



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**A környezeti tényezők hatása az árpa és a
maláta söripari tulajdonságaira**

Doktori értekezés tézisei

Tóth Nikoletta

Gödöllő

2011.

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

vezetője: Prof. Dr. Heltai György
D.Sc. egyetemi tanár
Szent István Egyetem
Környezettudományi Intézet

A tudományági részterület

megnevezése: Mezőgazdasági-, Környezeti Mikrobiológia és Talajbiotechnológia

vezetője: Prof. Dr. habil Bayoumi Hamuda Hosam
C.Sc. (Biol.)
egyetemi magántanár
Szent István Egyetem
Környezettudományi Intézet
Egyetemi docens
Óbudai Egyetem
Környezetmérnöki Intézet

Tudományága: Környezettudomány, Környezeti Mikrobiológia

Témavezető: Prof. Dr. habil Bayoumi Hamuda Hosam
C.Sc. (Biol.)
egyetemi magántanár
Szent István Egyetem
Környezettudományi Intézet
Egyetemi docens
Óbudai Egyetem
Környezetmérnöki Intézet

Prof. Dr. Kecskés Mihály
az MTA doktora
egyetemi tanár
Szent István Egyetem

| | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|
| | | |
| Az iskolavezető jóváhagyása | | A témavezető jóváhagyása |

• **BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS**

Az árpa a negyedik legnagyobb mennyiségben termesztett növény világszerte. Emberi fogyasztásra, takarmányozásra, gyógyszerek, valamint alkoholtartalmú italok előállítása céljából termesztik (BANTAYEHU, 2009). Az árpa jelentős mennyiségét söripari célra használják. A sörkészítéshez szükséges maláta megközelíthetően kétharmadát tavaszi árpa, egyharmadát pedig őszi sörárpa felhasználásával készítik. Hazánkban a tavaszi árpa használata terjedt el, ami elsősorban jobb kémiai mutatóinak köszönhető. Európa-szerte egyre jobban terjed az őszi sörárpa termesztése. Ennek egyik legfőbb oka az, hogy az őszi árpa a legszárazságtűrőbb gabona faj. Viszonylag jól elviseli az utóbbi években előforduló igen magas hőmérsékletet, az ezzel járó aszályos periódusokat, beleértve a légköri aszályt is (MURÁNYI et al., 2008).

A söripar minőségi igényei szigorúak és speciálisak. A sörgyártás céljára termesztett árpának a csírázás, tisztaság, nedvességtartalom, szemméret, kiegyenlítettség, egészség szempontjából vetőmag minőségűnek kell lennie, de emellett a söripar minőségi igényeit is ki kell elégítenie. Az árpa folyamatosan ki van téve olyan biotikus és abiotikus tényezőknek, amelyek nagymértékben meghatározzák fejlődését, termőképességét, valamint minőségi mutatóit. A klimatikus kockázat miatt akadályba ütközhet a kiváló söripari minőséget adó őszi és tavaszi árpafajták előállítása, kinemesítése. Az időjárás függvényében, a vetési időtől függően, évente változik a minőség. Ezért szükséges olyan ellenálló fajták nemesítése, amelyek a söripar igényeit kellő mértékben kielégítik.

A fenti előzményekből kiindulva doktori munkám során célul tűztem ki, hogy a nagyobb termés hozamú, és a szárazsággal, betegségekkel szembeni jobb tűrőképességű őszi árpa kémiai, technológiai tulajdonságait megvizsgáljam, és azokat értékeljem az időjárás függvényében. Az eredményeket összevettem a tavaszi árpa söripari tulajdonságaival is. A kísérlet során, két, söripari célra nemesített őszi árpa fajtát (KH Korsó és Vanessa) és hagyományos gazdálkodásban termesztett törzseket vizsgáltam, abból a célból, hogy megállapítsam, alkalmasak-e az ipari felhasználásra. Elvégeztem az árpák, a belőlük készített maláták, valamint sörlevek analízisét, majd a kapott eredményeket értékeltem. A kísérleti eredmények megmutatták, hogy 2005 és 2007 között, mely tavaszi és mely őszi árpa törzseknek voltak megfelelőek a söripari tulajdonságai. E tulajdonságok ismerete és összefüggése, valamint az őszi és tavaszi sörárpa termesztéstechnológiája mind az árpanemesítők, mind a növénytermesztők számára kiemelkedő jelentőséggel bír.

További célkitűzésem volt, hogy mikrobiológiai eredményeket szolgáltatassak az árpa talajával, valamint az árpa rizoszférában előforduló *Saccharomyces cerevisiae* két törzsének nehézfém-tűrésével kapcsolatban. A talajéletnek, a talaj biológiai aktivitásának fontos szerepe van az anyagcsere folyamatokban, a tápelemek körforgalmában, valamint az egyes élőlények nehézfém felvételén keresztül a környezet-, és egészségügyi problémák prevenciójában. A kísérleti eredmények alapján meghatároztam az árpa rizoszférájában előforduló mikroorganizmusok CO₂ termelését, a talaj enzimaktivitását, valamint a mikroorganizmusok előfordulását a tavaszi és az őszi árpa rizoszférájában.

Doktori munkám során célul tűztem ki:

- Az ökológiai változások hatásának vizsgálata az árpa termesztetőségére, és a söripari tulajdonságaira.
 - Szántóföldi kísérletekben, hagyományos vegyszerterhelt gazdálkodásban előforduló sörárpafajták, fajtajelöltek, valamint a környezeti tényezők közötti interakció ellenőrzése és értékelése.
 - Az őszi és tavaszi árpa szántóföldi talajának mikrobiológiai elemzése (talajlégzés, talaj néhány mikrobiológiai tulajdonsága, illetve az összes talajbiológiai aktivitás) a rizoszférát közvetetten befolyásoló ökológiai tényezők hatásának meghatározása céljából.
 - A kijelölt árpafajták és törzsek szemtermésének malátázása a malátatulajdonság lentebb vázolt meghatározása céljából.
- A környezeti tényezők hatása a maláta söripari tulajdonságaira
 - A maláta fizikai és kémiai analízise az EBC (European Brewery Convention; Európai Sörgyártók Szövetsége) előírásainak megfelelően, az árpát befolyásoló ökológiai faktorok hatásának, valamint e tényezők által megváltoztatott technológiai tulajdonságok meghatározása céljából.
 - A maláta technológiai tulajdonságai és az időjárás közötti kölcsönhatás értékelése.
 - Erjesztéshez használt *Saccharomyces cerevisiae* nehézfém-tűrése.
 -

• IRODALMI ÁTTEKINTÉS

- **Környezeti tényezők hatása az árpa termésmennyiségére és söripari tulajdonságaira**

Az árpa és a maláta söripari tulajdonságait számos környezeti/klimatikus tényező befolyásolja (VERMA és NAGARAJAN, 1996). Habár az árpa söripari tulajdonságát mindenekelőtt a genotípus határozza meg, a környezeti tényezők közül a hőmérsékletváltozás, illetve a csapadékmennyiség is meghatározó (MOLINA-CANO et al., 1997). Az árpa fehérjetartalmát nagymértékben befolyásolják a környezeti tényezők, és ez elsősorban akkor jelent problémát, ha sörárpáról van szó (BERTHOLDSSON, 1999). A 11,5% alatti fehérjetartalmat nehéz előidézni, mivel e tulajdonságot nagymértékben befolyásolja a környezet, illetve az árpatermesztés egyéb körülményei (SMITH, 1990). Az időjárás (GRANT et al., 1991), ezen belül a szárazság (BIRCH et al., 1997), illetve a magas hőmérséklet és a szárazság együtt (SAVIN és NICOLAS, 1996) növeli az árpa fehérjetartalmát. A környezet meghatározó jelentőségű valamennyi tulajdonságnál. Ahol tehát a körülmények hajlamosítanak a magas fehérjetartalomra, ott valamennyi fajtának magasabb lesz a fehérje %-a.

