoknak gyors felhalmozódása jelentkezik a sebzés vagy fertőzés helyén, akár 40-50-szeresére is nőhet a hormonok aránya, illetve a távolabbi szövetekben is növekedés tapasztalható.

Jelen kutatásunkban stressz hormonokkal kezeljük tesztnövényeinket, annak reményében, hogy hatékonyabb védekezési reakciót indíthatunk el. Elsősorban abszcizinsav (ABS), szalicilsav (SA), és etilén (ET) felhasználásával végezzük a kísérleteket, valamint a későbbiekben jázmonsav (JA) bevonásával szeretnénk további eredményekhez jutni.

3. Szakirodalmi áttekintés

Az abszcizinsav (ABS), mint növényi hormon elsődlegesen az abiotikus stressz tűrésben játszik fontos szerepet, befolyásolja a növény só tűrését, illetve szabályozza a növény aszályos időszakban fellépő vízhiányra adott reakcióját. Minden, differenciált szövettel rendelkező növényben megtalálható, keletkezési helye a sejten belül a plasztisz és a citoplazma. Általában alacsony koncentrációban van jelen a növényben, ennek ellenére gyors felhalmozódásra képes stressz hatás esetén. „Jelátviteli mechanizmuson keresztül fokozza az antioxidáns enzimek expresszióját, aktiválja a nem-enzimátikus védelmi rendszereket.” (FEHÉR et al., 2019).

A szalicilsav (SA) szintén stressz hormonnak tekinthető, a növényi szervezet ellenálló képessége jelentősen függ az SA-szinttől. A növények eredendően rendelkeznek olyan

anyagokkal, amelyek képesek gátolni a betegségek kialakulását. A rezisztens fajták különösen előnyös, gyakran transzgénikus génállománnyal rendelkeznek, azonban beszélhetünk szerzett ellenállásról (SAR) is, mely egy fertőzés hatására alakul ki a növényben. A szisztémikus szerzett rezisztencia (SAR) egy védekezési reakció, amely a szalicilsav felhalmozódásával együtt fejeződik ki, és nem csak a fertőzés helyén, hanem szöveti és szervi szinten SA-szint növekedés tapasztalható a növényben. Amennyiben a teljes növényre kiterjed, bizonyos fokú immunitást nyújt a növénynek egy esetleges újrafertőződés ellen. A külsőleg történő szalicilsavas kezelés a megfelelő, viszonylag alacsonyabb koncentrációban hatékonyan aktiválja a génexpressziót és ezáltal fokozza a védekezési reakciót, ugyanakkor a túl magas SA-szint káros hatással, akár szövetelhalással járhat. (FEHÉR et al., 2019)

Az etilén mind normál körülmények között, mind stressz hatás esetén hatással van a növényi anyagcserére, nagyban befolyásolja azt más hormonokkal, jelátvivő molekulákkal együttműködve. A növekedésre és a fejlődésre gyakorolt hatása mellett elsődlegesen a termésérésben és termésleválásban játszott szerepéről ismert, viszont stressz hormonnak is tekinthető, abiotikus és biotikus stressz hatására egyaránt termelődése gyorsan megnövekszik a növényi szervezetben. Jelenléte hozzájárul a védekezéshez, a sejtfalak erősítése és a védekezés-kapcsolt gének aktiválása által. (FEHÉR et al., 2019)

A stressz hormonok közé sorolható a jázmonsav és származékai, részt vesz a növényi védekezési reakciókban. Elsősorban mechanikai sérülés vagy nekrotróf kórokozó támadása esetén hatékony, aránya a növényi szövetben a stressz faktorok hatására hirtelen megnő. A szalicilsavhoz hasonlóan védekezési útvonalat jelent külső behatás esetén helyi és szisztémikus szerzett rezisztenciát indukálhat, ám sok esetben a szalicilsav útvonalával antagonizmus figyelhető meg. Szerepe sokrétű, többek között a hozzájárul a patogén-kapcsolt, PR-fehérjék transzkripciójához. (FEHÉR, et al., 2019)

Ahhoz, hogy a növények védekezési mechanizmusát jobban megérthessük, hasonlítsuk össze az állati védekezési mechanizmussal, az immunrendszerrel. Klement Zoltán két fő védekezési mechanizmust emel ki: az általános, vagy eredendő rezisztenciát, amely az állatoknál a természetes (veleszületett) immunitásnak felel meg, valamint a specifikus (hiperszenzitív) rezisztenciát, amely az adaptív (szerzett) immunitáshoz hasonló. (KLEMENT, 2004)

Az általános rezisztencia növények veleszületett képessége arra, hogy felismerjék és ellenálljanak a kórokozók támadásainak. Ez a védekezés a növény minden egyes sejtjébe genetikailag kódolva van, és azonnal működésbe lép, amikor a növényt egy külső károsító éri.

Az állatok esetében ezt a természetes immunitásnak hívjuk, ami a szervezetet érő fertőzésekre való gyors, nem specifikus reakció.

A specifikus rezisztencia sokkal célzottabb védekezési forma. A növények egy adott kórokozóval szemben képesek specifikus ellenállást kifejleszteni. Ha a növény felismeri a kórokozót, akkor hyperszenzitív reakcióval válaszol, amely helyi sejthalál révén izolálja a fertőzést, megakadályozva annak továbbterjedését. Az állatoknál ehhez hasonló a szerzett immunitás, amikor a test a kórokozókkal szemben memóriasejteket hoz létre, így egy későbbi támadás esetén gyorsabban és hatékonyabban tud reagálni.

Alapvető különbségek a növényi és az állati védekezés között, hogy az állatokban a védekezésben részt vevő sejtek (pl. limfociták, makrofágok) nem a fertőzés helyén keletkeznek, hanem távolabbi szervekben, mint a csontvelő, a nyirokszervek, vagy a csecsemőmirigy. Ezek a sejtek a véráramon keresztül jutnak el a fertőzés helyére, ahol hatást fejtenek ki.

A növényekben viszont minden egyes sejt önmagában védekezik. Mivel a növényeknek nincs olyan keringési rendszerük, mint az állatoknak, amely szállítaná a védekező sejteket, ezért minden sejt közvetlenül részt vesz a védekezésben, és egy időben működteti mindkét védekezési rendszert.

Ha a növény védekezési rendszere nem működik megfelelően, vagy túl későn lép működésbe, akkor a kórokozó bejuthat a szövetekbe, és ott mérgező anyagokat termelhet, amelyek betegség tüneteket (például nekrosis, rothadás, hervadás, tumorok) okozhatnak.

Összességében tehát a növények és az állatok védekezési rendszere hasonló alapelveken nyugszik, de a mechanizmusok különböznek az egyes élőlények szerkezeti és működési sajátosságaiból adódóan. (KLEMENT, 2004)

DODDS és RATHJEN (2010) a növényi válaszreakciókat elkülönítette, meghatározva két alapvető védekezési formáját a növényben lezajló folyamatoknak, az úgynevezett immunválaszoknak. Az immunválasz itt is elsősorban jelképes megfogalmazás, a fentiekben leírtak szerint. Mind a baktériumok, mind a gombák esetében találunk olyan felépítési elemeket, melyek a patogének által termelt molekuláris struktúrák (pathogen associated molecular patterns (PAMPs) Ezeket a struktúrákat speciális mintázatfelismerő receptorok (PRR-ek) azonosítják, és ennek hatására beindul a PAMP-ok által kiváltott immunválasz, a PTI (PAMP-triggered immunity). Ezen receptorok két funkcionális egységből épülnek fel, közülük kiemelendő a fehérjék foszforilálására képes kináz alegység, amely a citoplazmában helyezkedik el. Az utóbbi aktivációjával kezdetét veszi egy közvetített foszforilációs láncolat,

ami etilén, janzonsav vagy a szalicilsav közvetítette jelátviteli folyamatokkal együtt a védekezési gének kifejeződését indítja el. Ezek többek között a szabad oxigén gyökök felhalmozódását irányíthatják. (DUDITS, 2013)

Az általános növényi védekezési reakciók legtöbb esetben spontán reakciók, kifejezetten a támadó kórokozóra reagál a növényi szervezet mindaddig, amíg a fertőzés abba nem marad. Ilyen esetekben a növényben nem marad fenn „emlék” a patogénnal kapcsolatban, így egy következő fertőzés esetén ismételtén a fent leírtak szerint fog reagálni a növény, csak és kitarólag az abban a pillanatban behatoló kórokozóra. A legtöbb esetben hiperszenzitív reakció (HR) lép fel a fertőzéssel szemben, mely során a kórokozó behatolása helyén nekrosis indul el, mind a patogén, mind a fertőzött, saját sejtek elhalnak, megakadályozva a kórokozó elszaporodását, továbbterjedését. Gyors lefolyású, hatékony védekezési reakció. Ugyanakkor fontos hozzátenni, a hiperszenzitív reakcióval nem jár együtt „immunitás”, nem alakul ki rezisztencia, a válaszreakció sokkal inkább a növény hiperérzékenysége miatt indul be, mintsem ellenállósága okán. (KIRÁLY, 1968)

