SZENT ISTVÁN EGYETEM

A környezeti tényezők hatása az árpa és a maláta söripari tulajdonságaira

Doktori értekezés

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

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS ... 1
1.1. A téma aktualitása, jelentősége ... 1
1.2. Célkitűzés ... 3

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS ... 5
2.1. Az árpa morfológiája ... 5
2.1.1. Az árpaszem összetétele ... 7
2.1.1.1. Szénhidrátok ... 7
2.1.1.2. Fehérjék ... 8
2.1.1.3. Zsírok ... 9
2.1.1.4. Ásványi anyagok ... 10
2.1.1.5. Cseranyagok és polifenolok ... 10
2.1.1.6. Vitaminok ... 11
2.1.1.7. Enzimek ... 11
2.1.2. Árpa rizoszféra ... 11
2.1.3. Fajtahasználat ... 12
2.1.4. Vetési idő alapján csoportosított árpatípusok ... 14
2.1.1.8. Őszi árpa ... 14
2.1.1.9. Tavaszi árpa ... 16
2.1.5. A talaj kémhatása, mint környezetei tényező és az árpatermesztés ... 17
2.2. Söripari tulajdonság ... 18
2.2.1. Egyes söripari tulajdonságok között fellépő korrelációk ... 23
2.2.2. Az árpa malátázása és a cefrézés ... 25
2.2.3. Erjesztés ... 29
2.2.3.1. Az erjesztéshez használt élesztők ... 30
2.2.3.2. *Saccharomyces cerevisiae* nehézfém felvétele ... 31
2.3. Környezeti tényezők hatása az árpa söripari tulajdonságaira ... 35

3. ANYAG ÉS MÓDSZER ... 40
3.1. Anyagok ... 40
3.1.1. A kísérleti tér elhelyezkedése ... 40
3.1.2. A kísérleti tér talajának jellemzése ... 40
3.1.3. A kísérleti évek időjárásának, termésalakulás szempontjából fontos jellemzése ... 41
3.2. Módszer ... 43
3.2.1. Kísérletek beállítása ... 43
3.2.2. Az alkalmazott főbb agrotechnikai eljárások ... 44
3.2.3. Az árpa malátázáshoz történő előkészítése ... 46
3.2.4. Az Európai Sörgyártók Szövetsége (EBC) ... 47
3.2.5. Az árpa söripari tulajdonságainak meghatározása ... 47
3.2.6. Malátázás ... 50
3.2.7. A maláta söripari tulajdonságainak meghatározása ... 50
3.2.7.1. Sörlé előállítása ... 51
3.2.7.2. Szűrés, valamint szín- és zavarosságmérés és szűrési idő meghatározás ... 52
3.2.7.3. Extrakttartalom és extraktdifferencia meghatározása ... 53
3.2.7.4. Viszkozitás meghatározása ... 53
3.2.7.5. A maláta összes és oldható N tartalmának, Kolbach-számnak a meghatározása ... 54
3.2.7.6. Friabilitás meghatározása ... 54

3.2.8. *Saccharomyces cerevisiae* nehézfémtűrése 55
3.2.8.1. Fenntartás és szaporítás 55
3.2.8.2. A minimális gátló koncentráció (MIC) meghatározása 56
3.2.8.3. A sejtszaporodás meghatározása különböző nehézfém koncentrációk esetén 56
3.2.8.4. A Ca^{2+}-, Mg^{2+}- és K^{+} sók hatása az élesztősejtek nehézfémekkel szembeni tűrőképességére, különböző koncentrációk esetén 56
3.2.9. Az árpa szántóföldi talajának biológiai elemzése 57
3.2.9.1. A CO_2-kibocsátás meghatározása 57
3.2.9.2. FDA enzimaktivitása 57
3.2.9.3. Talaj-mikroorganizmusok előfordulása 57
3.2.9.4. Mikrobiális foszfát oldásának vizsgálata 58
3.2.9.5. Mikrobiális cellulózbontók jellemzése 58
3.3. Kísérleti statisztikai analízis 58

4. EREDMÉNYEK 59
4.1. Árpa termeszthetősége 59
4.1.1. Őszi árpa termésmennyisége 59
4.1.2. Tavaszi árpa termésmennyisége 60
4.1.3. Őszi árpa ezerszemtömege, szárszilárdsága és szármagassága 61
4.1.4. Tavaszi árpa ezerszemtömege, szárszilárdsága és szármagassága 62
4.1.5. Őszi árpa osztályozottsága 64
4.1.6. Tavaszi árpa osztályozottsága 66
4.2. Az árpa söripari tulajdonságai 66
4.2.1. Őszi árpa söripari tulajdonságai 66
4.2.1.1. Őszi árpa söripari tulajdonságai közötti összefüggés 68
4.2.2. Tavaszi árpa söripari tulajdonságai 73
4.2.2.1. Tavaszi árpa söripari tulajdonságai közötti összefüggés 74
4.3. Az árpa talajának néhány biológiai jellemzése 79
4.3.1. A CO_2-kibocsátás meghatározása 79
4.3.2. A talaj enzimaktivitása 80
4.3.3. Talaj-mikroorganizmusok előfordulása 80
4.4. *Saccharomyces cerevisiae* nehézfémtűrése 81
4.4.1. A minimális gátló koncentráció (MIC) meghatározása 81
4.4.2. A sejtszaporodás kinetikája különböző nehézfém koncentrációk esetén 81
4.4.3. A sejtszaporodás meghatározása különböző nehézfém koncentrációk esetén 83
4.4.4. A Ca^{2+}, Mg^{2+} és K^{+} ionok hatása az élesztősejtek nehézfémekkel szembeni toleranciájára, különböző koncentrációk esetén 84
4.4.5. A Ca^{2+}, Mg^{2+} és K^{+} ionok hatása a nehézfémeket toxikus koncentrációban tartalmazó táptalajon szaporodó biomasszára 84

5. AZ EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA 86
5.1. Az árpa termeszthetősége és söripari tulajdonságai az időjárás függvényében 86
5.1.1. Termésmennyiség 86
5.1.2. Ezerszemtömeg és szárszilárdság 87
5.1.3. Osztályozottság 87
5.2. Az árpa söripari tulajdonságai 87
5.2.1. Őszi árpa 88
5.2.1.1. Fehérjetartalom 88
5.2.1.2. β-glükán tartalom 88
5.2.1.3. Csírázási energia 89

5.2.1.4. Extrakttartalom 89
5.2.2. Tavaszi árpa 90
5.2.2.1. Fehérjetartalom 90
5.2.2.2. β-glükán tartalom és viszkozitás 91
5.2.2.3. Csírázási energia 91
5.2.2.4. Extrakttartalom 91
5.3. Az árpa talajának néhány biológiai jellemzése 92
5.4. *Saccharomyces cerevisiae* nehézfémtűrése 93
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 95
7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 96
8. ÖSSZEFOGLALÁS 98
8.1. Summary 100
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 102
10. IRODALOM 103
11. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK 119

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

2.1. A téma aktualitása, jelentősége

Az utóbbi évtizedekben az emberi tevékenység következtében egyre nagyobb mennyiségben kerülnek szennyező anyagok a környezetbe. A talajokban kimutatható szennyező anyagok eredetüket és hatásukat tekintve is igen sokfélék lehetnek. A szennyezés és a talajsavanyodás a mezőgazdasági művelésbe vont földterületek különösen nagy részét érintik, amely humán egészségügyi és ökológiai veszélyt jelenthet (LIU et al., 2009). Az élelmiszerek minősége nagymértékben függ a környezet szennyezettségétől. Az aszály, és a talajok magas sótartalma pedig a világ élelmiszer készletét veszélyezteti (NEVO és CHEN, 2010). Hazánk Európai Unióhoz való csatlakozása óta a környezetvédelemmel és az élelmiszernövények termesztésével szemben is egyre nagyobb a társadalmi elvárás.

Az árpát emberi fogyasztásra, takarmányozásra, gyógyszerek, valamint alkoholtartalmú italok előállítása céljából termesztik (BANTAYEHU, 2009). A tavaszi árpa a búza után a második legnagyobb területen termesztett kalászosunk, de évenkénti területét az előző év sikeressége, vagy sikertelensége jelentősen befolyásolhatja. Területe Magyarországon a ’90-es évek elején meghaladta a 200 ezer ha-t, mai vetésterülete 125-130 ezer hektár között változik, termésátlaga pedig 2,5-4 t/ha (TÉRMEG, 2010). Magyarországon a tavaszi árpát két célból termesztik: egyrészt a söripar számára, másrészt takarmányozási célból. (CELUS et al., 2006). Hazánk a sörárpatermesztés déli határán fekszik, emiatt a klimatikus tényezők döntően befolyásolják a termesztés sikerességét. Gyakorlatilag az ország minden megyéjében termesztik, és kedvező években a nem tradicionális területeken is előállítható söripari minőség. Legnagyobb biztonsággal azonban Észak-Magyarországon és Nyugat-Dunántúlon termeszthető (LUKÁCS és MURÁNYI, 2006). Sajnos az utóbbi években jelentősen beszűkültek a sörárpatermesztés termőhelyi adottságai, mivel az évek óta tartó száraz időjárás – különösen a tartós tavaszi szárazság – nem minden korábbi termőhelyen kedvez a növény élettani igényeinek. A tavaszi árpát takarmányozás céljából is termesztik. A söripar számára a kevés fehérje a kedvező (JIN et al., 2008), míg a takarmányozásra a minél magasabb fehérjetartalom a kívánatos. Az árpa – árpagyöngy formájában – emberi fogyasztásra is alkalmas.

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.

Őszi vetésű árpát körülbelül 20-30%-ban használnak söripari célra. Európa-szerte egyre jobban terjed az őszi sörárpa termesztése. Ennek oka elsősorban egyre nagyobb termőképességében, és ezerszemtömegében, alacsonyabb fehérjetartalmában, és magasabb extrakttartalmában keresendő. Emellett kiváló ökorezisztenciájának köszönhetően jól tolerálja az egyre melegedő éghajlatot, és az azzal járó, egyre gyakrabban fellépő aszályt (DEUDON et al., 2001).

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. Ezek a minőségi tulajdonságok a fajta, az agrotechnika, és az ökológia által alapvetően befolyásoltak. Ezek megválasztásában a termelő döntési helyzetben van, azonban a klíma esetleges negatív hatásait csak korlátozottan tudjuk módosítani.

A malátagyártásra számos gabonafélét használhatunk, a malátaipar viszont a két- és hatsoros árpák közül döntő mértékben a kétsoros árpákat használja. Kizárólag a maláta pótlása, kiváltása céljából kerül sor egyéb szénhidrátforrások (kukorica, rizs, stb.) alkalmazására. A söripar számos kritérium alapján ítéli meg a maláta minőségét. Ezek vizsgálatához az árpát malátázni kell, amelynek laboratóriumi eszköze az ún. mikromalátázó. Ez egy olyan berendezés, amellyel kisméretű árpaminták egységesen és szabályozott körülmények között malátázhatóak. A malátázás az árpa szabályozott környezeti feltételek közötti csíráztatása. A folyamat célja elsősorban azoknak az enzimeknek a kinyerése, amelyeket a csírázás alatt a gabonaszemben tárolt tartalék anyagok átalakulásai idéznek elő (NARZISS, 1981). Az általánosan figyelembe vett árpa és maláta paramétereket az Európai Sörgyártók Szövetsége (European Brewery Convention - EBC) foglalja össze. A fajták söripari alkalmasságának előrejelzését részint a megadott értékek alapján, részint az árpa malátázhatóságát eldöntő egyéb tulajdonságok alapján végzik. Igen fontos szempont, a termőképességgel egyenrangú, a kiváló feldolgozási érték elérése (magas extrakttartalom, alacsony extraktdifferencia, optimális Kolbach-szám, végerjedés, viszkozitás, alacsony β-glükán tartalom). Az utóbbi tulajdonságok az árpa malátázása után mérhetőek. A söripari érték a különböző minőségi tulajdonságok összhatásaként alakul ki.

Az éghajlati, időjárási elemek a legkevésbé módosíthatóak. Hatásuk közvetlenül, vagy közvetetten jelentkezik. A klimatikus tényezők közvetlen hatása az egész tenyészidőszakban észlelhető. A növények termesztése során végig kísérik azok fejlődését, és pozitív, vagy negatív irányban befolyásolják az egyes terméselemek kialakítását. A növény – időjárás – talaj rendszer egyetlen tényezőjében történő változás a többi tényező változását eredményezheti (BOCZ, 1992). A növények számára nem megfelelő mértékű tápanyag utánpótlás például, mérsékli a fotoszintézist és növeli a légzés intenzitását (FÜLEKY, 1999; NÉMETH, 1996; SZABÓ, 1998). A talajba juttatott szennyezőanyagok és a különböző fizikai és kémiai környezeti tényezők, például pH változás, nehézfémek, tápanyag utánpótlás, stb. árpanövényekre kifejtett hatásának vizsgálata, és értékelése a közöttük fellépő interakciók elemzése alapján történhet. Az egyes környezeti hatások – a növény növekedésén és terméseredményén kívül – befolyásolják a sörárpa csírázóképességét, és malátavizsgálati tulajdonságait, valamint a fermentációhoz felhasznált élesztőtörzsek működését is. A cukrok alkohollá és széndioxiddá történő átalakítását, azaz az alkoholos erjedést az élesztők által termelt enzimek végzik. A sörélesztők által végzett alkoholos erjedés képezi a sörgyártás alapját, ezért elengedhetetlen a környezetbe juttatott szennyezőanyagok és környezeti tényezők e

mikroorganizmusokra gyakorolt hatásának mélyebb ismerete. A fermentáció szabályozásának alapvető feltétele a megfelelő élesztőtörzs szubsztrátum, valamint a felhasznált fermentor.

A söreladás terén, a hazai piacon 9%-os csökkenés következett be 2009-ben. A felére csökkent exporttal együtt 12%-kal kevesebb sört adtunk el 2009-ben, mint 2008-ban (SÖRSZÖVETSÉG, 2009). Hazánkban az évi sörfogyasztás jelenleg kb. 70 liter/fő körül alakul. A magyar sörpiac 90%-át három nemzetközi nagyvállalat tulajdonában lévő cég uralja: a Borsodi Sörgyár Zrt., a Dreher Sörgyárak Zrt., és a Heineken Hungária Zrt. Érdemes megemlíteni a Pécsi Sörfőzdét. A korábban nagy felvevő piacnak számító hazai söripar külföldi kézbe kerülése alaposan megváltoztatta a minőségi elvárásokat. Az utóbbi néhány évben érzékelhetően megbomlott az egyensúly és a kapcsolat a sörárpa-termeltetők, a sörgyárak, valamint a termelők között, mert sok volt a szigorúbb minőségi átvétel és a bonifikációk körüli vita. Nem elég olajozott ez a folyamat, aminek oka az is, hogy a tőlünk északabbra fekvő országok a jobb termesztési feltételeiknek köszönhetően kiszorítják a magyar sörárpát a piacról (NAGY, 2008). Ezért szükségszerű olyan kiváló alkalmazkodó képességű fajták előállítása, amelyek az ország területén eredményesen termeszthetőek.

Kutatómunkámban célul tűztem ki a Kompolton termesztett sörárpafajták és törzsek söripari tulajdonságainak meghatározását az évjárathatás függvényében. Vizsgálatom tárgyát a 2005-2007. év tavaszi és őszi sörárpafajtái és fajtajelöltjei képezték. Célom volt, annak meghatározása, hogy a környezeti tényezők közül a csapadékmennyiség és a hőmérséklet hogyan befolyásolták a 2006. és 2007. évi tavaszi és őszi árpa törzsek termésmennyiségét, fehérjetartalmát, extrakttartalmát, β-glükán tartalmát, osztályozottságát, valamint egyéb söripari tulajdonságát. További célkitűzésem volt, az árpa talajának mikrobiológiai analízise, valamint a sörgyártásban használatos *Saccharomyces cerevisiae* nehézfémtűrésének megállapítása.

2.1. Célkitűzés

- Az ökológiai változások hatásának vizsgálata az árpa termeszthetőségére, 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* nehézfémtűrése.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az árpa morfológiája

Malátagyártásra számos gabonafélét használhatunk, a legmegfelelőbb azonban a kétsoros árpa, amelynek minden szeme szimmetrikus, és egyenletesen fejlett. Az ősalakot, a hatsoros árpát az aszimmetrikus, és gyengén fejlett oldalsó szemek miatt Európában csak elvétve használják malátázásra (NARZISS, 1981). A kétsoros, vagy sörárpa (*Hordeum distichon*) a sör-, és a malátagyártás alapanyaga. Füzérkéinek hármas csoportjából csak a középső termékeny. A többsoros árpák mindhárom füzérkéje termést érlel. A hatsoros árpának (*Hordeum vulgare convar. hexastichon*) valamennyi füzérkéje egyformán fejlett (TURCSÁNYI, 1995). A kétsoros árpák két fő csoportja:

1. Egyenesen álló árpa (*Hordeum distichum erectum*). A kalász tömött, széles és az érési időszak alatt rendszerint egyenesen áll, az egyes szemek szorosan helyezkednek el egymás mellett.
2. Lehajló árpa (*Hordeum distichum nutans*). A kalász hosszú, keskeny, és az érés alatt lehajlik. A szemek egymás mellett, lazán helyezkednek el.

A sörárpa elsősorban a tavaszi árpaként termesztett, különféle fajtájú, lehajló kalászú árpák közül kerül ki. A két fő csoport árpáinak hovatartozása az egyes érett szemekről, a szembázis formájáról, és a tősörte szőrzetéről és formájáról ismerhető fel. Ezeken a jellemzőkön kívül a pikkelyecskék alakja és az oldalsó és a háti rész fogazottsága is felhasználható a fajták identifikálására. A sörárpát származás és fajta szerint hozzák forgalomba. Az éghajlati körülmények, és a fajták tulajdonságaitól függően a fajták jelentős különbséget mutathatnak az árpa malátázhatósága és söripari értéke szempontjából (NARZISS, 1981).

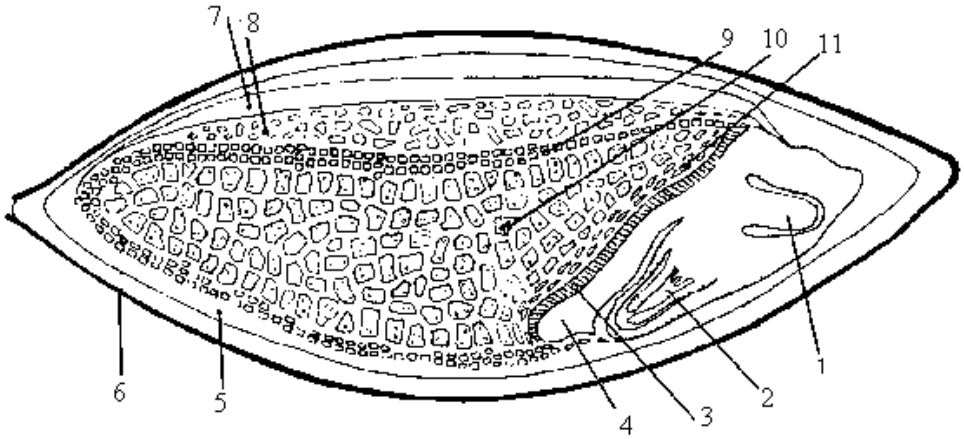
Az árpaszem legfontosabb részei a következők:

- A hasi oldal, a végigfutó hasi barázdával
- A háti oldal
- A talp, mellyel a szem a kalászhoz csatlakozott
- A csúcs, melyen a cséplésnél letörött toklász ült

A hasi varrat a talptól indul ki, és a csúcs felé kiszélesedik. A hasi varrat kezdetén a virág maradványaként egy 1-2 mm hosszú rost, a talpserte található. A talpserte fajtánként különböző, a feldolgozás szempontjából nincs jelentősége. A háti oldalon a talpnál rajzolódik ki a csíra. A csúcs felé haladva a héj kivilágosodik, keresztirányban kissé hullámos lesz. Ez az ún. redőzöttség. A héj vékony, redőzöttsége finom. Mivel vékony héjra van szükségünk, a finom redőzöttség fontos értékmérője a fajtáknak. Az árpaszemet két héjlevél veszi közre, a hasi és a háti. A háti héj átfedi a hasi héjat, mind a két oldalon. A talp hegyesebb, mint a csúcs (KUNZE, 1983).

Az árpaszem belső felépítése (1. ábra) a következő: csíra, endospermium (magfehérje), burok (maghéj). A csíra a mag élő része, amely a hátoldalon, a mag alsó végén van, és a levélcsírát és a

gyökércsírát foglalja magában. Vele együtt fejlődik a scutellum (pajzsocska), amely az endospermiumot határolja, és a fejlődő csíra a tápanyagot innen kapja. Ezt a célt szolgálja különösen az endospermiumot határoló felszívó hámszövet a maga tömlőszerű sejtjeivel. Az endospermium lényegében két szövetből, a keményítőt és a zsírt tartalmazó sejtekből áll. Az endospermiumot keményítőtartalmú sejtek alkotják, amelyek közé vázként fehérjék és gumiszerű anyagok ágyazódtak be (NARZISS, 1981). A keményítőnek a N-tartalmú anyagokhoz viszonyított arányától függ az endospermium lisztessége, illetve a sörárpa fehérjetartalma (LŐRINCZ, 1984). A keményítőt tartalmazó sejteket téglalap alakú, vastag falú sejtek hármas rétege veszi körül, amelyet aleuron- vagy sikérrétegnek neveznek. Ez fehérjéből és zsírokból áll (NARZISS, 1981). Belőle indul ki az enzimtevékenység (LŐRINCZ, 1984). A csíra közelében ez a réteg egy sejtsorból áll. Az endospermium keményítőtartalmú szövete és a csíra között üres, összenyomott sejtek vékony rétege fekszik, ami olyan feloldott endosperm réteg, amelynek a tartalmát a csíra már elhasználta. Az endospermiumban játszódnak le az árpaszem összes biológiai és kémiai változásai. A csíra fejlődésével lassanként lebomlik és felhasználódik. A burok védi a fejlődő csírát. A szem belső, hasi oldalán és a külső, háti oldalán elhelyezkedő héjból áll. Ez alatt van a külső fedőburok, a termésfal (pericarpium) és a belső fedőburok, a maghéj (testa). Mindkettő több sejtsorból áll, és látszólag egymással össze vannak nőve. A testa féligáteresztő (semipermeabilis), azaz a víz behatolhat a membránon keresztül, de a nagyobb molekulájú anyagok visszamaradnak. A különböző ionok a vízzel bejutnak a mag belsejébe (NARZISS, 1981).



1. ábra: Az árpaszem szerkezete: 1. gyököcske, 2. rügyecske, 3. pajzsocska, 4. epitélium, 5. magburok, 6. héj, 7. termésfal, 8. szubaleuron réteg, 9. aleuronréteg, 10. endospermium, 11. kiürült sejtek (NARZISS, 1999)

2.1.1. Az árpaszem összetétele

Az árpa víztartalma átlagosan 14-15%, de 12-20% között ingadozhat, attól függően, hogy az aratás idején milyen volt az időjárás. A víztartalmon kívüli anyag a szárazanyag-tartalom (KUNZE, 1983). A szárazanyag nitrogéntartalmú és nitrogénmentes szerves vegyületeket, és ásványi alkotórészeket tartalmaz (LŐRINCZ, 1984). Az árpa szárazanyag-tartalmának kémiai összetétele általában a következőképp alakul: szénhidrátok 80%, fehérjék 11%, zsír 2,5%, ásványi anyagok 2,6%, egyéb anyagok 3,9%.

2.1.1.1. Szénhidrátok

Az árpa változatos anyagösszetételének legnagyobb tömegét a szénhidrátok adják. Az egyes szénhidrátok azonban lényegesen különböznek mennyiségüket, illetve a feldolgozás és a végtermék szempontjából való jelentőségüket tekintve. A legfontosabbak a keményítő, a cukor, a cellulóz, a hemicellulóz, és a gumianyagok (KUNZE, 1983).

- Keményítő

A keményítő 60-65%-os mennyiséget tesz ki. Képződésük széndioxid és víz asszimilációjával következik be. Ennek a keményítő felhalmozódásnak a célja tápanyagtartalék létrehozása a csíra számára, első kifejlődésének ideje alatt. Keményítőszemcsék formájában raktározódnak el, amelyek két alakban (lencse formájú nagy szemcsék és kis golyó formájú szemcsék) ismerhetők fel. Az utóbbiak az árpa fehérjetartalmával növekszenek. Ásványi anyagokban is gazdagabbak, mint a nagy szemcsék. A keményítő szemcse két, szerkezetileg különböző szénhidrátból, az amilózból, és amilopektinből áll.

Az amilóz a keményítő 17-24%-át teszi ki; rendszerint a szemcse belsejében található, és hosszú, elágazás nélküli, spirálszerűen csavarodott $\alpha - 1 \rightarrow 4$ kötésű (maltózkötés), 60-2000 glükózláncból áll. A különböző hosszúságú molekulák molekulasúlya 10.000 és 50.000 között van. Az amilóz a jóddal tiszta kék színeződést ad; vízbe kolloid oldatot képez, és csirizt nem képez. Nem teljes lebontásnál, például enzimes lebontásnál maltóz diszacharid keletkezik.

Az amilopektin a keményítő 76-83%-át teszi ki. Az amilózzal ellentétben elágazó molekulaláncokból áll, amely túlsúlyban levő $\alpha - 1 \rightarrow 4$ kötés mellett $\alpha - 1 \rightarrow 6$ kötésekkel is rendelkezik. Általában az amilopektin láncok mintegy 15 glükózegység után ágaznak el. Ez a térbelileg elágazó szerkezet szolgáltatja az amilopektin elcsirizesedő képességét. 6.000 – 40.000 glükózegység mellett a molekulasúly 1 millió és 6 millió között van. Az amilopektin észterszerű kötésben mintegy 0,23% foszforsavat tartalmaz. A vizes oldat jóddal ibolyától tiszta vörösig színeződik. A keményítő íz és szagmentes. Fajsúlya vízmentes állapotban 1,63, égéshője 17.333 kJ/kg. Optikai forgatóképessége 201 – 204 között van (NARZISS, 1981).

- Cukor

Az árpa cukortartalma csekély, 1,8 – 2%-ig, szállítható anyagcsereterméket jelent a csíra számára. Mivel a szem az aratás idején nyugalmi állapotban van, csak kevés lebomlási termék található benne. A cukor legnagyobb részt szacharózból, valamint némi glükózból és fruktózból áll.

- Cellulóz

A vázanyagként szolgáló, mintegy 3,5 – 5 – 7%-nyi cellulóz kizárólag a héjban található. A cellulóz az amilózhoz hasonlóan elágazás nélküli molekula, amely 1,4 kötésű glükózcsoportokból épül fel. A glükózmolekulák egymáshoz viszonyított helyzete következtében oldhatatlan, és az enzimek sem képesek lebontani. Így a cellulóznak a sör minőségére nincsen befolyása (KUNZE, 1983). A cellulóz íz és szagmentes. A mag anyagcseréjében nem vesz részt, és megmarad a növényi testnek azon a helyén, ahol képződött. A cellulóz a malátagyártás alatt változatlan marad, és csak a cefreszűrésnél játszik szerepet szűrőrétegként (NARZISS, 1981).

- Hemicellulóz és gumianyagok

Az endospermium sejtfalainak fő alkotórészei hemicellulózok. β–glükánból és pentozánokból épülnek fel, amelyek együttesen alkotják a liszttest szilárd sejtfalvázát. A β-glükán és a pentozán szerkezete különböző, így a sör minőségére és előállítására való hatásuk is eltérő. A β–glükán β–glükózcsoportok elágazódás nélküli láncolatából áll, amelyek az 1,4 helyzetben, valamint kisebb távolságokban az 1,3 helyzetben is összekapcsolódnak. A kolloidokban oldható β–glükán az endospermium sejtfalaiban raktározódik. Oldatainak nagy viszkozitása miatt jelölik a gumianyag névvel. A gumianyagok a malátázás során lebomlanak. A gumianyagok legfontosabb tulajdonságai a következők:

- javítják a sör habtartósságát
- rontják a sörlé és a sör szűrhetőségét.

A pentozánok pentózokból, xilózból, és arabinózból állnak. A pentozán lényegében 1,4–D–xilóz csoportokból álló hosszú lánc. Ehhez a lánchoz néhány helyen arabinóz csoportok kapcsolódnak. A pentozánok a malátagyártás és a sörfőzés folyamán részben lebomlanak. Befolyásuk a sörgyártásra és a sör minőségére jelentéktelen, semmi esetre sem hasonlítható össze a gumianyagok hatásával (KUNZE, 1983). A lignin ugyancsak a héj sejtfalában raktározódik el (LŐRINCZ, 1984). Fásító (inkrusztáló) anyag (NARZISS, 1981).

2.1.1.2. Fehérjék

Az árpa fehérjetartalma 8-16% között ingadozhat. A kész sörbe ezekből a fehérjeanyagokból mintegy 1/3 résznyi kerül. Habár a sörben a fehérjemennyiség igen csekély, mégis lényegesen befolyásolja a sör minőségét. A sör zavarosságainak keletkezésében fontos szerepük van a fehérjéknek, ezért előnyben kell részesíteni a kisebb fehérjetartalmú sörárpákat. A maláta

extrakttartalma is csökken a fehérjetartalom növekedésével arányosan. A sörgyártás folyamatában való viselkedésük alapján az árpa fehérjeanyagait két csoportra oszthatjuk: proteinekre, és azok lebomlási termékeikre (KUNZE, 1983).