A nagyobb mértékű nitrogén műtrágyázás hatására nő a diasztatikus erő, és csökken az extrakttartalom (WANG et al., 2007). QI et al. (2006) és MOLINA-CANO (2000) szerint a N-trágyázás mértéke szoros összefüggésben áll az árpa összes fehérjetartalmával. A N-trágyázás hatása a maláta tulajdonságaira fajtafüggő. Eltérő mértékű N-trágyázást alkalmazva kimutatták, hogy szignifikáns különbség tapasztalható a maláta extrakttartalma, a Kolbach szám, a diasztatikus erő, és a fehérjetartalom között egyes fajták esetében, viszont nem volt szignifikáns különbség a viszkozitást illetően. Vagyis, több N-t kijuttatva csökkent az extrakttartalom, de valamelyest nőtt a diasztatikus erő. A N kijuttatás idejét illetően szignifikáns különbség volt tapasztalható a diasztatikus erő és a fehérjetartalom között, viszont nem volt szignifikáns különbség az extrakttartalom, a Kolbach szám, és a viszkozitás között (WANG et al., 2007). A N-trágyázás idejének a malátatulajdonságra gyakorolt hatását CHEN et al. (2006) is tanulmányozta. Szerinte, a N-t későbbi stádiumban kijuttatva, romlik a maláta minősége (csökken az extrakttartalom, és a Kolbach szám), bár, enyhe mértékű javulás figyelhető meg a diasztatikus erőt illetően. Elmondhatjuk, hogy az árpaszem nyersfehérjetartalma nagymértékben függ tehát a kijuttatott N tartalomtól, viszont ez termőhely és évszakfüggő is (CONRY, 1995, 1997). A kijuttatott N hozzáférhetősége függ az említetteken kívül attól, hogy a N-t milyen formában juttatják ki, illetve attól, hogy az milyen kölcsönhatásba kerül a talaj víztartalmával (McTAGGART és SMITH, 1992). A virágzás előtti szárazság csökkenti a vegetatív szakaszban történő nitrogénfelvételt, ezáltal csökkenti a terméshozamot, de a termés kiesést a gyökérszónában előforduló vízhiány is okozhatja (SALEKDEH et al., 2009). A kevesebb szemnek köszönhetően így a szemkitöltődés alatt több nitrogén áll rendelkezésre, és végül a szem fehérjetartalma nő. Az időjárásnak van a legnagyobb hatása a szemkitöltődésre. Az ez alatt az idő alatt fellépő szárazság hatására csökken a szemek osztályozottsága (LEISTRUMAITÉ et al., 2009).

A vetésidő szignifikáns hatással volt az árpa söripari tulajdonságaira, a Kolbach számot, viszkozitást, diasztatikus erőt, és a fehérjetartalmat illetően, viszont az extrakttartalmat illetően nem volt szignifikáns korreláció (WANG et al., 2007).

Az árpa fehérjetartalmát a fentiekén kívül befolyásolja a kalászképzés és a szemkitöltődés ideje alatti hőmérséklet is, elsősorban akkor, amikor a napi hőmérséklet maximum eléri a határértéket, 32°C-ot (WARDLAW és WRIGLEY, 1994). A termés hozamra elsősorban a napi átlaghőmérsékletből, és a relatív páratartalomból, az árpa fehérjetartalmára pedig a csak a relatív páratartalomból következtethetünk.

- **Az árpa söripari tulajdonsága**

A sörráptermesztés eredményességét elsősorban a megfelelő fajtahasználat határozza meg. Az árpatermesztőknek és az árpa feldolgozó iparnak ez jelenti a legolcsóbb tényezőt (PSOTA et al., 2009). Ahhoz, hogy a sörrápat a malátagyártásban és a sörgyártásban fel lehessen használni, számos minőségi követelménynek kell megfelelnie. Megközelítőleg 10-15 fizikai és kémiai paraméter van, amely jellemző az árpára, a malátára, illetve a sörlére. Jelenleg nincs pontos megfogalmazás a maláta söripari minőségét illetően. Ennek legfőbb oka, hogy különféle tulajdonságú, különféle technológiai eljárásokkal készülő söroket állítanak elő szerte a világon (FILICHKIN et al., 2010). Az új őszi sörrápa genotípusok technológiai tulajdonságainak összehasonlítása a tavaszi sörrápa fajtákéval alapvető feladat. A leginkább elfogadott paraméterek, amelyek az árpa söripari tulajdonságát meghatározzák: az extrakttartalom, a szem nagyság, szemtömeg, β -glükán tartalom, fehérjetartalom, malátaveszteség, friabilitás, α -amiláz aktivitás, viszkozitás és oldható nitrogén tartalom (FOX et al., 2003).

VERMA et al. (2008) szerint az extrakttartalom számos árpa-, (hektolitertömeg, osztályozottság, fehérjetartalom, héjarány) és maláta tulajdonsággal (friabilitás, egyöntetűség, sörlé viszkozitása, szűrés idő, Kolbach-szám) áll akár pozitív, akár negatív korrelációban. A friabilitás és az extrakttartalom között szoros összefüggés tapasztalható, viszont e két paraméter negatív korrelációban áll az árpa fehérjetartalommal, a maláta nitrogén tartalmával, és a maláta β -glükán tartalmával is (GIANINETTI et al., 2005). A magasabb fehérjetartalom egyéb malátatulajdonsággal is összefügg. 11,5% fölötti fehérjetartalom hatására az alacsonyabb keményítőtartalom a végtermékben kevesebb alkoholt eredményez, viszont a 9,5% alatti fehérjetartalom hatására az élesztőknek nem áll elegendő mennyiségű N forrás a rendelkezésükre (PETTERSSON és ECKERSTEN, 2007).

- ***Saccharomyces cerevisiae* nehézfém felvétele**

A környezetszennyezés, mint az ipari folyamatok következménye egyike a legsürgősebben megoldandó és szabályozandó feladatoknak (YURTSEVER, et al., 2009). Sajnos, az ipari tevékenységek a mezőgazdasággal is összefonódnak, mivel az ott használt peszticidek, műtrágyák, szerves trágyák, és szennyvíziszap szintén szennyező forrásokként jelennek meg (TÓTH et al., 2008). Az ipari szennyvizek elsősorban a következő nehézfémeket tartalmazzák: Pb, Cr, Cd, Ni, Zn, As, Hg, Cu és Ag (SHAREEF, 2009). Számos kutatás bizonyítja, hogy a *S. cerevisiae* képes a Cu, Cd, Pb, Zn, Cr és Ni ionok megkötésére és akkumulálására (CHEN és WANG, 2007). PASTARNAKIEWICZ

(2006) a *S. cerevisiae* szaporodását tanulmányozta kadmiummal kezelt táptalajon. Bebizonyította, hogy 50 μM -nál magasabb Cd^{2+} koncentráció gátolja az élesztő szaporodását. Ez a gátlás viszont mérséklődött Ca^{2+} ion jelenlétében. BLACKWELL et al. (1998) szerint a Mg^{2+} , Ca^{2+} és K^{+} csökkentette a Mn^{2+} ion *S. cerevisiae* törzsekre gyakorolt toxicitását.

• ANYAG ÉS MÓDSZER

• A vizsgált minták

A növényi anyagot őszi árpa és tavaszi árpa esetében is C és D törzsek képezték, amelyek a Károly Róbert Főiskola Fleischmann Rudolf Kutatóintézet kísérleti teréről származtak. A kísérletet négyismétléses véletlen blokk elrendezésben, 2005-2007 között végeztem. A hektáronként kijuttatott csíraszám 4,5 – 5 millió volt. A parcellák mérete őszi árpánál 5 m^2 , tavaszi árpánál 10 m^2 volt. Egy parcella 10 sorból állt. Az alkalmazott sortávolság 11,1 cm, a tőtávolság pedig 2 - 2,5 cm volt. Az eredmények értékeléséhez, valamint az összehasonlításhoz standardokat alkalmaztam. Ezek őszi árpa esetében a KH Korsó és a Vanessa, tavaszi árpa esetében a Scarlett és a Pasadena voltak.

• A kísérleti évek időjárásának jellemzése

2005. őszi napos, száraz időjárással indult. Október középhőmérséklete (11°C) átlagban kevesebb, mint egy fokkal meghaladta a sokévi átlagot ($10,2^{\circ}\text{C}$) Kompolton, és az átlagosnál csapadékban szegényebb volt, azaz, míg a kompolti, 100 éves átlag 43,3 mm volt, addig ez évben 14,8 mm csapadék esett. November eleje kimondottan száraz volt, az eső csak a hónap második felében érkezett meg (33,9 mm). December első felét az enyhe időjárás jellemezte, a hónap közepétől viszont az átlagnál hidegebb, illetve melegebb időszakok váltogatták egymást. Az év utolsó napjaiban Kompolton nagy mennyiségű csapadék hullott (75,2 mm), eső formájában, amely jóval a 100 éves átlag fölött volt (40 mm). A 2006. évi január és február hónapot összességében az átlagosnál hidegebb időjárás jellemezte a kísérleti helyen. A csapadékos december után januárban Kompolton az átlagosnál megközelítőleg 44 mm-rel kevesebb esett. 2006. februárban tovább folytatódott a télies hideg ($-2,6^{\circ}\text{C}$ átlaghőmérséklet), majd a hónap második dekádjában átmeneti felmelegedés volt tapasztalható, majd újra komoly lehülések következtek. Február csapadékosnak bizonyult (50,1 mm). E hónapban Kompolton az átlagosnál 20 mm-rel több csapadék esett a 100 éves átlaghoz viszonyítva. A téli időszakban nem alakultak ki komoly szélsőségek, amelyek az őszi vetések kifagyását okozták volna. Márciusban a hőmérséklet ($3,2^{\circ}\text{C}$) a 70 éves átlag ($4,7^{\circ}\text{C}$) alatt maradt. E hónapban bőségesen kaptunk esőt (44,6 mm). Április folyamán a 100 éves átlagnál (40,3 mm) kicsivel kevesebb csapadék (35 mm) hullott. Az áprilisi és a korábbi hónapokban lehullott csapadék hatására a hó végén országsszerte elegendő nedvesség volt a talajban a növények fejlődéséhez. A május változékonny időjárást hozott Kompolton, a hőmérséklet a 70 éves átlag körül mozgott ($15,2^{\circ}\text{C}$), lehülés a hónap utolsó napjaiban