Klement Zoltán azon növényi védekezési reakciókat is tárgyalja, melyek a kórokozókkal szemben inkompatibilis kapcsolatban állnak. Az inkompatibilitás azt jelenti, hogy a növény hatékonyan védekezik a kórokozó ellen, és ennek során specifikus védekezési mechanizmusokat aktivál. (KLEMENT, 2004)

Amikor egy növény találkozik egy kórokozóval, amely veszélyeztetheti, hiperszenzitív (túlérzékeny) reakcióval válaszolhat. H.H. Flor elmélete szerint egy növény akkor mutat rezisztenciát egy adott kórokozóval szemben, ha a kórokozóban van egy domináns (megnyilvánuló) avirulencia gén, amellyel szemben a növény tartalmaz egy domináns rezisztencia gént. Ez a gén-gén interakció kritikus szerepet játszik a növény immunválaszában. Amikor a kórokozó avirulencia génjének terméke felismerhetővé válik a növény rezisztencia génje számára, a növény aktiválja a hiperszenzitív reakciót, mely sejtelhalással jár. Ennek eredményeként a kórokozó nem képes elterjedni a növény szöveteiben, és a fertőzés kontroll alatt marad. Ha azonban a kórokozó avirulencia génje vagy a növény rezisztencia génje hiányzik, a kapcsolat fogékonnyá válik, vagyis a növény nem képes hatékonyan reagálni a fertőzésre. Ebben az esetben a hiperszenzitív reakció elmarad, a kórokozó felszaporodhat a növényi szövetekben, és betegség alakul ki.

A kórokozó-növény interakció dinamikája egy genetikailag meghatározott kölcsönhatást ír le a növények és kórokozók között, amelyet az úgynevezett „gén a génnel” hipotézis ír le (FLOR,

1971). Ez alapján a növényi védekezés nagyrészt a kórokozó és a növény genetikai állományán múlik. Ha a megfelelő gének mindkét félben jelen vannak, a növény képes hatékonyan védekezni. Ha bármelyik gén hiányzik, a kórokozó képes lesz megfertőzni a növényt és betegséget okozni.

A fent említett nem kompatibilis válaszreakció az esetek többségében valóban sejthalállal, nekrozissal jár, melyekért nagy mennyiségű szabadgyökök a felelősek a hiperszenzitív reakció beindulásakor. (DANGL, 1996; SZARKA, 2008)

Több szakirodalom is taglalja a védekezési reakcióban részt vevő jelátvivő vegyületek, a növényi hormonok jelentőségét. A védekezésben a jelátviteli útvonalak közötti kölcsönhatás elengedhetetlen folyamat a különböző típusú kórokozók elleni válaszreakció szabályozásában. Az elmúlt években számos olyan vegyületet azonosítottak, amelyek a szalicilsav (SA), jázmonsav (JA) és etilén (ET) útvonalak együttes hatásmechanizmusát bizonyítják. Azonban a háttérben meghúzódó molekuláris folyamatok teljes feltérképezéséhez még további kutatásokra van szükség. (BARI-JONES, 2009)

A szalicilsav (SA) kulcsszerepet játszik a növények védekezésében, és általában a biotróf és hemibiotróf kórokozók elleni védekezési válaszok aktiválásában, valamint a szisztémás szerzett rezisztencia (SAR) kialakításában vesz részt (GRANT-LAMB, 2006, BARI-JONES, 2009). Azok a mutánsok, amelyeknél a szalicilsav felhalmozódása zavart vagy érzéketlenek a szalicilsavra, fokozott fogékonyságot mutatnak a biotróf és hemibiotróf kórokozókkal szemben. Korábban kimutatták, hogy a kórokozó fertőzés hatására termelődő metil-szalicilát a SAR mobilis indukátoraként működik a dohányban (PARK et al., 2007, BARI-JONES, 2009). A szalicilsav szintje megemelkedik a kórokozó által megtámadott növényi szövetekben, és a szalicilsav külső alkalmazása a patogenezishez kapcsolódó (PR) gének indukcióját és számos kórokozóval szembeni fokozott rezisztenciát eredményez.

Bár a szalicilsav és a jázmonsav-etilén védekezési útvonalak leginkább antagonista hatásúak, számos bizonyíték utal arra, hogy szinergista kapcsolat is létrejöhet e hormonok hatásmechanizmusai között. Ezért a szalicilsav és a jázmonsav/etilén (JA/ET) útvonalak közötti kölcsönhatás a konkrét kórokozótól függően szabályozható (ADIE et al., 2007, BARI-JONES, 2009). A természetes környezetben azonban a növények gyakran több támadóval is szembesülnek, ezért komplex szabályozási mechanizmusokat alkalmaznak, hogy hatékony védekezési válaszokat indítsanak be a különböző kórokozók és kártevők ellen. Azt, hogy a növények hogyan priorizálják az egyik válaszreakciót a másikkal szemben, még nem ismerjük.

A jázmonsav, ahogy már korábban is volt szó róla, hatékonyan lép fel a mechanikai sérülésekkel szemben, e tulajdonságát jól szemlélteti, hogy sebzést követően a növényekben a jázmonsav egy származékvegyülete, metil-jázmonát (MeJA) szabadul fel magas koncentrációban. Legfontosabb tulajdonsága a metil-jázmonátnak, hogy a szomszédos növényekben is vészreakciót indukálhat, illékony vegyületként, mindegy hírvivő funkcionál, melyet képes a többi növényegyed is érzékelni még gázhalmazállapotban és a sejten belül jázmonsavvá alakítani. Ezen folyamat hatására a jel továbbítódik a növényben és a jelfogó receptorokon és transzkripciós faktorokon keresztül eljut a megfelelő, védekezésért felelős gének szabályozó régiójába. (SZIGETI, 2013).

A ciklikus hidroxámsavak (cHx) másodlagos anyagcseretermékek, melyeket elsősorban a *Poaceae* család tagjai termelnek. Előfordulásukról, élettani hatásairól több szerző közölt összefoglalót (NIEMEYER, 1988; MAKLEIT, 2003; NIEMEYER, 2009). A kukoricában előforduló két leggyakoribb cHx a DIMBOA (2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one) és a DIBOA (2,4-dihydroxy-1,4-benzoxazin-3-one). Glükózidos formában találhatóak meg a sejtek vakuólumában, szöveti sérüléskor szabadulnak fel az előbb említett aglúkonok. Termelődésük konstitutív és induktív is. Induktorként különböző stressz faktorok működhetnek közre. Több szerző adatai alapján stressz metabolitoknak tekinthetők abiotikus és biotikus stressz hatások esetében egyaránt (RICHARDSON-BACON, 1993; MAKLEIT et al., 2017; NÉMETH et al. 2010; WOUTERS et al. 2016). A cHx-ak mennyisége faj/fajta/hibrid függő, a növény és a vizsgált szerv korával is változik (MAKLEIT et al. 2017; 2018). Mennyiségük, a növény képessége szintjük növelésére összefügg a növény ellenálló képességével. Hatásuk alapja sokrétű: az aglúkonok vagy bomlástermékeik gátolhatják az auxinok receptorhoz kötődését (NIEMEYER, 1988), az elektron transzport folyamatokat (QUERIOLO et al. 1983), a plazmalemma ATP-áz-át (FRIEBE et al. 1997).

Fehérjék működését gátló hatásukat azzal hozzák összefüggésbe, hogy reagálnak a cisztein aminosav –SH csoportjával (ARGANDOÑA et al, 1982), valamint nukleofil karakterű aromás aminosavakkal (HASHIMOTO et al. 1991). A cHx-ak elektrofil természete, reakcióik nukleofil makromolekulákkal kulcs szerepet tölt be hatásaikban. A termelő növényekben ezek a káros hatásuk elkülönült (vakuólum) elhelyezkedésükkel és glükózidos előfordulásuk miatt nem következik be.

4. Anyag és módszer

4.1. Inokulálás módszerei, növénynevelés inokuláláshoz

A kísérleteket, minden kísérlet típusban, a nevelő közegtől függetlenül, szabályozott környezeti feltételeket biztosító klímaszobában helyeztük el. Fényintenzitás: $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, hőmérséklet 25/20 °C (nappal/éjjel), relatív páratartalom 65-75 %, a nappal és éjszaka aránya 16h/8h volt. A tavaszi búza esetében (Fajta: IS Jariella) a növényeket a talajban neveltük, műanyag cserepekben, kontrollált körülmények között, klímaszobában. A virágzás állapotában a növényeket permetezéssel előkezeltük: $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ abszcizinsav oldattal, vagy nátrium-szalicilát $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$ oldatával, a kontroll növényeket pedig desztillált vízzel. 72 órával az előkezelést követően a növényeket mesterségesen inokuláltuk a gomba konídium szuszpenziójával ($250.000 \text{ konídium ml}^{-1}$). A *Fusarium* gomba felszaporítást APONYINÉ és munkatársai (2004) szerint, az inokulálást CHANJING és munkatársai (2018) szerint végeztük. Az inokulálás fecskendővel a kalászokba történő injektálással és ezzel együtt permetezéssel is történt. Az inokulálást követően a növényeket műanyag zsákkal letakartuk a párás mikroklíma kialakítása és a fertőzés feltételeinek javítása érdekében, 36 óra időtartamra (1-2-3. képek). Az inokulálást követő 12 nappal értékeltük a kísérletet.