A fehérjék általában a nagy jelentőségű biológiai folyamatok fontos hordozói. Kis mennyiségük ellenére jelentős hatást gyakorolnak a sörkészítés valamennyi fázisára. A fontosabb fehérjék elemi összetételének vizsgálata az alábbi határértékeket eredményezi: C = 50-52%, H = 6,8-7,7%, N = 15-18%, S = 0,5-2%, P = 0-1%. Mivel a fehérjék átlagos nitrogén tartalma mintegy 16%, a Kjeldahl-módszerrel kapott nitrogént 6,25-dal szorozzuk, hogy az árpa fehérjetartalmát megkapjuk. A fehérjetartalom 8,0 és 13,5% között ingadozik, normális körülmények között 9,0 és 11,5% között. A fehérjeszegény árpák általában finomabb sörárpának számítanak, amelyek a világos malátához és sörhöz szükségesek. A túl kis fehérjetartalmú árpa a sörlé habját, telt ízét csökkentheti, és azoknak az aminosavaknak a nagymértékű hiányát is okozhatja, amelyek az élesztőtáplálás szempontjából fontosak. A nagy fehérjetartalmú árpák (11,5% felett) rosszabbul dolgozhatóak fel, mint a fehérjeszegények, csökkentik az árpa keményítőtartalmát, és olyan sört adnak, amely sötétebb színű és teljesebb, néha lapos ízű. A barna sör nagy fehérjetartalmú árpát kíván. A mag fehérjetartalma főként a talajösszetételtől, a vetésforgótól, a trágyázástól, és az időjárási viszonyoktól függ. Különösen fontos a vetés és a betakarítás közötti vegetációs idő hossza.

A fehérje az árpaszemben három, helyileg elkülönült helyen halmozódik fel:

- az aluronrétegben, mint sikérfehérje
- a sikérréteg alatt, az endosperm külső peremén, mint tartalékfehérje
- az endospermiumban, mint hisztológiai vagy szövetfehérje (NARZISS, 1981).

Az árpa fehérjéinek legnagyobb része protein (mintegy 92%). Oldhatóságuk alapján a következőkkel találkozunk: glutelinek, prolaminok, globulinok, és albuminok. A glutelinek az árpa fehérjéinek mintegy 30%-át teszik ki, csak hígított lúgokban oldódnak. Ez a fehérje csaknem kizárólag az aleuronrétegben található, később sem bomlik le, hanem változatlan formában kerül a törkölybe. Az árpa prolaminját hordeinnek nevezik (KUNZE, 1983). Az árpa fehérjéinek mintegy 35-55%-át teszi ki, és az árpa legfontosabb tartalék fehérjéje (SHEWRY, 1993). 80%-os alkoholban oldódik, és lényegében a törkölybe kerül. Az árpa globulinját, ami az árpa fehérjéinek mintegy 15%-át teszi ki, edesztinnek nevezik. Híg sóoldatokban oldódik, tehát a cefrében is. Az edesztin négy komponensből áll ($\alpha\beta\gamma\delta$), amelyek közül a kéntartalmú β – globulin hosszabb főzés után sem csapódik ki teljes egészében, és így a sörben zavarosodásokat okozhat. Az árpa albuminja a leukozin. Tiszta vízben is oldódik, és mintegy 11%-át teszi ki az árpa fehérjéinek. Főzéskor teljes egészében kicsapódik (KUNZE, 1983).

2.1.1.3. Zsírok

Az árpa 2 – 2,5 – 3% körül tartalmaz zsírokat is, amelyek főképpen az aleuronrétegben raktározódnak. Az aleuronrétegben és a pelyvában kilencszer annyi zsír található, mint a csírában.

Az árpa zsírjai csaknem maradéktalanul a törkölyben maradnak vissza. A zsírok már a legkisebb mennyiségben is rontják a hab tartósságot (KUNZE, 1983). Az árpa lipidjei főleg trigliceridekből állnak. Ezeket a csíra növekedés közben részben felhasználja a légzési anyagcserére. A lipidekhez soroljuk a nagy fiziológiai jelentőségű lecitint is (NARZISS, 1981).

2.1.1.4. Ásványi anyagok

Az ásványianyag-tartalom 2 – 2,6 - 3% között mozog. Az ásványi anyagok legnagyobb része szervesen kötött állapotban található. A legfontosabb ásványi anyagok százalékos arányban a következők:

- foszfátok: kb. 35%
- szilikátok: kb. 25%
- káliumsók: kb. 20%

A foszfátok nemcsak azért jelentősek, mert a legnagyobb arányban szerepelnek az ásványi anyagok és azok vegyületei között, hanem azért is, mert fontos szerepük van az árpa szerves vegyületeiben. Ezekből a vegyületekből a malátázás és a sörgyártás közben a foszfátok felszabadulnak. Sok folyamat szempontjából jelentősek a foszfátok. Így például az alkoholos erjedés foszfát nélkül egyáltalán nem megy végbe, mivel az erjedés folyamatai kémiailag a foszforsavhoz kötődnek. A szilikátok különösen nagy mennyiségben találhatók a héjban, de szerves kötésben vannak a keményítővel. Kolloidokban oldhatók, és minden zavarosodásban kimutathatók (KUNZE, 1983). A nyomelemek közül a Zn, a Mn és a Cu fordul elő, továbbá azok a nyomelemek, amelyeket a mag a környezetterhelés következtében vesz fel: a Cd (átlagos értéke az árpában 0,03-0,07 ppm), az As (0,003-0,018 ppm), a Cr (0,04-0,13 ppm) és a Zn (18-32 ppm). A nehézfémek a talajból kerülnek az árpába (NARZISS, 1995; 1999). AKAY és KOLELI (2007) kimutatta, hogy a Cd nem befolyásolja hátrányosan az árpa terméshozamát, ugyanakkor megnövekedett Zn bevitelnél a Cd koncentrációja csökkent.

2.1.1.5. Cseranyagok vagy polifenolok

Az árpa sok olyan anyagot is tartalmaz, amelyek ugyan csekély mennyiségben fordulnak elő, de hatnak a sörgyártás folyamatára, és a sör minőségére. Cseranyagok raktározódnak az árpa héjában és az aleuronrétegben is. Nagyobb mennyiségük a sör kellemetlenül kaparó, keserű ízében mutatkozik meg. Mennyiségük a héj vastagságával növekszik. A különösen vastag héjú árpáknál már a malátagyártás folyamán megpróbálkozik a cseranyagok eltávolításával. Ugyanezek érvényesek a raktározott keserűgyantákra is (KUNZE, 1983). A sörárpa keserűanyagai lipoidok, antiszeptikus hatásúak, „kaparó” keserű ízűek. Főleg a héjban találhatók (LŐRINCZ, 1984).

2.1.1.6. Vitaminok

Az árpa a következő vitaminokat tartalmazza: B1-vitamin (aneurin), főleg a külső magrészekben; B2-vitamin (laktoflavin); C-vitamin (aszkorbinsav) csekély mennyiségben; E-vitamin (tokoferol) a csíra zsírjában. Az árpában található vitaminok közül nagyon kevés kerül a sörbe.

2.1.1.7. Enzimek

Az enzimek biológiai katalizátorok, amelyek az élő szervezetek lebontási folyamataiban játszanak döntő szerepet. Az árpa igen sok enzimet tartalmaz, a legtöbbet azonban csak igen kis mennyiségben. A sörgyártás szempontjából fontos enzimek közül az árpában elsősorban a β–amiláz fordul elő jelentős mennyiségben. A legtöbb enzim nagyobb mennyiségben csak a malátázás alatt képződik (KUNZE, 1983).

2.1.2. Árpa rizoszféra

LYNCH (1990) a baktériumok gyökérhez kapcsolódó élőhely típusát három csoportra osztja:

- rizoszféra: a gyökérfelület körüli talajréteg
- rizoplán: a gyökér közvetlen felülete
- hisztoszféra: a gyökér belső, szöveti tere.

A talaj közvetlen gyökérközeli részét, amely ennek hatása alatt áll, rizoszférának nevezzük (HILTNER, 1904). A rizoszféra a talaj koncentrikus zónája a gyökér körül. Habár, csak néhány milliméter vastagságú, a gyökér szerves anyagai magas mikrobiális aktivitást tartanak fenn (CURL és TRUELOVE, 1986). A rizoszféra a gyökér és a talaj kapcsolódási felülete, melyet az átlagosnál nagyobb mikrobiális aktivitás és mikrobaszám jellemez. A gyökerek közvetlen felületén – a felszíni nyálkarétegben, az ún. rizoplánban, illetve a gyökerekhez közel eső talajban, a rizoszférában – a mikrobák száma mindig nagyobb, mint magában a gyökértávoli talajban, a gyökerektől több centiméter távolságban. Ezt nevezik rizoszféra effektusnak (ELLIOT et al., 1984). A rizoszféra kolonizáló képesség fogalmán egy mikroorganizmus azon tulajdonságait értjük, amelyekkel képes a növények gyökérzónájában megélni, és ott hatással van a környező mikrobiológiai életre, illetve versengésben áll más mikroorganizmusokkal (HARMAN, 1992). A pozitív és a negatív hatások megállapítása nehéz feladat, mivel a talajban különböző mikrobiológiai és egyéb kölcsönhatások is fellépnek a mikroorganizmusok, illetve a növény gyökerei között (THUY, 1991). A gyökér kolonizáció a fiatal, néhány napos gyökéren figyelhető meg több sejtsoros vastagságban. Az idősebb gyökerek esetében kevésbé intenzív a növény-mikroba kapcsolat (HEGEDŰS, 2007). BENNETT és LYNCH (1981) *Curtobacterium*, *Mycoplana*, és *Pseudomonas* fajokat vizsgált búza, árpa, és kukorica növények rizoszférájában. Megállapították, hogy e baktériumfajokat külön-külön oltva az árpa rizoszférájába, az első 48-72 órában azok exponenciálisan szaporodtak. LILJEROTH és

BAATH (1988) baktériumok és gombák szaporodását vizsgálta különbözö árpafajtákon. Megállapították, hogy a fajták között nem volt szignifikáns eltérés a gyökéren található gombafonalak hosszúságát illetően, valamint, hogy a növény korának emelkedésével csökken a rizoplán baktériumok száma.

A növényi gyökerek tápanyagforrásokat, elsősorban szén- és nitrogénforrásokat bocsátanak ki, amely a mikroorganizmusokra kemotaxis révén vonzerőt gyakorol. A gyökérváladékokból kimutatott szénhidrátok, aminosavak, szerves savak, nukleotidok, flavonok, enzimek, növekedési faktorok, biológiailag aktív anyagok elősegítik a fiatal gyökerek kolonizációját mikroorganizmusokkal (SZABÓ, 1992). A növény rizoszférájában élő mikroorganizmusok alapvetően meghatározzák a növény fejlődésének ütemét: előnyösen és hátrányosan is befolyásolhatják azt. A rizoszféra - talaj kémiai és fizikai tulajdonságai eltérnek a gyökértávoli talajétól, ezért a rizoszférában lezajló biogeokémiai folyamatok következtében felgyorsul az egyes xenobiotikumok átalakulása, lebontása. A rizoszférában lejátszódó folyamatok hatással vannak a nehézfémek fitoextrakciójára és fitovolatizációjára is (SIMON, 2004). Ha nincs rizoszféra, akkor tulajdonképpen nincs nitrogénmegkötés, nincsenek azok a folyamatok, amelyek a tápanyagok körforgását, a talaj – növény rendszerben történő állandó alakulását biztosítanák (STEFANOVITS, 2003). A fiatal árpa és búzanövények által termelt szerves szén 14-40%-a veszik el a rizoszférában zajló mikrobiális respiráció következtében (WHIPPS, 1984). Talajhoz adott ásványi foszfor növelte az árpa rizoszféra baktériumok számát, ellenben gátolta a gomba micélium növekedését. A micélium növekedés gátlása valószínűleg az árpa gyökerei által kibocsájtott exudátumoknak köszönhető (ORAZOVA et al., 2000). A rizoszférában a Fe felvételt nagymértékben meghatározza a növény általi sziderofor leadás, Fe mobilizálhatóság és a Fe-fitosziderofor felvétel (MARSCHNER, et al., 1989). WIRÉN et al. (1995) a Fe mobilizálhatóságát és árpagyökér általi felvételét vizsgálta és azt tapasztalta, hogy minél több fitosziderofor szabadul fel, annál nagyobb mértékben képes az árpagyökér a Fe-t akkumulálni. Arra a megállapításra jutottak, hogy a rizoszféra mikroorganizmusoknak a fitosziderofor degradálásában jóval nagyobb szerepük van, mint a Fe mobilizálásában és akkumulálásában.

2.1.3. Fajtahasználat

A sörárpatermesztés eredményességét elsősorban a megfelelő fajtahasználat határozza meg. Az árpatermesztőknek és az árpa feldolgozó iparnak ez jelenti a legolcsóbb tényezőt (PSOTA et al., 2009).

Kiváló söripari minőséget adó, jó agrotechnikai tulajdonságú, kitűnő alkalmazkodóképességű, biztosan termeszthető fajták szükségesek. Jelenleg döntően a külföldi fajtákat termesztik hazánkban, de a hazai nemesítés is kiváló genetikai anyagokkal rendelkezik. A nagy hozamú és jó minőségű sörárpa fajták meghatározó jellemzői:

- nagy termőképesség;
- gyors fejlődés;
- korai érés;
- jó bokrosodó és állóképesség;
- betegségekkel szembeni rezisztencia;
- kedvezőtlenebb ökológiai feltételekhez való alkalmazkodás

Itt lép elő újdonságként az őszi sörárpa fajták vizsgálata és bevezetése a köztermesztésbe (LUKÁCS, 1998). Az őszi vetésű sörárpatermesztés előnye a tavaszival szemben a nagyobb terméshozam, a jobb téli csapadékhasznosítás, valamint az időjárással, betegségekkel szembeni ellenállóság. Az őszi árpa a legkorábban beérő gabonafélénk. A korai érésnek nemcsak a nyári aszály elkerülésében van jelentősége, hanem igen jelentős munkaszervezési, ezáltal beruházás-megtakarítási előnyt jelent, különösen a nagyobb területen gazdálkodók számára. Az árpa termelési költségei lényegesen kisebbek, ráadásul extenzív viszonyok között is lehet gazdaságos (TOMCSÁNYI és KISMÁNYOKI, 1995). Érdemes megemlíteni, hogy 2008-ban 8.058 ha-ra nőtt az őszi árpa vetőmag előállító terület nagysága a 2007-es 5.593 ha-ral szemben. Ennek elsősorban az az oka, hogy Európai Uniós csatlakozásunk óta a kalászos növények közül e faj vetőmagja iránt volt a legnagyobb a kereslet (Forrás: Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Vetőmagfelügyelet, 2009). A tavaszi árpa szintén a műtrágya takarékos kultúrák közé tartozik, különösen, ha sörárpa technológiával (kevés nitrogénnel) kerül termesztésre. Igényesebb a talaj kulturállapotára, mint a minőségére. A tavaszi sörárpa kedveltebb a feldolgozók körében az őszi árpánál. A söripari hasznosításnak igen szigorú minőségi követelményei vannak. A legfontosabb és egyben legnehezebben befolyásolható kritérium, hogy a fehérjetartalom nem mehet 12,5% fölé, de kívánatos a 11% alatti érték. Bár különböző agrotechnikai fogásokkal a fehérje százalék alakulását elég jól kordában lehet tartani, az adott év időjárási körülményei mégiscsak meghatározóak. Mivel hazánk klímája csak a nyugati és az északi peremvidékeken kedvez igazán a sörárpa-termesztésnek, nem elhanyagolható az e célú termesztés kockázata. A tavaszi árpa termesztés költségei az őszi árpáénál is kisebbek, - arról már nem is szólva, hogy a termelési ciklus igen rövid: a vetéstől a betakarításig csak 110-120 nap telik el. Emiatt a költségek megtérülése gyorsabb és a kamatterhek kisebbek (TOMCSÁNYI és KISMÁNYOKI, 1995).

A fajták hasznosíthatóságát a termőhelyi adottságok, ezen belül is a talajtípus és az időjárási viszonyok – a csapadék mennyisége és eloszlása, a hőmérséklet és a hőösszeg – befolyásolja. Söripari feldolgozásra a Nemzeti Fajtajegyzékben szereplő tavaszi árpafajták nagy része és néhány őszi árpafajta alkalmas. Az 1. táblázat az árpafajták számát és származás szerinti megoszlását mutatja be. A rendelkezésre álló fajtaválaszték mind tavaszi, mind őszi árpából kielégíti a termelői igényeket. A nagy termést nyújtó takarmányárpák mellett egyre több azon fajták száma, amely minden évben biztonságosan hozza a kiváló söripari minőséget (KOSZTOLÁNYI, 2007).

1. táblázat: A Nemzeti Fajtajegyzékben szereplő államilag elismert árpafajták megoszlása származási ország szerint (KOSZTOLÁNYI, 2007)

Növény faj	Fajták száma (db)			Fajták aránya (%)	
	Összes	Magyar	Külföldi	Magyar	Külföldi
Tavaszi árpa	54	5	49	9,3	90,7
Őszi árpa:	56	21	35	37,5	62,5
❖ **ebből kétsoros árpa**	21	8	13		
❖ **ebből hatsoros árpa**	35	13	22		

2.1.4. Vetési idő alapján csoportosított árpatípusok

2.1.4.1. Őszi árpa

- Környezeti tényezők hatása az őszi árpa termeszthetőségére

Az őszi árpa télállósságának csökkenésében a túl korai vetés, a nagy N-adag, az erősen fejlett állomány, a hótakaró hiánya, a liszharmat- és cerkosporella fertőzöttség stb. hajlamosító tényező (IVÁNY, 1994). Az egyik legfontosabb hiba a korai vetés. Az intenzívebb agrotechnika és az újabb nemesítésű fajták az elmúlt évtizedekben az egyre későbbi vetésidőt kívánták meg (KOSZTOLÁNYI, 2007). A túl korai vetés túlbokrosodást, fokozott liszharmat-, vírus- és typhula-fertőzést okozhat. A felsorolt tényezők egyenként is komoly károkat okozhatnak, de összegződő hatásuk még az enyhe teleken is katasztrofális lehet. Az ilyen állományoknál a hótakaró védőhatása sem érvényesül, sőt még fokozhatja is a téli kipállást. A kár elérheti a 100%-ot is. Legkönnyebben az optimális vetésidő (szeptember utolsó és október első napjai) betartásával védekezhetünk e károk ellen. A hótakaró nélküli teleken a tartósan -15°C alatti hőmérséklet erős kifagyást tud okozni. A kifagyás az optimális vetésidővel és a kifogástalan minőségű magággyal, illetve vetéssel mérsékelhető. A februári dilatáció (talajmozgás) elszakíthatja a gyengén fejlett, túl mélyre vetett növénykék gyökérzetét. A sekély vetés sem kedvező. Mint elsődleges megelőzési lehetőséget, megint csak az optimális vetési körülményeket kell kiemelnünk. Ha mégis bekövetkezne a kár, ezt nitrogén fejtrágyázással és hengerezéssel mérsékelhetjük. További jelentős időjárási stresszek még:

- a május-júniusi túl sok csapadék, a megdőlés miatt,
- a május-júniusi csapadékhiány,
- a május ill. június eleji hőségnapok, és a légköri aszály (TOMCSÁNYI és KISMÁNYOKY, 1995).

Az őszi árpa N-ellátása igényli a legnagyobb körültekintést. Túlságosan kis N-adag esetében nagy termés nem várható, az optimális adagot meghaladóan viszont nagyobb terméscsökkenést okozhatnak. Az őszi alap nitrogéntrágyát túladagolva, túl fejlett állomány megy a télbe, és így megnő a kipusztulás veszélye, továbbá az állomány már tél elején fogékony lesz a liszharmatra. A fejtrágyaként kijuttatott tavaszi N-adag az adott évben várható termés igényét meghaladja, megnő a dőlés kockázata, amely őszi árpánál még a legjobb fajták esetében is jelentősebb, mint a búzánál (JOLÁNKAI, 2005).

Hazánk klímája összességében alkalmas az őszi árpa termesztésére. Ideális esetben az október elején vetett árpa kellően megerősödik a tél beálltáig. Ilyen állapotban a hótakaró nélküli -15°C-ot is képes elviselni. A februári felfagyás okozta talajmozgás (dilatáció) az erős gyökérzetű növénykékben kevesebb kárt okoz. Kedvező, ha a március mérsékelten melegebb, az április és május csapadékosabb, a június pedig egy kissé hűvösebb az átlagosnál. Az ilyen – minden szempontból ideális – időjárás ritkán jön össze (TOMCSÁNYI és KISMÁNYOKI, 1995). Az őszi árpa teljes téli kipusztulását a szélsőséges időjárás okozza. A hótakaró nélküli, tartós hideg (-15°C), valamint a tél végi felmelegedést követő hirtelen nagy lehűlés (-10 - -18°C) okozhat nagyobb mértékű károsodást (IVÁNY, 1994). Termesztése ott biztonságos, ahol a téli hótakarónak nagy a gyakorisága (JOLÁNKAI, 2005). Hazai viszonyaink közt az időjárási okok miatti termésingadozás meghaladhatja a +-30%-ot (VARGA-HASZONITS, 1987). SELLEY és PAPP (1986) szerint hazánkban a legkevesebb őszi árpát az éghajlati szélsőségeknek kitettebb Borsod, Nógrád és Veszprém megyékben, valamint az erősen csapadékos Zala megyében termesztik. E korlátoktól eltekintve az őszi árpa országosan sikerrel termeszthető (LÁNG, 1970; ANTAL, 1983; KISMÁNYOKI, 1996). A vetés-kelés időszaka az időjárástól függően 10-30 napig tarthat. A szárbaszökés április közepén-végén, a kalászolás május elején várható. Ha a kalászhányás időszaka késik és május második dekádjára esik, az érés június közepe helyett június vége, július eleje között esedékes. Tavasszal a szárba indulás-kalászolás és a kalászolás-viaszérés időszakában a hűvösebb időjárás a kedvező.

- Talajigény

ANTAL (1999) ajánlása szerint az őszi árpa mind a hatféle szántóföldi termőhelyen (középkötött mezőségi talajok, középkötött erdőtalajok, kötött réti talajok, laza és homoktalajok, szikesek, sekély termőrétegű talajok) eredményesen termeszthető. Az őszi árpatáblák kiválasztásakor ANTAL (1983, 1999) megállapításai ajánlhatók irányelvül, melyek szerint a búzánál jobb N-hasznosító képessége, valamint a koraiságára visszavezethető jobb szárazságtűrése miatt a mérsékeltebb N-szolgáltató, rosszabb vízgazdálkodású, sekélyebb termőrétegű erodált talajokra inkább őszi árpa való. E helyeken gyakran többet terem a búzánál. A tápanyaggal feltöltött, kiváló termőképességű csernozjom talajokon viszont már nem versenyképes a búzával. Kevésbé javasolható még a kötött, mély fekvésű, hideg réti talajokra, a tavasszal vízállásos területekre, a lápokra és a szikesekre, valamint a gyenge kultúrállapotú homoktalajokra (TOMCSÁNYI és TURCSÁNYI, 2004).

Az őszi árpa a homokos vályogtalajokon termeszthető sikerrel. A homoki termesztés lehetőségeit HARMATI (1990) is vizsgálta, és megállapította, hogy a 0,8%-nál több humuszt tartalmazó homoktalajokon a többi gabonához képest az őszi árpa még kiváló eredménnyel termeszthető. Pozitív kapcsolat mutatható ki a termőréteg vastagsága és a termés mennyisége között (JOLÁNKAI, 2005). Bár az őszi árpa is a mélyrétegű, humuszban gazdag, semleges kémhatású

talajokon díszlik a legszebben, lényegesen jobban tűri a sekélyrétegű, humuszban szegény, rossz vízgazdálkodású talajokat, mint az őszi búza. Tápanyagfeltáró képessége nagyon jó. A fentiek miatt megállapítható, hogy az őszi árpa a talajra nem igényes. És valóban, a futóhomok kivételével mindenütt eredményesen termeszthető, így Észak-Magyarország mezőgazdasági művelésre kevésbé alkalmas termőtájain is (TOMCSÁNYI és KISMÁNYOKI, 1995).

2.1.4.2. Tavaszi árpa

- Környezeti tényezők hatása a tavaszi árpa termeszthetőségére

A tavaszi árpa érzékeny a szélsőséges időjárásra. A magasabb hőmérsékletek mind a termést, mind a minőséget veszélyeztetik. A bokrosodáskori melegek hatására csökken a kalászszám, míg a kalászfejlődés idején jelentkező forró napok a kalászkaszámot, az éréskor bekövetkezők pedig az ezerszemtömeget csökkentik (KISMÁNYOKY, 1997). A kalászképződéskor a 11°C-nál magasabb, néhány napos hőmérséklet is csökkenti a termést, mégpedig a kalászszám csökkenésén keresztül. A kalászolás folyamán egyes kalászkakezdemények lemaradnak, a steril kalászkák száma elsősorban a csúcsi részen és a kalászkán megnő. A szárbaindult kalászok egy része hasban marad (JOLÁNKAI, 2005).

A kritikus időszakokban (szárbaszökkenés, virágzás) hiányzó víz a termés és a minőség rovására mehet (TOMCSÁNYI és TURCSÁNYI, 2004). A kora tavaszi aszály a termést veszélyezteti, a kalászhányás kezdetén fellépő nagyobb aszály esetenként a teljes kikalászolást is megakadályozhatja. A kalászolás idején hulló túlzott mennyiségű csapadék pedig kettős növekedést, egyenlőtlen érést, minőségromlást és a betakarítási veszteségek növekedését okozhatja (IVÁNY, 1994). Savanyú pH-jú talajra nem való, mert alacsonyabb termésszint mellett a söripari minőség is gyengébb, vastagabb a héj, romlik a bél/héj arány (%), s kevesebb extraktum várható (JOLÁNKAI, 2005).

A tavaszi árpa hőigénye sajátos. A hőmérsékletre rendkívül érzékeny (IVÁNY, 1994). Az ideális a hosszú hűvös, tavaszias időjárás lenne. A tavaszi árpa felmelegedő február végét, meleg márciust, mérsékelten meleg áprilist, hűvösebb májust, júniust és júliust kíván. Csapadékigénye nem nagy, de azt kisebb gyökérzete miatt egyenletes elosztásban igényli. Sajnos, hazánkra nem igazán jellemzőek ezek. A tőlünk északabbra, nyugatabbra fekvő területeken (Nyugat- és Észak-Európában) jobban teljesülnek ezek az igények. Legjobban megközelítik a termesztés optimális feltételeit az észak-magyarországi termőtáj klimatikus viszonyai (TOMCSÁNYI és KISMÁNYOKY, 1995). Szakirodalmi adatok szerint a tavaszi árpa vízigénye a többi termesztett növényhez képest szerényebb, de a csapadékmennyiség mellet a csapadékos napok számán is sok múlik. A viaszéréstől a teljes érésig hulló eső káros hatású (LŐRINCZ, 1984; KISMÁNYOKY, 1992). LŐRINCZ (1984) szerint az optimális csapadékmennyiség: márciusban 30-40 mm, áprilisban 40-50 mm, májusban 60-65 mm, júniusban 50-60 mm, és július első felében 20-25 mm, tehát a vegetációs időszak alatt összesen 200-240 mm. Tenyészidőszaka alatt 1300-1800°C hőmérsékleti

összeget igényel (IVÁNY, 1994). Viszonyaink közt optimális évjáratokban a tenyészidőszak alatti hőösszeg 1600-2000°C (LŐRINCZ, 1984). A tavaszi árpa hosszúnappalos növény, a bokrosodást követően napi 12 óránál hosszabb megvilágítást igényel. Hazánk adottságai a fényigényét kielégítik. A növény vegetatív fejlődési szakaszában rövidebb, generatív fejlődéséhez pedig hosszabb megvilágítást kíván. Vízigénye a termesztett növényéhez képest szerényebb. Sörárpatermesztésre javasolt tájaink 550-650 mm csapadékösszege a növény igényét kielégíti, azonban itt is a tenyészidőszak alatt szükséges 225-250 mm-nek az eloszlása nem minden évjáratban megfelelő (IVÁNY, 1994).

- Talajigény

DEBRECZENI (1979) a középkötött mezőségi talajokat, a középkötött erdőtalajokat, a kötött réti talajokat, és a sekély termőrétegű talajokat tartja a tavaszi árpa számára megfelelőnek, míg a laza homok, és a szikesek nem javalltak. A tavaszi árpától nagy termést és megbízható söripari minőséget – sekélyebb gyökérzete, gyengébb stressztűrő és tápanyagfeltáró képessége miatt – biztonsággal csak a kedvezőtlen időjárási körülményeket kiegyenlíteni képes, jó szerkezetű, nagy vízkapacitású, a tápanyagot könnyen felvehető formában tartalmazó, humuszos, biológiailag aktív, enyhén meszes vályog- vagy agyagtalajokon várhatunk (TOMCSÁNYI és TURCSÁNYI, 2004). A tápanyagban szegényebb talajokon is termelhető sörárpa, ha a hiányzó tápanyagokat biztosítjuk. Nem kedvezőek viszont a vizet könnyen elvesztő laza homok-, valamint a túlzottan tömött, levegőtlen talajok sem (LŐRINCZ, 1984).

A tavaszi sörárpa kifejezetten érzékeny a talaj kémhatására (LŐRINCZ, 1984). A legkedvezőbbek számára a 6,5-7,0-es pH-jú, semlegeshez közeli kémhatású talajok. Enyhén lúgos közegben a pelyvája finomabb lesz, ami söripari szempontból kedvező (TOMCSÁNYI és TURCSÁNYI, 2004).