kezdődött. A folyamatos vízellátásnak köszönhetően az őszi vetésű növények gyorsan fejlődtek. A júniust a kettősség jellemezte. A hónap elején folytatódott a viszonylag hűvös időjárás (19,2°C), gyakori és bőséges csapadékot mérhettünk (170,4 mm). Összességében a hónap esősnek bizonyult, átlag feletti csapadék értékekkel, hiszen a 100 éves átlag 69,9 mm volt. A júliust forró napok (23,2°C) és kevés csapadék (55,6 mm) jellemezte. 100 éves átlag: 58,4 mm. Júliusban ugyan száraz napok köszöntöttek ránk, de a júniusi csapadékos időszak megfelelő vízkészletet biztosított a talajban, így a növények nem sültek ki. E termesztési ciklus időjárásában megtaláljuk a felmelegedés és a lehülés váltakozását, a csapadékos időszak és a száraz periódus hatásait egyaránt. Ennek ellenére mégis megállapíthatjuk, hogy a vizsgált időszak meteorológiai jellemzői nem lépték túl a Magyarországon szokásos ingadozás értékeit, nem fordultak elő extrém szélsőséges jelenségek.

2006. október összességében a 70 éves átlagnál megközelítőleg 2°C-kal melegebb időjárást hozott. A napos idő sokfelé az átlagosnál szárazabb időjárással járt együtt (11,9 mm csapadék esett a 43,3 mm 100 éves átlaghoz viszonyítva). A november az átlagosnál lényegesen enyhébb (3,5°C), szárazabb (6,4 mm csapadék) időjárást hozott. A decemberi átlaghőmérséklet (6,5°C) majdnem 2°C-kal haladta meg a 70 éves átlaghőmérsékletet (4,6°C). Ehhez jóval kevesebb csapadék is társult: a 40 mm-es 100 éves átlaghoz képest mindössze 3,2 mm eső hullott Kompolton decemberben. A 2007. év kifejezetten aszályos volt. Már a téli csapadék is kevés volt, és a tenyészidő alatt, 2007. márciusban a sokévi átlagnál mintegy 16 mm-rel volt több a csapadék (átlagosan 49 mm). Az április ezzel szemben szokatlanul száraz volt, a 100 éves átlaghoz (40,3 mm) viszonyítva a csapadék mennyisége Kompolton mindössze 3,1 mm volt. A május és a június szokatlanul meleg időjárást hozott, átlagosan 2-3°C-kal volt magasabb a 70 éves átlagnál. E hónapokban a csapadék mennyisége is kisebb volt a sokéves átlagnál, amely elsősorban júniusban mutatkozott meg. A sokéves átlag itt 69,9 mm volt, de ebben az évben mindössze 36,5 mm esett.

- **Az árpa malátázáshoz történő előkészítése**

A betakarítás után az árpát megfelelő körülmények között azonnal tárolni kell. A tárolást a betakarítástól a malátázásig alacsony hőmérsékleten (optimálisan 10°C) és száraz körülmények (13-14% nedvességtartalom) között kell végrehajtani azért, hogy az árpa nedvességtartalma 12,0 – 12,5% között maradjon. Első lépésként az árpa osztályozottságát mérjük, és kizárólag a 2,5 mm fölötti szemnagyságú árpát használjuk a további analízishez. Ezt követően az árpa ezerszemtömegét és fehérjetartalmát mérjük. Az EBC előírásainak megfelelően a 12,0% fölötti fehérjetartalmú árpa nem kerül malátázásra. A csírázási energia mérését (GE) tavaszi árpa esetében három héttel, őszi árpa esetében 6 héttel a betakarítás után végezzük. Malátázásra azon anyagok kerülnek, amelyek csírázási energiája három nap elteltével nagyobb, mint 95%.

- **Az árpa söripari tulajdonságainak meghatározása**

Az árpa söripari tulajdonságainak meghatározását az EBC előírásainak megfelelően végeztem. Ennek szabályait, illetve az ehhez szükséges módszereket az Európai Sörgyártók Szövetsége Analízis Bizottsága által publikált ANALYTICA-EBC című jegyzet tartalmazza.

- **Malátázás**

Egyenként 500 g - kizárólag 2,5 mm - illetve az annál nagyobb szemnagyságú árpamintákat helyeztem Phoenix Biosystems típusú, ausztrál eredetű automata mikromalátázó berendezésbe. Malátázás tavaszi árpa esetében: 5 óra áztatás 14,5°C-on; 19 óra pihentetés 14,5°C-on; 4 óra áztatás 14,5°C-on; 20 óra pihentetés 14,5°C-on; 10 perc áztatás 14,5°C-on; 23 óra 50 perc pihentetés 14,5°C-on; 72 óra csíráztatás 14,5°C-on; 16 óra aszalás 50°C-ig; 1 óra aszalás 60°C-ig; 1 óra aszalás 70°C-ig; 5 óra aszalás 80°C-ig; 15 óra aszalás 25°C-ig. Mikromalátázás őszi árpa esetében: 5 óra áztatás 14,5°C-on; 19 óra pihentetés 14,5°C-on; 4 óra áztatás 14,5°C-on; 20 óra pihentetés 14,5°C-on; 1 óra áztatás 14,5°C-on; 23 óra pihentetés 14,5°C-on; 72 csíráztatás 14,5°C-on; 12 óra aszalás 55°C-ig; 1 óra 30 perc aszalás 60°C-ig; 1 óra 30 perc aszalás 65°C-ig; 1 óra 30 perc aszalás 70°C-ig; 1 óra 30 perc aszalás 75°C-ig; 4 óra aszalás 80°C-ig; 15 óra aszalás 25°C-ig. A malátázási programot a Söripari és Maláta Kutatóintézet (Research Institute of Brewing and Malting, Prague) Brno-i Malátázási Intézet (Malting Institute Brno), EBC (European Brewery Convention) által előírt mikromalátázási programja alapján végeztem.

- **A maláta söripari tulajdonságainak meghatározása**

A maláta söripari tulajdonságainak meghatározását az Európai Sörgyártók Szövetsége (EBC) előírásainak megfelelően végeztem, és a következő paramétereket vizsgáltam: friabilitás (%), nedvességtartalom (%), extrakttartalom (%), extraktdifferencia (%), összes fehérjetartalom (%), oldható nitrogén tartalom (%), Kolbach-szám (%), viszkozitás (mPa*s), cukrosodási idő (perc), szín (EBC), zavarosság (EBC), szűrési idő (perc).

- **Az árpa szántóföldi talajának mikrobiológiai elemzése**

- **A CO₂ kibocsátás meghatározása**

A CO₂-kibocsátás méréséhez 0,5 kg talajmintát töltöttünk 2 l-es üvegedényekbe, a talaj közepébe pedig 50 cm³ 10 mol NaOH-oldatot tartalmazó műanyag csövet helyeztünk a fejlődő CO₂ megkötésére, majd az edényeket szorosán lezártuk. A NaOH-oldatot 1 mol HCl-oldattal titráltuk és kiszámítottuk a talaj légzése során felszabadult CO₂ térfogatát (FERNANDES et al., 2005).

- **FDA enzimaktivitása**

Az FDA aktivitás mérésére a ZELLES és munkatársai (1991) által kidolgozott, SCHNÜRER és ROSSWALL (1982) által módosított módszert alkalmaztuk. A fluoreszcein-koncentrációt (µg hidrolizáló fluoreszcein·g⁻¹ száraz talaj·óra⁻¹) spektrofotométer (490 nm) segítségével határoztuk meg, 490 nm hullámhosszon.