1-2-3. képek: **Búza növények inokulálása, a párás környezet fenntartása inokulálás után**
(Forrás: Karacs Janka)

A kukoricanövényekkel végzett kísérletünkhöz csávázószermentes vetőmagot csíráztattunk, majd neveltünk laboratóriumi körülmények között hidropóniás közegben. A csíráztatás során egy takarmány- és egy csemegekukorica fajtát használtunk, a P9978-t és az Aranymazsolát. A kezelésekhez a következőket használtuk, ABS: ($50 \mu\text{Mol L}^{-1}$: 6,6 mg/500 ml), Etefon: (1 mMol L^{-1} : 14,5 mg/100 ml) Na-szalicilát: ($0,5 \text{ mMol L}^{-1}$: 8,0 mg/100 ml), e mellett volt egy kontrollcsoport is. A kukorica csíranövényeket, mind a takarmány hibrid, mind csemege fajta esetében növényi hormonokkal kezeltük elő 4 napos korban, a fenti kezelésekkel. A fertőzés 5 napos korban *Ustilago maydis* kompatibilis törzseivel. A fertőzés a csíranövények infiltrálásával történt, a gombatörzsből készített szuszpenzió felhasználásával (4-5. képek). A felhasznált gomba törzseket szilárd táptalajon tartottuk fenn, 3-4 hetente frissítettük a törzseket. A kukorica golyvás üszög inokulumok előállítását PETHŐ (1974) módszerével végeztük.



4-5. képek: **Kukorica inokulálása infiltrálással**
(Forrás: Karacs Janka)

A fertőzést megelőzően folyékony táptalajba kerültek és 24 órán át ráztattuk az oldatokat. Az infiltrált csíranövényeket a fertőzést követően tápoldatra raktuk (6-7. képek). A megfelelő oxigénellátást levegőztető rendszer biztosította. A törzsekből készített oldat koncentrációját Bürker-kamra segítségével állapítottuk meg fénymikroszkóp alatt. A kamra egy nagy négyzetében átlagban 15 sporídiumot számoltunk. ($15 \times 2,5 \times 10^5 \text{ db/mm}^3$). A fertőzőtség mértékét 10 napos korban értékeltük kezelésenként, hibridenként.



6-7. képek: **Kukorica nevelése tápoldaton**
(Fotók: Karacs Janka)

4.2. Ciklikus hidroxámsavak izolálása, meghatározása, növénynevelés ciklikus hidroxámsav meghatározáshoz

További kísérletben vizsgáltuk a ciklikus hidroxámsavakat (cHx-ak). A növény nevelés cHx-meghatározáshoz a DE, MÉK, Alkalmazott Növénybiológiai tanszék, Biodrom üvegházában történt. 9 cm-es cserepekben kereskedelmi forgalomban kapható virágföldben neveltük a növényeket 2 hetes korukig (8-9.képek).



8-9. képek: **Kukorica növények nevelése ciklikus hidroxámsav meghatározáshoz és kezelésük**
(Fotók: Karacs Janka)

A kísérletbe bevont hibridek a Noa, az Armagnac és a P9578 hibridek voltak. 2 hetes korban az egyes hibrideket 5 csoportba osztottuk: a kontroll növényeket és a mechanikai sérülés kezelés

növényeit desztillált vízzel permeteztük, a hormonkezeléseket abszcizinsavval ($20 \mu\text{mol liter}^{-1}$), jasmonsavval ($100 \mu\text{mol liter}^{-1}$) és Na-szaliciláttal ($100 \mu\text{mol liter}^{-1}$) végeztük. A mechanikai sérülést a legfelső levélen ejtett azonos számú bevágással valósítottuk meg. A kezeléseket követően 1, 2, 4, 8, 24 és 48 órával mintát vettünk. A mintákban meghatároztuk a DIBOA és DIMBOA mennyiségét. Hibridenként, kezelésként, mintavételi időpontonként 4 db, külön cserépben nevelt növényről vettünk mintát, így összesen 360 mintát.

A DIMBOA és DIBOA standardok izolálása HARTENSTEIN és munkatársai (1992) szerint történt. Azonosításukra NMR készüléket használtunk, valamint mértük az olvadási hőmérsékletet. Ezeket a munkákat a DE, TTK, Szerves Kémiai tanszéken hajtottuk végre. A minta előkészítést és HPLC-vizsgálatot LYONS és munkatársai (1988) szerint végeztük. A minta elkészítésének lépései a következők voltak: A mintákat ($0.05\text{--}0.10 \text{ g}$) 5 ml desztillált vízben homogenizáljuk, majd fél órára állni hagyjuk. A pH-t 3-ra állítjuk 1 n HCl -el. 5 ml n-hexán hozzáadásával vortexeljük (2x), a hexános fázist eldobjuk. A vizes fázist kirázzuk $3 \times 5 \text{ ml}$ etil acetáttal. Az etil acetátos frakciókat összeöntjük. A vizes fázist a végén eldobjuk. Az etil acetátos frakciókat bepároljuk. A lombikba 1 ml HPLC metanolt teszünk, amivel a minta aktív anyagait felvesszük. A mintát mintatartóba tesszük. Az így előállított mintákban az elválasztás fordított fázisú C18 oszlopon (Lichrospher RP18-5; $250 \times 4.0 \text{ mm}$) Jasco, UV/VIS HPLC (Japan, Tokyo) készülékkel végeztük. A minta térfogat $20 \mu\text{l}$ volt.

A statisztikai értékelést SPSS 13.0 verziójával végeztük. A leíró statisztikát követően az egyes minta csoportokat a minta csoportok mért adatainak eloszlásának függvényében egy, illetve kéttényezős varianciaanalízissel, vagy nem parametrikus tesztekkel (Mann-Whitney teszt; Kolmogorov-Smirnov teszt) hasonlítottuk össze. Varianciaanalízist követően a csoportok közti különbséget Duncan és Tukey teszttel határoztuk meg. A hatások tisztázása érdekében korrelációs számítást is végeztünk.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Inokulálás *Fusarium graminearum* gombával

A búza esetén kezelésenként (Kontroll, Abszcizinsav, Nátrium-szalicilát) Image Color Extract Tool program segítségével meghatároztuk a fertőzött területek arányát, valamint szárítást követően a kalászek átlagos tömegét.

Eredményeink szerint mindkét hormon előkezelés szignifikánsan csökkentette a fertőzés mértékét, a kalászek tömege között azonban nem tudtunk különbségeket kimutatni. Ezek alapján mindkét alkalmazott stressz hormonnal történő előkezelés eredményesen használható a *Fusarium* fertőzés mértékének csökkentésére.

Yuxin Sun és munkatársai kutatásaik során *Fusarium graminearum* fertőzésre adott válaszokat vizsgálták, mely során kiemelten kutatták a jázmonsav (JA), szalicilsav (SA) és az etilén (ET) jelátviteli útvonalának szerepét a betegség ellenállóságban. Az eredményeik arra engednek következtetni, hogy a JA jelátviteli funkciója kedvezően befolyásolja a fertőzésre adott választ, míg az ET jelátvitel csupán kissé befolyásolja a betegséggel szembeni ellenállóságot. Ennek bizonyítására kísérleteket végeztek különböző búzafajtákkal, ellenálló (Wangshuibai) és fogékony (NAUH117) fajtával is, melyeket metil-jázmonáttal (MeJA) és Etefonnal kezeltek elő, majd *Fusarium graminearum*-mal inokulálták a kalászeket. Eredményeik azt mutatták, hogy a rezisztens Wangshuibai esetén nem tapasztaltak szignifikáns változást, viszont a fogékony NAUH117 esetében a jázmonsavas előkezelés 24,5%-ról 6,7%-ra csökkentette a megbetegedett kalászek számát, míg az etilénnél nem történt változás a kontrollhoz képest. (SUN et al. 2016)

Összehasonlítva a JA és az ET hormonokhoz kapcsolódó gének kifejeződését eredményeik azt mutatták, hogy a jázmonsav jelátvitel sokkal jelentősebb volt az etilénnel szemben, a kalászfertőzés elleni rezisztenciában. Ezeket az eredményeket kémiai vizsgálatok is alátámasztották, amelyek szerint a metil-jázmonát (MeJA) előzetes alkalmazása, és nem az Etefoné fokozta a fuzáriózis elleni rezisztenciát. Mindez háttérben a JA azon biológiai funkciója áll, hogy képes hemibiotróf kórokozók ellen is védekezési reakciót indukálni, így védelmet nyújthat búzát veszélyeztető a fuzárium fertőzés ellen, mivel a *Fusarium graminearum* hemibiotróf tulajdonságokkal is rendelkezik. (BARI és JONES, 2009, SUN et al. 2016),

Elmondható, hogy megközelítőleg hasonló eredmények születtek mindkét kutatás esetén, azonban további eredmények szükségesek ahhoz, hogy messzemenő következtetéseket vonhassunk le az etilén szerepére vonatkozóan.