2.1.5. A talaj kémhatása, mint környezeti tényező és az árpatermesztés

A talaj pH egyike azoknak a tényezőknek, amelyek meghatározzák a talaj termékenységét és fizikokémiai tulajdonságait (MARSCHNER, 1995). Az egyik legtöbbet tárgyalt összefüggés a talaj pH és a nehézfémek mobilitása közötti kapcsolat. A talajban felhalmozódó elemek többségének mobilitását a pH jelentős mértékben szabályozza (KÁDÁR, 2001). Általában a pH csökkenésével nő a felvehető formák mennyisége a talajoldatban. A legtöbb országban a 6,5 pH alatti értéket tekintik kockázatnövelő értéknek. Hazai talajaink közel fele meszes, fele savanyú kémhatású a szántott rétegben. A kötöttséggel, ill. az agyagtartalommal, valamint az aciditási viszonyokkal a talajtulajdonságok egész komplexuma változik. Más lesz ebből adódóan az elemek felvehetősége, megkötődése, kimosódása stb. (KÁDÁR, 2001).

A tavaszi árpa talajigénye: középkötött, mélyrétegű, jobb humusz- és mészellátottságú, semleges körüli pH-jú mezőségi vagy erdőtalajok. Savanyú talajok javítás nélkül kevéssé alkalmasak a termesztésre, mert rajtuk romlik a bél-héj arány (HOFFMANN, 2005). COOPER (1930) az árpát a gyenge savanyúságot tűrő növények közé sorolja.

FOY et al. (1965) végeztek kísérletet, amelyben különböző árpafajtákat hasonlítottak össze alacsony pH és kevés kalcium-karbonát ($CaCO_3$) jelenlétében. Az eredmények azt bizonyították, hogy az árpanövények pH optimuma fajtafüggő. PUSZTAI (1969) eredményei szerint az egyes árpafajták, illetve fajtajelöltek általában kedvezően, de eltérő mértékben reagáltak a meszezésre. A kísérletbe vont nyolc árpafajta és fajtajelölt egymáshoz viszonyított sorrendje eltérő kisebb pH esetén, mint meszezéssel megnövelt pH-nál. Ugyancsak erősen szignifikánsak a fajtakülönbségek a gyökérhosszúság tekintetében is. A meszezés hatása a növény összes súlya, a szár súly, és méret vonatkozásában P = 0,1%-os szinten szignifikáns. A különféle árpafajták inkább földfeletti, mint földalatti részeik eltérő fejlesztésével reagáltak a pH növekedésére. A talajoldat kémhatásának változásait főleg a CO_2-nyomás idézi elő (LYON et al., 1952). Víz jelenlétében ez a gáz hajlamos szénsavvá átalakulni. MANOHARAN et al. (2007) szerint, a talajban található fluorid és a talajsavanyodás közötti interakció hatással van a talaj kémhatására, valamint az alumínium és a fluorid koncentrációjára.

2.2. Söripari tulajdonság

Ahhoz, hogy a sörárpát 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. A sörlé minősége alapján dönt a sörgyártó, az árpa és a maláta tulajdonságaiból pedig következtethetünk a sörlé minőségére (NIELSEN és MUNCK, 2003).

Jelenleg nincs pontos megfogalmazás a maláta söripari minőségét illetően. Ennek legfőbb oka, hogy különféle tulajdonságú, különféle technológiai eljárásokkal készülő söröket állítanak elő szerte a világon (FILICHKIN et al., 2010). A söripari érték a különböző minőségi tulajdonságok összhatásaként alakul ki. Ennek ellenére komplex, együttes figyelembevételükre ma még nincsenek mindenki által elfogadott eljárások. Ilyenek talán ki sem dolgozhatók, mivel a különböző sörfőzési eljárásokban az egyes tulajdonságok jelentősége nem azonos. Ezért a minőség meghatározásakor leggyakrabban azt nézik, hogy az egyes tulajdonságok bizonyos határértékek közé esnek-e (TOMCSÁNYI, 1998). Azon paraméterek meghatározása, amelyek leginkább kifejezik az árpa söripari tulajdonságát, igen összetett feladat (MONNEZ et al., 1987; BRIGGS, 1998; FOX et al., 2003; BERTHOLDSSON, 2004). Sőt, ez egyes országokban más-más paramétereket tekintenek fontosabbnak (BRIGGS, 1998; FOX et al., 2003). Habár az árpa söripari tulajdonságát mindenekelőtt a genotípus határozza meg, a környezeti tényezők közül a hőmérsékletváltozás,

illetve a csapadékmennyiség is meghatározó (EAGLES et al., 1995; MOLINA-CANO et al., 1997; MATHER et al., 1997). Mediterrán körülmények között például az őszi sörárpa termesztését helyezik előtérbe, és a fő cél a magas terméshozamú őszi sörárpa genotípusokra történő szelekció (TOFFOLI et al., 2003). Az új őszi sörárpa genotípusok technológiai tulajdonságainak összehasonlítása a tavaszi sörárpafajtákéval alapvető feladat. Éppen ezért szükségszerű, hogy a malátatulajdonság meghatározásához egy olyan stabil rendszerünk legyen, amely kevésbé érzékeny a növekedési szakasz alatt történő éghajlati változásokra (BERTHOLDSSON, 2004), és amely alapján össze lehet hasonlítani a különböző termőhelyeken, és különböző időben vetett árpák malátatulajdonságait is. Ahhoz, hogy az árpát maláta- és sörgyártásra használhassuk, magas terméshozamúnak, magas extrakttartalmúnak, nagy enzimaktivitásúnak (α-amiláz, β-amiláz, proteáz, β-glükanáz), és káros mikroorganizmusoktól (pl. *Fusarium*) mentesnek kell lenniük (LINKO et al., 1998).

A sörárpa minőségi tulajdonságait két csoportra lehet osztani: az árpa minőségi tulajdonságaira, illetve a maláta minőségi tulajdonságaira. Az árpa minősége a malátagyártók számára fontos, a maláta minősége pedig a sörgyártók számára. Számos paramétert javasoltak már az árpa söripari tulajdonságainak meghatározására (BRIGGS, 1998; FOX et al., 2003), viszont a nemesítők jobban szeretik az egyszerűbb, alacsonyabb költségű vizsgálatokat a megfelelő technológiai tulajdonsággal bíró törzsek kiválasztásához. A leginkább elfogadott paraméterek, amelyek az árpa söripari tulajdonságát meghatározzák: az extrakttartalom, a szemnagyság, szemtömeg, β-glükán tartalom, fehérjetartalom, malátaveszteség, friabilitás, α-amiláz aktivitás, viszkozitás és oldható nitrogén tartalom (BRIGGS, 1998; FOX et al., 2003).

A malátázásra kerülő árpatételeknek idegen anyagtól mentesnek, egészségesnek kell lenniük. A különböző gombafertőzések termékei kellemetlen ízanyagai miatt okoznak minőségromlást, a *Fusarium*-fertőzés sörvadulást okoz, az anyarozs méreganyagai miatt okoz problémát (BASA, 1998). A *Fusarium* fertőzés deoxynivalenol (DON), és egyéb mikotoxinok képződéséhez vezet (HAIKARA, 1983; FLANNIGAN et al., 1985; SCHWARZ et al., 1995). A raktári kártevők veszélyeztetik a csírázóképességet.

- Nedvességtartalom

A nedvességtartalom, mint minden gabonafélénél a biztonságos raktározás szempontjából fontos paraméter. A nedves árpa tárolhatósága és csírázóképessége veszélyben forog, ezért szárítani kell. Tároláshoz az árpa víztartalmát 16% alá kell csökkenteni. Sörárpa esetében különösen nagy szerepe van, mert a nedves árpa elveszti csírázóképességét a tárolás folyamán (BASA, 1998).

A frissen aszalt maláta víztartalma 1,5 – 4,0%, és tárolt állapotban sem haladhatja meg az 5,0%-ot. A sötét maláta víztartalma kisebb, mint a világosé.

- Szemnagyság és egyöntetűség

Az egyenletes oldódáshoz egy homogén magméret ideális, amelyet az árpatételek magméret szerinti osztályozásával érnek el (BASA, 1998). A szemnagyságot a szemben található keményítőtartalom határozza meg. Minél kisebb a szem keményítőtartalma, annál rosszabb a sörárpa minősége. A szemnagyságot és az egyöntetűséget 2,8; 2,5; és 2,2 mm-es résnyílású rostalemezeken osztályozással határozzák meg. Az egységes árpáknak az első két rostalemezen fennmaradó része kb. 85% (NARZISS, 1981).

- Szemszín

A szemszín a malátagyártók számára szintén fontos paraméter. Jobban kedvelik a világos színű árpát. A szem foltosság kétféleképpen jelenhet meg. Az egyik a sárgásodás vagy karamell színűre változás, amelyet enyhe záporok okozhatnak. A másik a szürke foltok és fekete pontok megjelenése, amely heves esőzések után alakulhat ki, és gombafertőzések okozhatják. Gombával fertőzött szemeknek a malátagyártás során kisebb lesz a csírázási rátájuk, és hosszabb a nyugalmi idejük. A sörgyártás során kisebb lesz e szemek extrakttartalma, de a gombás fertőzés hatással lesz az erjedésre és a habtartósságot befolyásolja. Túlhabzás, illetve túlzott CO_2 képződés figyelhető meg az üveg felbontásakor (AMAHA és KITABATAKE, 1981).

- Ezerszemtömeg

Ezerszemtömeg alatt értjük 1000 árpaszem tömegét 14%-os víztartalom mellett. A jó sörárpa ezerszemtömege 40-48 g körül van. Minél nagyobb az ezerszemtömeg, annál nagyobbak és hasasabbak az árpaszemek, és így nagyobb azok extrakttartalma. Ezen kívül a nagy szemű árpánál viszonylagosan csökken a héj aránya is.

- Extrakttartalom

Habár az árpának és a malátának számos – söripar számára fontos – tulajdonsága ismert, mégis a legfőbb paraméter az extrakttartalom (WRIGHT, 2000). Az extrakttartalom az enzimek segítségével vízoldhatóvá tett alkotórészek teljes mennyiségét jelenti. Ez szárazanyagra számítva 72-80% - 81% felett jó, 78,5% alatt gyenge -. Az extrakttartalom mértéke genotípus, környezet -, valamint technológiafüggő (FOX et al., 2009).

- Extraktdifferencia

A finom- és durvadara extrakttartalma közötti különbség (extraktdifferencia) a maláta citolitikus oldását, egyidejűleg azonban a maláta enzimaktivitását is mutatja. Jól oldott malátánál ez a különbség 1,8% fölött nem lehet az EBC szerint meghatározva (NARZISS, 1981). Megfelelő technológiai körülmények között a zöldmaláta szemben az enzimatikus oldódás közel párhuzamosan halad a pelyvalevél alatt búvó levélcsírával.

- Fehérjetartalom

Az árpa fehérjetartalma a maláta- és sörgyártás szempontjából meghatározó jelentőségű. Az árpaszárazanyag fehérjetartalma 8-13,5%, a normál érték 9-11,5%. Világos sörökhöz fehérjeszegény árpa kell, barna sörök ezzel szemben fehérjegazdagabb árpát igényelnek. A magasabb fehérjetartalmú sörárpák nehezebben dolgozhatók fel, mivel a sejtfalba és a keményítőszemcsék közé ágyazódott fehérjemolekulák megnehezítik az árpaszem vízfelvételét és a vízelosztást a szemen belül, így ezek az árpák nehezebben oldódnak. Másrészt a fehérjetartalom (több más paraméterrel együtt, pl. β-glükán) a malátával a sörgyárba továbbítva kihat a sör minőségére is (BASA, 1998).

- Kolbach-szám

A sörlében található nitrogén mennyisége a kiindulási maláta nitrogéntartalmához viszonyítva. A maláta fehérjeoldottságát jelenti, és a fehérjebontó enzimek aktivitását mutatja. A fehérjelebontásról tájékoztat a fehérjeoldódási fok. Kb. 10%-os fehérjetartalmú árpánál a 38-42%-os fehérjeoldódás kedvező. A sötét malátáknál ez az érték 28-37% (NARZISS, 1981).

- β-glükán

A β-glükán az endospermium sejtfalaiban raktározódik. Elsősorban a csupasz árpa tartalmazza nagy mennyiségben (ESHGHI és AKHUNDOVA, 2010). Oldatainak nagy viszkozitása miatt jelölik a „gumianyag” névvel (KUNZE, 1983). Az 1-3 és 1-4 kötésű β-glükán molekulák az endospermium sejtfalainak kb. 70%-át alkotják (SÁ és PALMER, 2004; DELANEY et al., 2003). A humán egészségre jótékony hatással vannak (CHAN et al., 2009, SHIMIZU et al., 2008), mégis a sörre nézve a gumianyagok legfontosabb tulajdonságai a következők:

- javítják a sör habtartósságát,
- rontják a sörlé és a sör szűrhetőségét (KUNZE, 1983; HOME, 1993; NARZISS, 1993; BAMFORTH, 1994).

- Friabilitás

Friabilitás: min. 75%, a maláta oldottságát jelzi (BASA, 1998). 65% alatt a maláta elégtelenül oldott (NARZISS, 1981). Az endospermium sejtfalösszetevőinek lebontásáról, valamint a fehérjedegradáció mértékéről tájékoztat (FOX et al., 2009). Az árpa csírázóképességét és friabilitását genetikai és környezeti tényezők egyaránt befolyásolják (EDNEY, 2004). Az alacsony friabilitás összefüggésben áll a magas fehérjetartalommal, csökkent csírázóképességgel és a nagy szemmérettel (NARZISS et al. 1989; EDNEY et al., 1999). Ezen kívül a sörlé magas viszkozitás és egyéb sörgyártási problémák előrejelzője (BATHGATE, 1983). EDNEY és MATHER (2004) szerint a maláta friabilitása pozitív korrelációban áll az alfa-amiláz aktivitással, és a diasztatikus

erővel, negatív korrelációban pedig a béta-glükán tartalommal és a sörlé viszkozitásával (BATHGATE, 1983).

- Cukrosodási idő

70°C-on vizsgálják, hogy a maláta extrakttartalmának hány százaléka kerül oldatba. A cukrosodási idő azt az időtartamot jelenti, amely alatt a cefrelében található keményítő teljes egészében cukrokká bomlik. A cukrosodás annál jobb, minél rövidebb idő alatt megy végbe. A világos maláta cukrosodási ideje 10-15 perc, a sötété 15-30. Emellett vizsgálják a cefre illatát is.

- Szín

A nagy fehérjetartalmú árpák (11,5% felett) olyan sört adnak, amely sötétebb színű és teljesebb, néha lapos ízű (NARZISS, 1981). A laboratóriumi sörlé színét EBC-egységekben fejezik ki: a világos malátáké 2,5 – 4, a közepes színű (bécsi) malátáké 5 – 8 és a sötét malátáké 9,5 – 21 EBC-egység. A várható sörszínről jobb értékeket nyújt a kongresszusi sörlé főzési színe. A pilseni malátából készült kongresszusi sörlé színe 3,0 alatt van, a főzési színe 5,3 EBC-egység alatt.

- Zavarosság és szűrési idő

A sörlé átlátszóságát (zavarosság) és a lefolyási idejét (szűrési idő) ugyancsak szükséges meghatározni. A sör zavarosságainak keletkezésében fontos szerepük van a fehérjéknek, ezért is szükséges előnyben részesíteni a kisebb fehérjetartalmú sörárpákat (KUNZE, 1983). A fehérjék e negatív hatása összetételükben keresendő. A glutelinek és a maláta gél fehérjéi a cefrézés során komplexeket képeznek, amelyek a későbbiekben szűrési problémákat okoznak (CELUS et al., 2006). Fontos a gyors, tiszta lefolyás.

- Viszkozitás

A sörlé magas viszkozitási értéke a maláta alacsony citolitikus oldhatóságára utal, valamint ez ad jellemzést a sör habjának tartósságáról is. A kongresszusi sörlé viszkozitása 1,48 és 1,75 között van, az átlagos malátáknál pedig 1,52 – 1,58 között.

- Végerjedésfok

A sörlé teljes extraktmennyiségéhez viszonyítva az erjeszthető %-os arányát nevezik végerjedésfoknak. A végerjedésfok határozza meg a sör alkoholtartalmát, és meghatározó jelentősége van a sör összkarakterének kialakításában (KUNZE, 1983). A kongresszusi sörlé látszólagos végerjedésfoka 80% fölött van (NARZISS, 1981).

- Vízfelvétel és csírázás

További fontos tulajdonság a gyors vízfelvétel, és a csírázás is (ULONSKA és BAUMER, 1976; BRIGGS, 1998). Ebből a megfontolásból, a malátatulajdonságot meghatározó paraméterekhez sorolják a malátázás alatti áztatás végén történő vízfelvételt, valamint a levélcsíra kialakulásának mértékét is (GIANINETTI et al., 2005). A levélcsíra kialakulásának mértéke egyébként a csírázás sebességét és egységességét (egyöntetűségét) jelöli, amely egy igen fontos előrejelzése a maláta minőségének (ULONSKA és BAUMER, 1976; SWANSTON és TAYLOR, 1990). MUNCK és MØLLER (2004) szerint pedig, a csírázás sebessége fontos előrejelzése a maláta minőségének, mivel az az endospermium fizikai és kémiai szerkezetének indikátora is egyben. A levélcsíra növekedés, mint paraméter helyett azonban alkalmazhatjuk a β-glükán tartalmat is, mint a maláta tulajdonságát meghatározó tényezőt, mivel e tulajdonság a legmegfelelőbb analitikai paraméter erre a célra (HENRY, 1988; STUART et al., 1988). A takarmányárpa szemnagysága nagyobb, azaz a 2,5 mm-nél nagyobb szemek aránya meghaladja a sörárpáét. Ezen kívül, a takarmányárpának nagyobb az ezerszemtömege, magasabb az árpa és a maláta β-glükán tartalma, és fehérje tartalma, valamint a sörlé viszkozitása is. Ezzel szemben, a sörárpának nagyobb a vízfelvétele, mérsékeltebb a levélcsíra növekedése, nagyobb a malátavesztesége, a friabilitása, extrakttartalma, oldható nitrogén tartalma, és α-amiláz aktivitása. A sörárpa technológiai tulajdonságait meghatározó paraméterek közötti összefüggések a következők: a szemnagyság és az ezerszemtömeg negatív korrelációban áll a vízfelvétellel. A vízfelvétel és a levélcsíra növekedés negatív korrelációban áll a sörlé viszkozitásával (GIANINETTI et al., 2005).

2.2.1. Egyes söripari tulajdonságok között fellépő korrelációk

VERMA et al. (2008) szerint az extrakttartalom számos árpa tulajdonsággal (hektolitertömeg, osztályozottság, fehérjetartalom, héjarány) és maláta tulajdonsággal (friabilitás, egyöntetűség, sörlé viszkozitása, szűrési idő, Kolbach-szám) áll akár pozitív, akár negatív korrelációban. A regresszió analízis alapján megállapítható, hogy a hektolitertömeg, az ezerszemtömeg, a héjarány, és a friabilitás előrejelzi az extrakttartalmat. Az általuk leírt korreláció analízis szerint az extrakttartalom szoros összefüggésben áll a hektolitertömeggel, a 2,5 mm-nél nagyobb szemek arányával, ezerszemtömeggel, fehérjetartalommal, és a héjaránnyal (VERMA et al., 2008; BRIGGS, 1978). SPUNAR (1991) ezzel szemben az extrakttartalom és az ezerszemtömeg közötti negatív korrelációról számolt be. VERMA et al. (2008) szerint az extrakttartalom pozitív szignifikáns korrelációban állt a friabilitással, az egyöntetűséggel (homogenitással), a Kolbach-számmal, negatív szignifikáns korrelációt fedezett fel az extrakttartalom és a sörlé viszkozitása között, és pozitívat a szűrési idő között. Nem volt szignifikáns összefüggés az extrakttartalom és a csírázási energia, valamint a diasztatikus erő között, bár HAYTER és RIGGS (1973) szerint az extrakttartalom és a diasztatikus erő között igenis pozitív korreláció áll fenn. VERMA et al. (2008) szerint a friabilitás

szignifikáns pozitív korrelációban áll a homogenitással, a szűrési idővel, a Kolbach-számmal, az extrakttartalommal, a 2,5 mm-nél nagyobb szemek arányával, az ezerszemtömeggel, a csírázási energiával, és negatív korrelációban áll a 2,2 mm-nél kisebb szemek arányával, fehérjetartalommal, héjaránnyal, és a sörlé viszkozitásával. A hektolitertömeg szignifikáns pozitív korrelációt mutatott a 2,5 mm-nél nagyobb szemek arányával, az ezerszemtömeggel, friabilitással, homogenitással, szűrési idővel, és Kolbach-számmal, de negatív korrelációt mutatott a 2,2 mm-nél kisebb szemek arányával, a héjaránnyal, és a viszkozitással. A maláta β-glükán tartalma pozitív korrelációban áll a sörlé viszkozitásával, viszont negatív korrelációban áll az oldható nitrogén tartalommal. A friabilitás és az extrakttartalom szoros összefüggésben áll egymással, 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 szem keménységet, mint söripari tulajdonságot meghatározó tényezőt, érdemes megemlíteni. A szemek keménysége és üvegessége között még nem teljesen tisztázott a kapcsolat. Az üvegességet, mint meghatározó paramétert, elsősorban a külső tényezők határozzák meg, viszont a keménység alapvetően genetikailag kódolt (POMERANZ és WILLIAMS, 1990). Az üveges szemek endospermiuma jóval kevésbé modifikálódik, mint a lisztes szemeké (CHANDRA et al., 1999). VEJRAŽKA et al. (2008) szerint a fajta 47%-ban határozta meg a szemek keménységét, azaz a daráláshoz szükséges energia mennyiségét. A termőhelynek és az évjáratnak ezzel szemben nem volt szignifikáns hatása. Ez ellentmond SWANSTON et al. (1995) állításának, miszerint a termőhelynek szignifikáns hatása van daráláshoz szükséges energiára. VEJRAŽKA et al. (2008) szerint a szem keményítőtartalma negatív, szignifikáns hatással volt a szem keménységére, bár a kis és nagy keményítőszemek aránya nem befolyásolta azt. A maláta extrakttartalma és a szem keménysége között negatív szignifikáns korreláció volt felfedezhető, azaz minél keményebb volt a szem, annál kisebb volt az extrakttartalma (BERTHOLDSSON, 2004). A keménységi index magas szignifikáns korrelációt mutatott az extrakttartalommal, illetve a fehérjetartalommal (NAGAMINE et al., 2009). A Kolbach szám szintén negatív szignifikáns korrelációban állt a szem keménységgel (VEJRAŽKA et al., 2008; SWANSTON et al., 1995). Pozitív szignifikáns összefüggés volt fellelhető a szem keménysége és a béta-glükán tartalom, valamint negatív összefüggés a keménység és a friabilitás között. VEJRAŽKA et al. (2008) és PSOTA et al. (2007) szerint az árpaszemek nagyobb keménységének a hatására csökken a cefrézés során készült sörlé minősége, és végerjedésfoka is.

A fent leírtak összegzéseképpen elmondható, hogy a jó minőségű söripari alapanyagként használt maláta minőségét, és az alkalmazott technológia egyes paramétereit elsődlegesen a fajta adottságai, a gyártásba vont árpatételek minőségi paraméterei határozzák meg (BASA, 1998).

2.2.2. Az árpa malátázása és a cefrézés

Malátázás a gabonafélék mesterségesen létrehozott, illetve szabályozott környezeti feltételek közötti csíráztatása (NARZISS, 1981; WOLF-HALL, 2007). A csírázás végterméke a zöldmaláta, ebből szárítással és aszalással aszalt maláta készül. A malátázás célja főleg azoknak az enzimeknek a kinyerése, amelyet csírázáskor a gabonaszemben tárolt tartalék anyagok meghatározott átalakulásai hoznak elő. A csíráztatás alatti túl kismértékű vagy túlzott enzimképződés nem kívánatos, mert a csíráztatott termék minőségét csökkenti (NARZISS, 1981). A végtermék, azaz a maláta minősége szorosan összefügg tehát a malátázás folyamatával (CAMPENHOUT et al., 1999). A jó malátaminőség tehát megköveteli a keményítő fermentálható cukrokká való alakulását, a magas extrakttartalmat, az optimális fehérjetartalmat, és a zavarosságot kiváltó tényezők alacsony szintjét. A keményítő lebontás mértékét a diasztatikus erő jelöli, amely összefügg a négy keményítő hidrolizáló enzim – α-amiláz, β-amiláz, limit dextrináz, és β-glükozidáz - aktivitásával (WEI et al., 2009).

A sörgyártásnál, az erjeszthető cukrok az élesztő számára hozzáférhetetlen óriásmolekulákká összekapcsolódva, sejtfallal körülzárva, mint tartaléktápanyag, keményítő formában találhatók a gabonaszemekben. A sör erjedésénél szubsztrátként szerepet játszó cukrok (zömében maltóz, maltotrióz) a sörárpa szemek keményítőtartalmának enzimatikus lebomlása során képződnek. Ez a lebomlás egyrészt az árpa csírázása közben, másrészt a malátadarából készült vizes cefre melegítésekor a sörgyári főzőházi műveletek során zajlik le. Az említett két folyamat közül az egyik a malátagyártás, a másik a sörgyártás kulcsfontosságú technológiai lépése. A malátagyártás célja és lényege: alapanyagot szolgáltatni a sörgyártásnak oly módon, hogy a sörárpaszemek keményítőtartalmát az élesztők számára hozzáférhetővé kell tenni, ez egyrészt enzimatikus oldást jelent, másrészt a malátaszemek enzimkészletének gyarapítását jelenti (BASA, 1998; PAYNTER, 1996). Ezt a célt a malátaüzemek a sörárpa csíráztatásával, majd a csírázott szemek kíméletes szárításával (aszalásával) érik el (BASA, 1998; CAMPENHOUT et al., 1999).

Az árpa a legfontosabb gabonaféle, amelyet malátagyártásra használhatunk. Ennek legfőbb oka az, hogy az árpa képes olyan enzimek termelésére, amelyek hidrolizálják a keményítőtartalmú endospermiumot, ezen kívül olyan fiziko-kémiai folyamatokat indukálnak, amelyek a végtermék, azaz a sör ízének, habzásának, és színének kialakulásáért felelősek. A nem megfelelő mértékben degradálódott fehérje és endospermium sejtfala megakadályozza az enzimek endospermiumba történő áramlását, ezzel csökkentve a végtermék extrakttartalmát a lassú szűrhetőségnek köszönhetően, valamint a már tárolt sör túlzott habzását (SÁ és PALMER, 2004). Malátagyártásra számos gabonafélét használhatunk, a legmegfelelőbb azonban a kétsoros árpa, amelynek minden szeme szimmetrikus és egyenletesen fejlett (NARZISS, 1981). VEJRAŽKA et al. (2008) kétsoros és hatsoros árpaszemeket vizsgált a malátázás utáni darálásukhoz szükséges energiamennyiség szempontjából. Eredményeik szerint a hatsoros árpaszemek darálásához sokkal több energiára volt

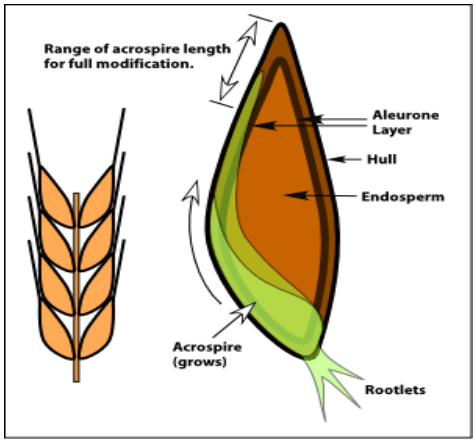
szükség, mint a kétsorosokéhoz, amely azt bizonyítja, hogy a hatsoros árpaszemek keményebbek, így, a malátázás alatt nem egyenletesen csíráznak.

A malátázás fő szakaszai: mosás, áztatás, csíráztatás, aszalás. A tárolt árpa víztartalma 12% körül van (szerkezeti víz), hogy az árpa életjelenségeit visszaszorítsák (NARZISS, 1981). A malátázás első lépésére, az áztatásra azért van szükség, hogy megfelelő nedvességtartalom elérésével beinduljon a csírázás, és egyéb biokémiai folyamatok (CAMPENHOUT et al., 1999). Kb. 30%-os víztartalomnál felgyorsulnak az életjelenségek a magban, 38%-nál csírázik az árpa a leggyorsabban és legegyenletesebben, ugyanakkor az enzimek keletkezéséhez és az endospermium feloldódásának eléréséhez 44-48% víztartalom szükséges (NARZISS, 1981; BOOYSEN et al., 2002). WOLF-HALL (2007) szerint az árpaszem csírázása 45%-os nedvességtartalomnál kezdődik, amelyet 36-52 órán keresztüli, 12-20°C-os vízben való áztatással lehet elérni. Az áztatások között szükség van levegőztetésre. Az áztatóvíznek ivóvíz minőségűnek kell lennie, minden fizikai, kémiai és biológiai szennyeződéstől mentesnek. Az árpaszem termésfala és maghéja féligáteresztő, ennek ellenére a víz ionjai meghatározott réseken keresztül a csíra közelében lévő testába diffundálnak. Itt aztán kifejtik csírázásgátló hatásukat. A teljes áztatási idő 36-52 óra között van (NARZISS, 1981). Az áztatás további folyamatainál a következőket kell szem előtt tartani:

- lehetőleg rövid ideig tartó vizes áztatás, árasztás, permetezés vagy csörgedeztetés,
- kielégítő oxigénellátás,
- a szén-dioxid maradéktalan eltávolítása az áztatóteknőből (KUNZE, 1983).

A malátagyártás kezdetén a liszttest anyagai nagymolekulájú, stabil formában találhatók, és mivel a tápanyagszállítást a víz végzi, ezért ezeknek az anyagoknak le kell bomlaniuk. A lebomlás a csírázás alatt képződő enzimek segítségével megy végbe. A malátakészítés legfőbb célja az enzimképződés elősegítése. Az anyagveszteségek elkerülése végett a malátagyártás közben végbemenő enzimatikus lebontási folyamatokat le kell fékezni (KUNZE, 1983).