- **Talaj-mikroorganizmusok előfordulása**

Táplemezes módszerrel meghatároztuk az aerob baktériumok, aerob spóráképző baktériumok, sugárgombák, fonalgombák, élesztők, cellulózbontók (HENDRICKS et al., 1995) és foszfátoldók (GOLDSTEIN, 1986) összes élő csíraszámát a rizoszférában. A növényekről leválasztott gyökereket folyó csapvízben mostuk a rátapadó talajszemcsék eltávolítása céljából, melyet 0,85%-os NaCl-oldattal történő újabb mosás követett. A gyökerekből 10 g mennyiséget felaprítottunk, majd 90 cm³ steril fiziológiás sóoldatba helyeztünk. A szuszpenzióból steril csapvízzel hígítási sort készítettünk 10⁷-ig.

A rizoszférában előforduló összes mikrobaszámot, a spóráképzők, a sugárgombák és a mikroszkopikus gombák számát szelektív táptalajok felhasználásával határoztuk meg (SZEGLI, 1979). Ennek során a mintákból 1 cm³-jével (10⁻⁴-tól 10⁻⁷-ig hígítási sorból) szélesztettünk King-B, Nutrient, Nutrient + kristályibolya, Nutrient + ciklohexidin (100 µg⁻¹·cm³), EMB, tripton-glükóz-élesztőkivonat, Martin-Bengálrózsa, malátakivonat, PDA, Jensen, Küster-Williams, Actinomycetes (DIFCO), *Trichoderma* szelektív agaros táptalajon.

A mikroorganizmusokat 28°C-on inkubáltuk (a baktériumokat 48 órán keresztül, a sugárgombákat, fonalgombákat és az élesztőket pedig 3–5 napig) a fent említett táptalajokon. Az izolált mikrobatelepeket morfológiai sajátosságaik (szín, alak, megjelenés, telepméret) szerint osztályoztuk, figyelembe véve a telepek morfortípusát és spóráképzését. Minden morfortípusból kiválasztottunk egy reprezentatív telepet, melyet tovább tisztítottunk, majd azonosításnak vetettünk alá. A különböző genusokhoz tartozó tenyésztető aerob heterotróf baktérium-izolátumokat a telepek és sejtek morfológiája, a Gram-festődés, spóra-festődés, oxidáz- és katalázreakciók, a glükóz oxidálása és fermentálása, valamint a mozgás és a pigmentáció alapján azonosítottuk.

A mikroorganizmusok meghatározását a rizoszférában NAUTIYAL és DION (1990) – a *Pseudomonas*-ok meghatározását pedig LLOYD-JONES és munkatársai (2005) – módszerének megfelelően végeztük. Az általunk meghatározott baktériumokat a BBL CrisystalTM módszer, valamint HOLT és munkatársai (1994) szerint ellenőriztük. A fonalgombatörzseket a makro- és mikromorfológiai sajátosságok szerint határoztuk meg, DOMSCH és munkatársai (1980) tanulmányai alapján. A telepek sajátosságait a makromorfológiai meghatározás írja le, míg a mikromorfológiai jellemzőket a mikroszkopikus sajátosságok alapján azonosítottuk (BÁNHEGYI et al., 1985). Az élesztőket az „API 20C of AUX bio-Merieux” rendszer, valamint DEÁK (1998) módszere segítségével határoztuk meg.

- **Mikrobiális foszfát oldásának vizsgálata**

A foszfát (ásványi) oldásának vizsgálata a GOLDSTEIN (1986) által leírt táptalajon történt. Dikalcium-foszfát agarlemezeket oltottunk, és a telepeik körül tiszta gyűrűt produkáló törzsek voltak a foszfátoldók.

- **Mikrobiális cellulózbontók jellemzése**

A cellulózbontók meghatározására, HENDRICKS és munkatársai (1995) módszerével cellulóz agarlemezeket oltottunk kétféle táptalaj (PDA: gombák, és Nutrient agar: baktériumok) felhasználásával, melyek tartalmazták a CMC-Kongó-vörös (karboximetil-cellulóz kongó-vörös) szubsztrátumot. Az enzimtermelés a sósav hatására leállt, így a telepek körül ibolyakék gyűrűt produkáló törzsek bizonyultak cellulózbontóknak.

- ***Saccharomyces cerevisiae* nehézfém-tűrése**

- **Fenntartás és szaporítás**

Üvegházi körülmények között, ládás kísérletben őszi és tavaszi árpát neveltünk, 50 napon keresztül. A kísérletekhez 2 kg-os tenyészedényeket használtunk, 3 ismétlésben, melyhez a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Nyíregyházi Kutató Intézetének üzemi területéről származó kovárányos barna erdőtalajt (pH: 5,9; összes só: 0,17%; CaCO₃: 3,1%; humusz: 2,54%; NO₃-N: 2,3; Zn: 1,7; Cu: 1,4; Mn: 55 mg·kg⁻¹ légszáraz talajra vonatkoztatva) alkalmaztuk, amely 50%-ban (w/w) a háztartási szennyvizet tisztító szennyvíztelepről (Nyíregyháza) begyűjtött aerob digerált szennyvíziszapot tartalmazott. A szennyvíziszap összetétele a következő volt (mg·kg⁻¹ szárazanyag): Cd: 2,3; Cu: 110,4; Ni: 21,6; Pb: 66,9; Ca: 2133; K: 1716; Mg: 2507. Az összes szárazanyag-tartalom 53%, míg az iszap kémhatása pH(H₂O) 6,9 volt.

A növények gyökerét először pár percig vízzel, majd steril, 0,85%-os sós vízzel átmostuk a talajdarabok eltávolítása céljából. Ezt követően óvatosan levágtuk a gyökereket. A talaj-gyökér szuszpenzió steril desztillált vízzel végzett hígítási sorát horizontálisan, 150 rpm-en, 1 órán keresztül rázattuk, a beoltott táptalajokat pedig 48 óráig, 28°C-on inkubáltuk. Az izolációt 10 g/l élesztőkivonatot, 10 g/l peptont, 20 g/l dextrózt és 20 g/l agart tartalmazó YPDA táptalajon végeztük. A táptalaj pH-ját 5,8-ra állítottuk, majd ezt követően 121°C-on, 15 percen keresztül, 1 atm nyomáson autoklávoztuk. A táptalajhoz adtunk még 100 µg/ml cikloheximidet, és 30 µg/ml benomilt (3 mg benomilt 1 ml 96%-os etanolban oldunk és 55°C-ra hűtve a steril YEPD táptalajhoz adjuk az adott koncentrációban) az egyéb mikroorganizmusok szaporodásának megakadályozása céljából.

A szelektált élesztő csoportokat morfológiájuk (színük, szerkezetük, megjelenésük, méretük), és mikroszkopikus tulajdonságuk (sejtalak és szaporodás) alapján különböző osztályokba soroltuk, majd meghatároztuk a morfortípusukat. Mindegyik megjelenési típusból kiválasztottunk 1–1 törzset, amelyet aztán tovább azonosítottunk. A legtöbb izolátumot – a morfológia, vagy pedig az AUX bioMerieux rendszer API 20C-vel történő szaporodási reakciója alapján – vagy *S. cerevisiae*-ként, vagy pedig más *Saccharomyces* fajként azonosítottuk (DEÁK, 1998).

Ökofiziológiai tulajdonságok (pl. szideroforképzés, magas glükózkoncentrációjú táptalajon való szaporodási képesség, savtűrő képesség, és különböző hőmérsékleten történő szaporodási képesség) alapján 32 élesztőtörzsből mindössze hatot választottunk ki. Az őszi és tavaszi árpa

rizoszférájából két törzset (NSS5099 és NSS7002) izoláltunk. Kémcsőben, a YPDA táptalajon szaporodó élesztőkultúrát sóoldat (0,85% NaCl) segítségével átmostuk. A fenti 2 élesztőtörzs aerob körülmények között szaporodott. Steril körülmények között, 40 ml YPD táplevest öntöttünk egy 100 ml-es Erlenmeyer lombikba, és azt beoltottuk 5 ml – 5 mg élesztő/l – élesztősejt szuszpenzióval. Az élesztőtörzseket YPD táplevesben szaporítottuk, 28°C-on, miközben 150 rpm-en rázattuk 2 napon keresztül. A fenntartás 4°C-on, YPDA táptalajon történt. A két *S. cerevisiae* törzs nehézfém-toxicitásának vizsgálata céljából, fémenként különböző koncentrációban (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 vagy 500 µM) adtunk CuSO₄-ot, Cd(NO₃)₂-et, Pb(NO₃)₂-et és NiSO₄-ot a YPD tápleveshez. A fémsók oldatait előzőleg 45 µm pórusátmérőjű biológiai membrán segítségével sterilizáltuk.