5.2. Inokulálás *Ustilago maydis* gombával

A golyvásüszög esetén, a fertőzöttség mértéke a kezelések átlagában a takarmány hasznosítású hibridnél $8,44 \pm 0,44$ % ($n=4$; $\pm SE$) volt, amely átlagosan 89,11%-kal alacsonyabb a csemege hibridnél mért $77,50 \pm 2,99$ % ($n=4$; $\pm SE$) fertőzöttségnél. A fertőzöttséget hibridenként vizsgálva kimutatható, hogy a P9978 hibridnél mindhárom előkezelés csökkentette a fertőzés mértékét a kontrollhoz képest. Az Aranyamazsola hibridnél a kontrollhoz képest csak az abszcizinsav kezelés tudta csökkenteni a fertőzöttséget, a két másik előkezelésnek szignifikáns hatása nem volt (1. táblázat; 1-2. ábrák).

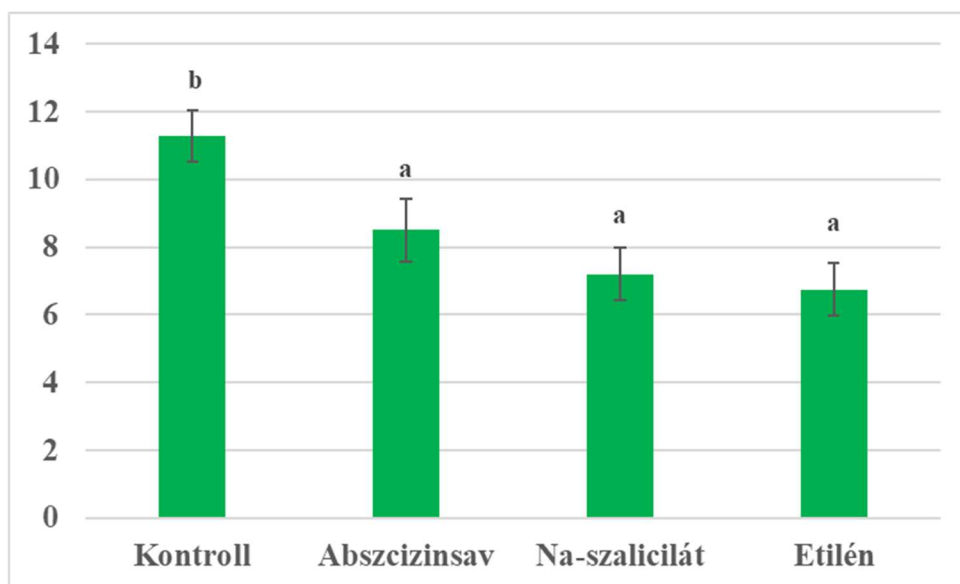
A kéttényezős varianciaanalízis alapján a hibrid, valamint a hibrid és kezelés interakciója is szignifikáns hatással van a fertőzöttségre.

A fertőzöttség mértéke a kezelések átlagában a takarmány hasznosítású hibridnél $8,44 \pm 0,44$ % ($n=4$; $\pm SE$) volt, amely átlagosan 89,11%-kal alacsonyabb a csemege hibridnél mért $77,50 \pm 2,99$ % ($n=4$; $\pm SE$) fertőzöttségnél.

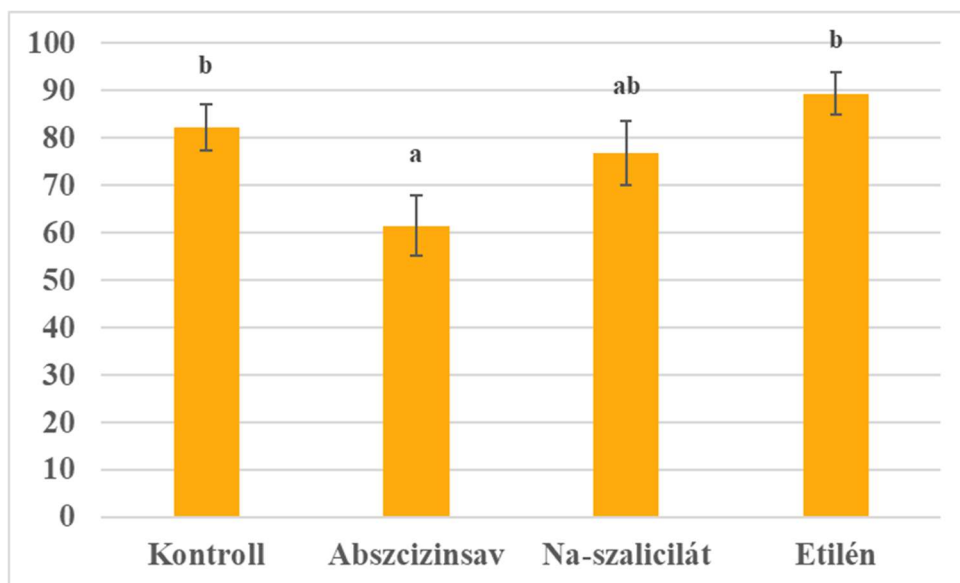
1. táblázat: **Hibridek fertőzöttségének mértéke – a fertőzött terület aránya (%) a hajtásokon a növények 11 napos korában ($n=3$; $\pm SE$):**

Kezelés/Hibrid	Aranyamazsola	P9978
Kontroll	$82,29 \pm 4,87^b$	$11,29 \pm 0,75^b$
Abszcizinsav	$61,46 \pm 6,41^a$	$8,50 \pm 0,94^a$
Na-szalicilát	$76,88 \pm 6,74^{ab}$	$7,21 \pm 0,78^a$
Etilén	$89,38 \pm 4,39^b$	$6,75 \pm 0,78^a$

A fertőzöttséget hibridenként vizsgálva kimutatható, hogy a P9978 hibridnél mindhárom előkezelés csökkentette a fertőzés mértékét a kontrollhoz képest. Az Aranyamazsola hibridnél a kontrollhoz képest csak az abszcizinsav kezelés tudta csökkenteni a fertőzöttséget, a két másik előkezelésnek szignifikáns hatása nem volt.



1. ábra: **Hormon előkezelések hatása 11 napos P9978 hibrid kukorica növények fertőzöttségére (n=3; ±SE)**



2. ábra: **Hormon előkezelések hatása 11 napos Aranymazsola hibrid kukorica növények fertőzöttségére (n=3; ±SE)**

Hajtás- és gyökértömegek értékelése:

A P9978 hibrid hajtásainak és gyökereinek tömege (Hajtás: $357,32 \pm 16,26$ mg; Gyökér: $97,09 \pm 5,34$ mg) a kezelések átlagában nagyobb volt, mint az Aranymazsola hibridé (Hajtás: $231,16 \pm 16,31$ mg; Gyökér: $54,78 \pm 4,43$ mg). A kéttényezős varianciaanalízis alapján a kezelések és azok interakciói közül a kezelés és hibrid interakciónak volt szignifikáns hatása a mért tömegekre.

2. táblázat: **Hibridek hajtás- és gyökér száraz tömege a kísérleti kezelésekben (mg; n=3; ±SE)**

Kezelés/Hibrid	Aranymazsola		P9978	
	Hajtás	Gyökér	Hajtás	Gyökér
Kontroll	231,82±21,82 ^a	53,29±7,13 ^a	320,32±25,13 ^a	94,65±5,99 ^a
Abszcizinsav	264,51±53,95 ^a	66,95±15,62 ^a	383,94±52,25 ^a	99,71±15,63 ^a
Na-szalicilát	245,67±19,36 ^a	50,75±3,38 ^a	395,40±5,98 ^a	112,22±7,34 ^a
Etilén	182,64±15,94 ^a	48,13±4,59 ^a	329,62±16,44 ^a	81,81±7,53 ^a

A kezelések hatására a vizsgált hibridek hajtás- illetve gyökér tömege szignifikánsan nem változott (2. táblázat).