A csírázás fiziológiai folyamat. A csírában lévő szervek: a gyökér- és levélcsíra a magbélben felhalmozott tápanyagok rovására fejlődnek. Csírázás csak meghatározott körülmények között megy végbe, elegendő nedvesség, hő és levegő, illetve oxigén jelenlétében. Az életjelenségek megindulásához a magnak csak 35-40% víztartalomra van szüksége, ahhoz viszont, hogy a rendelkezésre álló csírázási idő alatt a kívánt anyagátalakulásokat elérje, 44-48%, esetleg 50% nedvességtartalom kell. Egyenletes csírázáshoz legkedvezőbb a 14-18°C. A malátázás alatti magas hőmérsékletű csíráztatás hatására mérséklődik a gyökércsíra növekedése, és a β-amiláz fejlődése. A csíráztatás alatti hőmérséklet növekedésével csökken az α-amino nitrogén szint (AGU és PALMER, 1997). A csírázási körülmények hatására először a mag alakja változik. A gyökértok áttöri a magot, az árpa „fakad”, majd előbújnak a fő- és mellékgyökerek, a csíra „elágazik” (2. kép). A levélcsíra is áttöri a termés- és a maghéjat, és a héj alatt a mag hegyéig növekszik (1. kép).



1. kép: Árpaszem csírázása a malátázás során - a levélcsíra növekedése a magcsúcs felé. A levélcsíra növekedése alatt enzimek szabadulnak fel, illetve az aleuronrétegben újak képződnek. (How to brew – by John Palmer. http://www.howtobrew.com/section2/chapter12.html)

2. kép: Az árpaszem csírázása (http://bellebouche.com/blog/?p=994)

A szem oldódása a csíra közelében kezdődik, majd a felszívóhámmal párhuzamosan halad a mag hegye felé. Az oldódás a hátoldalon, ahol a levélcsíra előbújik, gyorsabban megy végbe, mint a szem hasi oldalán. Az árpák oldódási képessége különböző: a fehérjeszegény, nedves évjáratú vagy tengerparti vidékről származó árpák gyorsabban és jobban oldódnak, mint a nagy fehérjetartalmú száraz évjáratú árpák (NARZISS, 1981; LEACH et al., 2002). Az elégtelen oldás miatt nehezen morzsolható szét a maláta, kicsi lesz az enzimkapacitása és többnyire rövid a csírája. Az ilyen maláta a főzőházban lassabban cukrosodik, kisebb végerjedésfokot ér el. Az erjedés az aminosavak hiánya következtében esetleg nem kielégítően folyik le (NARZISS, 1981). A nem megfelelő oldódás hatására a nagy molekulasúlyú (1-3, 1-4 kötésű) β-glükán tartalom is magas marad (NARZISS, 1989; WEI et al., 2009). A túloldott maláta pedig teljesen elmorzsolható szembelsőt, nagy enzimpotenciált és igen nagymértékű fehérjelebontást mutat. Túloldás túl nagy nedvességtartalom, túl magas hőmérséklet és túl hosszú csíráztatási idő mellett fordul elő. A csírafejlődést és az oldódást a csíráztatási feltételek szabályozzák (NARZISS, 1981).

Amikor a zöldmalátában az átalakulások már kellően előrehaladtak, az életfolyamatokat az aszalás szakítja meg. Aszalás közben a zöldmaláta vízelvonás hatására stabillá és tárolhatóvá válik. A maláta aszalásakor a következő változások mennek végbe:

- csökken a víztartalom,
- megszakad a csírázás és az oldás,

- szín- és aromaanyagok képződnek (KUNZE, 1983; WOLF-HALL, 2007).

A maláta tárolhatósága céljából 40% fölötti víztartalmat 5% alá kell csökkenteni. Az enzimek kímélése végett a malátát az erősebb felmelegedés előtt előszárításnak kell alávetni. A nedves keményítő erős felmelegedésekor használhatatlan, üveges maláta képződik. Aszalás közben a hőmérsékletet csak akkor szabad 50°C fölé emelni, amikor a víztartalom már 10-12%-ra csökkent (KUNZE, 1983). A fonnyasztás a zöldmaláta alacsony hőmérsékleten való szárítása kb. 10%-os nedvességtartalomra. A tulajdonképpeni az aszalás az, amikor a világos maláta vízelvonását 3,5-4%-ig, a sötét malátáét pedig 1,5-2%-ig végezzük. Ehhez 80-105°C-os hőmérsékletre van szükség. A magas hőmérsékletű aszalást követően szükség van a maláta hűtésére, ellenkező esetben az enzimek károsodnak, a sör színe és íze jelentősen romlik. Az aszalás után a gyökércsírát el kell távolítani, mert ez keserű ízű és ezen kívül az aszalt maláta vízfelvételét segíti elő. Az elégtelen csírátlanítás kifogásolható, mivel a csíra festő hatású, keserű ízű és alkalmat ad a maláta túl gyors vízfelvételére. A főzés előtt egy bizonyos tárolási időre van szükség. A frissen aszalt, tárolatlan maláta zavaros vagy opálos sörlevet ad, cefreszűrési és erjesztési nehézségeket okoz és így rontja a sör külső megjelenését, ízét és habzóképességét (NARZISS, 1981).

A sörgyártás fő folyamata a sörlében levő cukor alkohollá és szén-dioxiddá való erjesztése. A maláta és a pótanyag alkotórészei nagyrészt oldhatatlanok, tehát az alkoholos erjedés feltételeinek megteremtéséhez ezeket az anyagokat oldhatóvá, mindenekelőtt erjeszthető cukrokká kell átalakítani. A sörlé előállításának célja az alkotórészek feloldása, mert így válik erjeszthetővé a sörlé. Ehhez a malátát előbb meg kell őrölni, azért, hogy a maláta így feltárt beltartalmi anyagait az enzimek lebonthassák. Az őrlés olyan mechanikus aprítás, amelyben kímélni kell a héjat, mert a cefre szűrésekor szűrőanyagként szükség lesz rá. A maláta oldottsága befolyásolja a felaprítás fokát. A jól oldott malátában a finom dara és a liszt aránya növekszik. A jól oldott szemrészekből képződő finom dara és liszt sok enzimet tartalmaz, és a főzőházban jól oldódik. A rosszul oldott maláták keményebbek, nehezebben apríthatók. Ezt a durva dara nagyobb részaránya is jelzi.

A malátaőrlemény beltartalmi anyagainak legnagyobb része oldhatatlan állapotba van. A sörbe azonban csak az oldott anyagok kerülhetnek, ezért szükséges az őrlemény oldhatatlan anyagainak oldhatóvá alakítása cefrézéssel. A cefrézés célja az, hogy lehetőleg nagy mennyiségű és jó minőségű extrakt képződjön. Az extrakt jelentős része enzimek működése következtében keletkezik, amelyhez biztosítani kell az optimális hőmérsékletet. Az anyaglebomlási folyamatok közül a sörfőzésben a következőknek van jelentősége:

- a keményítő lebomlása,
- a β-glükán lebomlása,
- a fehérjék lebomlása, illetve azok szerkezeti átalakulása (JIN et al., 2009),
- egyéb bomlási folyamatok.

A keményítőt maradéktalanul le kell bontani cukorrá és dextrinné. A keményítő lebomlását befolyásoló tényezők:

- a cefrézés hőmérséklete,
- a cefrézés időtartama,
- a cefre pH-ja,
- a cefre koncentrációja.

A cefrézés során, a keményítőbomláson, a β-glükán lebomlásán, és a fehérjék bomlásán kívül, más bomlási folyamatok is lezajlanak, pl. foszfátok lebontása (KUNZE, 1983). A cefrézés alatt a legaktívabbak a proteolitikus enzimek, az ezek által lebontott aminosavak, peptidek és proteinek pedig nagyjából egyforma mennyiségben vannak jelen. Az oldható nitrogénvegyületek befolyásolják a végtermék, azaz a sör színét, ízét, valamint az élesztő általi fementációt. Egyes fehérjéknek a sör habzásában van jelentősége (WOLF-HALL, 2007). JAKOBSEN és LIE (1979) szerint a fémionok a maláta vegyületeihez kémiai kötéssel kapcsolódnak. A cefrézés során olyan vegyületek válnak oldhatóvá, amelyek képesek a fémionokat magukhoz kapcsolni. Így jönnek létre a kelátkomplexek. A sörlébe kerülő fémionok egyrészt az oldott kelátképzők mennyiségétől, másrészt attól függ, hogy a fémionok eredetileg milyen kötéstípussal kapcsolódtak a maláta oldhatatlan vegyületeihez.

A cefreszűréssel az extraktot a lehető legtökéletesebben ki kell nyerni a cefréből (KUNZE, 1983). A szűréskor fennmaradt részt törkölynek nevezzük, amelynek összetétele függ az árpafajtától, az aratás idejétől, a hozzáadott pótanyagoktól, illetve a sörgyártás technológiájától (SANTOS et al., 2003). A törkölyt elsősorban takarmányként hasznosítják (MUSSATTO et al., 2006; WOLF-HALL, 2007). A szűrést követően történik a kapott sörlé minőségének (szűrési idejének, színének, zavarosságának, extrakttartalmának, viszkozitásának, és végerjedésnek) meghatározása.

2.2.3. Erjesztés

Erjedésen általában a mikroorganizmusoknak azokat az anyagcsere-folyamatait értik, amelyek a nitrogénmentes szerves anyagok lebontását idézik elő. Szobahőmérsékleten ez lassan játszódik le, és többnyire hőfejlődés és gázképződés kíséri. Az erjedés különböző fajtáinak megnevezése vagy az erjedés végén keletkező főtermék vagy az erjedő anyag, avagy az erjesztőanyag alapján történik. A sörgyárban az alkoholos erjedésnek van jelentősége. Itt az élesztő a különböző cukrokat hőfejlődés közben alkoholra és szén-dioxidra bontja (NARZISS, 1981). Az erjesztés függ a fermentáció körülményétől, a felhasznált élesztőtörzstől, illetve a sörlében jelen lévő nem fermentálható cukrok mennyiségétől. A végtermék minősége és íze elsősorban a sörélesztő biokémiai tulajdonságaitól függ. Jó minőségű sör előállításának alapfeltétele az élesztő hatékony tápanyagkinyerése és a sör megfelelő ízvilágának kialakításában való részvétel. Ezen kívül szükséges az élesztő fermentáció végén történő kiülepedése (SCHEER, 1993).

2.2.3.1. Erjesztéshez használt élesztők

A sörgyártásnál az elcukrosított malátalé erjesztéséhez sörélesztőre van szükség. Az élesztők egysejtű élőlények, amelyek a természetben szinte mindenütt előfordulnak. A sörélesztők a sporogének csoportjába tartoznak. Söripari szempontból a sörélesztőket két csoportra oszthatjuk: felsőerjesztésű élesztőkre (*Saccharomyces cerevisiae*) és az alsóerjesztésű élesztőkre (*Saccharomyces carlsbergensis*). A felsőerjesztésű élesztők 15-25°C-on erjesztenek, sarjadzanak és az intenzív erjesztés alatt felszállnak, azaz a sör felszínén gyűlnek össze. Spóráznak, de a raffinóznak csak egyharmadát erjesztik le. Az alsóerjesztésű élesztők ezzel szemben csökkent spóraképző képességűek, nem sarjadzanak, és az 5-10°C között lejátszódó alsóerjedés végén, az erjesztőkád fenekén ülepednek le (NARZISS, 1981). Az alsó erjesztésű élesztőkre az jellemző, hogy sejtjeik protoplazmája sokkal gazdagabb fehérjékben, mint a felső erjesztésű élesztő sejtjeié. Ezért nehezebbek az előbbiek az utóbbiaknál. Jellemző ég az alsó erjesztésű törzsekre, hogy a raffinózt teljesen elerjesztik. Az alsó erjesztésű sohasem erjeszt nagy alkoholszázalékig. A hazai söröket alsóerjesztésűekkel állítják elő (HORVÁTH, 1970).

Az élesztő általában gömbölyű vagy elliptikusan ovális alakú. Hossza 6-10 μm, a szélessége 5-8 μm. Egy sejt felülete átlagban kb. 150 μm^2. Az élesztő sejtfala az élesztőtömeg 20%-át teszi ki. Ez több β-1-3-glükán, fehérje- és lipidrétegből áll. Felületén a sejtmembránt nyálkaburok, az ún. élesztőgumi veszi körül, amely túlnyomórészt mannából áll. A sejtfal összetétele az erjedés alatt változik. A protoplazma a sejtmagból és a citoplazmából áll. A mag az alapanyagból és néhány kromoszómából áll, amely a géneket tartalmazza. A sejtplazma ugyancsak alapplazmából áll, amelybe az endoplazmatikus retikulum membránrendszere, valamint a szerkezeti részecskék (pl. a mitokondriumok, a riboszómák és a lizoszómák) vannak beágyazva. A citoplazma fehérjékben gazdag, és változó mennyiségű tartalék szénhidrátot, glikogént tartalmaz. A citoplazmában zsírcseppecskék is kimutathatók (NARZISS, 1981).

Az élesztő kipréselt állapotban 65-85% vizet tartalmaz, amelyből kb. 60% intracellulárisan és 10-30% hidratációs vízként kötődik. Szárazanyagra számított összetétele a következő: 45-60% nitrogéntartalmú vegyület, 15-37% szénhidrát, 2-12% zsír, vitaminok nyomokban, valamint 6-12% hamu (ásványi anyag) (NARZISS, 1981).

Az élesztő sarjadzással szaporodik. Az anyasejten egy kis kidudorodás keletkezik, amely később leánysejtté fejlődik és leválik, vagy az anyasejttel összeköttetésben marad. Rövid idő múlva maga a leánysejt is sarjadzásra képes. Az élesztő szaporodása öt szakaszban folyik le:

- Indukciós fázis: Az élesztő hozzáadása utáni első órák. Ez alatt az élesztő nem szaporodik, az anyagcsere azonban a tápanyagok felvétele folytán élénkebb lesz.
- Gyorsulási fázis: Néhány óra múltán kezdődik, s az élesztősejtek szaporodásával jellemezhető.
- Exponenciális fázis: Logaritmikusan növekvő sejtszaporodással jellemezhető. A sör erjedésénél kb. a 2. és az 5. erjedési nap közötti időre terjed ki.

- Lassulási szakasz: Az erjedés végén a tápanyag-koncentráció és az erjedési hőmérséklet csökkenése, valamint az alkohol és a szén-dioxid képződésének következtében a szaporodás egyre csökken. A főerjedés vége felé kezdődik.
- Stacionárius fázis: Szaporodás egyáltalán nincs. Ez az állapot az ászokpincében való érés közben áll le.

Az élesztő szaporodása függ a hőmérséklettől, a levegőzéstől, a képződött alkoholmennyiségtől, a sörlé extrakttartalmától és annak összetételétől, az élesztő fajtájától, az adagolt mennyiségtől és a pH-értéktől. A szaporodásra legjobban a hőmérséklet hat. A hőmérséklet emelkedésével a szaporodás meggyorsul. 0°C-on gyakorlatilag megáll a szaporodás, az élesztő azonban nem pusztul el, hanem továbbra is életben marad. A levegőzés serkenti a szaporodást, a szén-dioxid gátolja. Az erjedés folyamán keletkező alkohol szintén gátolja a szaporodást. A sörlé extrakttartalma bizonyos határok között szintén jelentőséggel bír. Nagyobb extrakttartalom esetén a sörlé koncentrációja jóval nagyobb az élesztősejtek plazmájának koncentrációjától. Ebben az esetben a sörlé ozmotikus alapon vizet von el az élesztőből. Az élesztőben plazmolízis megy végbe, s így nem képes tovább szaporodni (KUNZE, 1983).

2.2.3.2. *Saccharomyces cerevisae* 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). A nehézfémek vizes rendszerekben történő megjelenése – karcinogén és mutagén hatásuknak köszönhetően – globális probléma (MAHVI et al., 2008). A szennyvizek nehézfémektől történő tisztítása alapvető feladat, mivel egyrészt a természetes vizekbe kerülve az ökoszisztémára jelent veszélyt, másrészt pedig a csatornarendszerbe kerülve negatív hatást gyakorol a biológiai szennyvíztisztításra (MOHAMED et al., 2008).

A fémionok fontos szerepet játszanak az élőlények életműködésében. Az élőlény fajtájától, korától, fiziológiai érettségétől, környezetétől (pH, hőmérséklet), a fémion fiziológiai tulajdonságától, és más fémekkel, valamint kémiai vegyületekkel való kölcsönhatásától függően a fémion toxicitása változó (PASTARNAKIEWICZ, 2006). Sok elem esetében meghatározhatjuk azt a legkisebb koncentrációt, amely alatt már hiány lép fel, illetve azt a legmagasabban elviselhető koncentrációt, amely fölött az elem már negatív hatással bír az élőlények életműködését illetően (KAIM és SCHWEDERSKI, 1994). Általában, a szennyvizekben kis koncentrációban előforduló nehézfémek nincsenek káros hatással a mikroorganizmusok életműködésére, sőt, azok szükséges mikrotápanyagok is egyben (MULLEN et al., 1989; LIEHR et al., 1994). Ezzel szemben NELSON et al. (1981) szerint az alacsony koncentrációban jelen lévő nehézfémek fizikai hatással vannak a

mikroorganizmusok szerves anyag megkötésére és felvételére. A nehézfémek magas koncentrációban toxikusak az élő szervezetekre (BATTISTONI et al., 1993; CODINA et al., 1994). A mikroorganizmusok jóval érzékenyebbek a nehézfém szennyezésre, mint az ugyanabban a talajban előforduló növények és állatok (GILLER et al., 1997). Általánosságban elmondható, hogy a gombák jobban tűrik a nehézfém szennyeződést, mint a baktériumok, és az aktinomicéták (HIROKI et al., 1992). A basidiomycetesek a gombamicélium mechanikai tulajdonságainak köszönhetően például felhasználhatóak nehézfémek szennyezett vizekből történő kivonására (RAZMOVSKI és SCIBAN, 2008; JAVAID és BAJWA, 2008). A különféle mikroorganizmusok (BERDICEVSKY et al., 1993), törzseik, illetve ugyanazon mikrobafaj aktivitása között (BALSALOBRE et al., 1993) meglehetősen nagy különbség fedezhető fel a nehézfémekkel szembeni érzékenységüket illetően. BÅÅTH (1989) összegezte és leírta a fémek talajban lévő legnagyobb koncentrációját, amely még nincs hatással a mikroorganizmusokra, illetve azt a legkisebb koncentrációt, amely már hatással bír. A talajtulajdonságok viszont, mint pl. a kémhatás, szervesanyag tartalom, agyagtartalom, vas-oxid tartalom mind befolyásolják a nehézfémek mikroorganizmusokra gyakorolt hatását (BABICH és STOTZKY, 1980). Ezek közül a pH-nak van a legnagyobb befolyása, mivel erőteljes hatással van a fémek oldékonyságára és módosulatára a talaj egészében, de elsősorban a talajoldatban. Így, a pH egy egységgel való csökkenésével megközelítőleg két egységgel nő a Zn, Ni, és a Cd koncentrációja a talajban (CHRISTENSEN, 1984). A talajoldatban jelen lévő fémek nem minden esetben felvehetőek a szerves molekulák kelátképzése miatt. Kizárólag a szabad fémionok lesznek felvehetőek és nagyobb koncentrációban toxikusak (SUNDA et al., 1978). A szabad fémionok a leginkább toxikusak, míg a szerves vegyületekkel komplexet képező fémek kevésbé felvehetőek a talajmikroorganizmusok által (GILLER et al., 1998). A mikroorganizmusok, a baktériumok, az élesztők, a gombák, és az algák nagy mennyiségű nehézfém akkumulálására képesek. A nehézfémek mikroorganizmusok általi felvételét számos környezeti tényező befolyásolja, ilyen pl. a pH, a hőmérséklet, és egyéb ionok jelenléte (AVERY és TOBIN, 1993). A fémfelvételt természetesen nem csak a mikroorganizmus fajtája, hanem a szaporodási körülmények is befolyásolják. E körülmények meghatározzák a sejtösszetételt, és így a fémmegkötési képességet is (DOSTALEK et al., 2004). A mikroorganizmusok nehézfém felvételét három csoportba sorolhatjuk: extracelluláris akkumuláció, sejtfalon történő fémmegkötés, illetve intracelluláris akkumuláció. A besorolás természetesen a szerint történik, hogy hol megy végbe a nehézfém felvétel (VEGLIO és BEOLCHINI, 1997). A gombák képesek vegyérték transzformáció, extracelluláris és intracelluláris megkötés, valamint aktív fémfelvétel útján a fémekkel szembeni toleranciára és a fémek detoxifikálására (GADD, 1993). A mikroorganizmusokat éppen emiatt tekintik potenciális alternatívának a szilárd hulladékok, és a nehézfémekkel szennyezett vizek remediációja terén (KAPOOR et al., 1999; MAGYAROSY et al., 2002). Ennek során számos fizikai és kémiai folyamat játszódik le, például a fizikai és kémiai adszorpció, az ioncsere, a koordináció, a komplex-, és kelátképzés, valamint a mikroprecipitáció (SAKER, 2007; NARAYANAN és GANESAN, 2009;

ROSS, 1975; GADD, 1990;1992; MEHRA és WINGE, 1991). Az elsősorban szénhidrátokból, fehérjékből és lipidekből álló sejtfalban számos funkciós csoport található, amelyek a fémionok megkötéséért felelősek. Ilyen csoportok a karboxil-, hidroxil-, szulfát-, foszfát, és aminocsoportok. Az élesztők nehézfémfelvétele és akkumulációja két, vagy három lépésből áll (SINGLETON és SIMMONS, 1996; ENGL és KUNC, 1995). Az első lépés a sejtfalon található negatív töltésű funkciós csoportok általi fémmegkötés, majd a fémionok megközelítőleg 3,5 perc alatt történő, sejtfalon keresztüli áramlása. A második lépés a sejtmembránon keresztül a sejt belsejébe történő áramlás. A harmadik a citoplazmában történő akkumuláció (PARK et al., 2003).

Egy élőlény számos túlélési stratégiával rendelkezhet. Például, a metallothionein, vagy a γ-glutamyl peptidek szintetizálása *S. cerevisiae*-ben a Cu^{2+} ionokkal szembeni toleranciát eredményezi, viszont a sejtfalon történő rézmegkötés, illetve annak sejten belüli áramlása szintén a mechanizmus része (GADD és WHITE, 1989). A biológiai fémmegkötés egy azok közül a legígéretesebbeknek tűnő technológiák közül, amely az inaktív mikroorganizmusokra jellemző. Ezen mikroszervezetek akár nagyon híg oldatokból is képesek a fémionokat megkötni és azokat akkumulálni (VOLESKY, 2001). A mikroorganizmusok nehézfém felvétele tulajdonképpen egy ioncserén alapszik, amely a nehézfém és a sejtfalban található Ca^{2+}, Mg^{2+} és K^{+} ionok között zajlik le. Ez az ioncsere mechanizmus megfigyelhető a penészeknél (KAPOOR és VIRARAGHAVAN, 1997), a baktériumoknál (LOPEZ et al., 2000), és az élesztőknél is (SINGLETON és SIMMONS, 1996). Már régóta ismeretes az élesztők vizes közegből történő nehézfémfelvétele (GOROBETS et al., 2004). A nehézfémek sejtfalon történő megkötése – a hőmérsékleten, a pH-n, és egyéb ionok jelenlétén kívül - függ a rendelkezésre álló funkciós csoportoktól, valamint a fémion természetétől is (ENGL és KUNZ, 1995). A *S. cerevisiae*, más mikroorganizmusokhoz hasonlóan, számos olyan csoportot tartalmaz, amely a fémionok megkötésére képes. Valószínűleg nem csak egy típusú molekula, vagy funkciós csoport felelős a fémionok megkötéséért. A *Saccharomyces* nemzetségbe tartozó törzseket igen gyakran alkalmazzák a mindennapi életben. Jelentős szerepük van a sörgyártásban, a bor, illetve egyéb szeszesitalok előállításánál, de a gyógyszeriparban és takarmányként is széles körben alkalmazzák őket (HORVÁTH, 1970). Számos kutatás bizonyítja, hogy a *S. cerevisiae* képes a Cu, Cd, Pb, Zn, Cr és Ni ionok megkötésére és akkumulálására (ENGL és KUNZ, 1995; LEUSCH et al., 1995; VOLESKY és PHILLIPS, 1995; WILHELMI és DUNCAN, 1995; CHEN és WANG, 2007). A Langmuir egyenlettel jellemezték az élesztősejtek természetes fémmegkötését (LO et al., 1999). Először a Ca^{2+} vagy a Mg^{2+} ionok kötődnek meg a sejtfalon, elsősorban negatív töltésű funkciós csoportok segítségével, majd ezt követően kerülnek csak a sejt belsejébe (SALTUKOGLU és SLAUGHTER, 1983).

A Cd a sejtfal plazmamembránjában jelen lévő szerves ligandumokhoz való kötődés eredményeképpen szerkezeti károsodást okozhat a *S. cerevisiae* sejtfalában (BRADY és DUNCAN, 1994). PASTARNAKIEWICZ (2006) szerint a *S. cerevisiae* sörlében jóval ellenállóbb a kadmium ionokkal szemben, mint szintetikus táptalajon. Ennek oka elsősorban az eltérő kémiai összetételben

keresendő. A sörlében jelen lévő nagyobb molekulák megkötik a kadmium ionokat, és oldhatatlan vegyületeket, vagy nagyobb komplexeket képeznek. Ezáltal képtelenek átjutni a sejtmembránon és a sejt belsejébe diffundálni. Az általa kapott eredmények megegyeznek JONES és GREENFIELD (1984) által kapott eredményekkel, miszerint a *S. cerevisae* szaporodása gátolt, ha a Cd koncentrációja nagyobb, mint 10 μM, és teljesen leáll 1mM-nál. PASTARNAKIEWICZ (2006) azt is megállapította, hogy a Cd kisebb koncentrációban nem gátolja a *S. cerevisiae* szaporodását, sőt, védekező mechanizmusok megjelenését stimulálja. Ezen mechanizmusok az intracelluláris, ciszteint tartalmazó fehérjeszintézisen alapulnak. A cisztein megköti a nehézfémeket, kelátot képezve. A kelátok nem toxikusak a mikroorganizmusok sejtjeire, sőt képesek csökkenteni a közeg nehézfémtartalmát is (BRADY et al., 1994). A *S. cerevisiae* általi Cd felvétel meglehetősen gyors – 50 μM Cd-ot tartalmazó közegből, öt perces inkubációs időt követően a Cd koncentrációja a sejtekben 0,2 μM/g száraztömeg volt (AVERY és TOBIN, 1993). A Cd felvétele függ annak közegben lévő koncentrációjától (BLAUDEZ et al., 2000). PASTARNAKIEWICZ (2006) azt is megállapította, hogy Ca és Zn hozzáadásával csökken a Cd negatív hatása.

A Mg ionok élesztősejtek általi felvétele a következőképpen történik: az ionok először a sejtfalon megkötődnek, elsősorban az ott található negatív töltésű funkciós csoportokkal kapcsolódnak, és ezután diffundálnak a sejt belsejébe (SALTUKOGLU és SLAUGHTER, 1983). A hőmérséklet, a pH, az élesztősejtek mennyisége és fiziológiai aktivitása, illetve más ionok jelenléte meghatározza az élesztősejtek Mg felvételét (TUSZYŃSKI és PASTARNAKIEWICZ, 2000; GÖKSUNGUR et al., 2005). THOMAS (1980) szerint a Mg felvételhez szükséges optimális hőmérséklet 25-35°C, míg az optimális pH 4,0-8,0. Az élesztősejtek általi Mg felvétel a vas (Fe^{3+}) transzporthoz kötött. A Fe^{3+} transzport vaskötő ligandumok által történik. Ezek a ligandumok képesek a Mg ionok megkötésére is, így felhasználják azokat a Mg bioakkumulációjára is (WALKER, 1994; EMELYANOVA, 2001). GNIEWOSZ et al. (2007) azt vizsgálták, hogy a *S. uvarum* sörélesztő hogyan köti meg a Mg^{2+} ionokat. Mivel az élesztő képes nagy mennyiségű Mg iont akkumulálni, a jövőben felhasználható lenne a takarmányozásban, mint magas tápértékű élelmiszer (GNIEWOSZ et al., 2007).

SOARES et al. (2003) a Cu, az Pb, és a Ni hatását vizsgálta *S. cerevisiae* sejtjeire. Megállapították, hogy 200 μM Cu koncentrációnál, már 5 perc inkubációs időt követően a sejtek 50%-a elpusztult. Ugyanezen Pb koncentráció csak 4 óra elteltével, és 200 μM Ni koncentráció már csak 48 óra elteltével pusztította ilyen mértékben a *S. cerevisiae* sejtjeit. Eredményeik szerint a 25 mM koncentrációjú glükóz növeli az 50 μM koncentrációjú Cu toxicitását, viszont nincs hatással sem a 200 μM koncentrációjú Pb, sem pedig az ugyanilyen koncentrációjú Ni toxicitására. 0,5 mM Ca hozzáadásával csökkent a 200 μM koncentrációjú Cu ionok toxicitása is, viszont az Pb és a Ni toxicitására nem volt hatással. DOSTALEK et al. (2004) *S. cerevisiae* nehézfém felvételét (Cd, Cu és Ag) vizsgálta olyan közegekben, amelyekben a K, a Mg, a P, a C, illetve a S korlátozottan volt jelen. Megállapította, hogy:

- K, Mg, és C limitált közegben a legnagyobb mértékű az élesztő Cd felvétele;
- K limitált közegben a legnagyobb mértékű a Cu felvétel;
- P limitált közegben a legnagyobb az Ag ionok felvétele, de legkisebb a Cd felvétel;
- S limitált közegben a legkisebb a Cu és Ag ionok felvétele.