- **A minimális gátló koncentráció (MIC) meghatározása**

Az élesztő nehézfémekkel szembeni tűrőképességét a minimális gátló koncentrációval határoztuk meg. YPDA táptalajhoz különböző koncentrációban (0, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640 µM) adtunk nehézfémeket a kívánt 0–640 µM koncentráció elérése érdekében. A nehézfémes Petri csészéket 2 egyenlő részre osztottuk, és élesztőt oltottunk a nehézfémes, és a kontroll csészékbe is. A kísérletet 3 ismétlésben végeztük. A Petri csészéket 28°C-on, 2 napon keresztül inkubáltuk. Ezt követően meghatároztuk a nehézfémek minimális gátló koncentrációját (MIC).

- **A sejtszaporodás meghatározása különböző nehézfém-koncentrációk esetén**

A két élesztőtörzs (NSS5099 és NSS7002) szaporodását vizsgáltuk 28°C-on olyan YPD táplevesben, amelyhez előzőleg 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 vagy 500 µM koncentrációban Cu-et, Cd-et, Pb-et vagy Ni-t adagoltunk (CuSO₄, Cd(NO₃)₂, Pb(NO₃)₂ és NiSO₄ formájában). Az élesztősejtek szaporodása során kialakult végkoncentrációt spektrofotométer segítségével mértük, 610 nm hullámhosszon. A szuszpenzió szárazanyagtartalmát úgy határoztuk meg, hogy különböző időközönként mintát vettünk a nehézfémes táplevesből, amelyet azután 4000 rpm-en, 10 percen keresztül centrifugáltunk. Ezt követően foszfát pufferrel átmostuk, majd újra centrifugáltuk azt. A kicsapódott élesztősejteket ezután 85°C-on, tömegállandóságig szárítottuk.

- **A Ca²⁺-, Mg²⁺- és K⁺-sók hatása az élesztősejtek nehézfémekkel szembeni tűrőképességére, különböző koncentrációk esetén**

A kísérletet a fent említett módon végeztük. Az élesztősejtek szaporodását vizsgáltuk nehézfémeket (Cu-et, Pb-et és Cd-et 350 µM koncentrációban, valamint Ni-t 450 µM koncentrációban) tartalmazó táptalajokon 28°C-on, melyekhez 50, 75, 150 mM koncentrációban adtunk Ca(HCO₃)₂, MgSO₄, és K₂SO₄ sókat. Erre azért volt szükség, hogy megvizsgáljuk az élesztők nehézfémekkel szembeni tűrőképesség-változását a hozzáadott sók jelenlétében.

- **ÖSSZEFOGLALÁS**

A kompolti Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben több mint 7 éve folyik vizsgálat a sörárpa genotípusok söripari technológiai tulajdonságainak meghatározására. E vizsgálatok elősegítik a söripar számára legmegfelelőbb fajták előállítását (őszi és tavaszi sörárpa egyaránt) a hagyományos célok (termőképesség, betegségrezisztencia, stb.) elérése mellett. A klimatikus kockázat miatt akadályba ütközhet a kiváló söripari minőséget adó őszi és tavaszi árpafajták előállítása, kinemesítése. Az időjárás függvényében, a vetési időtől függően, évente változik a minőség. Az Intézetben nagymértékű kutatások kezdődtek arra vonatkozólag, hogy az őszi árpa kiváló termesztési tulajdonságait megtartva, a söripar számára is megfelelő árpafajokat nemesítsenek.

Söripari használatra elsősorban a tavaszi árpa terjedt el. Doktori munkám során, őszi árpa törzsek söripari felhasználhatóságát vizsgáltam, tavaszi árpa törzsekkel, és a söriparban használatos standard fajtákkal összevetve. A kísérleti eredmények megmutatták, hogy 2005 és 2007 között, mely tavaszi és mely őszi árpa törzseknek voltak megfelelőek a söripari tulajdonságai. A szántóföldi, és a laboratóriumi kísérletek kiértékeléséből is azt az eredményt kaptam, hogy az őszi árpából készített maláta nem mutat jelentős eltérést a tavaszi árpából előállított maláta technológiai tulajdonságaihoz képest, tehát a söripar számára felhasználhatónak minősül. Az őszi árpa az egyik legeredményesebben termesztendő növényünk lehet az Európai Unióban. Termelési költségei kisebbek, és kedvezőtlenebb időjárási viszonyok között is lehet gazdaságos.

Kísérleteink alapján meghatároztuk az árpa rizoszférájában előforduló mikroorganizmusok CO₂ termelését, a talaj enzimaktivitását, valamint a mikroorganizmusok előfordulását tavaszi és őszi árpa rizoszférájában. Megállapítottuk, hogy a talajlégzés mértéke, és az enzimaktivitás magasabb a tavaszi árpa rizoszférában, mint az őszi árpában, valamint magasabb volt 2006-ban, mint 2007-ben. A legmagasabb vizsgált mikrobapopuláció denzitást a tavaszi árpa esetében mértük, 2006-ban és 2007-ben. Nagyon sok törzs tartozott a *Saccharomyces* genushoz.

Kísérleteinkben továbbá megvizsgáltuk, hogy a sörlé erjesztésben meghatározó jelentőségű *S. cerevisiae* milyen mértékben tolerálja a nehézfémekkel történő talajszennyezést. *In vitro*, két *S. cerevisiae* törzs (NSS5099 és NSS7002) nehézfémekkel szembeni toleranciáját vizsgáltuk. A két törzs szaporodási kinetikáját olyan táptalajon tanulmányoztuk, amelyhez 50 µM koncentrációban adtunk Cu²⁺-, Pb²⁺-, Cd²⁺- vagy Ni²⁺-ionokat. A vizsgált nehézfémek élesztőtörzsekre gyakorolt toxicitása csökkenő sorrendben: Cu²⁺ > Pb²⁺ > Cd²⁺ > Ni²⁺. A 350 µM koncentrációjú Cu²⁺, Pb²⁺ vagy Cd²⁺ és 450 µM koncentrációjú Ni²⁺ 48 órás inkubációt követően 50%-kal csökkentette az élősejtek számát. Amikor a nehézfémek táptalajba történő adagolása előtt 50 mM Ca(HCO₃)₂, 75 mM MgSO₄, vagy 150 mM K₂SO₄-ot adtunk a közeghez, csökkent a nehézfémek sejtekre gyakorolt toxicitása, és több sejt maradt életben. A 350 és 450 µM koncentrációban lévő nehézfémek toxicitását a fémsók 40%-kal csökkentették.

Az utóbbi években egyre több tanulmány született a mikroorganizmusok nehézfém akkumulációjáról. A mikroszervezetek nehézfémekkel szembeni tűrőképességére és nehézfém

felvételére a bioremediációs hasznosíthatóságuk miatt egyre nagyobb figyelmet fordítanak. A toxikus nehézfémek komoly ökológiai problémát jelentenek környezetünkben, ezért kiemelkedő fontosságú a nehézfémekkel szennyezett talajok tisztítása. Kutatási eredményeink azt bizonyítják, hogy a nehézfémekkel szennyezett talaj rizoszférájából izolált *S. cerevisiae* törzsek – a gombákhoz hasonlóan – képesek a fémionok megkötésére, és ezért a nehézfémekkel szennyezett vizes oldatok detoxifikálására. Megállapítottuk, hogy az árpa rizoszférában előforduló *S. cerevisiae* – kiváló bioakkumulációs tulajdonságának köszönhetően – csökkenti a rizoszféra nehézfém-tartalmát, ezáltal megvédi a növényt az ezen elemekkel történő szennyezéstől. Az általunk kapott eredmények – melyeket 2008-ban publikáltunk is (TÓTH et al., 2008) – azt mutatják, hogy az NSS7002 törzs alkalmasabb a nehézfémekkel szennyezett talajok tisztítására, mint az NSS5099.

• **KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK**

A környezeti tényezők szignifikáns hatását tapasztaltuk a termésmennyiségre és a malátaminóságra. A szemkitöltődés ideje alatti hőmérsékletnek nagy hatása van a malátaminóságra. Ha a magas hőmérséklet vagy a szárazság – esetleg mindkettő – hatására lerövidül a szemkitöltődés időszaka, csökken a termés hozam. Az optimális hőmérséklet a szemkitöltődés ideje alatt kb 15-18°C. A megfelelő csapadékellátottság viszont nagyobb hatással van a malátaminóságra, mint a magas hőmérséklet és a szárazság. Az őszi árpa esetében kedvező, ha az április és a május csapadékosabb, viszont a 2007-es évet a meleg, száraz tavasz jellemezte. Áprilisban mindössze 0-10 mm csapadék hullott, amely miatt az őszi vetésű növényeknél a vegetáció felgyorsult.