Szőke Lóránt és munkatársai növényi hormonokat alkalmaztak biostimulánsként golyvásüszög megbetegedéssel szemben csemege- és takarmánykukoricában egyaránt. Megállapításuk szerint nincs közvetlen védekezési forma, amely teljes mértékben védelmet nyújtana a kukorica üszöggomba fertőzése ellen, a jelenlegi fungicidek, gomba elleni védőszerek nem alkalmasak a fertőzés megszüntetésére jelenlegi formájukban. Azonban közvetett módon többféleképpen is védekezhünk, többek között a sebzések, fizikai sérülések elkerülésével, gyomirtással, talajfertőtlenítéssel és így tovább. (SZŐKE et al. 2021)

Négy fitohormon (auxin, citokinin, gibberellin és etilén) hatásait vizsgálták a golyvásüszöggel fertőzött kukorica fiziológiai és biokémiai paramétereire, valamint a hormonok potenciálját az azonnali védelem biztosítására. A kapott eredmények többek között megerősítik, hogy a GA külső alkalmazása növeli a kukorica ellenállását a kukoricagomba fertőzéssel szemben. A tanulmány eredményei hasznosak lehetnek hormon-alapú nemesítési programokban a kukoricagomba fertőzéssel szembeni ellenállóság javítása érdekében. (SZŐKE et al. 2021)

Összességében elmondható, hogy pozitív eredmények érhetők el a növényi hormonok alkalmazásával a kukorica golyvásüszög elleni védekezésben, érdemes a további kutatásokat folytatni a témában, akár más hormonszerű vegyületek bevonásával.

5.3. Hormonkezelések hatása különböző kukorica hibridek ciklikus hidroxámsav-tartalmára

3. táblázat: A vizsgált hibridek ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) az összes kezelés és mintavételi időpont átlagában (n=114-116; ±SE):

Hibrid/cHx	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBOA
Noa	1760,86±87,84a	404,61±91,45b	2165,47±150,90a
P9578	1775,59±75,70a	56,71±7,32a	1832,29±76,31a
Armagnac	2413,93±104,33b	595,71±111,91b	3009,64±170,56b

Az az összes kezelés és mintavételi időpont átlagában az Armagnac hibrid DIMBOA-, valamint DIMBOA+DIBOA-tartalma bizonyult a legmagasabbnak. A Noa és Armagnac hibridek DIBOA-tartalma az az összes kezelés és mintavételi időpont átlagában magasabb volt, mint a P9578 hibridé (3. táblázat).

4. táblázat: A ciklikus hidroxámsavak mennyisége (mg g friss tömeg-1) a különböző kezelésekben a vizsgált időpontok és hibridek átlagában (n=67-71; ±SE)

cHx/Kezelés	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBOA
Kontroll	2206,79±115,11a	301,74±77,33a	2508,54±145,67a
Mechanikai	2010,83±137,83a	352,34±120,59a	2363,17±216,47a
Abszcizinsav	1942,52±103,16a	464,52±126,91a	2407,04±179,38a
Jazmonsav	1876,25±107,97a	262,66±82,23a	2138,91±165,00a
Na-szalicilát	1964,14±137,61a	385,81±136,91a	2349,95±223,93a

A vizsgált időpontok és hibridek átlagában a kezelések között nem volt kimutatható különbség (4. táblázat).

5. táblázat: A ciklikus hidroxámsavak mennyisége (mg g friss tömeg-1) a különböző mintavételi időpontokban a hibridek és kezelések átlagában (n=47-60; ±SE)

Mintavétel/cH	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBO
1 ó	2681,62±171,62	1619,35±275,84	4300,97±369,63d
2 ó	2575,53±115,97	113,63±15,28a	2689,16±126,28c
4 ó	1632,74±117,94	288,14±99,95a	1920,88±176,55b
8 ó	2416,28±109,60	83,02±12,86a	2499,29±116,07c
24 ó	1644,70±62,24b	191,09±31,99a	1835,80±76,11b
48 ó	1168,28±82,82a	95,75±8,68a	1264,03±88,07a

A mintavételi időpontok hatása a hibridek és kezelések átlagában DIMBOA- és DIBOA-tartalomra, valamint e két vegyület együttes mennyiségére szignifikánsnak mutatkozott. A

kezeléseket követő 1 óra múlva volt mérhető a legmagasabb ciklikus hidroxámsav-tartalom. A DIBOA-tartalomban a további mintavételi időpontokban nem volt különbség. A DIMBOA-tartalom a kezeléseket követően 1 órával mért értékeihez képest alacsonyabb volt a 4 órával, valamint 24 és 48 órával a kezeléseket követően mért értékek esetében (5. táblázat).

6. táblázat: A Noa hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a kezelések átlagában, a mintavételi idő függvényében (n=16-20; $\pm$ SE)

Mintavétel/cH	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBO
1 ó	2770,01 $\pm$ 338,18d	2608,42 $\pm$ 459,65	4492,31 $\pm$ 733,00c
2 ó	2190,69 $\pm$ 145,59c	104,60 $\pm$ 15,43a	2259,30 $\pm$ 157,93b
4 ó	1467,10 $\pm$ 191,47b	144,18 $\pm$ 25,23a	1611,26 $\pm$ 205,31ab
8 ó	2170,72 $\pm$ 210,61c	120,85 $\pm$ 27,09a	2291,57 $\pm$ 221,30b
24 ó	1768,89 $\pm$ 101,56b	200,18 $\pm$ 17,77a	1969,07 $\pm$ 115,73b
48 ó	938,76 $\pm$ 101,51a	87,63 $\pm$ 15,34a	1026,39 $\pm$ 11,87a

A Noa hibrid kezelések átlagában mért DIMBOA-, DIBOA- és DIMBOA+DIBOA-tartalma a kezeléseket követő 1 óra múlva végzett mintavételben volt a legmagasabb. A Noa hibrid esetében a legalacsonyabb DIMBOA-tartalmat a kezeléseket követő 48 órával mértünk. A kezeléseket követően 4 órával alacsonyabb DIMBOA-tartalmat mértünk, mint 2, vagy 8 órával a kezeléseket követően. A kezeléseket követően 2, 8, illetve 24 órával később mért DIMBOA-tartalmak nem különböztek.

A Noa hibrid DIBOA-tartalmában a kezeléseket követő 4, 8, 24, illetve 48 órával nem volt kimutatható különbség, azonban e vegyület ezekben a mintavételi időpontokban mért mennyisége nagyságrenddel kisebb volt, mint 1 órával a kezeléseket követően mért mennyisége. A Noa hibrid esetében a két ciklikus hidroxámsav együttes mennyisége 2, 8, valamint 24 órával a kezeléseket követően magasabb volt, mint 48 órával a kezeléseket követően mérve (6. táblázat).

7. táblázat: A P9578 hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a kezelések átlagában, a mintavételi idő függvényében (n=14-20; ±SE)

Mintavétel/cHx	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBOA
1 ó	2293,05±253,95c	67,19±45,17b	2360,24±276,26c
2 ó	2387,28±157,14c	26,90±2,96ab	2414,18±156,90c
4 ó	1431,45±128,95ab	44,48±6,32ab	1475,92±131,50ab
8 ó	2109,88±120,03c	7,08±2,77a	2116,96±120,59c
24 ó	1536,77±75,14b	129,43±9,89d	1666,19±75,57b
48 ó	1050,34±172,21a	68,29±14,52b	1118,64±177,17a

A P9578 hibrid kezelések átlagában mért DIMBOA-, valamint DIMBOA+DIBOA-tartalma a kezeléseket követően 1, 2 és 8 órában magasabb volt, mint a kezeléseket követő 4, 24 és 48 órában mérve. A P9578 hibrid kezelések átlagában mért DIBOA-tartalma a kezeléseket követő 24 órában mérve volt a legmagasabb, A P9578 hibrid kezelések átlagában mért DIBOA-tartalma kezeléseket követő 8 órában, alacsonyabb volt, mint a kezeléseket követően 1, 24 és 48 órával később mérve (7. táblázat).

8. táblázat: Az Armagnac hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a kezelések átlagában, a mintavételi idő függvényében (n=17-20; ±SE)

Mintavétel/cH	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBO
1 ó	3227,78±260,37	2420,57±468,35	5648,35±532,21c
2 ó	3148,61±228,9b	209,38±32,33a	3357,99±251,60b
4 ó	2064,42±268,62	744,16±312,08a	2808,58±460,29b
8 ó	2968,23±170,26	121,13±18,56a	3089,36±183,59b
24 ó	1628,45±136,69	243,68±93,67a	1872,13±179,85a
48 ó	1515,74±118,62	131,33±12,09a	1647,07±128,65a

Az Armagnac hibrid kezelések átlagában mért DIMBOA-tartalma magasabb volt 1, 2 és 8 órával, mint 4, 24 és 48 órával a kezeléseket követően mérve. Az Armagnac hibrid kezelések átlagában mért DIBOA-tartalma a kezeléseket követő 1 órával mérve volt a legmagasabb, a további mérési időpontokban nem volt különbség az értékek között. A két ciklikus hidroxámsav együttes mennyisége az Armagnac hibridnél, a kezelések átlagában szintén a kezeléseket követő 1 órával később mérve volt a legmagasabb. A kezeléseket követő 2, 4 és 8 órával később mérve magasabb DIMBOA+DIBOA értékeket mértünk, mint a kezeléseket követő 24, illetve 48 órával később (8. táblázat).