A nehézfém felvétel összefügg a fémek toxicitásával, mivel nagyobb koncentrációban gátolja a mikroorganizmusok anyagcsere folyamatait, és szaporodását. Kis koncentrációban a fémek szükségesek a mikroorganizmusok életfolyamataihoz, sőt, a Cu és a Zn még a szaporodást és az anyagcsere folyamatokat is elősegíti. MIHOVA és GODJEVARGOVA (2001) *S. cerevisiae* rézfelvételét vizsgálta vizes közegből. Eredményeik szerint 50 mg/l Cu koncentráció viszonylag gyenge gátlást okozott, de nagyobb, mint 250 mg/l koncentráció hatására hosszabb lett az élesztő Cu felvételének az ideje, és lassabb a szaporodása. A *S. cerevisiae* rézfelvétele viszonylag gyors folyamat, 6 óra inkubációs időt követően a rézionok 75%-a akkumulálódott. A nehézfémek felvételét illetően legnagyobb mértékben a Pb ionokat, majd a Cu ionokat és a Ni ionokat adszorbeálja. Ennek köszönhetően szennyvizekből történő nehézfém felvételben, a szennyvizek detoxifikálásában meghatározó szerepe lehetne (MIHOVA és GODJEVARGOVA, 2001). Ez a megállapítás azért is jelentős, mert az ipar fejlődésével a környezetszennyezés egyre nagyobb mértékű. Ide tartozik a vizek nehézfém szennyezése is. A gyárak szennyvizeinek nehézfémektől történő detoxifikálását alapvetően kémiai precipitációval, illetve ioncserével végzik. Ez azonban egy igen költséges folyamat, főleg abban az esetben, amikor a nehézfém koncentráció akár 1-100 mg/l lehet (PARK et al., 2003).

2.3. Környezeti tényezők hatása az árpa söripari tulajdonságaira

Az árpa és a maláta söripari tulajdonságait számos környezeti/klimatikus tényező befolyásolja (BRIGGS, 1978; HENRY és JOHNSTON, 1991; VERMA és NAGARAJAN, 1996). Természetesen lehetőség van nagy terméshozam és megfelelő malátaminőség elérésére a megfelelő fajta megválasztásával, viszont ez csak abban az esetben érvényesül, ha a környezeti feltételek, és az agrotechnológia is megfelelő. A kultúrnövények terhelése nem csupán ipari- és közlekedési eredetű lehet, hanem a termesztéstechnológiából is származhat. A kritikus elemek különböző vegyületi formákban jelennek meg. A porral lecsapódó külsődleges szennyező anyagok leginkább szervetlen vegyületek (oxidok, halogenidek, szulfitok). A normális reszorpció során a talajból felvett elemek a biokémiai folyamatok eredményeként elsősorban szerves vegyületek formájában vannak jelen a növényekben. Mindkét típus toxikológiailag különböző, ezért nehéz a határértékeket megadni (JACOB, 1985).

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 disztatikus 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). Az árpa fehérjetartalma és extrakttartalma között negatív korreláció, míg a fehérjetartalom és a diasztatikus erő között pozitív korreláció áll fenn (BISHOP és DAY, 1993; ARENDS et al., 1995; HOWARD et al., 1996). MOLINA-CANO et al. (1995) szerint a fehérjetartalom szignifikáns negatív korrelációban áll a viszkozitással és a Kolbach számmal. A sörárpa fehérjetartalma nem haladhatja meg a 11,5%-ot (BERTHOLDSSON, 1999), mivel a magasabb fehérjetartalom csökkenti az extrakttartalmat, és a végtermék, azaz a sör minőségét (RASMUSSON és GLASS, 1965). Más szóval, a magasabb fehérjetartalom összefügg a maláta egyéb tulajdonságaival is (ZHANG et al., 2006). 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). A fehérjetartalom ezen kívül meghatározza a csírázás mértékét is, amely komoly problémákat okozhat abban az esetben, ha egyszerre több fajtát malátázunk, még akkor is, ha ezek átlag fehérjetartalma elfogadható (PALMER, 2000). 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 (BATHGATE, 1987; SMITH, 1990). A talaj magas nitrogéntartalma (VARVEL és SEVERSON, 1987; WESTON et al., 1993; EAGLES et al., 1995), az időjárás (GRANT et al., 1991), ezen belül a szárazság (MORGAN és RIGGS, 1981; COLES et al., 1991; BIRCH et al., 1997), illetve a magas hőmérséklet és a szárazság együtt (MACNICOL et al., 1993; SAVIN és NICOLAS, 1996) növeli az árpa fehérjetartalmát. A gyökérzet szintén befolyásolja a nitrogén, illetve egyéb tápanyagok felvételét. A virágzás előtti szárazság csökkenti a vegetatív szakaszban történő nitrogénfelvételt, ezáltal csökkenti a terméshozamot, de a terméskiesést a gyökérzónában 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. A másik eset az, amikor a szemkitöltődés későbbi szakasza alatt fellépő szárazság csökkenti a szénhidrát beépülést a szemben, korai érést, és a fehérjék kisebb mértékű oldódását eredményezi (BERTHOLDSSON, 1999). 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 diasztatikus erő szoros összefüggésben áll a β-amiláz aktivitással (ARENDS et al., 1995; GEORG-KRAEMER et al., 2001; EVANS et al., 2003). A β-amiláz az összes fehérjetartalom megközelítőleg 1%-át teszi ki, és ez a mennyiség több mint amely fiziológiai funkciójának betöltéséhez szükséges lenne (LAURIERE et al., 1986). Bár, ZHANG et al. (2006) szerint, az ugyanolyan környezeti feltételek mellett termesztett árpanövények szemterméseiben lévő β-amiláz aktivitás és fehérjetartalom között nincs szignifikáns különbség. Ráadásul az is elmondható, hogy ugyanolyan fehérjetartalmú árpaszemek söripari tulajdonságukat tekintve különbözhetnek (WANG et al., 2007).

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). Ezek szerint, a korai vetés magasabb Kolbach számot eredményezett egy árpafajta esetében, viszont ennél a fajtánál a vetésidő nem volt hatással az extrakttartalomra, a viszkozitásra, a diasztatikus erőre, és a fehérjetartalomra. Más fajták esetében a vetésidő szignifikáns hatással volt a fehérjetartalomra, viszont a többi tulajdonságra már nem.

Az árpa fehérjetartalmát a fentieken 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). E hőmérsékleti maximum értékek 20-32°C tartományban limitálják a szemkitöltődést is, elsősorban a lerövidült szemkitöltődési időszaknak köszönhetően (PASSARELLA et al., 2002). Ez az oka annak, hogy a vetést minél hamarabb, kora tavasszal meg kell kezdeni. Kései vetés alacsonyabb terméshozamot, és magasabb nyersfehérje tartalmat eredményezhet abban az esetben, ha a vetés és a szemkitöltődés közötti idő alatt nő a hőmérséklet (PETTERSSON és ECKERSTEN, 2007). Ennek az az oka, hogy a N kevésbé érzékeny a magasabb hőmérsékletre, mint a C, így a N könnyebben felhalmozódik a szemben, magasabb fehérjetartalmat eredményezve (GRASHOFF és D'ANTUONO, 1997). PASSARELA et al. (2002) szerint, őszi árpa esetében, a 8°C-nál magasabb hőmérséklet negatív hatással van az árpa kalász-, és szemképződésére, valamint söripari tulajdonságaira (növekvő β-glükán-, és fehérjetartalom, valamint a csökkenő extrakttartalom). A maláta β-glükán tartalma és viszkozitása között szoros összefüggés van (LALIC et al., 2007). SHAKHATREH et al. (2001) szerint, a szemkitöltődés alatti megfelelő nedvességtartalom pozitív hatással van a terméshozamra, viszont szárazabb körülmények között a hosszabb vegetációs idejű fajták kisebb terméshozamot eredményeznek. SCHELLING et al. (2003) szerint a hőmérsékletnek van a legnagyobb hatása a szemkitöltődés hosszára. A

terméshozamra elsősorban a napi átlaghőmérsékletből, és a relatív páratartalomból, az árpa fehérjetartalmára pedig a csak a relatív páratartalomból következtethetünk. A fajta és a környezet szignifikáns hatással van a terméshozamra és az árpa söripari tulajdonságaira (LALIC et al., 2007). PETTERSSON és ECKERSTEN (2007) szerint a terméshozam és a nyersfehérje tartalom nem áll szoros összefüggésben a talaj fizikai és kémiai szerkezetével. A talaj szervesanyag tartalma pozitív korrelációban állt az árpa nyersfehérje tartalmával.

A környezet meghatározó jelentőségű valamennyi tulajdonságnál. Ahol tehát a körülmények hajlamosítanak a magas fehérjetartalomra, ott valamennyi fajtának magasabb lesz a fehérje %-a. A fajták reakciója azonban szignifikánsan eltérő, vannak érzékenyebb és kevésbé érzékeny fajták. Egyértelműen meghatározhatók olyan ökológiai-agrotechnikai környezetek, ahol a fehérjetartalom és az extrakttartalom kedvezően vagy kedvezőtlenül fog alakulni. Valamivel kevésbé megbízhatóan, de még mindig elég jól megítélhető egy adott környezet hatása az oldott N tartalomra és a diasztatikus enzimaktivitásra. Viszonylag nagy hibával terhelt a környezet megítélése a végerjedés a β-glükán tartalom alakulása szempontjából. A fenti minőségi adatok közül az átvételnél csak a fehérjetartalmat ismerjük. Ennek alapján a többi minőségi tulajdonságra az alábbi biztonsággal következtethetünk (2. táblázat).

2. táblázat: A fehérjetartalom és egyéb söripari tulajdonságok összefüggése (Forrás EBC, 1995)

A fehérjével párban vizsgált tulajdonság	**Korreláció**	**Fajtahatás**	**Fajtánként a regresszió szélső értékei**
Extrakttartalom	-0,87	-	-0,3 – (-0,7)
N mg/l	0,59	-	20 – 80
Kolbach-szám	-0,31	-	0 – (-2,6)
Végerjedés	-0,16	-	0 – (-1,1)
β-glükán tartalom	0,63	x	0,6 – 4,0
Diasztatikus enzimaktivitás	0,64	x	3,7 – 44,0

Az extrakttartalom igen szoros összefüggésben van a fehérjetartalommal. Ami meglepő, hogy a fehérje-extrakt összefüggés nem mutatott statisztikailag igazolható fajtaspecifitást, annak ellenére, hogy a különböző fajták extrakttartalma a fehérje függvényében igen széles határok közt mozgott (-0,3 – (-0,7)). Mindez Közép-Európára volt jellemző, ahol a környezeti zavaró tényezők az összefüggést jóval gyakrabban fedték el, mint a sokkal kiegyenlítettebb klímájú Nyugat-Európában, ahol a fajtaspecifitás egyértelműen szignifikáns. A fehérjetartalom közepesen korrelált az oldott N mennyiségével, a â-glükán tartalommal és a diasztatikus enzimaktivitással. Ez utóbbi két tulajdonságnál a fajtaspecifitás szignifikáns volt, tehát a N-változásra a fajták megbízhatóan eltérően reagáltak. Söripari célra olyan fajtát kell választani, amelyiknek enzimaktivitása alacsony fehérjetartalom mellett is kellően magas. Végezetül megállapítjuk a 2. táblázatból, hogy a Kolbach-szám és a végerjedés nem függött a N mennyiségétől (TOMCSÁNYI, 1998).

Munkánk során megvizsgáltuk az őszi és tavaszi árpa termeszthetőségét és a talaj néhány biológiai tulajdonságát az időjárás függvényében, valamint a maláta fizikai és kémiai paramétereit az EBC előírásainak megfelelően. Mikrobiológiai vizsgálatokat végeztünk az árpa talajával, valamint a *Saccharomyces cerevisiae* két törzsének nehézfémtűrésével kapcsolatban.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Anyagok

A szántóföldi kísérletek beállítására a Károly Róbert Főiskola Fleischmann Rudolf Kutatóintézet kísérleti terén került sor, 2005 és 2007 között.

3.1.1. A kísérleti tér elhelyezkedése és klimatikus viszonyai

A kísérletek helye – Kompolt - a Nagy-Alföld északi hordalékkúpján, a Mátra déli hegyvonulata nyúlványainak déli szegélyén, Budapesttől 105 km-re északkeleti irányban, 125 m tengerszint feletti magasságban, az északi szélesség 47045’ és a keleti hosszúság 20015’ találkozási pontján fekszik, a Budapest-Miskolc vasúti fővonal és a 3 sz. főközlekedési útvonal között. Kompolt kedvező fekvését az Északi Középhegység közelsége, annak esőárnyéka és téli időjárásának zord jellege határozza meg a növénynemesítés szempontjából. Az itt előállított fajták sokaságának nagyfokú plaszticitása, alkalmazkodóképessége, viszonylagos igénytelensége és az abiotikus stresszekkel szembeni ellenállóképessége jól igazolja ezt. A térség időjárása szélsőséges, aszályra hajló, mérsékelten meleg, száraz tájtípus. Az ország egyik legszeszélyesebb csapadékeloszlású, csapadékban szegény vidéke. Csaknem évente ismétlődően hosszabb-rövidebb aszályos periódusok jellemzik. Az aszályhajlamot mutatja, hogy az esetek többségében 5 évenként előfordul 400 mm körüli vagy attól is kevesebb éves csapadékösszeg. 90 év csapadékösszegeinek évi átlaga 549 mm, amelyből csak 309 mm jut a tenyészidőszakra. A csapadékmentes napok száma 1965-1990 között 217-272 volt. A tél zord, általában hó nélküli, ennél fogva kiváló viszonyokat nyújt az őszi vetésű növényfajok nemesítéséhez. A napsütéses órák száma 1931-1960 év átlagában 2108, a vegetációs időszakban 1528 óra. Az éves átlagos hőmérséklet kereken 10°C, a vegetációs idő alatt 17,3°C, az utolsó fagyos nap április 17, az első fagyos nap október 17-én van - sok év átlagában.

3.1.2. A kísérleti tér talajának jellemzése

A kísérleti tér talajtípusa a mezőségi és erdőségi talajok közötti átmenetet alkotó, löszös üledékes, andezit málladékos löszös agyagon kialakult, mély humuszrétegű, nem karbonátos csernozjom barna erdőtalaj. A csernozjom barna erdőtalajok különböző változatai az Alföld északi tájain mintegy 220 ezer hektár területet foglalnak el. A kísérleti terület talaja agyagos vályog mechanikai összetételű, 40-48% agyag (<0,002 mm), illetve mintegy 60% leiszapolható rész (<0,01 mm) tartalommal. A talaj kémhatása savanyú, 4,9-5,1 pH közötti. A feltalaj erősen kilúgozott, meszet nem tartalmaz, elsavanyodására utal a 4,0 pH körüli érték. Az altalaj kötöttebb, kevésbé elsavanyodott. Az alsóbb talajrétegek kémhatása semleges körüli, 130-150 cm mélységben már

lúgos. A humuszos réteg vastagsága 50-80 cm, a szántott réteg humuszkészlete 2,5-3,0%. Humuszkészlete alapján közepes N-ellátottságú, a felvehető PK-tartalom pedig gyenge P- és kielégítő K-ellátottságot jelez.

A talaj fizikai tulajdonságai kedvezőtlenek. Az uralkodó talajtípusokon a talajvíz szintje igen mély: 11-12 m, ezért a csapadék mennyisége és eloszlása a műtrágyák érvényesülésére és a termés alakulására egyaránt meghatározó. A talaj közepes vízelnyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy mennyiségű víz raktározására, megtartására képes, ezzel együtt nehezen művelhető. A talajaszályt fokozza a nagy holtvíztartalom és repedezettség, melynek következtében a víz párolgása még fokozódik. Az ilyen extrém éghajlati és talajviszonyoknak, – amelyekhez még az alacsonyabb tápanyagszint is kapcsolódott – feltételezhető, hogy szerepük volt abban, hogy a Kompoltról kikerült nemesítvények a Nagy-Alföld szélsőséges időjárási és talajviszonyai között is jól beváltak.

3.1.3. A kísérleti évek időjárásának, termésalakulás szempontjából fontos jellemzése

A kísérleti évek meteorológiai adatait a 3. táblázat ismerteti. A táblázatok a vizsgált 2 év csapadékviszonyait, valamint az átlaghőmérsékleti adatokat tartalmazzák, havi bontásban. 2005. ősz napos, száraz időjárással indult. Október középhőmérséklete (11°C) átlagban kevesebb, mint egy fokkal meghaladta a sokévi átlagot (10,2°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). Az időjárás miatt az őszi vetések alá megfelelő magágyat tudtunk előkészíteni. Az őszi időjárás nem kedvezett a károsítók fellépésének sem. December elején a még mindig kellemes hőmérsékletnek köszönhetően a télbe kiegyenlített növényállomány ment, csak a 10-e utáni lehűlés jelezte a tél megérkezését (0°C). December közepétől 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).

2006. januárban drasztikus lehűlés következett, átlag -3,7°C hőmérséklettel. A hideg kitartott a hónap végéig. A 2006. évi január és február összességében az átlagosnál hidegebb időjárást hozott a kísérleti helyen. A csapadékos december után januárban Kompolton az átlagosnál megközelítőleg 44 mm-rel kevesebb esett. A hónap első hetében többfelé volt áztató eső, a hónap második felében inkább a havazás volt jellemző, de nem alakult ki tartós, vastag hótakaró. Ennek hatására a talaj nedvességtartalma növekedett. 2006. februárban tovább folytatódott a télies hideg (-2,6°C átlaghőmérséklet), majd a hónap második dekádjában átmeneti felmelegedés volt tapasztalható, majd újra komoly lehűlések 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. Komoly kárt okozott azonban a bőséges csapadék miatti belvíz. A március csak lassú tavaszodást hozott, e hónapban a hőmérséklet (3,2°C) a 70 éves átlag (4,7°C) alatt maradt. Márciusban bőségesen

kaptunk esőt (44,6 mm). A kedvezőtlen időjárási viszonyok miatt Kompolton csak április 5-én került sor a vetésre. 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 országszerte elegendő nedvesség volt a talajban a növények fejlődéséhez. A május változékony időjárást hozott Kompolton, a hőmérséklet a 70 éves átlag körül mozgott (15,2°C), lehűlés a hónap utolsó napjaiban kezdődött. A folyamatos vízellátásnak köszönhetően az őszi vetésű növények gyorsan fejlődtek. Az időjárás kedvezett a különböző károsítók, elsősorban a gombabetegségek fellépésének. 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 lehűlés 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, vagyis növényvédelmi szempontból kezelhető körülmények alakultak ki az év során.

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 száraz időjárás hatására tovább száradt a talaj, ami nehezebbé tette a talajmunkákat, növelte azok energiaigényét, sokfelé késleltette az őszi gabonák kelését. 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. Tetézte a bajt a szokatlanul meleg májusi-júniusi hőmérséklet is, amely 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.

3. táblázat: Kompolti meteorológiai adatok (OMSZ)

	Hőmérséklet (ºC)				Csapadék (mm)			
	2005	**2006**	**2007**	**70 éves átlag**	**2005**	**2006**	**2007**	**100 éves átlag**
január	-0,6	-3,7	3,7	-2,7	9,1	31	21,7	29,8
február	-2,9	-2,6	3,7	-0,2	57,2	50,1	52	29,9
március	3,1	3,2	8,5	4,7	9,5	44,6	49	32,8
április	11,3	12,3	12,7	10,4	80,3	35	3,1	40,3
május	16,5	15,2	17,8	15,8	42,4	111,9	53,2	56,7
június	18,8	19,2	21,7	19,1	47,5	170,4	36,5	69,9
július	21,1	23,2	23,3	21,2	71,6	55,6	28,8	58,4
augusztus	19,6	18,6	22,4	20,4	198,9	122,5	42,1	55,3
szeptember	17,0	17,6	14,4	16,2	40,5	14,1	56,4	41,7
október	11,0	12,1	10,6	10,2	14,8	11,9	52,7	43,3
november	3,5	6,5		4,6	33,9	6,4		52,5
december	0,0	1,6		0,1	75,2	3,2		40

3.2. Módszer

3.2.1. Kísérletek beállítása

A szántóföldi kísérletek beállítására a Károly Róbert Főiskola Fleischmann Rudolf Kutatóintézet kísérleti terén került sor négyismétléses véletlen blokk elrendezésben, 2005-2007 között. 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. A növényi anyagot őszi árpa és tavaszi árpa esetében is a C és D törzsek képezték. Az eredmények értékeléséhez, valamint az összehasonlításhoz standardokat alkalmaztam. Az őszi árpákat a KH Korsó és a Vanessa, a tavaszi árpákat a Scarlett és a Pasadena képviseli.

- **KH Korsó**: az első hazai őszi sörárpa fajta. Fehérjetartalma alacsony, osztályozottsága magas. Söripari értéke jó, alkalmazkodóképessége és szárazságtűrése kiváló. A pelyvája vékony, finoman ráncolt, hasonlóan a tavaszi árpákéhoz (http://frki.5mp.eu/web.php?a =frki&o=Y3STgYygAg).
- **Vanessa**: osztályozottsága magas, kiváló malátázási tulajdonságokkal rendelkezik. Fehérjetartalma alacsony, extrakttartalma magas (http://www.mitemag.com/oszi-arpa/ vanessa.html).
- **Pasadena**: malátázhatósági és feldolgozási értékei magas szintűek, a fajta rendkívül kiegyensúlyozott, ezért keresik termését és malátáját a malátázók és a söriparosok a legszélesebb körben. Fehérjetartalma alacsony, Kolbach száma az optimum értéken belül van, extrakttartalma magas, extraktdifferenciája és viszkozitása alacsony, friabilitása magas. A szárazságot az átlagosnál jobban elviseli (http://frki.5mp.eu/web.php?a=frki&o =Y3STgYygAg).

- **Scarlett**: kiegyensúlyozott fajta, de az extrakttartalom kivételével kismértékben elmarad a Pasadenától. Osztályozottsága kiváló, alacsony fehérjetartalma miatt kedvelt fajtája a malátaüzemeknek és a sörgyáraknak (http://www.mitemag.com/tavaszi-arpa/scarlett.html).

A 2006. évi C törzsek 2007. évben már D törzsek voltak (4. táblázat). A könnyebb áttekinthetőség és összehasonlíthatóság kedvéért az eredmények résznél a 2007-es D törzseket a 2006-os nevükkel illettem.

4. táblázat: A kompolti őszi és tavaszi árpa törzsek 2006-ban és 2007-ben

Őszi árpa		**Tavaszi árpa**	
2006	**2007**	**2006**	**2007**
C/VI-119 KH Korsó	D/III-74 KH Korsó	C/VIII-143 Scarlett	D/IV-67 Scarlett
C/VI-120 Vanessa	D/III-77 Vanessa	C/VIII-144 Pasadena	D/IV-68 Pasadena
C/I-17	D/I-8	C/I-3	D/I-4
C/VI-106	D/III-53	C/I-6	D/I-5
C/VI-113	D/III-56	C/I-10	D/I-6
C/VI-114	D/III-57	C/III-39	D/I-9
C/VI-115	D/III-58	C/III-40	D/I-10
C/VI-116	D/III-59	C/III-46	D/I-11
C/VI-117	D/III-60	C/III-47	D/I-12
C/VI-118	D/III-61	C/III-48	D/I-14
C/VII-122	D/III-62	C/III-49	D/II-18
C/VII-123	D/III-63	C/III-50	D/II-19
C/VII-125	D/III-64	C/III-51	D/II-20
C/VII-126	D/III-65	C/IV-57	D/II-21
C/VII-130	D/III-66	C/IV-58	D/II-22
C/VII-135	D/III-68	C/IV-60	D/II-23
C/VII-137	D/III-69	C/IV-61	D/II-24
C/VIII-142	D/III-70	C/IV-65	D/II-25
C/VIII-143	D/III-73	C/IV-66	D/II-26
C/VIII-144	D/IV-78	C/IV-68	D/II-27
C/VIII-145	D/IV-79	C/IV-69	D/II-28
C/VIII-147	D/IV-82	C/V-78	D/II-30
C/VIII-152	D/IV-84	C/V-79	D/II-31
C/VIII-155	D/IV-86	C/VI-91	D/III-37
C/IX-163	D/IV-93	C/VI-105	D/III-40
		C/VI-106	D/III-43
		C/VII-118	D/IV-55
		C/VII-121	D/IV-56
		C/VIII-129	D/IV-60
		C/VIII-131	D/IV-61

3.2.2. Az alkalmazott főbb agrotechnikai eljárások

Az őszi és a tavaszi árpánál 2005-2007 között alkalmazott agrotechnikai műveleteket, és az ezekhez kapcsolódó adatokat az 5-6. táblázatok tartalmazzák. Káliumot sem őszi, sem pedig tavaszi árpa esetében nem alkalmaztunk, mivel a talaj megfelelően, és jól ellátott ezzel a hatóanyaggal. A 2006. őszi árpa, és tavaszi árpa esetében a vetést ugar előzte meg, 2007. őszi árpa esetében az elővetemény borsó, 2007. tavaszi árpa esetében napraforgó volt.

5. táblázat: Őszi árpánál alkalmazott agrotechnika

Műveletek és a műveleteket végző gépek megnevezése	**2005-2006**	**2006-2007**
Műtrágyázás	2005. szeptember 7.: ❖ P: 75 kg/ha ❖ N: 60 kg/ha	2006. augusztus 22.: ❖ P: 60 kg/ha ❖ N: 60 kg/ha
Tárcsázás és gyűrűshengerezés	2005. szeptember 8.	2006. augusztus 24.
Kombinátorozás	2005. október 4.	2006. október 4.
Vetés	2005. október 5.	2006. október 6.
Gyűrűshengerezés	2005. október 13.	2006. október 12.
Növényápolás	2005. október 26.: ❖ Calypso SC480 (rovarölőszer) 0,15 l/ha 2006. április 19.: ❖ Secator (gyomirtószer) 300 g/ha ❖ Fendona 10 EC (gyomirtószer) 1,2 dl/ha	2006. október 26.: ❖ Actara (rovarirtószer) 30 g/ha 2007. január 11.: ❖ Logran 75WG (gyomirtószer) 65 g/ha 2007. április 2.: ❖ Granstar (gyomirtószer) 15 g/ha ❖ Falcon (gyomirtószer) 0,5 l/ha 2007. április 13.: ❖ Puma Extra (gyomirtószer) 1 l/ha ❖ Falcon (gyomirtószer) 0,5 l/ha
Betakarítás	2006. július 3.	2007. június 14.
Tárcsázás (tarlóhántás) és gyűrűshengerezés	2006. július 14.	2007. június 22.

6. táblázat: Tavaszi árpánál alkalmazott agrotechnika

Műveletek és a műveleteket végző gépek megnevezése	**2005-2006**	**2006-2007**
Műtrágyázás	2005. szeptember 7.: ❖ P: 75 kg/ha ❖ N: 40 kg/ha	2006. augusztus 22.: ❖ 3 x 15 NPK: 45 kg/ha
Tárcsázás	2005. szeptember 8.	2006. augusztus 24.
Szántás	2005. október 25.	2006. november 25.
Kombinátorozás	2006. április 3.	2007. március 7.
Vetés	2006. április 5.	2007. március 8.
Gyűrűshengerezés	2006. április 12.	2007. március 16.
Növényápolás	2006. május 4.: ❖ Granstar (gyomirtószer) 20 g/ha ❖ Lontrel (gyomirtószer) 0,4 l/ha ❖ Fendona (gyomirtószer) 1,2 dl/ha	2007. április 19.: ❖ Granstar (gyomirtószer) 15 g/ha ❖ Mecomorn (gyomirtószer) 7 dl/ha ❖ Fendona 10 EC (gyomirtószer) 1,2 dl/ha 2007. május 14.: ❖ Puma Extra (gyomirtószer) 0,9 l/ha ❖ Fendona 10 EC (gyomirtószer) 1,2 dl/ha ❖ Tilt (gombaölőszer)
Betakarítás	2006. július 13.	2007. június 25.
Tárcsázás (tarlóhántás) és gyűrűshengerezés	2006. július 20.	2007. július 2.

3.2.3. 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 között (13-14% nedvességtartalom) kell végrehajtani azért, hogy az árpa nedvességtartalma 12,0 – 12,5% között maradjon. Éppen ezért a tárolás alatti szárítás majdnem minden esetben szükségszerű.

A tárolás alatt az árpamintákat pamut, illetve papír tasakokban, zsákokban tartjuk. A tisztítás, a súly és a nedvességtartalom mérését követően az árpa minőségi tulajdonságait határozzuk meg. 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 energiát (GE) tavaszi árpa esetében három héttel, őszi árpa esetében 6 héttel a betakarítás után végezzük. A csírázási energia a mag nyugalmi állapotáról ad kellő mértékű információt. Malátázásra azon anyagok kerülnek, amelyek csírázási energiája három nap elteltével nagyobb, mint 95%, illetve akkor kerül sor a malátázásra, amikor a vízérzékenység megszűnik. A malátázást, illetve az ezt követő malátaanalízist 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.

3.2.4. Európai Sörgyártók Szövetsége (EBC)

Az EBC (European Brewery Convention – Európai Sörgyártók Szövetsége) legfőbb küldetése, hogy azon európai sörgyártási, technológiai és kormányzati szervezetek szakértői segítségére legyen, amelyek a sörgyártás előmozdítása céljából sörgyártással, malátagyártással, illetve e tudományágakkal foglalkoznak. Az EBC az európai sörgyártók és malátagyártók közötti együttműködést segítő szakértői szervezet. Céljai:

- a sörgyártás és malátagyártás, mint tudományág, és mint technológia továbbfejlesztése,
- a legjobb technológia megválasztása,
- tudás és tapasztalat áramoltásának segítése más tudományágakból a sörgyártás és malátagyártás tudományágába.