Malátaminóság szempontjából a 2006. év kedvezőnek volt mondható, a 2007. év ezzel ellentétben gyenge malátaminóságot eredményezett. 2007-ben a száraz, enyhe tél és a meleg, száraz tavasz az őszi árpa fejlődését hátrányosan befolyásolta. Ez évben az összes gabonaféle termésátlaga csökkent, termésmennyiségük alatta maradt a 2006-os évinek. Árpából lényegesen kevesebb, kb. 1,0 millió tonna termett, 3%-kal kevesebb, mint 2006-ban. Összességében elmondható, hogy a 2007. év az árpatermesztés szempontjából kedvezőtlennek mondható.

A sörárpa igényeit leginkább a kompolti körülmények biztosították. E helyen a termés elfogadhatóan magas volt, a fehérjetartalom a söripar igényeinek megfelelően alacsony, az osztályozottság magas.

A sörárpa nemesítés a betegségekre történő rezisztencia, valamint a termésmennyiségen kívül, a söripari minőségre is történik. Az erre történő leghatékonyabb módszer a mikromalátázás, amelynek hátránya viszont a magas mintaszám, és a kevés anyagmennyiség. Éppen ezért a nemesítők más – mikromalátázás nélkül megállapítható – tulajdonságokat is figyelembe vesznek, úgy, mint ezerszemtömeg, magméret, mag morfológia, szem fehérjetartalom, várható extrakttartalom a NIR technika alapján. A kísérlet alatt, mind az alacsonyabb, mind a magasabb fehérjetartalmú árpákból készült maláta, alacsonyabb, illetve magasabb extrakttartalommal, illetve Kolbach számmal.

Sörgyártáshoz viszont már nem alkalmasak a magasabb fehérjetartalmú árpák, mert nem csak, hogy csökkentik a maláta extrakttartalmát, de a végtermék, vagyis a sör minőségét is hátrányosan befolyásolja. Hasonló fehérjetartalmú árpák viszont mégis nagymértékben különbözhetnek malátaminőségüket illetően. A fehérjetartalom a környezettől függően változik. Mennyiségét befolyásolhatják klimatikus tényezők, valamint a kijuttatott N mennyisége is.

Levonhatjuk a következtetést, hogy a kompolti törzsek (őszi, illetve tavaszi) többsége alkalmas maláta-, illetve sörgyártásra.

Megfelelő söripari minőségű árpát enyhe hőmérsékleti és magasabb csapadékmennyiségű helyen lehet előállítani. Az időjárásnak van a legnagyobb hatása a szemkitöltődésre. Az ez alatt az idő alatt fellépő szárazság hatására csökken a szemek osztályozottsága (LEISTRUMAITÉ et al., 2009). SHAKHATREH et al. (2001) szerint, a szemkitöltődés alatti megfelelő nedvességtartalom pozitív hatással van a termés hozamra, viszont szárazabb körülmények között a hosszabb vegetációs idejű fajták kisebb termés hozamot eredményeznek.

Az őszi és a tavaszi árpa hazánk növénytermesztésében jelentős szerepet tölt be, vetésterülete 300 – 400.000ha között változik évről-évre. Magyarországon az őszi árpa (takarmány- és sörárpa) az egyik legeredményesebben termesztendő növényünk lehet az Európai Unióban és vélhetően kiváló ökorezisztenciájának köszönhetően az egyre melegebb éghajlatot és az azzal együtt járó anomáliákat, elsősorban az egyre gyakrabban fellépő aszályt, viszonylag jól tolerálja. Az őszi árpa a legszárazságtűrőbb gabona faj. Viszonylag jól elviseli az utóbbi években előforduló igen magas hőmérsékletet, az ezzel járó aszályos periódusokat, beleértve a légköri aszályt is (MURÁNYI et al., 2008).

Kutatási eredményeink azt bizonyítják, hogy a nehézfémekkel szennyezett talaj rizoszférájából izolált *S. cerevisiae* törzsek – a gombákhoz hasonlóan – képesek a fémionok megkötésére, és ezért nehézfémekkel szennyezett vizes oldatok detoxifikálására. Megállapítottuk, hogy az árpa rizoszférában előforduló *S. cerevisiae* – kiváló bioakkumulációs tulajdonságának köszönhetően – csökkenti a rizoszféra nehézfém-tartalmát, ezáltal megvédi a növényt az ezen elemekkel történő szennyezéstől. E megállapítás biztos alapokra helyezése érdekében, további kísérletek elvégzése, többek között a növény és a talaj nehézfém-tartalmának mérése szükséges. Az általunk kapott eredmények – melyeket 2008-ban publikáltunk is (TÓTH et al., 2008) – azt mutatják, hogy az NSS7002 törzs sokkal alkalmasabb a nehézfémekkel szennyezett talajok tisztítására, mint az NSS5099. További kutatások szükségesek ahhoz, hogy optimalizáljuk a vizes oldatokból történő fémfelvételt, és hogy részletesebben megvizsgálhassuk az élesztősejtek általi fémmegkötést, és bioremediációban történő hasznosításukat. Következésképpen, a fém megjelenése sokkal inkább meghatározó tényező az adszorpció, és így a töltésváltozás terén, mint a sejttípus.

• ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az őszi és a tavaszi árpa hazánk növénytermesztésében jelentős szerepet tölt be. Földünk légkörének felmelegedése következtében az időjárásunk várhatóan változékonyabbá és szárazabbá válik. Célunk az volt, hogy - az időjárás szempontjából nagymértékben különböző - két év tavaszi és őszi árpáinak technológiai tulajdonságairól eredményeket szolgáltatassunk, és következtetéseket vonjunk le azok söripari felhasználhatóságát illetően. Mikrobiológiai vizsgálatokat végeztünk az árpa talajával, valamint az árpa rizoszférában előforduló *Saccharomyces cerevisiae* két törzsének nehézfém-tűrésével kapcsolatban.

Megállapítottuk, hogy:

- 6.1. Az aszályra hajlamos, mérsékelt meleg, csapadékban szegény kompolti körülmények ellenére magas termés hozam és viszonylag alacsony fehérjetartalom érhető el a söripari célra termesztett őszi árpánál. Hagyományos, vegyszerterhelt gazdálkodásban, nagymértékben savas kémhatású talajon jelentősen magas termés hozam érhető el az őszi árpa esetében. A Kompolton termesztett őszi árpából készített maláta söripari tulajdonságai nem mutatnak jelentős eltérést a tavaszi árpából előállított maláta technológiai tulajdonságaihoz képest, tehát a söripar számára felhasználhatónak minősül.
- 6.2. Az őszi árpa kiváló ököre zisztenciájának köszönhetően a meleg éghajlatot és az aszályt (Isd. 2007. év) jól tolerálja, ezért – a söripar számára megfelelő fajta előállításával – egyre nagyobb mértékben kerülhet termesztésbe, maláta-, és sörgyártás céljából.
- 6.3. A talaj biológiai aktivitás (talajlégzés) mértéke magasabb a tavaszi árpa rizoszférában, mint az őszi árpában, valamint magasabb 2006-ban, mint 2007-ben. A rizoszféra enzimaktivitásában és talajlégzésében lévő különbségek elsősorban az eltérő klimatikus körülményeknek köszönhetőek. Megállapítottuk, hogy a talajlégzés mértéke a szennyvíziszappal kezelt talajokban nőtt, valamint a mikrobaszám növekedésével egyenes arányban az FDA aktivitás is emelkedett.
- 6.4. Megállapítottuk, hogy az árpa rizoszférában előforduló *S. cerevisiae* – kiváló bioakkumulációs tulajdonságának köszönhetően – csökkenti a rizoszféra nehézfém-tartalmát, ezáltal megvédheti a növényt az ezen elemekkel történő szennyezéstől. E megállapítás biztos alapokra helyezése érdekében, további kísérletek elvégzése, többek között a növény és a talaj nehézfém-tartalmának mérése szükséges. A két, vizsgálatba vont élesztőtörzs közül az NSS7002 törzs sokkal alkalmasabbnak bizonyult a nehézfémekkel szennyezett talajok tisztítására, mint az NSS5099.
- 6.5. Kísérleteinkkel azt is bizonyítottuk, hogy abban az esetben, ha a nehézfémek táptalajba történő adagolása előtt 50 mM $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 75 mM MgSO_4 , vagy 150 mM K_2SO_4 -ot adtunk a közeghez, csökkent a nehézfémek élesztősejtekre gyakorolt toxicitása.