9. táblázat: A Noa hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a mintavételek átlagában, a kezelések függvényében (n=22-24 ±SE)

cHx/Kezelés	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBOA
Kontroll	1864,43±183,19a	190,35±27,36a	2054,78±198,63a
Mechanikai	1995,59±204,43a	654,11±309,45a	2649,69±457,66
Abszcizinsav	1761,73±189,81a	625,49±270,60a	2387,23±347,69a
Jazmonsav	1795,41±221,66a	318,33±158,70a	2113,74±358,17a
Na-szalicilát	1630,31±178,89a	229,74±8,41a	1860,05±238,17a

A Noa hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalmában a mintavételek átlagában, a kezelések között nem volt kimutatható különbség (9. táblázat).

10. táblázat: A P9578 hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a mintavételek átlagában, a kezelések függvényében (n=21-24; ±SE)

cHx/Kezelés	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBOA
Kontroll	2186,55±216,19b	51,21±11,78a	2237,76±212,23b
Mechanikai	1552,68±179,54a	34,72±8,36a	1587,39±179,30a
Abszcizinsav	1794,81±130,22ab	41,48±9,72a	1836,29±130,83ab
Jazmonsav	1639,68±158,11a	81,37±26,62a	1721,06±170,37a
Na-szalicilát	1722,54±132,71ab	75,75±16,02a	1798,29±130,47ab

A P9578 hibrid mintavételek átlagában mért DIMBOA-tartalma, valamint a két, mért ciklikus hidroxámsav együttes mennyisége a kontroll kezelésben meghaladta a jazmonsav és mechanikai kezelések DIMBOA- és DIMBOA+DIBOA-tartalmát, a többi kezelés között nem volt kimutatható különbség. A P9578 hibrid DIBOA-tartalmában a mintavételek átlagában nem tapasztaltunk különbségeket (10. táblázat).

11. táblázat: Az Armagnac hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a mintavételek átlagában, a kezelések függvényében (n=22-23; ±SE)

cHx/Kezelés	DIMBOA	DIBOA	DIMBOA+DIBOA
Kontroll	2553,64±178,64a	647,93±206,71a	3201,57±272,60a
Mechanikai	2484,22±287,02a	368,19±174,05a	2852,41±388,52a
Abszcizinsav	2300,89±197,47a	750,41±257,37a	3051,29±367,14a
Jazmonsav	2207,45±160,23a	393,75±188,90a	2601,19±278,87a
Na-szalicilát	2518,55±312,12a	824,99±376,71a	3343,53±546,77a

Az Armagnac hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalmában a mintavételek átlagában, a kezelések között nem volt kimutatható különbség (11. táblázat).

A kétféle variánsanalízisek és korreláció számítás eredményei:

Noa hibrid:

A DIMBOA-tartalomra nézve kezelés és a mintavétel, mint változók közül a mintavétel hatása szignifikáns, a két tényező interakciója nem szignifikáns. A DIBOA-tartalomra és a két, vizsgált ciklikus hidroxámsav együttes mennyiségére a kezelés önmagában nincs hatással, azonban a mintavétel és a mintavétel, valamint kezelés interakciója szignifikáns hatással bír. A növények tömege, mint kovariáns a DIMBOA-tartalomra és a két, vizsgált ciklikus hidroxámsav együttes mennyiségére szignifikáns hatással van. Korrelációs számítás alapján azonban megállapítható, hogy a tömeg és a DIMBOA-tartalom, valamint a két, vizsgált ciklikus hidroxámsav együttes mennyisége között nincs statisztikailag igazolható összefüggés.

P9578 hibrid:

A DIMBOA-tartalomra nézve és a két, vizsgált ciklikus hidroxámsav együttes mennyiségére a kezelés önmagában nincs hatással, azonban a mintavétel és a mintavétel, valamint kezelés interakciója szignifikáns hatással bír. A DIBOA-tartalomra nézve kezelés és a mintavétel, mint változók közül a mintavétel hatása szignifikáns, a két tényező interakciója nem szignifikáns. A növények tömege, mint kovariáns nem volt hatással a vizsgált változókra.

Armagnac hibrid:

A DIMBOA-tartalomra nézve kezelés és a mintavétel, mint változók közül a mintavétel hatása szignifikáns, a két tényező interakciója nem szignifikáns. A DIBOA-tartalomra és a két, vizsgált ciklikus hidroxámsav együttes mennyiségére a kezelés önmagában nincs hatással, azonban a mintavétel és a mintavétel, valamint kezelés interakciója szignifikáns hatással bír. A növények tömege, mint kovariáns nem volt hatással a vizsgált változókra.

Az eredmények alapján tehető fontosabb megállapítások:

- A hibridek hidroxámsav-tartalma szignifikánsan különbözik.
- Az egyes hibrideknél a hidroxámsav-tartalomban szignifikáns különbségeket mutattunk ki a különböző kezelésekben (pl. P9578 hibrid)
- A mintavételi időpontok szignifikáns hatással vannak a hibridek ciklikus hidroxámsav-tartalmára.

Amennyiben a kezelések hatását hibridenként és mintavételi időpontonként is külön-külön vizsgáltam, megállapítottam, hogy a P9578 hibrid esetében a Na-szalicilát kezelés, alkalmazását követően 1 órával a hormon kezelésekhez képest növelte a DIMBOA és DIBOA összes mennyiségét. Az Armagnac hibridben is a Na-szalicilát kezelés hatására mértem

magasabb DIMBOA és DIBOA tartalmat, mint a többi kezelésben, alkalmazását követően 2 órával. A kontrollhoz képest azonban ezekben az esetekben sem nőtt a két, mért hidroxámsav mennyisége 12-13. táblázat).

12. táblázat: A DIMBOA és DIBOA együttes mennyisége (mg kg⁻¹) a P9578 hibridben 1 órával a kezeléseket követően (n=4; ±SE)

Kezelés/Hidroxámsav	DIMBOA+DIBOA (mgkg ⁻¹)
Kontroll	6526,30±1926,64 ^{ab}
Mechanikai	1206,16±549,48 ^a
Na-szalicilát	11587,24±3492,97 ^b
Jazmonsav	2549,61±595,66 ^a
Abszcizinsav	2298,11±229,11 ^a

13. táblázat: A DIMBOA és DIBOA együttes mennyisége (mg kg⁻¹) az Armagnac hibridben 2 órával a kezeléseket követően (n=4; ±SE)

Kezelés/Hidroxámsav	DIMBOA+DIBOA (mgkg ⁻¹)
Kontroll	3729,93±367,37 ^{ab}
Mechanikai	2647,81±127,83 ^a
Na-szalicilát	4886,13±615,94 ^b
Jazmonsav	2644,76±430,89 ^a
Abszcizinsav	2881,35±224,37 ^a

A Noa hibridnél, valamint a két másikvizsgált hibrid további mintavételi időpontjaiban a kezeléseket között nem mértem különbségeket.

Eredményeim, melyek szerint a ciklikus hidroxámsavak mennyiségében a kukorica hibridek között különbség van megerősítettem azoknak a publikációknak az eredményeit, melyek a kukorica mellett más fajokban, például termesztett búzában és rozsban is ugyanerre a következtetésre jutottak, tehát fajták/hibridek ciklikus hidroxámsav tartalmában, azokat azonos korban, azonos korú szövetekben különbségeket mutattak ki (MAKLEIT et al. 2012; MAKLEIT et al. 2017; MAKLEIT et al. 2018; MAKLEIT et al. 2020).

Azok az eredményeim, melyek szerint a szövetek korosodásával csökken a ciklikus hidroxámsavak mennyisége szintén alátámasztják a korábban publikált eredményeket (NIEMEYER, 1988; MAKLEIT et al. 2012).

A növényi hormonoknak a ciklikus hidroxámsavak mennyiségére gyakorolt hatását az említett vegyületeknek a mennyiségi növekedésével nem tudtam bizonyítani. A Na-szalicilát kezelés

hatására azonban a többi hormon kezeléshez képes két hibridnél is, 1-2 órával a kezelést követően mennyiségi növekedést tapasztaltam.

A ciklikus hidroxámsavakat kódoló gének aktivitásának növekedését hormon kezelések hatására, több szerző kimutatta (ERB et al. 2009; MASAYUKI et al. 2021; MAKLEIT et al. 2024). A génaktivitás növekedését követően nem minden esetben detektálható az említett vegyületek mennyiségének növekedése. Elsősorban a kezelés és a mintavétel között eltelt idő, ami az eredményességet meghatározza. Több szerző ennek ismeretében a ciklikus hidroxámsavak mennyiségi növekedését mutatta ki metil-jazmonát, illetve jazmonsav (SLESÁK et al. 2001; MASAYUKI-MIHA, 2021), valamint herbivoria következtében emelkedett abszcizinsav szint (ERB et al. 2009) és szalicilsav kezelés hatására (FENG et al. 2022).