További küldetése, hogy az Európai Sörgyártókkal (The Brewers of Europe), illetve egyéb szervezetekkel együttműködve tanácsadó szervként működjön a malátázás és a sörgyártás terén; felismerje és közölje a megfontolt és felelősségteljes sörivászat támogatása céljából a sör egészségre jótékony hatását, illetve a sör egészségbiztonsági és környezetre gyakorolt hatásait; képessé tegye és segítse az együttműködést a sörminőségre vonatkozó technikai szempontokat figyelembe véve.

3.2.5. Az árpa söripari tulajdonságainak meghatározása

- Az árpa nedvességtartalmának meghatározása (ANALYTICA-EBC 3.2)

Megközelítőleg 20 g árpaszemet Bühler Miag típusú darálón őröltem finomra (0,2 mm). A nedvességtartalom meghatározásához 5 g finomra őrölt árpát mértem ki, melyet mérlegedényben (a mérlegedény fedele nélkül), előmelegített, Binder típusú szárítószekrényben, 130°C-on szárítottam, 2 órán keresztül. A szárítást követően az árpaőrleményt szobahőmérsékletre hűtöttem, majd

analitikai mérlegen a súlyát lemértem. Az árpa nedvességtartalmát a következő képlet alapján számítottam ki:

$$M = ((W_0-W_1)/W_0)*100$$

ahol:

M= nedvességtartalom (%)
W_0= árpadara tömege szárítás előtt (g)
W_1= árpadara tömege szárítás után (g)

A 17%-nál nagyobb nedvességtartalmú árpaminta esetén, 6 g őröletlen árpát helyeztem mérlegedénybe, és előmelegített szárítószekrénybe 130°C-ra, és a mintát 10 percen keresztül szárítottam. 10 perc elteltével a mérlegedényt a benne található mintával együtt, de ez esetben már fedél nélkül, szobahőmérsékletre hűtöttem, legalább két órán keresztül. Az előszárítást követően a fent említett módon elvégeztem a szárítást, majd a 17%-nál nagyobb nedvességtartalmú árpa víztartalmát a következő képlet alapján határoztam meg:
(Forrás: ANALYTICA-EBC 3.2)

$$M = 100*(1-((W_1*W_3)/(W_0*W_2))$$

ahol:

M=nedvességtartalom (%)
W0=árpadara tömege szárítás előtt (g)
W1=árpadara tömege szárítás után (g)
W2=árpa tömege előszárítás előtt (g)
W3=árpa tömege előszárítás után (g)

A nedvességtartalom értékét százalékban, 1 tizedes pontossággal adtam meg.

- Osztályozás/Osztályozottság meghatározása (ANALYTICA-EBC 3.11)

A sörgyártásban felhasználandó árpa esetén speciális követelmény a megfelelő osztályozottság. A legfontosabb mechanikai sörárpa vizsgálati módszer. Megmutatja, hogy a nyers árpa hányad része alkalmas malátázásra és hányad része csak takarmányozásra. E paramétert többek között a Pfeuffer (Mess und Prüfgeräte) Sortimat típusú osztályozó berendezés segítségével határozzák meg, mely egymás fölött 2,8, 2,5 és 2,2 mm résnyílású rostalemezeket tartalmaz. A mérés során, a mintavételt követően mintánként 100 g árpát helyeztem az osztályozó berendezésbe (a felső rostalemezre), és azt 5 percen keresztül rázattam. Az 5 perces időtartam elteltével lemértem az egyes rostákon fennmaradó árpamennyiség súlyát, és az eredményt az összes súly százalékában adtam meg, 1 tizedes pontossággal. A 2,5 mm-nél nagyobb méretű szemeket tekintik teljes értékű árpának. Kizárólag a 2,5 mm, és az annál nagyobb hasi átmérőjű szemeket használtam malátázásra.

- Az ezerszemtömeg meghatározása (ANALYTICA-EBC 3.4)

Homogenizált árpából 2x40 g tömegű adagokat mértem le, majd megszámoltam az így készített mintákban lévő árpaszemeket. Az idegen és fél szemeket külön válogattam, melyek tömegét a számlálásnál levontam. A számláláshoz a következő képletet alkalmaztam.

Szárazanyagra vonatkoztatva:

$$G_{1000} = (W*1000*(100-M))/(N*100)$$

ahol:

G_{1000}=ezerszemtömeg (g)
W=az árpaadag tömege az idegen és fél szemek tömegével korrigálva (g)
M=az árpa nedvességtartalma (%)
N=az adagban lévő árpaszemek száma

Az ezerszemtömeg eredményeket g-ban fejeztem ki.

- Az árpa összes nitrogéntartalmának meghatározása

Az árpa összes nitrogéntartalmát, várható extrakttartalmát, és β-glükán tartalmát a NIR technikán (KISKÓ, 1999) alapuló, Foss Tecator Infratec 1275 típusú transzmissziós spektrométer segítségével állapítottam meg.

- Csírázási energia meghatározása (ANALYTICA-EBC 3.6.1)

A csírázási energiát azon szemek százalékának a meghatározásával kapjuk, amelyek várhatóan teljesen kicsíráznak. E paramétert az Aubry-féle módszerrel állapítottam meg. Üveglapra helyeztem egy 30 cm széles és megközelítőleg 1 cm vastag vattadarabot, amelyet benedvesítettem. A vattadarabra helyeztem egy 30x40 cm átmérőjű Schleicher and Schüll ref. 598 (140 g/m^2) szűrőpapírlapot, majd arra 500 darab árpaszemet raktam. Az árpaszemeknek fél szemektől és idegen anyagoktól mentesnek kell lenniük. Ezt követően a szemeket a fent említett típusú szűrőpapírral letakartam, benedvesítettem, majd inkubátorba helyeztem 20°C-ra, 95% relatív nedvességtartalom mellett. A mintákat szükség esetén naponta újranedvesítettem. A kicsírázott szemeket minden egyes nap eltávolítottam, és 72 óra elteltével megszámoltam a ki nem csírázott szemeket. A ki nem csírázott szemeket újra áztattam, és 48 óra elteltével újra megszámoltam. Egy szem akkor tekinthető csírázottnak, ha vagy a gyökércsíra, vagy a levélcsíra szabad szemmel látható az árpaszemen. A csírázási energia meghatározása a következő képlet alapján történt:

$$GE = (500-n)/5$$

ahol:

GE = csírázási energia (%)
n = a 3, vagy 5 nap alatt ki nem csírázott, vagy elhalt szemek száma

A csírázási energia értékét %-ban adtam meg. A gazdaságos maláta-előállítás érdekében a csírázóképességnek minimum 95%-nak kell lennie.

3.2.6. Malátázás

Az árpa csírázóképessége az aratást követően mindig gyenge. A malátázáshoz szükséges csírázóképességet csak bizonyos ideig történő pihentetés után nyeri el. Ez az ún. „csíranyugalmi” állapot, amely a mi klimatikus viszonyainknál általában hat-nyolc hét. Ez a természet önvédelmi intézkedése az ellen, hogy a mag aratás előtt, a kalászban kicsírázzon.

Egyenként 500 g - kizárólag 2,5 mm - illetve az annál nagyobb szemnagyságú árpamagvakat tartalmazó – mennyiségű árpamintákat helyeztem a Phoenix Biosystems típusú, ausztrál eredetű automata mikromalátázó berendezésünkbe. A mikromalátázást tavaszi árpa esetében a következő program alapján hajtottam végre: 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. A mikromalátázás összideje 191 óra 50 perc volt.

A mikromalátázást őszi árpa esetében a következő program alapján hajtottam végre: 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 mikromalátázás összideje 181 óra volt. A mikromalátázási programot a Söripai 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 folyamatot követően a malátán maradt gyökércsírát eltávolítottam, azért, hogy megakadályozzam a maláta további nedvesség felvételét, illetve az ebből készülő sörlé színének sötétedését. A gyökércsíra eltávolítását követően a malátamintákat műanyag tároló edényekbe helyeztem, lezártam, és a mérést megelőzően legalább 2 napig szobahőmérsékleten tároltam. Erre azért volt szükség, mert a frissen aszalt maláta zavaros vagy opálos sörlevet adna, és a későbbiekben nehézségeket okozna a cefreszűrési és erjesztési folyamatokban.

3.2.7. Maláta söripari tulajdonságainak meghatározása

A maláta söripari tulajdonságainak meghatározását az Európai Sörgyártók Szövetsége (EBC) előírásainak (ANALYTICA-EBC, 1998) 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)

3.2.7.1. Sörlé előállítása

- Őrlés (ANALYTICA-EBC 4.5.1) és a nedvességtartalom (ANALYTICA-EBC 4.2) meghatározása

A sörlé előállítás első műveleti lépése a maláta őrlése a benne található extrakttartalom kinyerése érdekében. A malátát Bühler Miag típusú darálón őröltem meg. A cefrézéshez szükséges 50 g mennyiségű malátát finomra (0,2 mm), illetve újabb 50 g mennyiséget durvára (1 mm) őröltem meg. A nedvességtartalom meghatározásához 5 g finomra őrölt malátát mértem ki, melyet mérlegedényben, előmelegített Binder típusú szárítószekrényben, 106°C-on szárítottam, 3 órán keresztül. A szárítást követően a malátaőrleményt szobahőmérsékletre hűtöttem, majd analitikai mérlegen a súlyát lemértem. A maláta nedvességtartalmát a következő képlet alapján számítottam ki:

$$M = ((W_1-W_2)/W_1)*100$$

ahol:

M = nedvességtartalom (%)
W_1 = malátadara tömege szárítás előtt (g)
W_2 = malátadara tömege szárítás után (g)

A nedvességtartalom értékeket %-ban, 1 tizedes pontossággal adtam meg.

- Bekeverés (ANALYTICA-EBC 4.5.1)

A finom és durva szemnagyságúra őrölt malátaőrleményt cefréző poharakba helyeztem, melyekhez egyenként és óvatosan (két részletben), megközelítőleg 46°C hőmérsékletű, 200 ml desztillált vizet adagoltam, és üvegbottal elkevertem. A bekeverést úgy kell elvégezni, hogy a víz és az őrlemény között a lehető legtökéletesebb keveredés jöjjön létre. A cefrét azonnal az előzőleg 45°C-ra felfűtött cefréző berendezésbe helyeztem.

- Cefrézés és a cukrosodási idő mérése (ANALYTICA-EBC 4.5.1)

Ezt a cefrézés követi, amelynek célja a maláta oldható anyagainak kinyerése, a nem oldható komponensek oldatba vitele. A cefrézés legfontosabb enzimes folyamata a keményítőbontás, melyet két enzim, az α- és a β-amiláz végzi. A cefrében 60-65°C-os hőmérsékleten a β-amiláz enzim erjeszthető szénhidrátokra és β-határdextrinekre bontja a keményítőt, míg az α-amiláz 70-75°C-os hőmérsékleten nem erjeszthető szénhidrátokra bontja azt.

A cefrézéshez Lochner – Dr. Braun Instruments LB 8-Electronic típusú berendezést használtam. A cefrézést *Kongress eljárással* végeztem:

- 30 percen keresztül 45°C-on tartottam a cefre hőmérsékletét,
- ezt követően percenként 1°C-kal emeltem a hőmérsékletet, 25 percen keresztül,
- 70°C elérésekor újabb 100-100 ml, 70°C-os desztillált vizet adagoltam a cefréhez, és ettől a ponttól mértem a cukrosodási időt.
- 1 órán keresztül 70°C-on hagytam a hőmérsékletet,
- majd 10-15 perc alatt szobahőmérsékletre hűtöttem azt.

A cukrosodási idő mérése a következőképpen történt: fehér színű, lehetőleg porcelán tálra cseppentettem a finomra őrölt malátából készült cefreléből, majd azonnal a cefrelére cseppentettem 0,02 mol/l koncentrációjú jódoldatot. A jódoldatot előzőleg a következő módszerrel állítottam elő: 1,27 g jódkristályt és 2,6 g kálium-jodidot 500 ml vízben oldottam fel, majd barna üvegben, fénytől védve tároltam. A keményítő jóddal kék komplexet alkot (amilóz: sötétkék; amilopektin: lila). A jódoldat cefrelére történő cseppentését 5 perces időközönként végeztem, egészen addig a pontig, amíg a jódoldat a cefrelével tiszta sárga elegyet alkotott. Ettől a ponttól tekinthető a cukrosodás befejezettnek. Az eredményt percben fejeztem ki. A cefrézést követően a cefrézőedények oldalát szárazra töröltem, majd a cefre tartalmát – desztillált víz hozzáadásával – 450 g-ra egészítettem ki.

3.2.7.2. Szűrés, valamint szín- és zavarosság mérés és szűrési idő meghatározás

A cefrelé szűréséhez Schleicher & Schüll típusú, 320 mm átmérőjű, redős szűrőpapírt használtam. A cefrézőedényben lévő cefrelét üvegbottal a lehető legtökéletesebben elkevertem, majd azonnal és lendületesen a műanyag tölcsérbe helyezett szűrőpapírra öntöttem. Megvártam, míg a főzőpohárba ömlő cefreléből 100 ml összegyűlik, melyet azonnal visszaöntöttem a szűrőpapírra. A szűrés kezdetén a leszűrt folyadékból meghatározott mennyiségű sörlét vettem, melyet azonnal szín- és zavarosságmérésre használtam. A színmérést Lovibond Comparator 2000+, a zavarosságmérést TURB 555 IR típusú műszerrel végeztem. A szűrést egészen addig végeztem, amíg a szűrőpapíron lévő szűrlemény száraz nem lett, illetve addig, amíg már 2 óra elteltével is lassú szűrés mutatkozott. A szűrési időt a szűrési folyamat kezdetétől a fent említett pontig számítjuk. Normálisnak tekinthető a szűrési idő, ha 1 órán belül befejeződik, lassúnak, ha tovább tart 1 óránál.

3.2.7.3. Extrakttartalom és extraktdifferencia meghatározása (ANALYTICA-EBC 4.5.1 és 4.5.2)

A szűrést követően meghatározott mennyiségű sörlét (kb. 1 ml) adagoltam műanyagfecskendő segítségével a DMA 4500 típusú sűrűségmérő készülékbe. A műszer egy ún. rezgőkapillárissal rendelkezik, amely meghatározott frekvencián rezeg. Ez a frekvencia megváltozik, mihelyst a mintatérbe folyadék kerül. Minél nagyobb a minta tömege, annál kisebb a frekvencia. Ezt a frekvenciát méri a műszer, és használja a sűrűség meghatározására. A készülékben beépített termosztát szabályozza a hőmérsékletet. Egy sűrűségmérés mindössze 1-3 percet vesz igénybe. A műszer az általa mért sűrűségértékből számítja ki a Plato értéket, melynek segítségével, a következő képletből határoztam meg a sörlé extrakttartalmát:

$$E_1=(P(M+800))/(100-P) \qquad E_2=(E_1*100)/(100-M)$$

ahol:

E_1= légszáraz extrakttartalom
E_2= vízmentes extrakttartalom
P= extrakttartalom Plato (%) értékben
M= a maláta nedvességtartalma (%)
800= a cefréhez, 100 g malátához adott desztillált víz mennyisége.

Mind a finom darából, mind a durva darából készült sörlé extrakttartalmát meghatároztam, hogy ez által a következő képlet alapján kiszámíthassam a sörlé extraktdifferenciáját is.

$$E.diff. = E_f - E_c$$

ahol:

E.diff. = extraktdifferencia (finom és durva dara vízmentes extrakttartalma közötti különbség)
E_f = a finom darából készült sörlé vízmentes extrakttartalma (%)
E_c = a durva darából készült sörlé vízmentes extrakttartalma (%)

Az extrakttartalom és az extraktdifferencia értékeket százalékban adtam meg, 1 tizedes pontossággal.

3.2.7.4. Viszkozitás meghatározása (ANALYTICA-EBC 4.8)

A viszkozitás az áramló folyadék belső súrlódása. Az áramló folyadék viszkozitásán annak energiával szembeni ellenállását értjük. A szűrést követően meghatározott mennyiségű sörlét adagoltam az automatizált, gördülőgolyós AMVn típusú üvegkapilláris viszkoziméterbe. Az AMVn működési elve a gördülőgolyós módszeren alapszik (DIN 53015 és az ISO 12058). Méréskor betöltjük a mérendő folyadékot az üvegkapillárisba, melyben egy – a folyadék viszkozitásának megfelelő méretű - acélgolyó található. A műszer a mintafolyadék viszkozitását az acélgolyó gördülési idejéből határozza meg. Az üvegkapilláris lejtés szögének váltakozása a nyírófeszültség (csúsztatófeszültség) változását eredményezi a folyadékban. Az acélgolyó gördülési idején felül a

műszer a folyadék sűrűségéből képes meghatározni annak dinamikai és kinematikai viszkozitását is. A műszer az ún. Stokes egyenlet segítségével számítja ki a viszkozitást:

$$\eta = ((2g(\eta_g-\eta_f)*r^2))/(9v)=(((2g(\eta_g-\eta_f)*r^2))/(9l)*t$$

ahol:

η = viszkozitás
g = nehézségi gyorsulás
η_g = a golyó sűrűsége
η_f = a mérendő folyadék sűrűsége
r = a golyó sugara
v = az esés sebessége
l = az ejtési úthossz
t = az esés időtartama

A viszkozitás értékeket mPa*s (millipascal x szekundum) mértékegységben adtam meg, 2 tizedes pontossággal.

3.2.7.5. A maláta összes és oldható N tartalmának, Kolbach-számnak a meghatározása

A maláta összes nitrogéntartalmát és oldható nitrogén tartalmát a NIR technikán (KISKÓ, 1999) alapuló, Foss Tecator Infratec 1275 típusú transzmissziós spektrométer segítségével állapítottam meg. A fehérjelebontásról tájékoztat a fehérjeoldódási fok, azaz Kolbach-szám (7. táblázat), amelyet a következő képlettel számítottam:

$$KI = (No/Fö)*100$$

ahol:

KI = Kolbach szám (%)
No = oldható nitrogén (%)
Fö = összes fehérjetartalom (%)

A Kolbach-számot százalékban, 1 tizedes pontossággal adtam meg.

7. táblázat: A fehérjeoldottság megítélése a Kolbach-szám alapján

Kolbach szám	Fehérjeoldottság
41 % felett	Nagyon jó
38-41 %	Jó
35-38 %	Kielégítő
35 % alatt	Mérsékelt

3.2.7.6. Friabilitás meghatározása (ANALYTICA-EBC 4.15)

A friabilitást, azaz a maláta omlósságának (töredezettségének) meghatározását Pfeuffer (Mess und Prüfgeräte) típusú friabiliméter segítségével végeztem. 50 g malátát mértem mintánként, és a műszer segítségével 8 percen keresztül végeztem annak tördelését. A maláta friabilitását a következő képlet alapján határoztam meg, majd az értéket százalékban adtam meg:

$$F = 100-(A*2)$$

ahol:

F = friabilitás (%)
A = a tördelést követően a dobban maradt rész mennyisége (g)

A malátaminták söripari tulajdonságainak meghatározását követően statisztikai számításokat végeztem, és összefüggéseket kerestem a környezeti tényezők és az árpa, illetve a maláta technológiai tulajdonságai között.

3.2.8. *Saccharomyces cerevisiae* nehézfémtűrése

3.2.8.1. 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 kovárványos barna erdőtalajt (pH: 5,9; összes só: 0,17%; $CaCO_3$: 3,1%; humusz: 2,54%; NO_3-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(H_2O) 6,9 volt.

A növények gyökerét először 5-10 percig vízzel, majd 30 percen keresztül, rázógép segítségével 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, 28ºC-on inkubáltuk. Az izolációt 10 g/l glükózt, 5 g/l élesztőkivonatot, 5 g/l peptont, és 20 g/l agart tartalmazó YPDA (JIRANEK et al., 1995) táptalajon végeztük. A táptalaj pH-ját 5,8-ra állítottuk HCl segítségével, majd ezt követően 121ºC-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 55ºC-ra hűtve a steril YEPD táptalajhoz adjuk az adott koncentrációban) az egyéb mikroorganizmusok szaporodásának megakadályozására.

A szelektált élesztő csoportokat morfológiájuk (színük, szerkezetük, megjelenésük, méretük), és mikroszkopikus tulajdonságuk (sejtalak és szaporodás) alapján különböző osztályokba soroltuk, majd meghatároztuk a morfotípusukat. 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 (VAN DER WALT, 1970; 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 a táplevesben 28ºC-on szaporítottuk, miközben 150 rpm-en rázattuk 2 napon keresztül. A fenntartás 4ºC-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 $CuSO_4$-ot, $Cd(NO_3)_2$-et, $Pb(NO_3)_2$-et és $NiSO_4$-ot a YPD tápleveshez. A fémsók oldatait előzőleg 45 μm pórusátmérőjű biológiai membrán segítségével sterilizáltuk.

3.2.8.2. 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 28ºC-on, 2 napon keresztül inkubáltuk. Ezt követően meghatároztuk a nehézfémek minimális gátló koncentrációját (MIC).

3.2.8.3. A sejtszaporodás meghatározása különböző nehézfém-koncentrációk esetén

A két élesztőtörzs (NSS5099 és NSS7002) szaporodását vizsgáltuk 28ºC-on olyan YPD táplevesben, amelyhez előzőleg 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 vagy 500 μM koncentrációban Cu-et, Cd-ot, Pb-ot vagy Ni-t adagoltunk ($CuSO_4$, $Cd(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$ és $NiSO_4$ 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. A kicsapódott élesztősejteket ezután 85ºC-on, tömegállandóságig szárítottuk.

3.2.8.4.A Ca^{2+}-, Mg^{2+}- 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-ot és Cd-ot 350 μM koncentrációban, valamint Ni-t 450 μM koncentrációban) tartalmazó táptalajokon 28ºC-on, melyekhez 50, 75, 150 mM koncentrációban adtunk $Ca(HCO_3)_2$, $MgSO_4$, és K_2SO_4 sókat. Erre azért volt szükség, hogy megvizsgáljuk az élesztők nehézfémekkel szembeni tűrőképesség-változását a hozzáadott sók jelenlétében. A kísérlet 3 ismétlésben került beálításra.

3.2.9. Az árpa szántóföldi talajának biológiai elemzése

3.2.9.1. A CO_2-kibocsátás meghatározása

A CO_2-kibocsátás méréséhez 0,5 kg talajmintát töltöttünk 2 l-es üvegedényekbe és a talaj közepébe 50 cm³ 10 mol NaOH-oldatot tartalmazó műanyag csövet helyeztünk a fejlődő CO_2 megkötésére, majd az edényeket szorosan lezártuk. A NaOH-oldatot 1 mol HCl-oldattal titráltuk és kiszámítottuk a talaj légzése során felszabadult CO_2 térfogatát (WARDLE és PARKINSON, 1991; FERNANDES et al., 2005).

3.2.9.2. 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$\cdot g^{-1}$ száraz talaj$\cdot$óra^{-1}), spektrofotométer segítségével határoztuk meg 490 nm hullámhosszon.

3.2.9.3. Talaj-mikroorganizmusok előfordulása

Táplemezes módszerrel meghatároztuk az aerob baktériumok, aerob spóraképző baktériumok, sugárgombák, fonalasgombák, 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 eltávolítására, 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 10^{-7}-ig.

A rizoszférában előforduló összes-mikrobaszámot, a spóraképzők, a sugárgombák és a mikroszkopikus gombák számát szelektív táptalajok felhasználásával határoztuk meg (SZEGI, 1979). Ennek során a mintákból 1 cm³-jével (10^{-4}-től 10^{-7}-ig hígítási sorból) szélesztettünk King-B, Nutrient, Nutrient + kristályibolya, Nutrient + ciklohexidin (100 $\mu g^{-1}\cdot cm^3$), EMB, tripton-glükóz-élesztőkivonat, Martin-Bengálrózsa, malátakivonat, PDA, Jensen, Küster-Williams, Actinomycetes (DIFCO), *Trichoderma* szelektív agaros táptalajon. A mikroorganizmusokat 28ºC-on inkubáltuk (a baktériumokat 48 órán keresztül, a sugárgombákat, fonalas gombákat 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 morfotípusát és spóraképzését. Minden morfotípusból kiválasztottunk egy reprezentatív telepet, melyet tovább tisztítottunk, majd azonosításnak vetettünk alá. A különböző genusokhoz tartozó tenyészthető 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 Crisystal™ módszer, valamint HOLT és munkatársai (1994) szerint ellenőriztük.

A fonalas gombatörzseket a makro- és mikromorfológiai sajátosságok szerint határoztuk meg, DOMSCH és munkatársai (1980) tanulmánya alapján. A telepek sajátosságait (micélium stb.) 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.

3.2.9.4. Mikrobiális foszfát oldásának vizsgálata

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

3.2.9.5. Mikrobiális cellulózbontók jellemzése

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

3.3. Kísérleti statisztikai analízis

A kísérletet véletlenszerű blokk elrendezésben, három párhuzamos vizsgálatban, három ismétléssel állítottuk be. Az eredményeket a relatív növénynövekedés (%) esetében a kezeletlen kontrolltalajon termett növények növekedéséhez viszonyítottuk. Az eredményeket a relatív növénynövekedés (%) esetében a kezeletlen kontroll százalékában fejeztük ki. A növényi növekedést befolyásoló hatások vizsgálatát teljesen randomizált, több ismétléses elrendezésben terveztük kivitelezni. A baktériumok meghatározását és számlálását 3 ismétlésben végeztük. A mikroorganizmusok érzékenységi vizsgálatainál az átlag, szórás, standard hiba, korreláció (a mintacsoportok, valamint az alkalmazott módszerek között) számítását végeztük. A biotikus és abiotikus tényezők mikroorganizmusokra, valamint növényekre gyakorolt hatását varianciaanalízis és az abból számított szignifikáns differencia segítségével fejeztük ki, 95%-os megbízhatósági szinten. A kezelések közötti statisztikailag igazolható eltérések kiszámításához egyszeres osztályozásra épülő varianciaanalízist (ANOVA) használtunk. A szignifikáns differenciát $P < 0,05$ szinten számítottuk ki.

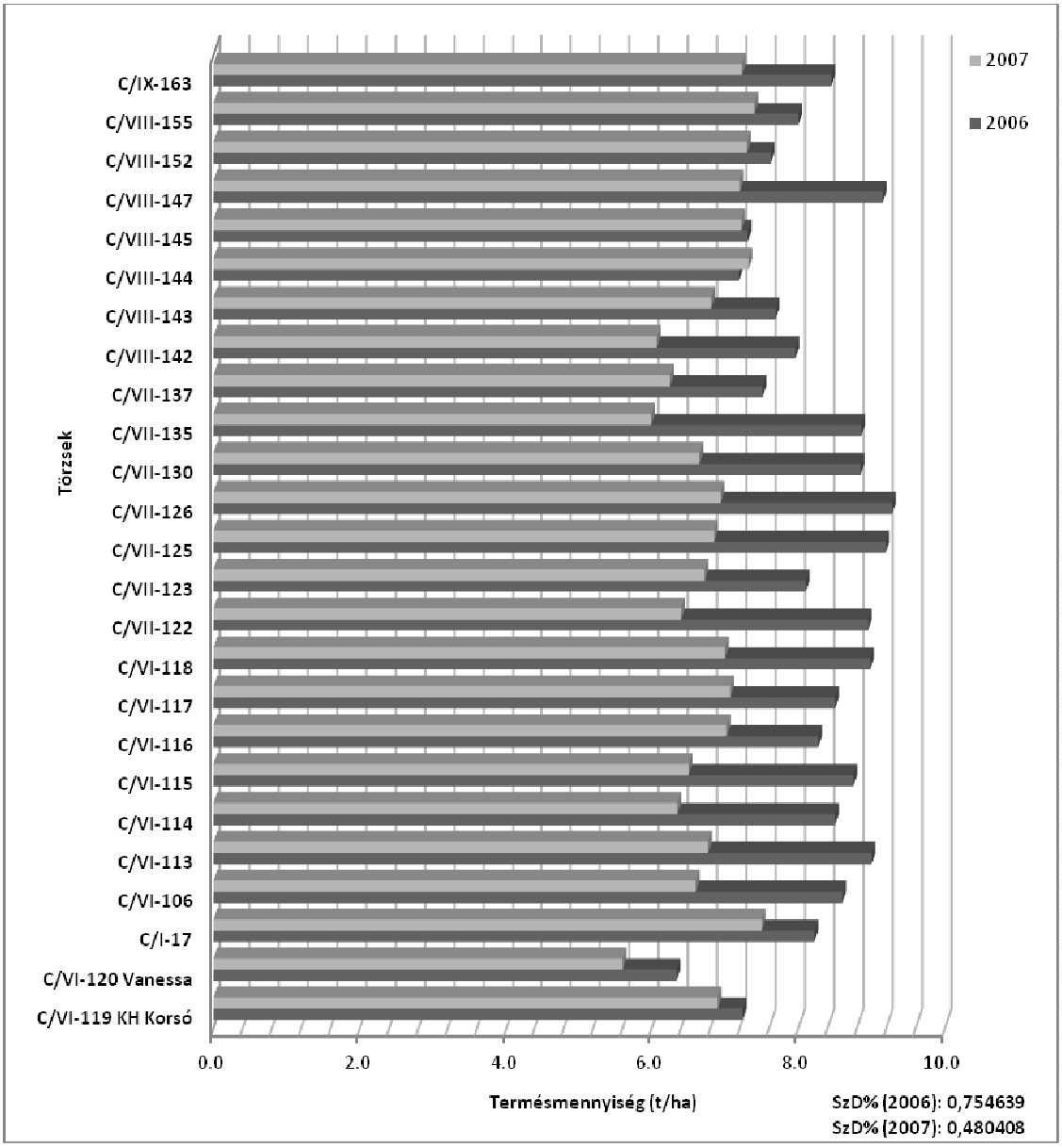
4. EREDMÉNYEK

A 2006. évre a gyenge tél volt jellemző, elmaradtak a fagykárok. A csapadékellátottság megfelelő volt, ezáltal több termést (t/ha) arathattunk, mint 2007-ben. 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. Az őszi árpára a kényszerfejlődés, az alacsony szár és a kis kalász volt a jellemző. A tavaszi szárazság a tavaszi árpáknak sem kedvezett. A korai vetések esetében viszonylag hamar beindult a kalászolás, de a későbbi vetésűeknél is lelassult a növények fejlődése a szárazság miatt. 2007. évben gyenge-közepes termést arathattunk, a termésátlag, az össztermés gyengébb volt a 2006. évinél.