• IRODALOM

- ANALYTICA-EBC (1998): Verlag Hans Carl, Getranke-Fachverlag, Nürnberg, Germany. ISBN 3-418-00759-7.
- BANTAYEHU M. (2009): Analysis and correlation of stability parameters in malting barley. *African Crop Science Journal*, 17 (3): 145-153 pp.
- BÁNHEGYI J. et al., (1985): Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozókönyve. I.–III. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- BERTHOLDSSON N.O. (1999): Characterization of malting barley cultivars with more or less stable grain protein content under varying environmental conditions. *European Journal of Agronomy*, 10 (1): 1-2 pp.
- BIRCH C.J., FUKAI S., BROAD I.J. (1997): Estimation of responses of yield and GPC of malting barley to nitrogen fertilizer using plant nitrogen uptake. *Aust. J. Agric. Res.*, 48: 635-648 pp.
- BLACKWELL, K.J., TOBIN, J.M., AVERY, S.V. (1998): Manganese toxicity towards *Saccharomyces cerevisiae*: Dependence on intracellular and extracellular magnesium concentrations. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 49: 751–757 pp.
- CHEN J.X., DAI F., WEI K., ZHANG G.P. (2006): The effects of timing of nitrogen fertilizer application on some grain and malt qualities of barley. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 7: 79-84 pp.
- CHEN C.M., WANG J. (2007): Response of *Saccharomyces cerevisiae* to lead ion stress. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 74: 683-687 pp.
- CONRY M.J. (1995): Comparison of early, normal and late sowing at three rates of nitrogen on the yield, grain nitrogen and screenings content of Blenheim spring malting barley in Ireland. *J. Agricult. Sci.*, 125: 183-188 pp.
- CONRY M.J. (1997): Effect of fertiliser N on the grain yield and quality of spring malting barley grown on five contrasting soils in Ireland. *Proc. R. Irish Acad.*, 97: 185-196 pp.
- DEÁK T. (1998): Élesztőgombák a természetben és az iparban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- DOMSCH, K.H., GAMES, W., TRAUTE-HEIDI, A. (1980): Compendium of Soil Fungi. Academic Press. London–San Francisco.
- FERNANDES, S.A.P., BETTIOL, W., CERRI, C.C. (2005): Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. *Appl. Soil Ecol.* 30: 65–77 pp.
- FILICHKIN T.P., VINJE M.A., BUDDE A.D., COREY A.E., DUKE S.H., GALLAGHER L., HELGESSON J., HENSON C.A., OBERT D.E., OHM J.B., PETRIE S.E., ROSS A.S., HAYES P.M. (2010): Phenotypic variation for diastatic power, β -amylase activity, and β -amylase thermostability vs. allelic variation at the Bmy1 locus in a sample of North-American barley germplasm. *Crop Sci.*, 50: 1-2 pp.
- FOX G.P., PANOZZO J.F., LI C.D., LANCE R.C.M., INKERMAN P.A., HENRY R.J. (2003): Molecular basis of barley quality. *Aust. J. Agric. Res.*, 54: 1081-1101 pp.
- GIANINETTI A., TOFFOLI F., CAVALLERO A., DELOGU G., STANCA A.M. (2005): Improving discrimination for malting quality in barley breeding programmes. *Field Crops Research*, 94 (2-3): 189-200 pp.
- GOLDSTEIN, A.H. (1986): Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *Am. J. Altern. Agric.* 1: 51–57 pp.
- GRANT C.A., GAUER L.E., GEHL D.T., BAILEY L.D. (1991): Protein production and nitrogen utilization by barley cultivars in response to nitrogen fertilization under varying moisture conditions. *Can. J. Plant Sci.*, 71: 997-1009 pp.

- HENDRICKS, C.W., DOYLE, J.D., HUGLEY, B. (1995): A new solid medium for enumerating cellulose-utilizing bacteria in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 2016–2019 pp.
- HOLT, G.S. et al. (1994): Aerobic chemolithotrophic bacteria and associated organisms. In: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9th ed. (Eds.: MURRAY, R.G. E. et al.) 427–455 pp. Williams & Wilkins. Baltimore, USA.
- LEISTRUMAITĖ A., PAPLAUSKIENĖ V., MAŠAUSKIENĖ A. (2009): Evaluation and use of genetic resources in spring malting barley breeding in Lithuania. *Proc. Latvian Acad. Sci., Section B*, 63 (½): 61 p.
- LLOYD-JONES, G., LAURIE, A.D., TIZZARD, A.C. (2005): Quantification of *Pseudomonas* population in New Zealand soils by fluorogenic PCR assay and culturing techniques. *J. Microbiol. Meth.* 60: 217–224 pp.
- McTAGGART I.P., SMITH K.A. (1992): The effect of fertiliser and soil nitrogen on the overall uptake of nitrogen in the plant, and the grain nitrogen content of spring-sown malting barley. HGCA Project Report, 46: 126 p.
- MOLINA-CANO J.L., FRANCESCH M., PEREZ-VENDRELL A.M., RAMO T., VOLTAS J., BRUFAU J. (1997): Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. *J. Cereal Sci.*, 25: 37-47 pp.
- MOLINA-CANO J.L., RUBIÓ A., IGARTUA E., GRACIA P., MONTOYA J.L. (2000): Mechanisms of malt extract development in barleys from different European regions. II. Effect of barley hordein fractions on malt extract yield. *J. Inst. Brew.*, 106: 117-123 pp.
- MURÁNYI I., TÓTH N., BÓDI Z. (2008b): Őszi és tavaszi árpa nemesítés eredményei a kompolti Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben. *Értékálló Aranykorona*, 8 (1): 12 p.
- NAUTIYAL, C.S., DION, P. (1990): Characterization of opine-utilizing microflora associated with samples of soil and plants. *Appl. Environ. Microbiol.* 6: 2576– 2579 pp.
- PASTERNAKIEWICZ A. (2006): The growth of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in cadmium enriched media. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 5 (2): 39-45 pp.
- PETTERSSON C.G., ECKERSTEN H. (2007): Prediction of grain protein in spring malting barley grown in northern Europe. *European Journal of Agronomy*, 27 (2-4): 205-214 pp.
- PSOTA V., HARTMANN J., SEJKEROVÁ Š., LOUČKOVÁ T., VEJRAŽKA K. (2009): 50 years of progress in quality of malting barley grown in the Czech Republic. *J. Inst. Brew.*, 115 (4): 288 p.
- QI J.C., ZHANG G.P., ZHOU M.X. (2006): Protein and hordein content in barley seeds as affected by nitrogen level and their relationship to beta-amylase activity. *J. Cereal Sci.*, 43: 102-107 pp.
- SALEKDEH G.H., REYNOLDS M., BENNETT J., BOYER J. (2009): Conceptual framework for drought phenotyping during molecular breeding. *Trends in Plant Science*, 14: 488-496 pp.
- SAVIN R.S., NICOLAS M.E. (1996): Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Aust. J. Pl. Physiol.*, 23: 201-210 pp.
- SCHNÜRER, J., ROSSWALL, T. (1982): Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Appl. Environ. Microbiol.* 43: 1256– 1261 pp.
- SHAKHATREH Y., KAFFAVIN O., CECCARELLI S., SAOUB H. (2001): Selection of barley lines for drought tolerance in low-rainfall areas. *Journal of Agronomy*, 186 (2): 119-127 pp.
- SHAREEF K.M. (2009): Sorbents for contaminants uptake from aqueous solutions. Part I. Heavy metals. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5 (S): 819-831 pp.
- SMITH D.B. (1990): Barley seed protein and its effects on malting and brewing quality. *Plant Varieties Seeds*, 3: 63-80 pp.
- SZEGI J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.

- TOMCSÁNYI A. (1998): A fehérjetartalom, mint a söripari érték mutatója. *Gyakorlati Agrofórum*, 9 (3): 52-53 pp.
- TÓTH N., BAYOUMI H., PALÁGYI A., KECSKÉS M. (2008): Ca-, Mg-, és K sók hatása egyes nehézfémek *Saccharomyces cerevisiae* törzsekre gyakorolt toxicitására. *Agrokémia és Talajtan*, 57 (1): 161-176 pp.
- VERMA R.P.S., NAGARAJAN S. (1996): Environmental effects on malting quality of barley in India. In: SLINKARD A., SCOLES G., ROSSANGEL B. (eds.). Proc. VII. International Barley Genetics Symposium. July 30-August 6, 1996. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 44-46 pp.
- VERMA R.P.S., SARKAR B., GUPTA R., VARMA A. (2008): Breeding barley for malting quality improvement in India. *Cereal Res. Comm.*, 36 (1): 135 p.
- WANG J.M., CHEN J.X., DAI F., WU F.B., YANG J.M., ZHANG G.P. (2007): Protein fractions in barley grains as affected by some agronomic factors and their relationships to malt quality. *Cereal Research Communications*, 35 (1): 129-140 pp.
- WARDLAW I.F., WRIGLEY C.W. (1994): Heat tolerance in temperate cereals: an overview. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21: 695-703 pp.
- YURTSEVER M., AYHAN I., ENGIL S. (2009): Biosorption of Pb(II) ions by modified quebracho tannin resin. *J. Hazardous Materials*, 163: 58-64 pp.
- ZELLES L., ADRIAN P., BAI Q.Y., STEPPER K., ADRIAN M.V., FISCHER K., MAIER A., ZIEGLER A. (1991): Microbial activity measured in soils stored under different temperatures and humidity conditions. *Soil Biol. Biochem.* 191: 955-962 pp.

• PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

LEKTORÁLT FOLYÓIRATOKBAN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

Magyar nyelv:

- **Tóth Nikoletta**, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Kecskés M. (2008): Ca-, Mg- és K-sók hatása egyes nehézfémek *Saccharomyces cerevisiae* törzsekre gyakorolt toxicitására. *Agrokémia és Talajtan*, **57**: 161-176.
- Palágyi A., Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth Nikoletta**, Kecskés M. (2008): Szennyvíziszappal kezelt *Medicago sativa* L. növekedésének és rizoszféra tulajdonságainak monitorozása modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*, **57**: 113-132.
- Murányi I., Pocsai E., **Tóth Nikoletta**, Bódi Z. (2008): Télálló kétsoros őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) nemesítése. *Növénytermelés*, **57**: 3-8.
- **Tóth Nikoletta**, Murányi I., Bódi, Z. (2009): Az árpa söripari tulajdonságainak vizsgálata. *Növénytermelés*, **58** 1: 93-111.

IDEGEN NYELV: HAZAI EGYETEMI BULLETINBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

- **Tóth Nikoletta**, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Kecskés M. (2008): Ca²⁺ and Mg²⁺ suppress the heavy metal activity on the multiplication of some *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Scientific Bulletin of Szent István University, Gödöllő, Hungary*. pp: 125-133.
- Palágyi Attila, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth Nikoletta**, Kecskés Mihály (2008): Effect of soil organic matter and inorganic fertilizers on alfalfa nodulation by *Sinorhizobium meliloti* strain. *Scientific Bulletin of Szent István University, Gödöllő, Hungary*. pp: 114-124.

IDEGEN NYELV: FOLYÓIRATBAN MEGJELENT RÖVID KÖZLEMÉNYEK

- Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Elfallah Fatma, Fallah Hoda M.B., Shwerif Najia A.K., D. Tóth Márta, **Tóth Nikoletta**, Balázs Sándor (2006): Heavy metals influenced the microbial properties, enzymatic activities and respiration rate in alfalfa soil rhizosphere. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, **53** (supplement): 247-248 pp.

KÜLFÖLDI TUDOMÁNYOS RENDEZVÉNYEKEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

- **Tóth Nikoletta**, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Murányi I., Kecskés M. (2008): Toxicity of heavy metals on *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from rhizosphere. *Cereal Research Communications*, **36**: 775-778.
- Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Algaidi A.A., **Tóth Nikoletta**, Hamid Y.S., Heltai Gy. (2006): Enzymatic activities and microbial contents as reliable indicators to evaluate the resilience of soil quality and the growth of alfalfa. Proceedings of VI. National Scientific Conference with International Participation "Ecology & Health 2006" 18th May 2006. Plovdiv, Bulgaria. pp: 247-253.
- Palágyi A., Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth Nikoletta**, Kecskés M. (2006): Effect of nitrate-nitrogen sources on root colonization of *Medicago sativum* by *Sinorhizobium meliloti* in the presence of various nitrification inhibitors. Proceedings of VI. National Scientific Conference with International Participation "Ecology & Health 2006" 18th May 2006. Plovdiv, Bulgaria. pp: 261-267.
- Palágyi A., Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth N.**, Kecskés M. (2006): Toxicity effect of Cd²⁺, Cu²⁺ and Pb²⁺ ion on nodulation potential of *Sinorhizobium meliloti* on *Medicago sativa* root in the presence of fluorescent *Pseudomonas* strain. Proceeding of the VII. International Ph.D. Students Conference. RNDr. M. Slábová, Ing. Z. Sýkorová (Eds.). 4th April 2006. University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, České Budějovice, Czech Republic. pp.: 55-60. ISBN 80-7040-847-2.
- **Tóth Nikoletta**, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi Attila, Kecskés Mihály (2006): Toxic effect of heavy metals in *Saccharomyces cerevisiae*: A comparative study. Proceeding of the VII. International Ph.D. Students Conference. RNDr. M. Slábová, Ing. Z. Sýkorová (Eds.). 4th April 2006. University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, České Budějovice, Czech Republic. pp.: 65-71. ISBN 80-7040-847-2.

HAZAI TUDOMÁNYOS RENDEZVÉNYEKEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

Idegen nyelv:

- Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi Atilla, **Tóth Nikoletta**, Essam Talha, Kecskés Mihály (2004): Effect of some metabolic inhibitors on the symbiotic relationship between *Vicia faba* L. and *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*. In: Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testülete évkönyvei Vol.: **13**. Tudományos Ülés, Nyíregyháza. S. Kókai (Ed.). Kápitális Nyomdaipari és Kereskedelmi Kft, Debrecen. pp: 417-421.
- **Tóth Nikoletta**, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Kecskés Mihály (2004): Toxic effect of heavy metals in *Saccharomyces cerevisiae*: A comparative study. In: Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testülete évkönyvei Vol.: **13**. Tudományos Ülés, Nyíregyháza. S. Kókai (Ed.). Kápitális Nyomdaipari és Kereskedelmi Kft, Debrecen. pp: 441-444.
- Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi Atilla, **Tóth Nikoletta**, Kecskés Mihály (2005): Effect of some ecotoxicants on root colonization of *Vicia faba* by *Rhizobium leguminosarum* in the presence of various nitrate-nitrogen sources. In: Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének XIV. évi Közgyűléssel egybekötött Tudományos Ülésének Előadásai **I.** rész. 2005. szeptember 30. – október 01. Nyíregyháza. P. Nagy (Ed.). CD-R kiadvány a KÁLL-TRADE Kft, Nyíregyháza. pp: 41-46. ISBN-13:978-963-8048-32-5.
- Palágyi Atilla, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth Nikoletta**, Kecskés (2005): Effect of Cd²⁺, Cu²⁺ and Pb²⁺ ion on nodulation potential of *Sinorhizobium meliloti* on *Medicago sativa* root in the presence of fluorescent *Pseudomonas* strain. In: Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének XIV. évi Közgyűléssel egybekötött Tudományos Ülésének Előadásai **III.** rész. 2005. szeptember 30. – október 01. Nyíregyháza. P. Nagy (Ed.). CD-R kiadvány a KÁLL-TRADE Kft, Nyíregyháza. pp: 73-80. ISBN-13:978-963-8048-32-5.

- Palágyi Attila, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth Nikoletta**, Kecskés Mihály (2005): Influence of various plant residues and inorganic fertilizers on alfalfa nodulation by *Sinorhizobium meliloti*. In: Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének XIV. évi Közgyűléssel egybekötött Tudományos Ülésének Előadásai **III.** rész. 2005. szeptember 30. – október 01. Nyíregyháza. P. Nagy (Ed.). CD-R kiadvány a KÁLL-TRADE Kft, Nyíregyháza. pp: 100-108. ISBN-13:978-963-8048-32-5.
- **Tóth Nikoletta**, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Kecskés Mihály (2005): Assessment of yeast activity as a bio-indicator of heavy metal toxicity. In: Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének XIV. évi Közgyűléssel egybekötött Tudományos Ülésének Előadásai **IV.** rész. 2005. szeptember 30. – október 01. Nyíregyháza. P. Nagy (Ed.). CD-R kiadvány a KÁLL-TRADE Kft, Nyíregyháza. pp: 147-155. ISBN-13:978-963-8048-32-5.

Magyar nyelv:

- **Tóth Nikoletta**, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Kecskés Mihály (2005): Nehézfém toxikus hatása a *Saccharomyces cerevisiae* törzseire: Összehasonlító tanulmány. In: Az MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének XIV. évi Közgyűléssel egybekötött Tudományos Ülésének Előadásai **IV.** rész. 2005. szeptember 30. – október 01. Nyíregyháza. P. Nagy (Ed.). CD-R kiadvány a KÁLL-TRADE Kft, Nyíregyháza. pp: 156-164. ISBN-13:978-963-8048-32-5.

ISMERETTERJESZTŐ CIKKEK

- Murányi I., **Tóth N.**, Bódi Z. (2008): Őszi és tavaszi árpa nemesítése és eredményei a kompolti Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben. *Értékálló Aranykorona*. **8**: 12-14.
- Murányi I., Bódi Z., **Tóth N.** (2008): Őszi árpa termesztés kompolti kitekintéssel. *Agrofórum*, **19**: 22-24.