6. Következtetések és javaslatok

Az eredményeim alapján a Na-szalicilát és az abszcizinsav felhasználható a *Fusarium graminearum* és az *Ustilago maydis* gombabetegségek olyan szintű visszaszorítására, amely már a vegyszeres elhagyását eredményezheti. A növényi hormonokkal történő előkezelést preventív módon, a gomba fertőzésre hajlamosító időjárási feltételek esetében kell elvégezni. Ez a *Fusarium graminearum* esetében a virágzás idején fellépő meghatározott mennyiségű, esetleg többször ismétlődő csapadék, az *Ustilago maydis* esetében viharok/jégeső melyet előre jelezhet a meteorológiai szolgálat. A felhasználás történhet akár a hormonnak közvetlenül történő alkalmazásával, akár olyan növény kondicionálók felhasználásával, melyek e vegyületeket tartalmazzák. A szalicilsavat tartalmazó növény kondicionálók a Fűz (*Salix*) fajok kérgét, abból készült kivonatot tartalmazzák, a különböző alga készítmények természetesen tartalmazzák a növények által termelt különböző hormonokat, így az abszcizinsavat is. Az abszcizinsav előállítása szerkezetéből adódóan drága (királis molekula, melynek csak az egyik sztereoizomere aktív élettani szempontból, ezért felhasználása csak magas költségének megtérülése esetében lehetséges. Előállítása bioaktív sztereoizomerére nézve specifikus szintézissel lehetséges. A szintézisek hatékonyságának fejlődésével, újabb típusú katalizátorok alkalmazásával előállítási költsége csökkenhet felhasználási köre bővíthet. Jelenleg is forgalmaznak nagyüzemi volumenben használható abszcizinsav készítményt. Felhasználásának tehát csak megtérülése szab határt.

7. Összefoglalás

A növényi hormonok a növények által termelt, általában kis molekulatömegű vegyületek, melyek alacsony koncentrációban (10^{-9} - 10^{-6} mol/liter) vannak jelen és elsődleges szerepük a jelátvitel. A környezet hatásait közvetítve válaszreakciókat indítanak be, így teszik lehetővé a növények alkalmazkodását. A növénybetegségeket biotikus stresszfaktornak tekintjük. Megjelenésük szintén környezeti jelnek tekinthető, így egy kórokozó támadására adott válaszreakciót – a növények védelmi mechanizmusát – szintén a növényi hormonok, mint elsődleges hírvivők közvetítik.

Elgondolásom szerint a növénybetegségek megjelenése hajlamosító körülmények esetén a növényi hormonok preventív alkalmazása segíthet leküzdeni a megjelenő kórokozót, hasonlóan a védőoltások működéséhez.

Ezen felvetés bizonyítására különböző növénybetegségekkel (kukorica golyvásüszög, kalászosok fuzáriumos megbetegedésének kórokozója) inokuláltam teszt növényeket, kukorica és termesztett búza hibrideket, fajtákat. Az inokulálást megelőzően a növényeket olyan növényi hormonokkal kezeltem, melyek stressz közvetítésében játszanak fontos szerepet (abszizinsav, szalicilsav, etilén). Tapasztalataim szerint a hormon előkezelések az esetek nagy részében képesek voltak csökkenteni a kialakuló betegségek mértékét, a tünetek erősségét, és a növények károsodását.

Szintén vizsgáltam, hogy a különböző stresszhormon előkezelések hogyan befolyásolják a kukoricahibridekben a védekezésben feladatot ellátó vegyületcsoport, a ciklikus hidroxámsavak mennyiségét. Megállapításom szerint, a hibridek között e vegyületek mennyiségében eltérések mutatkoznak, valamint kimutattam, hogy e vegyületek mennyiségének csökkenését az idő előrehaladtával. A stresszhormonokra adott válaszreakciók, e vegyületek mennyiségét tekintve hibridspecifikus jelleget mutattak.

8. Irodalomjegyzék

- ADIE, BA. - PEREZ-PEREZ, J. et al (2007) ABA is an essential signal for plant resistance to pathogens affecting JA biosynthesis and the activation of defences in Arabidopsis. *Plant Cell* 19:1665–1681. doi:10.1105/tpc.106.048041
- APONYINÉ GARAMVÖLGYI I. – KIS Gy. – MAGYARNÉ LŐRINCZ N. (2004): Fusarium-fajok felszaporítási módszere mesterséges fertőzéshez (2.1.2.7.; 102. o.) in: Fungicid és bakericid vizsgálati módszertan. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési minisztérium Növény- és Talajvédelmi Főosztálya, Budapest.
- ARGANDOÑA, V. H. - PEÑA, G.- NIEMEYER, N.H. - CORCUERA, L.J. (1982): Effect of cysteine on stability and toxicity to aphids of a cyclic hydroxamic acid from gramineae, *Phytochemistry*. 21(7), 1573-1574. ISSN 0031-9422, [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(82\)85020-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(82)85020-6).
- BARI, R. - JONES, J.D.G. (2009): Role of plant hormones in plant defence responses. *Plant Molecular Biology*. 69. 473-488.
- CHANJING F. - HUIQUAN L. - ZHE T. (2018): *Fusarium graminearum* Inoculation on Wheat Head. *Bio-Prot.* 8(15). DOI:10.21769/BioProtoc.2964
- DANGL, J.L., DIETRICH, R.A., RICHBERG, M.H. (1996) Death don't have no mercy: Cell death programns in plant-microbe interactions. *Plant Cell*. 8.1793-1807.
- DODDS, P.N. - RATHJEN, J.P. 2010. Plant immunity: towards an integrated view of plantpathogen interactions. *Nature Reviews Genetics*. 11. 539-548.
- DUDITS, D. (2013): Géntechnológiával az egészséges növényekért: rezisztencianemesítés a genomika eszközeivel, *Georgikon for agriculture: A multidisciplinary journal in agricultural sciences*, 16(1). 8-28.
- ERB M. - GORDON-WEEKS R. - FLORS V. - CAMAÑES G. - TURLINGS TC. - TON J. (2009): Belowground ABA boosts aboveground production of DIMBOA and primes induction of chlorogenic acid in maize. *Plant Signal Behav.* 4(7):636-638. doi: 10.1111/j.1365-313X.2009.03868.x. Epub 2009 Jul 11. PMID: 19820311; PMCID: PMC2710561.
- FEHÉR, A. -CSISZÁR, J. -PÉCSVÁRADI, A. -ÖRDÖGNÉ KOLBERT, Zs.: (2019): A növények élete: egyetemi jegyzet. Szegedi Tudományegyetem

- FENG, Y. - WANG, X. - DU, T. - SHU, Y. - TAN, F. - WANG, J. (2022): Effects of Salicylic Acid Concentration and Post-Treatment Time on the Direct and Systemic Chemical Defense Responses in Maize (*Zea mays* L.) Following Exogenous Foliar Application. *Molecules*. 27, 6917. <https://doi.org/10.3390/molecules27206917>
- FLOR, H.H. (1971) Current status of the gene-for-gene concept *Annu. Rev. of Phytopathol.* 9. 275-296.
- FRIEBE, A. - ROTH, U. - KÜCK, P. - SCHNABL, H. - SCHULZ, M. (1997): Effects of 2,4-dihydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones on the activity of plasma membrane H⁺-ATPase, *Phytochemistry*. 44(6), 979-983, ISSN 0031-9422, [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00677-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00677-2).
- GRANT, M., LAMB, C. (2006) Systemic immunity. *Curr Opin Plant Biol* 9:414–420. doi:10.1016/j.pbi.2006.05.013
- HARTENSTEIN, H. - KLEIN, J. - SICKER, D. (1993) Efficient isolation of DIMOA-Glc from maize. *Indian Journal of Heterocyclic chemistry*. 2. 75-76.
- HASHIMOTO, Y. - ISHIZAKI, T. - SHUDO, K. (1991): A multi-centered electrophile formed from a unique bioactive cyclic hydroxamic acid, 4-hydroxy-7-methoxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one, *Tetrahedron*. 47(10-11).1837-1860. ISSN 0040-4020, [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)96098-3](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)96098-3).
- KIRÁLY, Z. (1968): *A betegségrezisztencia élettani- és biokémiai mechanizmusa*. AGRÁRTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK: A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA AGRÁRTUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI. 27 (3-4). 443-454. ISSN 0002-1113
- KLEMENT, Z. (2004): Önvédelem a növényvilágban | Self-defense of Plants. In: *Mindentudás Egyeteme. Mindentudás Egyeteme*, 2. Kossuth Kiadó, Budapest, pp. 113-128.
- LYONS, P. C. - HIPSKIND, J. D. - WOOD, K.V. - NICHOLSON, R. L. (1988): Separation and quantification of cyclic hydroxamic acids and related compounds by high-pressure liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 36(1). 57-60. DOI: 10.1021/jf00079a015
- MAKLEIT, P. (2003): A ciklikus hidroxámsavak növényélettani szerepe. In: *Növényi élet és a stressz*, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum által rendezett tudományos ülés Debrecen. Szerk.: Jávor András, DE ATC, Debrecen, 99-106, 2003. ISBN: 9634727824