4.1. Árpa termeszthetősége

4.1.1. Őszi árpa termésmennyisége

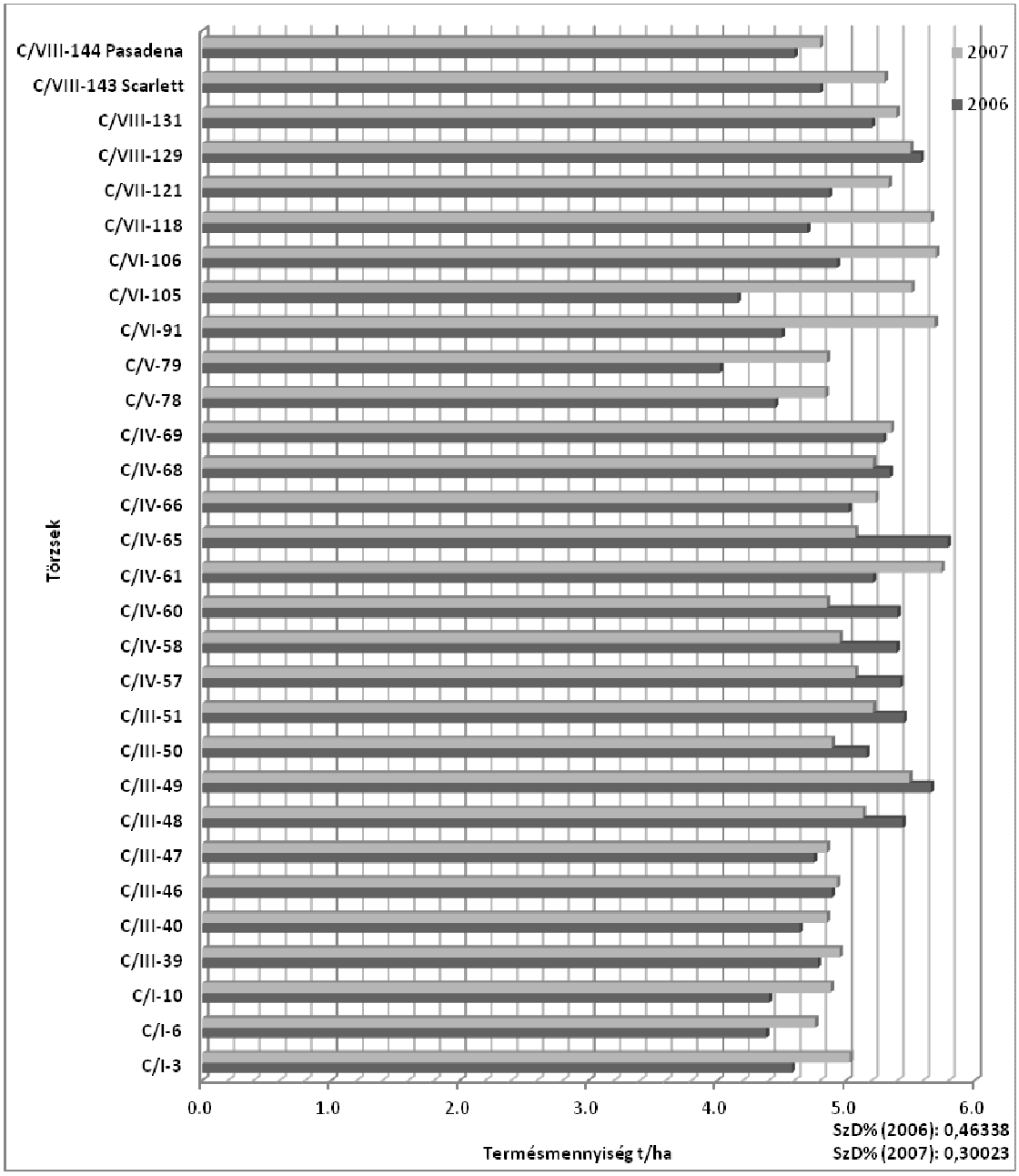
A kontrollhoz képest valamennyi törzs jobban növekedett, valamint az őszi árpa termésmennyisége magasabb volt 2006-ban, mint 2007. évben (2. ábra). A 2006. évből a legjobb termésmennyiségű törzsek: C/VI-113, C/VII-125, C/VII-126, C/VIII-147, 2007. évben pedig: C/I-17, C/VIII-144, C/VIII-145, C/VIII-147, C/VIII-152, C/VIII-155, C/VIII-163. A Vanessa terméshozama 2006-ban és 2007-ben sem volt megfelelő. A KH Korsó termésmennyisége magasabb volt, és ehhez hasonló eredményeket mutatott 2006-ban a C/VIII-144, és a C/VIII-145 is. 2007-ben a leggyengébb terméshozamú törzs a C/VII-135 volt.



2. ábra: Őszi árpa termésmennyiségének (t/ha) alakulása Kompolton, 2006. és 2007. évben

4.1.2. Tavaszi árpa termésmennyisége

A tavaszi árpa törzseinek a 2006 és 2007 évben mért termésátlagai között nem volt szignifikáns különbség. A 2006. és 2007. év között nagy szignifikáns különbség tapasztalható a C/V-79, C/VI-91, C/VI-105, C/VI-106, és C/VII-118 törzseknél (3. ábra). 2006-ban a legjobb termésmennyiséget a C/III-49, C/III-51, C/VI-65, és C/VIII-129 törzsek adták. 2007-ből a legjobb terméshozamú törzsek: a C/III-49, a C/IV-61, a C/VI-91, a C/VI-105, a C/VI-106, a C/VII-118, és a C/VIII-129 voltak. A C/III-49 és a C/VIII-129, 2006-ban és 2007-ben is jó termésátlagot adott. A legkisebb termékenységű törzsek 2006-ban: a C/V-79 és a C/VI-105 voltak.



3. ábra: Tavaszi árpa termésmennyiségének (t/ha) alakulása Kompolton, 2006. és 2007. évben

4.1.3. Őszi árpa ezerszemtömege, szárszilárdsága és származassága

Az őszi árpa ezerszemtömege 2007-ben alacsonyabb volt, mint 2006-ban (8. táblázat). Természetesen egyes törzseknél ez éppen ellenkezőnek mutatkozott, de mint ahogy a környezet, úgy a genetika is befolyásoló tényező lehet. A Vanessa ezerszemtömege nagyob volt a KH Korsó ezerszemtömegéhez viszonyítva, de a - C/VIII-155, C/VII-130, C/VIII-142, C/VI-116, C/VI-117 – törzseké még ennél is magasabb volt, 2006-ban és 2007-ben egyaránt. 2006. évben a legjobb ezerszemtömegű törzsek: a C/VI-106, C/VI-117, C/VII-123, C/VIII-147, C/VI-116, C/VII-130, C/VIII-155, C/VIII-142, 2007-ben pedig a C/I-17, C/VI-106, C/VII-130, C/VII-135, C/VIII-142,

C/VIII-152, C/VIII-155 voltak. A C/I-17 és a C/VIII-145 2007-ben jóval nagyobb ezerszemtömeget adott, mint 2006-ban. A szárszilárdság 2007-ben erősebbnek mutatkozott, amely a nagyfokú szárazságnak volt köszönhető. 2006-ban szignifikáns különbséget mutatott a kontrollhoz képest a C/VI-113, a C/VI-114, a C/VI-115, a C/VI-116, a C/VIII-147, a C/VII-122, a C/VII-126, a C/VII-135 és a C/VI-117 törzsek, 2007-ben pedig valamennyi törzs. Az időjárás szárszilárdságra kifejtett hatását jól szemlélteti, hogy 2006-ban az átlagérték 7, míg 2007-ben 9 körüli volt. A származagasság 2006-ban nagyobb értékeket adott, mint 2007-ben, amely szintén kifejezi az időjárás hatását. Három törzs - C/VI-117, C/VII-126, C/VI-118 - esetében viszont éppen az ellenkezőjét tapasztalhattuk. A terméseredményeket összegezve elmondható, hogy a C/VI-116, a C/VI-117 és a C/VII-126 törzsek kiváló eredményeket adtak.

8. táblázat: Kompolti őszi árpa törzsek terméseredményei 2006-ban és 2007-ben

Törzsek	Év					
	2006			2007		
	Ezerszem tömeg	Szár-szilárdság	Szár-magasság	Ezerszem tömeg	Szár-szilárdság	Szár-magasság
C/VI-119 KH Korsó	42,5	5	90	42	9	80
C/VI-120 Vanessa	46,7	5	97	42	9	80
C/I-17	41	4	96	47,4	9	95
C/VI-106	44,5	7	92	47	9	90
C/VI-113	39,9	9	85	40,5	9	80
C/VI-114	43,2	9	85	41,9	9	80
C/VI-115	39,6	8	86	35,6	8	82
C/VI-116	47,1	8	87	41,8	9	80
C/VI-117	47,6	9	85	41,6	8	90
C/VI-118	43,2	7	86	41,3	8	91
C/VII-122	40,8	8	89	42,8	9	87
C/VII-123	44,9	7	96	40,3	9	90
C/VII-125	42,3	7	86	40,2	8	81
C/VII-126	42,9	8	87	41	9	91
C/VII-130	48,7	5	95	48,7	9	94
C/VII-135	44,9	9	95	45	8	85
C/VII-137	37,6	7	87	43,3	9	80
C/VIII-142	51,7	5	86	44,9	9	80
C/VIII-143	40,3	7	97	41,2	9	85
C/VIII-144	39,5	5	93	42,6	9	80
C/VIII-145	33,3	6	95	46	9	86
C/VIII-147	44,9	9	95	43,3	9	90
C/VIII-152	40,0	5	85	45,3	8	78
C/VIII-155	54,1	7	90	48,5	9	85
C/IX-163	38,9	7	85	41,5	9	80
Átlag	43,204	6,92	90,00	43,028	8,76	84,80
SzD%	4,539	1,552	4,564	2,997	0,436	5,228

4.1.4. Tavaszi árpa ezerszemtömege, szárszilárdsága és származagassága

A tavaszi árpa ezerszemtömegéről elmondható, hogy az őszi árpáéhoz hasonlóan, az 2007-ben alacsonyabb volt, mint 2006-ban. A C/III-47, C/III-49, C/IV-60, C/VIII-131, C/IV-69, C/V-79,

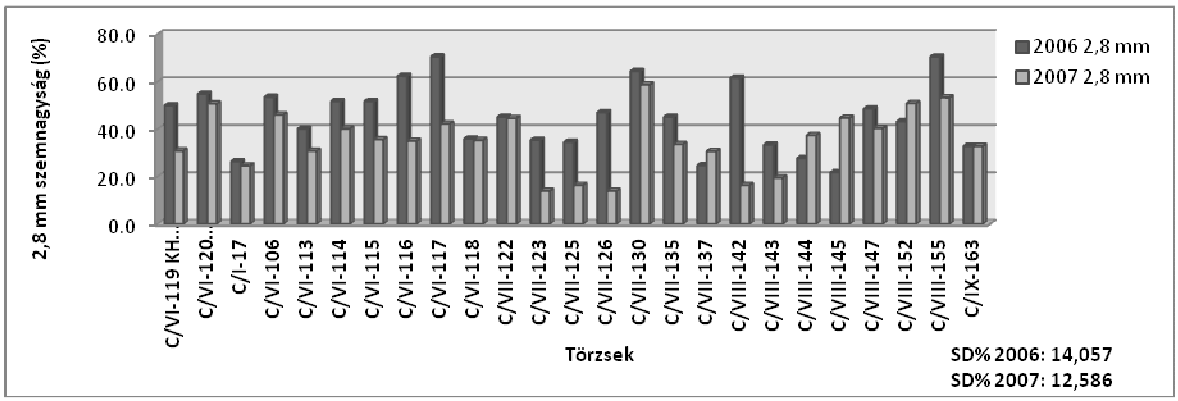
C/VI-91, C/IV-66, és C/IV-68 törzsek 2006-ban a kontroll Pasadena és Scarlett fajtákhoz hasonlóan jó eredményeket adtak. A standard fajtákhoz képest a C/III-39, a C/III-40, a C/III-46, a C/III-48, a C/III-50, a C/IV-57, a C/IV-58, a C/VIII-129, a C/VII-118, a C/VI-105, és a C/VI-106 mutatkozott erősebbnek. A 9. táblázat szerint, a szárszilárdság és a szármagasság – az őszi árpához hasonlóan - 2007-ben jobb értékeket adott, a szárazságnak köszönhetően. Míg 2006-ban a szárszilárdság átlagértéke 2, addig 2007-ben 9 volt. A C/IV-60 törzs az átlagnál magasabb szárszilárdságot mutatott 2006-ban, és az még a két kontroll fajta szárszilárdságát is meghaladta. Mivel – a megdőlés veszélye miatt - az alacsonyabb szármagasság a kívánatos, 2006-ban az alábbi törzseket emelem ki: C/I-6, C/III-49, C/III-48. 2007-ben viszonylag alacsonyabb szármagasságot ért el a C/IV-66, a C/III-47, a C/III-49, a C/III-39, a C/III-40, és a C/III-46. Összességében elmondható, hogy a C/III-48 tavaszi árpatörzs – ezerszemtömeg és szármagasság tekintetében – jó eredményt adott.

9. táblázat: Kompolti tavaszi árpa törzsek terméseredményei 2006-ban és 2007-ben

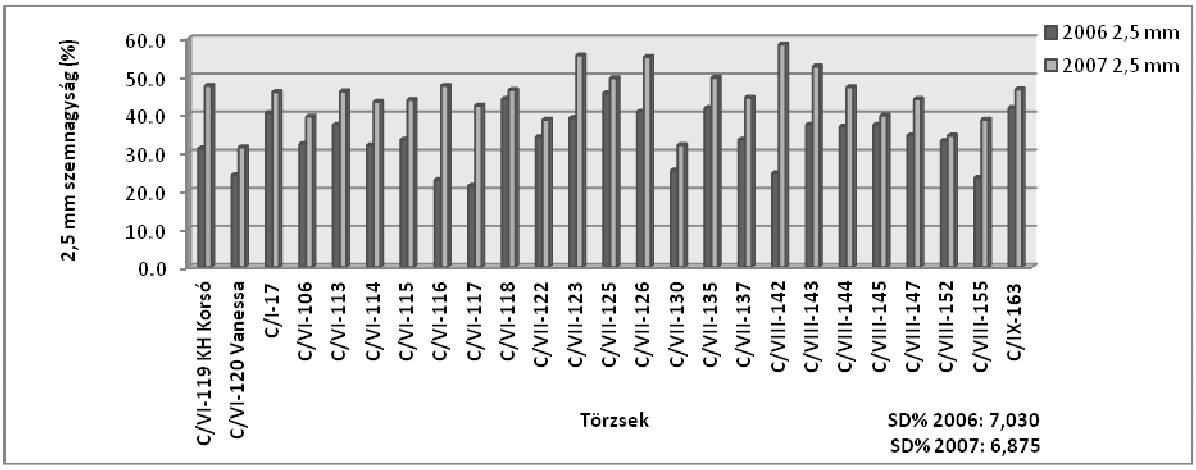
Törzsek	**Év**					
	2006			**2007**		
	Ezerszem tömeg	**Szár-szilárdság**	**Szár-magasság**	**Ezerszem tömeg**	**Szár-szilárdság**	**Szár-magasság**
C/VIII-143 Scarlett	39,5	2	75	30,0	9	56
C/VIII-144 Pasadena	39,8	2	69	28,8	9	58
C/I-3	35,8	2	66	26,0	9	55
C/I-6	36,8	2	63	25,6	9	53
C/I-10	35,5	2	66	28,4	8	56
C/III-39	40,7	3	74	34,1	9	52
C/III-40	43,6	2	67	29,8	9	51
C/III-46	41,7	3	70	33,3	9	48
C/III-47	39,6	3	68	32,7	9	50
C/III-48	41,5	3	64	35,1	9	53
C/III-49	39,1	3	63	33,2	9	50
C/III-50	41,7	3	68	36,2	9	56
C/III-51	34,3	3	65	31,1	9	53
C/IV-57	43,9	3	70	32,5	9	55
C/IV-58	40,8	2	69	31,9	9	57
C/IV-60	39,8	4	77	35,1	9	56
C/IV-61	38,4	2	73	29,8	9	52
C/IV-65	38,3	3	69	34,3	9	55
C/IV-66	39,2	3	70	34,0	9	51
C/IV-68	39,0	3	79	35,7	9	57
C/IV-69	39,3	3	80	34,0	9	56
C/V-78	36,8	3	73	27,0	9	57
C/V-79	39,7	3	70	28,1	9	58
C/VI-91	39,7	3	71	28,7	9	55
C/VI-105	42,3	3	73	32,3	9	55
C/VI-106	42,3	3	75	36,0	9	65
C/VII-118	41,9	3	68	29,9	9	57
C/VII-121	36,1	3	74	34,9	9	57
C/VIII-129	44,2	3	79	34,4	9	66
C/VIII-131	39,8	2	76	31,9	9	56
Átlag	31,8	2,733	70.8	39,7	8.967	55.2
SzD%	3,061	0.521	4.745	2,503	0.183	3.827

4.1.5. Őszi árpa osztályozottsága

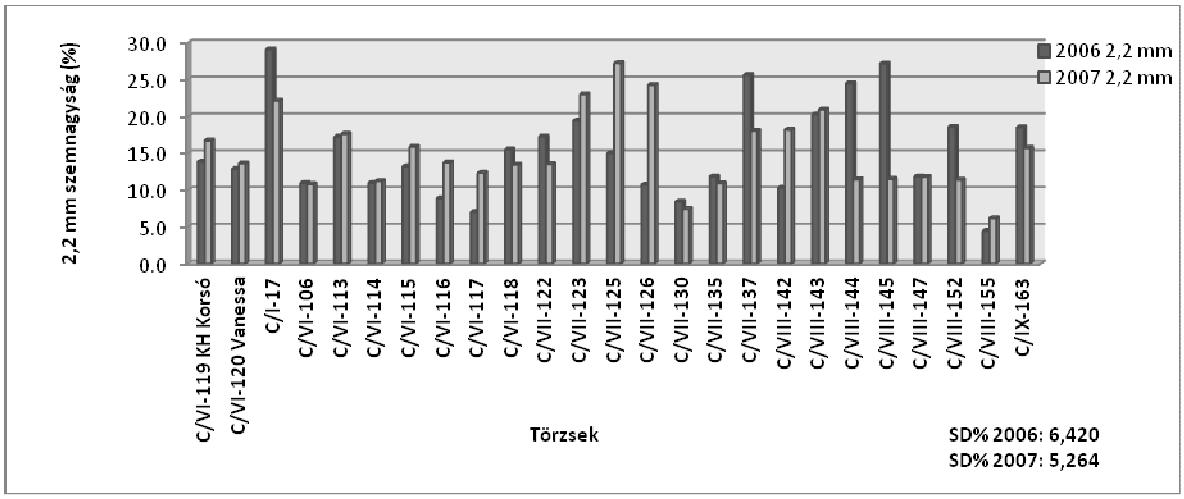
A 4. ábra alapján igazolt, hogy a 2,8 mm-es szemek aránya 2006-ban szignifikánsan magasabb volt, mint 2007-ben (pl. C/VI-116, C/VI-117, C/VII-123, C/VII-126, C/VIII-142). Nem volt szignifikáns eltérés például a következő törzseknél: C/I-17, C/VI-118, C/VII-122, C/VII-130, C/IX-163. A 2,8 mm nagyságú szemek 2006-os évi magasabb arányából következik, hogy a 2,2 mm-es szemek aránya 2007-ben volt átlagban magasabb (6. ábra). 2006-ban még a kontrollnál is nagyobb szemnagyságot ért el a C/VI-116 és a C/VI-117, valamint a C/VII-130, a C/VII-142 és a C/VIII-155 is. A 2,8 és 2,5 mm-es szemek nagyobb keményítőtartalommal rendelkeznek, ezáltal előreláthatólag magasabb lesz ezek extrakttartalma is. Kizárólag a 2,5 és 2,8 mm-es szemeket lehet malátázásra használni, ebből a megfontolásból előnyös, ha a 2,2 mm-es szemek aránya kisebb. A vizsgált törzsek közül a C/I-17, a C/VII-137, a C/VIII-144 és a C/VIII-145 rendelkezett a legnagyobb arányban 2,2 mm-es szemekkel 2006-ban, míg 2007-ben a C/VII-123, a C/VII-125, a C/VII-126, a C/VIII-142 és a C/VIII-143. Ezen törzsek söripari felhasználásra mégis alkalmasak, mivel a 2,5 mm-es szemek aránya viszonylag magas (5. ábra), és így malátázásra még alkalmasak.



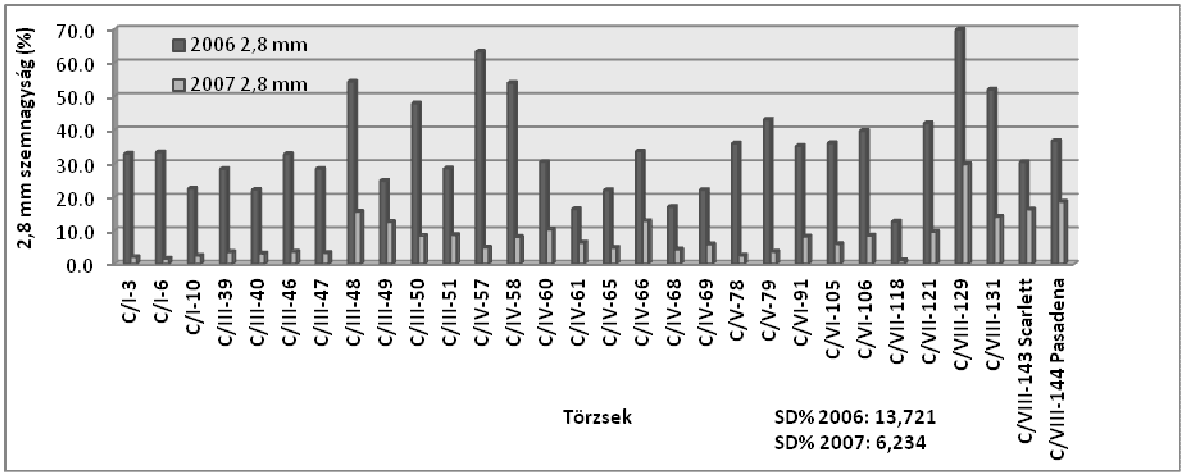
4. ábra: Kompolti őszi árpa törzsek 2,8 mm-es szemnagyságának összehasonlítása 2006-ban és 2007-ben



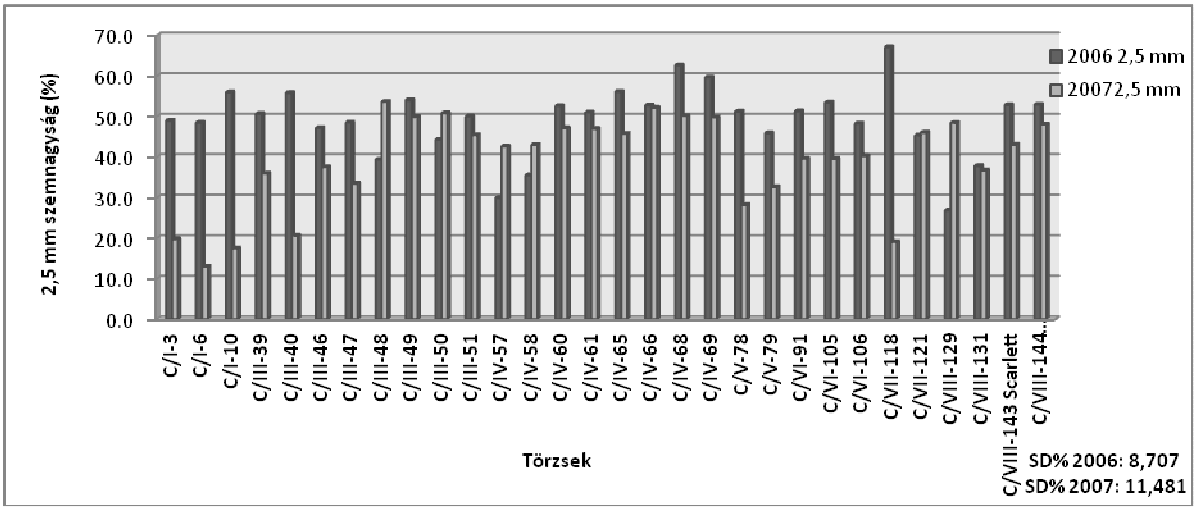
5. ábra: Kompolti őszi árpa törzsek 2,5 mm-es szemnagyságának összehasonlítása 2006-ban és 2007-ben



6. ábra: Kompolti őszi árpa törzsek 2,2 mm-es szemnagyságának összehasonlítása 2006-ban és 2007-ben



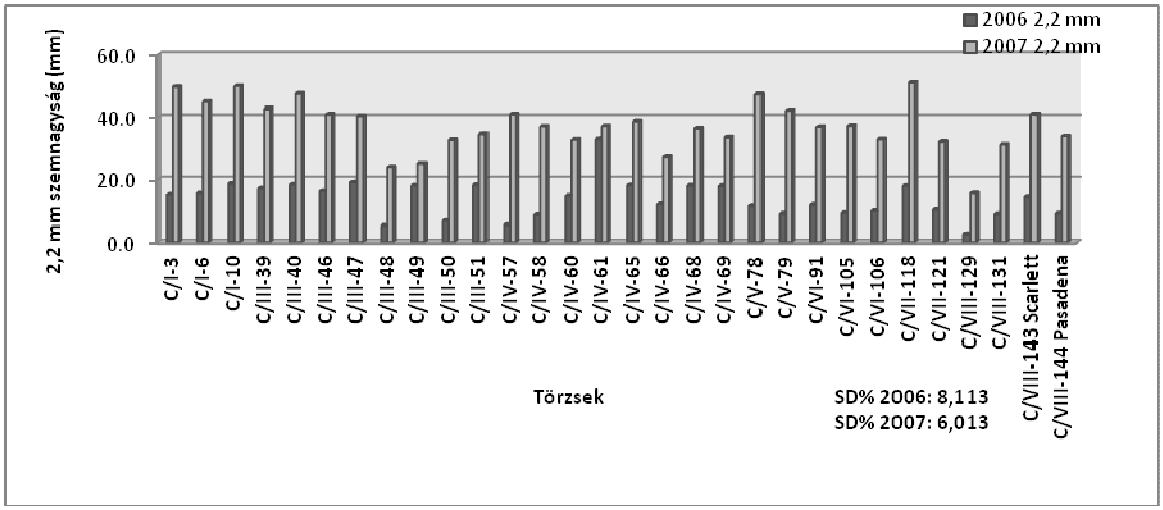
7. ábra: Kompolti tavaszi árpa törzsek 2,8 mm-es szemnagyságának összehasonlítása 2006-ban és 2007-ben



8. ábra: Kompolti tavaszi árpa törzsek 2,5 mm-es szemnagyságának összehasonlítása 2006-ban és 2007-ben

4.1.6. Tavaszi árpa osztályozottsága

A tavaszi árpánál magasabb volt a 2,8 mm-es szemek aránya 2006-ban, mint 2007-ben, vagyis a 2,2 mm-es szemek aránya 2007-ben magasabb volt (9. ábra). A C/VIII-129 2006-ban még a kontrollnál is nagyobb szemnagyságot, azaz a 2,8 mm nagyságú szemek magasabb arányát érte el. E törzs 2007-ben is kiváló eredményt adott, amikor az időjárási viszonyok nem voltak kedvezőek. Ezen kívül érdemes megemlíteni a C/III-48, a C/IV-57, és a C/IV-58 törzseket, amelyek 2006. évben nagyobb szemméretet adtak. A C/III-48 esetében a 2,8 mm szemek aránya: 54,3%, a C/IV-57 esetében 63,2%, míg a C/IV-58 esetében 53,9% volt. Általában elmondható, hogy azon törzsek, amelyeknek 2,8 mm-es szemnagysága kisebb arányú volt, még mindig viszonylag magas arányú 2,5 mm-es szemekkel rendelkeztek (8. ábra), így söripari célra felhasználhatóak.