- MAKLEIT, P. (2005): Changes in cyclic hydroxamic acid content of various rye varieties for the effect of abiotic stress. 49 (1-2). 103-104.
- MAKLEIT, P. - NAGY, A. - SZÉKÁCS, A. - FÓNAGY, A. (2012): Pioneer kukoricahibridek ciklikus hidroxámsav-tartalmának összehasonlítása. Növénytermelés. 61 (4), 107-118.
- MAKLEIT, P. - VERES, S. - SZŐKE, L. (2017): Hazai rozs (*Secale cereale* L.) fajták ciklikus hidroxámsav-tartalma és kiválasztása. Növénytermelés. 66 (2), 47-68.
- MAKLEIT, P. - NAGY, A. - VERES, S. - FÓNAGY, A. (2018): Cyclic hydroxamic acid content and its temporal changes in five commercial maize (*Zea mays*) hybrids. Cereal Res. Commun. 46 (4), 686-696.
- MAKLEIT, P. - SZŐKE, L., -VERES, S. (2020): Powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) infection and amount of key defence chemicals - cyclic hydroxamic acids - of field cultivated wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Cent. Eur. Agric. 21 (4), 741-750.
- MASAYUKI S. – MIHA, F. - , TAKAHIRO F. (2021): Increased benzoxazinoid (Bx) levels in wheat seedlings via jasmonic acid treatment and etiolation and their effects on Bx genes including Bx6. Biochemistry and Biophysics Reports. 27. 101059, ISSN 2405-5808, <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2021.101059>.
- NÉMETH, T. - NÁDASY, M. - MAKLEIT, P. (2010): Relation between western corn rootworm tolerance and cyclic hydroxamic acid content of maize roots. Növénytermelés. 59 (Suppl.), 453-456.
- NIEMEYER, H. M. (1988): Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the gramineae. Phytochemistry. 27. 3349-3358.
- NIEMEYER, H. M. (2009): Hydroxamic Acids Derived from 2-Hydroxy-2*H*-1,4-Benzoxazin-3(4*H*)-one: Key Defense Chemicals of Cereals. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57 (5).1677-1696. DOI: 10.1021/jf8034034
- PARK, SW., KAIMOYO, E., KUMAR, D. et al (2007) Methyl salicylate is a critical mobile signal for plant systemic acquired resistance. Science 318:113–116. doi:10.1126/science.1147113
- PETHŐ, M. (1974): Hormonális változások a golyvásüszöggel fertőzött kukorica növényekben. Debreceni Agrártudományi Egyetem 1974. évi Tudományos Ülésszakának Előadásai. 167. (Kivonat)

- QUEIROLO, C.B. - ANDREO, C.S. - NIEMEYER, H.M. - CORCUERA, L.J. (1983):. Inhibition of ATPase from chloroplasts by a hydroxamic acids from the Graminae.. *Phytochemistry*. 22. 2455–2458.
- RICHARDSON, M. D. - BACON, C. W. (1993): Cyclic hydroxamic acid accumulation in corn seedlings exposed to reduced water potentials before, during, and after germination. *Journal of Chemical Ecology*. 19. 1613–1624.
- SLESÁK, E. - SLESÁK, M. - GABRYŠ, B. (2001): Effect of Methyl Jasmonate on Hydroxamic Acid Content, Protease Activity, and Bird Cherry–Oat Aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) Probing Behavior. *J Chem Ecol*. 27. 2529–2543. <https://doi.org/10.1023/A:1013635717049>
- SUN, Y. - XIAO, J. - JIA, X. - KE, P. - HE, L. - CAO, A. - WANG, H. - WU, Y. - GAO, X. - WANG, X. (2016): The role of wheat jasmonic acid and ethylene pathways in response to *Fusarium graminearum* infection, *Plant Growth Regulation*. 80. 69–77.
- SZARKA, E. (2008): A növények általános védekezési rendszerének biokémiai és genetikai vizsgálata. Budapesti Corvinus Egyetem, Doktori (PhD) értekezés. Budapest.
- SZIGETI, Z. (2013): A növényi anyagcsere élettana. 295-320. In: A növényi stressz alapjelenségei (Szerk. Dr. Fodor Ferenc), Eötvös Loránd Tudományegyetem
- SZŐKE, L. - MOLOI, M. J. - KOVÁCS, G. E., BIRÓ, Gy. - RADÓCZ, L. - TAKÁCSNÉ HÁJOS, M. - KOVÁCS, B. - RÁCZ, D. - DANTER, M. - TÓTH, B. (2021): The Application of Phytohormones as Biostimulants in Corn Smut Infected Hungarian Sweet and Fodder Corn Hybrids, *Plants*. 10(9). 1822.; <https://doi.org/10.3390/plants10091822>
- WOUTERS, F.C. - BLANCHETTE, B., GERSHENZON, J. et al.(2016): Plant defense and herbivore counter-defense: benzoxazinoids and insect herbivores. *Phytochem Rev* 15. 1127–1151. <https://doi.org/10.1007/s11101-016-9481-1>

9. Melléklet: Táblázatok és ábrák jegyzéke:

Táblázatok:

14. táblázat: *Hibridek fertőzöttségének mértéke – a fertőzött terület aránya (%) a hajtásokon a növények 11 napos korában. 14. o.*

15. táblázat: *Hibridek hajtás- és gyökér száraz tömege a kísérleti kezelésekben* 16.

táblázat: *Hibridek hajtás- és gyökér száraz tömege a kísérleti kezelésekben. 16. o.*

17. táblázat: *A vizsgált hibridek ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) az összes kezelés és mintavételi időpont átlagában. 17. o.*

18. táblázat: *A ciklikus hidroxámsavak mennyisége (mg g friss tömeg-1) a különböző kezelésekben a vizsgált időpontok és hibridek átlagában. 17. o.*

19. táblázat: *A ciklikus hidroxámsavak mennyisége (mg g friss tömeg-1) a különböző mintavételi időpontokban a hibridek és kezelések átlagában. 17. o.*

20. táblázat: *A Noa hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a kezelések átlagában, a mintavételi idő függvényében. 18. o.*

21. táblázat: *A P9578 hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a kezelések átlagában, a mintavételi idő függvényében. 19. o.*

22. táblázat: *Az Armagnac hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a kezelések átlagában, a mintavételi idő függvényében. 19. o.*

23. táblázat: *A Noa hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a mintavételek átlagában, a kezelések függvényében. 20. o.*

24. táblázat: *A P9578 hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a mintavételek átlagában, a kezelések függvényében. 20. o.*

25. táblázat: *Az Armagnac hibrid ciklikus hidroxámsav-tartalma (mg g friss tömeg-1) a mintavételek átlagában, a kezelések függvényében. 20. o.*

26. táblázat: *A DIMBOA és DIBOA együttes mennyisége (mg kg 1) a P9578 hibridben 1 órával a kezeléseket követően. 22. o.*

27. táblázat: *A DIMBOA és DIBOA együttes mennyisége (mg kg 1) az Armagnac hibridben 2 órával a kezeléseket követően. 22. o.*

Ábrák/képek:

1-2-3. képek: *Búza növények inokulálása, a párás környezet fenntartása inokulálás után 9. o.*

4-5. képek: *Kukorica inokulálása infiltrálással 10. o.*

6-7. képek: *Kukorica nevelése tápoldaton 11.o.*

8-9. képek: *Kukorica növények nevelése ciklikus hidroxámsav meghatározáshoz és kezelésük 11. o.*

1. ábra: *Hormon előkezelések hatása 11 napos P9978 hibrid kukorica növények fertőzöttségére. 15. o.*

2. ábra: *Hormon előkezelések hatása 11 napos Aranyamazsola hibrid kukorica növények fertőzöttségére 15. o.*

Tartalom

1. Bevezetés	- 1 -
2. Témafelvetés	- 2 -
3. Szakirodalmi áttekintés	- 3 -
4. Anyag és módszer	- 9 -
4.1. Inokulálás módszerei, növénynevelés inokuláláshoz	- 9 -
4.2. Ciklikus hidroxámsavak izolálása, meghatározása, növénynevelés ciklikus hidroxámsav meghatározáshoz.....	- 11 -
5. Eredmények és értékelésük	- 13 -
5.1. Inokulálás <i>Fusarium graminearum</i> gombával	- 13 -
5.2. Inokulálás <i>Ustilago maydis</i> gombával.....	- 14 -
5.3. Hormonkezelések hatása különböző kukorica hibridek ciklikus hidroxámsav-tartalmára	- 17 -
6. Következtetések és javaslatok	- 23 -
7. Összefoglalás	- 24 -
8. Irodalomjegyzék	- 25 -
9. Melléklet: Táblázatok és ábrák jegyzéke:	- 29 -