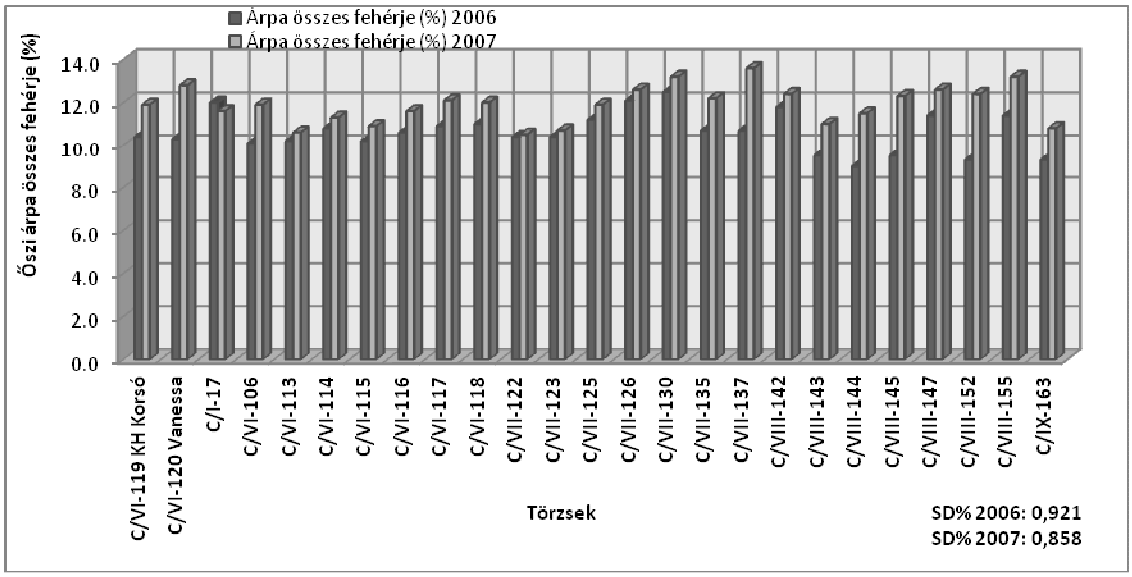


9. ábra: Kompolti tavaszi árpa törzsek 2,2 mm-es szemnagyságának összehasonlítása 2006-ban és 2007-ben

4.2. Az árpa söripari tulajdonságai

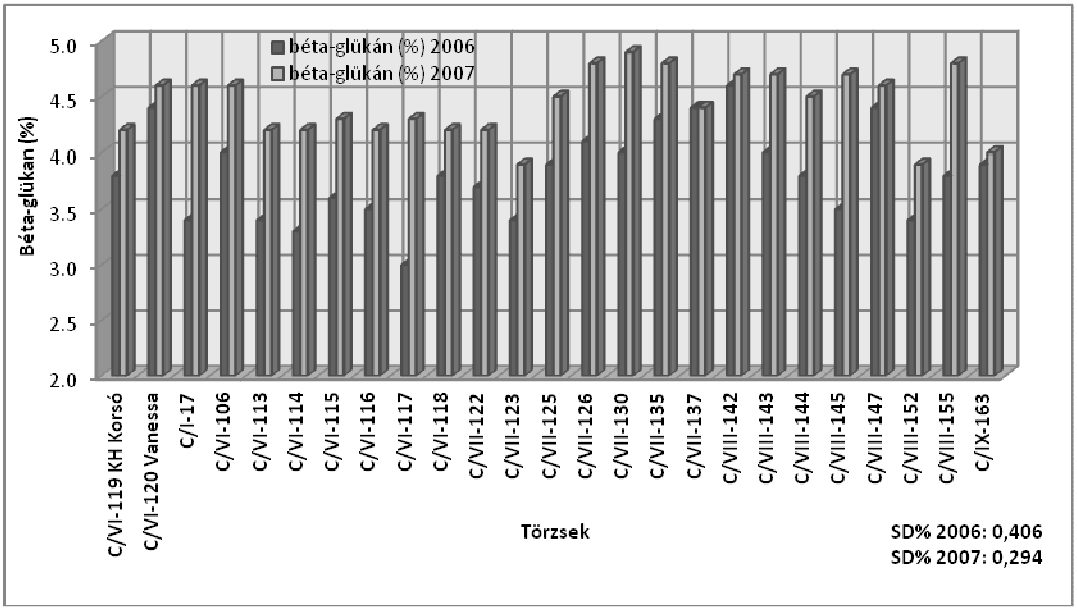
4.2.1. Őszi árpa söripari tulajdonságai

Az őszi árpa fehérjetartalma, 2006-ban alacsonyabbnak, 2007-ben pedig magasabbnak bizonyult (10. ábra). Söripari szempontból az a kívánatos, ha az árpa fehérjetartalma maximum 11,5%. 2006. évben magas fehérjetartalmú törzsek voltak: a C/I-17, a C/VII-126, a C/VII-130. A két kontroll, azaz a KH Korsó és a Vanessa fehérjetartalma 10,0% körül mozgott, ennél alacsonyabbnak csak a C/VIII-143, a C/VIII-144, a C/VIII-145, a C/VIII-152, és a C/IX-163 bizonyult. 2007. évben a C/VI-113, a C/VI-114, a C/VI-115, a C/VII-122, a C/VII-123 törzsek fehérjetartalma felelt meg söripari célra. Ezek fehérjetartalma 2006-ban szintén alacsonynak bizonyult. A C/VIII-143, C/VIII-144, valamint a C/IX-162 és a C/IX-163. Túlságosan magas értéket ért el (12,8%) 2007-ben a Vanessa, és a C/VII-137 törzs is (13,6%), melyeknek fehérjetartalma 2006. évben éppen ellenkezőleg, alacsonynak (10,3% és 10,7%) bizonyult.



10. ábra: 2006. és 2007. évi őszi árpa fehérjetartalmának összehasonlítása

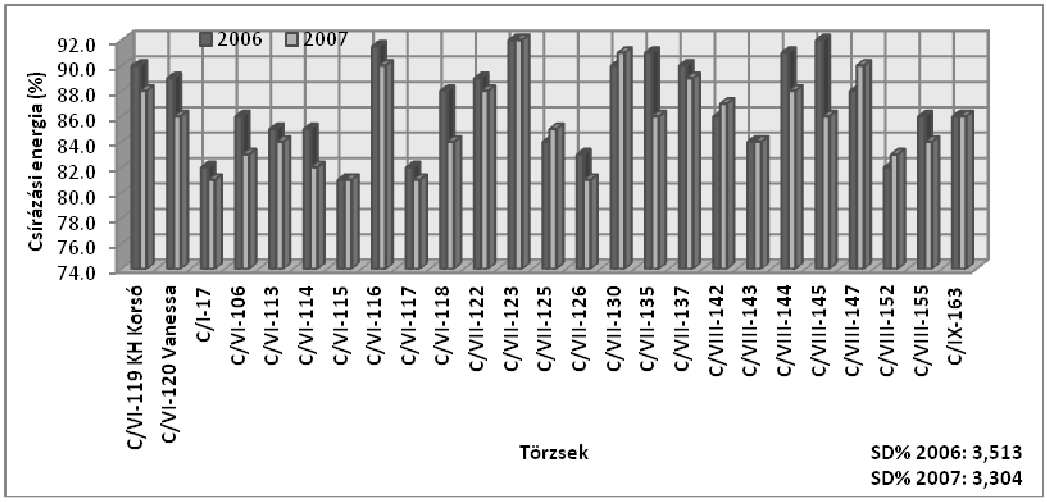
Az őszi árpa β-glükán tartalma 2006. évben normál értékeket (átlagosan 4,0% alatti), míg 2007. évben magasabb, átlagosan 4,0% fölötti értékeket adott. A 2006. évben, a kontrollnál jóval alacsonyabb β-glükán értékkel rendelkezett a C/I-17, a C/VI-113, a C/VI-114, a C/VI-117, a C/VIII-145 és a C/VIII-152 törzs (11. ábra). 2006. évben magasabb β-glükán tartalommal rendelkezett a Vanessa (4,4%), valamint a C/VIII-142 (4,6%) és a C/VIII-147 (4,4%). 2007. évben, a C/VII-126 (4,8%), a C/VII-130 (4,9%), és a C/VII-135 (4,8%) kiemelkedően magas értékeket adott.



11. ábra: Őszi árpa β-glükán tartalmának alakulása 2006. és 2007. évben

A csírázási energia 2006. évben szintén kedvezően alakult, bár a törzsek között viszonylag szignifikáns különbség volt megfigyelhető (12. ábra). Míg egyes törzsek (pl. C/VI-116, C/VII-123,

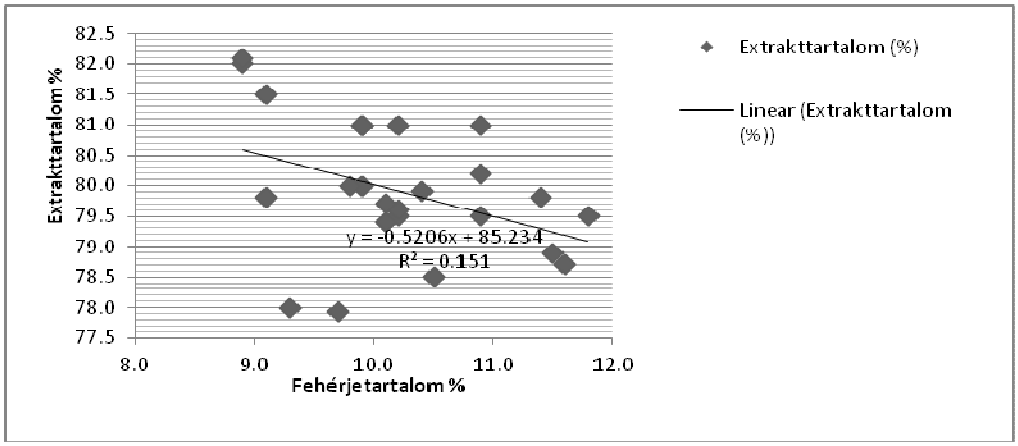
C/VIII-145) csírázási energiája majdnem elérte a 92,0%-ot, addig más törzseké (C/I-17, C/VI-115) 80,0-81,0% körül mozgott. Kedvezőtlen csírázású törzsek voltak: a C/I-17, a C/VI-115, és a C/VIII-152. A KH Korsó és a Vanessa megközelítőleg 90,0%-ot ért el, ennél magasabb értékeket adott viszont a C/VI-116, a C/VII-123, a C/VII-135, a C/VIII-144 és a C/VIII-145. A 2007. évben átlagosan alacsonyabb volt a csírázási energia, bár egyes törzseknél a 2006. évi eredmények megegyeztek a 2007. évi eredményekkel (C/VI-115, C/VII-123, C/VIII-143 és C/IX-163), egyes törzsek pedig a 2007. évben magasabb csírázást értek el. Ezen törzsek voltak: a C/VII-125, a C/VII-130, a C/VIII-142, a C/VIII-147, és a C/VIII-152.



12. ábra: Őszi árpa csírázási energiája, 2006. és 2007. évben

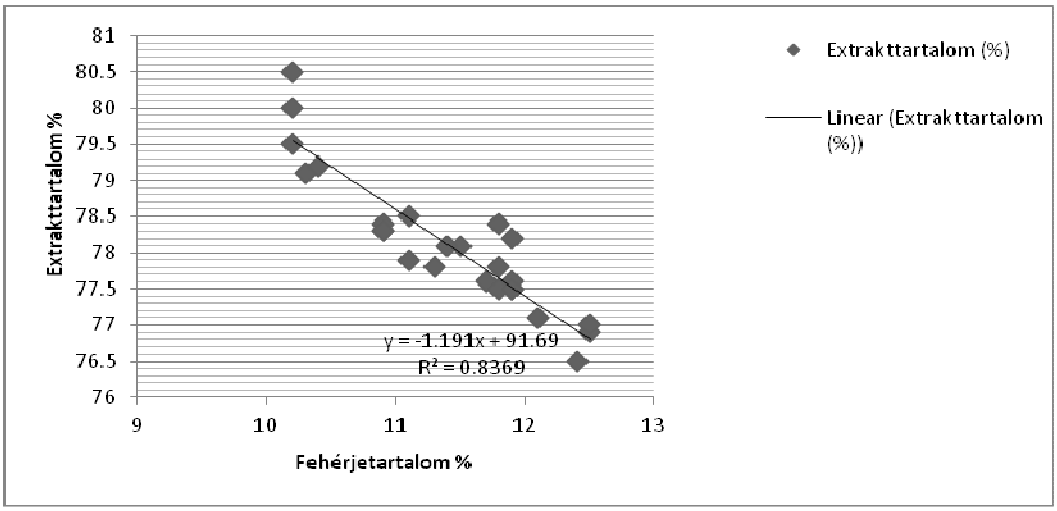
4.2.1.1. Őszi árpa söripari tulajdonságai közötti összefüggés

Az őszi árpa két legfontosabb söripari tulajdonsága annak fehérjetartalma és extrakttartalma. Minél magasabb egy fajta, illetve egy törzs fehérjetartalma, annál alacsonyabb annak extrakttartalma (13. ábra). 2006. évben viszonylag magas fehérjetartalommal rendelkezett a C/I-17, a C/VII-126, a C/VII-130, és a C/VIII-142 törzsek. Ezeknek a törzseknek az átlaghoz képest (C/I-17: 1,0%-kal, C/VII-126: 1,2%-kal, C/VII-130: 1,4%-kal, C/VIII-142: 1,9%-kal) alacsonyabb az extrakttartalma.



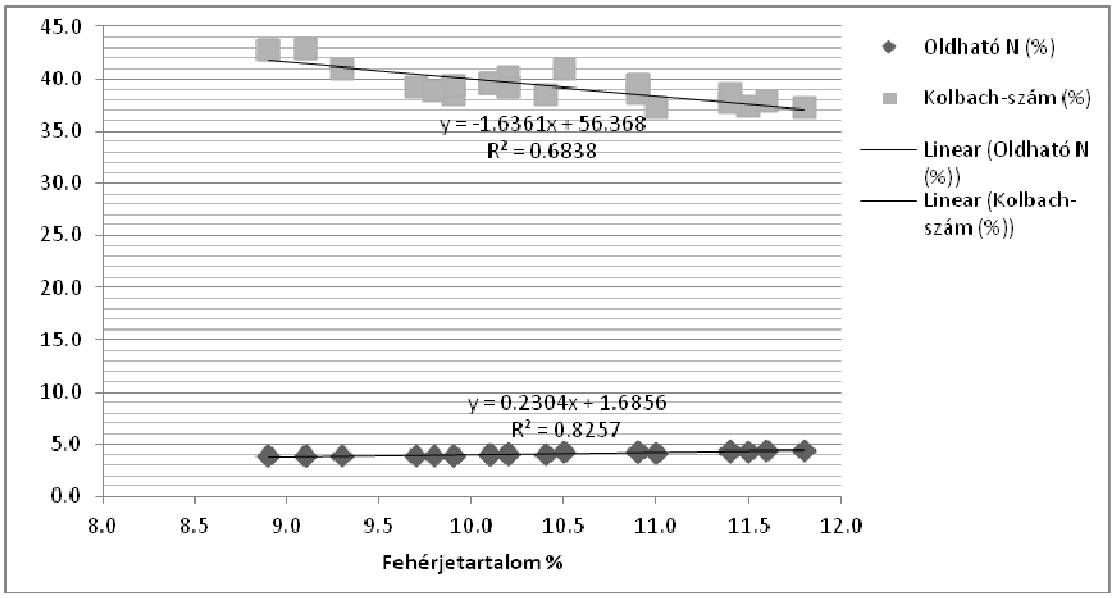
13. ábra: 2006. évi őszi árpából előállított maláta extrakttartalma, és fehérjetartalma közötti összefüggés

A 14. ábra – a 13. ábrához hasonlóan – az árpa fehérjetartalmát és extrakttartalmát mutatja. 2007. évben magasabb volt az árpa fehérjetartalma a 2006-os évhez képest, amely alacsonyabb extrakttartalmat vont maga után. Az árpa extrakttartalma 2007. évben 1,8%-kal alacsonyabb volt, mint 2006-ban. A C/VII-122, a C/VII-123 és a C/IX-163 az átlagnál alacsonyabb fehérjetartalommal (1,2%-kal) rendelkeztek, ezért e törzseknek (átlagosan 1,9%-al) magasabb volt az extrakttartalma.



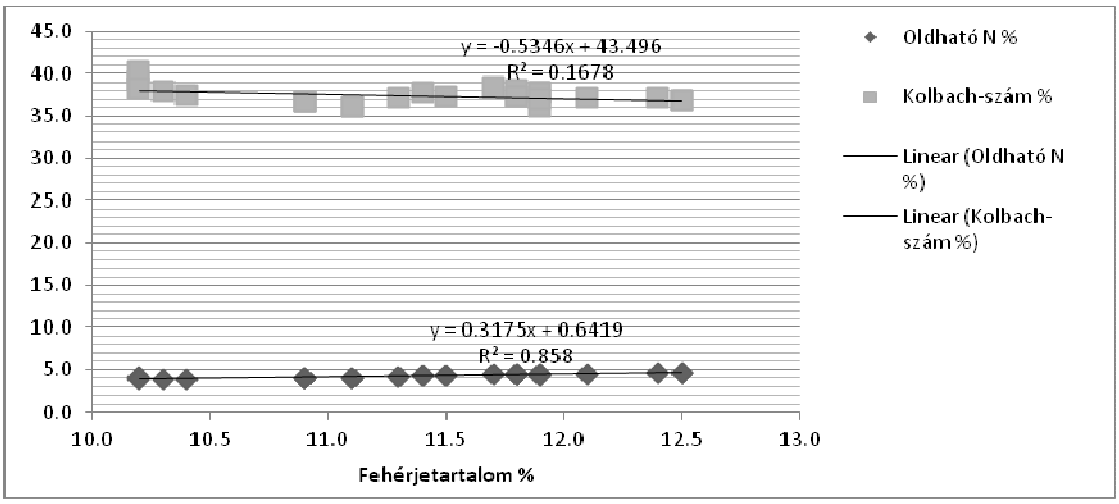
14. ábra: 2007. évi őszi árpából előállított maláta extrakttartalma, és fehérjetartalma közötti összefüggés

A C/I-17, a C/VII-126, a C/VII-130 és a C/VIII-142 az átlagnál magasabb (átlagosan 1,3%-kal) fehérjetartalommal rendelkeztek, ezáltal alacsonyabb Kolbach számmal (15. ábra). A Kolbach szám a fehérjeoldottságra utal, értéke annál jobb, minél magasabb. A kontrollnál jóval magasabb (3,4%-kal) Kolbach számú törzsek voltak: a C/VIII-144, a C/VIII-145, a C/VIII-152 és a C/IX-163.



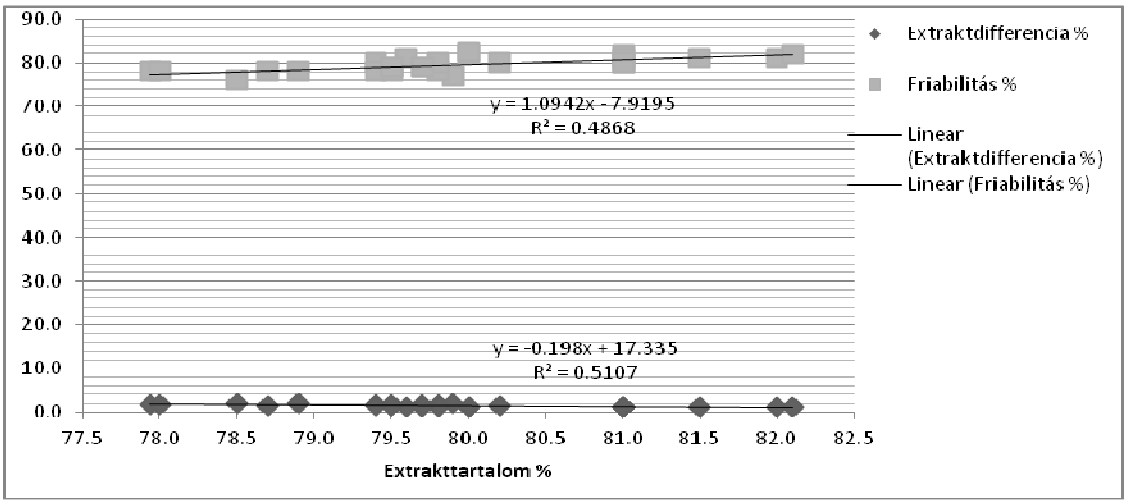
15. ábra: 2006. évi őszi árpából előállított maláta fehérjetartalma, oldható N tartalma és Kolbach száma közötti összefüggés

Az őszi árpa fehérjetartalma 2007. évben magasabb volt, átlagosan 12,0%, ennek következtében a Kolbach szám alacsonyabbnak bizonyult (16. ábra). A C/VII-122 és a C/VII-123 kiváló értékeket adott, alacsony fehérjetartalmuknak köszönhetően. A Kolbach számot illetően megközelítőleg az összes törzs meghaladta a kontroll értékét, vagy pedig azzal hasonló értékeket mutatott.



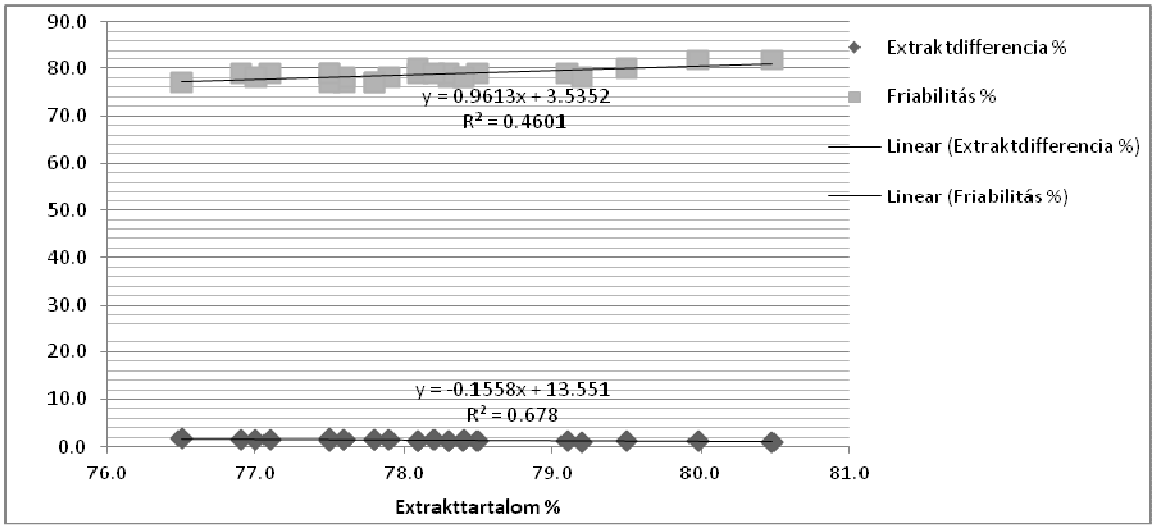
16. ábra: 2007. évi őszi árpából előállított maláta fehérjetartalma, oldható N tartalma és Kolbach száma közötti összefüggés

Megállapítottuk, hogy a 2006. évi őszi árpa törzsek viszonylag magas extrakttartalommal rendelkeztek. Az extrakttartalom átlagosan 80,0% körüli volt, a KH Korsó, és a Vanessa értékeinél magasabb extraktot ért el a C/VI-106, a C/VIII-143, a C/VIII-144 és a C/IX-163. A magasabb extrakttartalmú törzsek magasabb friabilitásúak is voltak, és alacsony extraktdifferenciával rendelkeztek (17. ábra). Az extraktdifferencia értéke annál jobb, minél kisebb. Jól oldott malátánál ez a különbség 1,8% fölött nem lehet, az EBC szerint meghatározva.



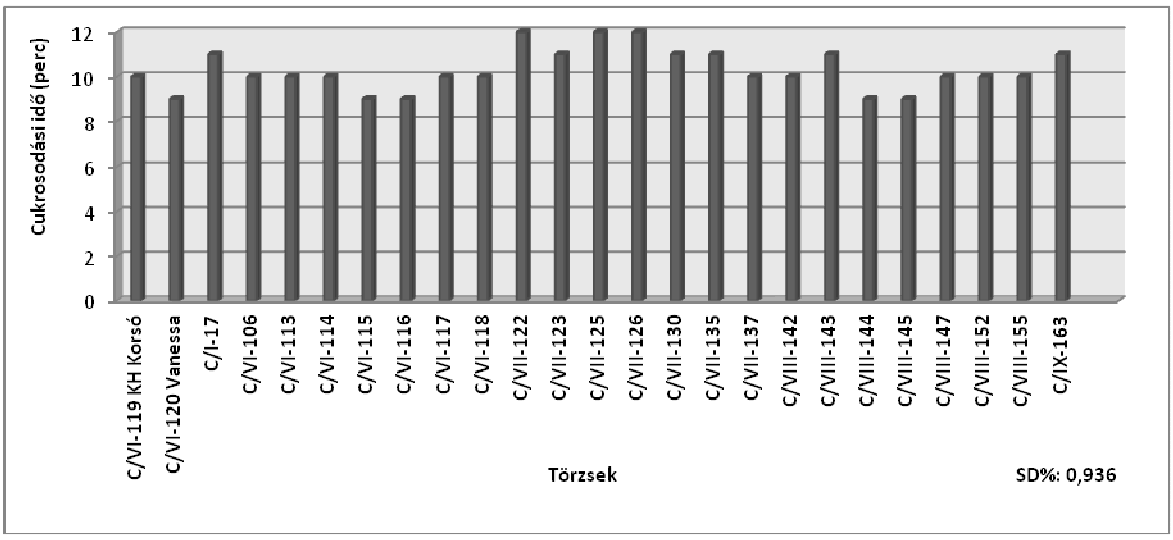
17. ábra: 2006. évi őszi árpából előállított maláta extrakttartalma, extraktdifferenciája és friabilitása közötti összefüggés

2007. év alacsonyabb extraktot eredményezett őszi árpánál. A KH Korsó és a Vanessa nem érte el a 80,0% extraktot, viszont néhány törzs – a C/VII-122 és a C/VII-123, valamint a C/IX-163 – igen. Ezen törzsek – az extrakttartalom, a friabilitás és az extraktdifferencia közötti kölcsönhatásnak köszönhetően – magasabb friabilitással és alacsony extraktdifferenciával rendelkeztek (18. ábra).

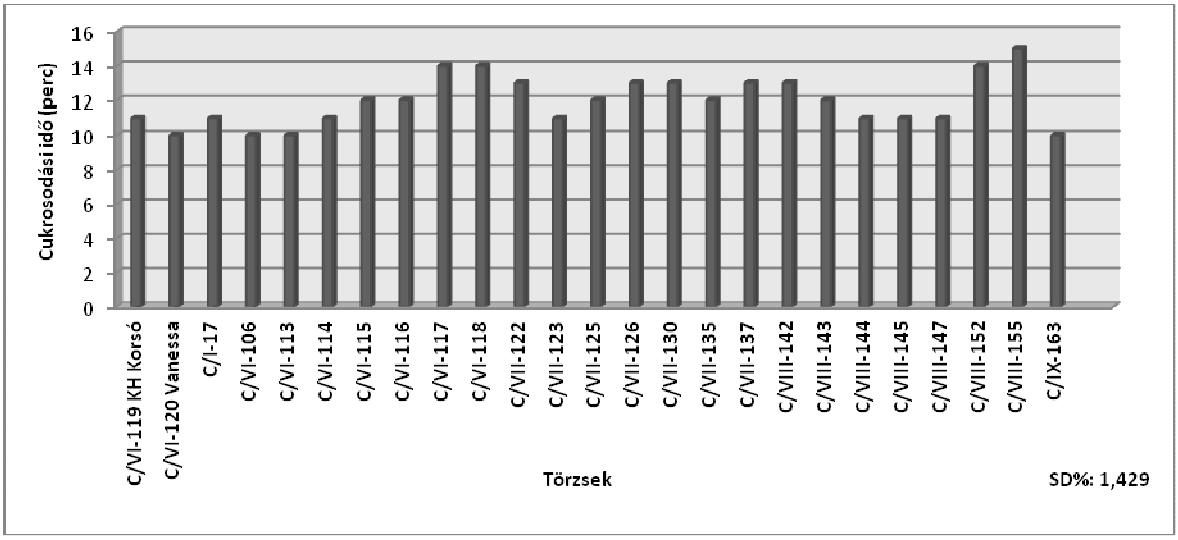


18. ábra: 2007. évi őszi árpából előállított maláta extrakttartalma, extraktdifferenciája és friabilitása közötti összefüggés

A maláta cukrosodási ideje azt az időt jelenti, amely alatt a cefrézés során a keményítő cukrokká bomlik. Ennek értéke 10-15 perc. 2006. (19. ábra) és 2007. évben (20. ábra) is megfelelőnek bizonyult az őszi árpa törzsek és fajták cukrosodási ideje, ugyanis a 15 perces értéket egyik sem haladta meg. A keményítő minden őszi árpa törzs esetében, és mindkét vizsgált évben a kívánt idő alatt bomlott le.

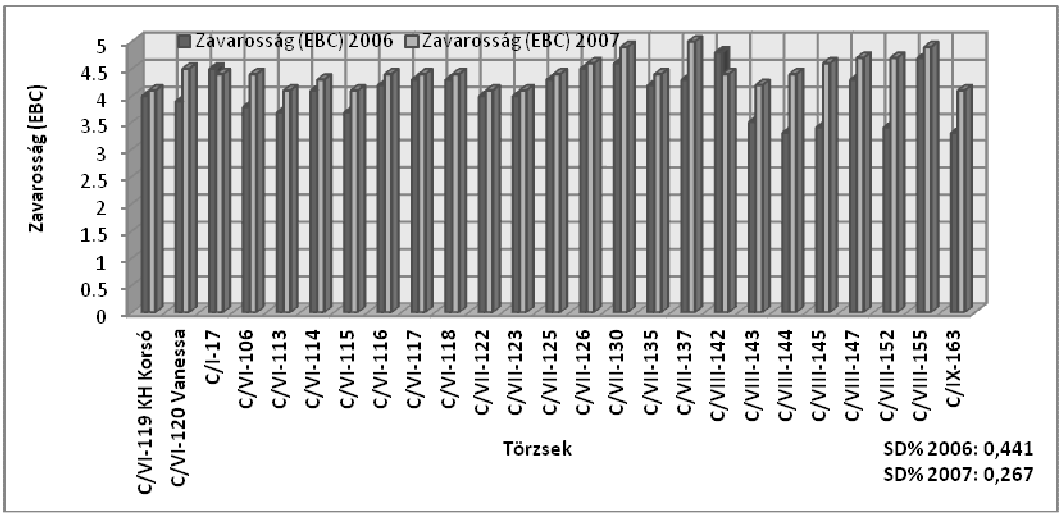


19. ábra: 2006. évi őszi árpából előállított maláta cukrosodási ideje a cefrézés során



20. ábra: 2007. évi őszi árpából előállított maláta cukrosodási ideje a cefrézés során

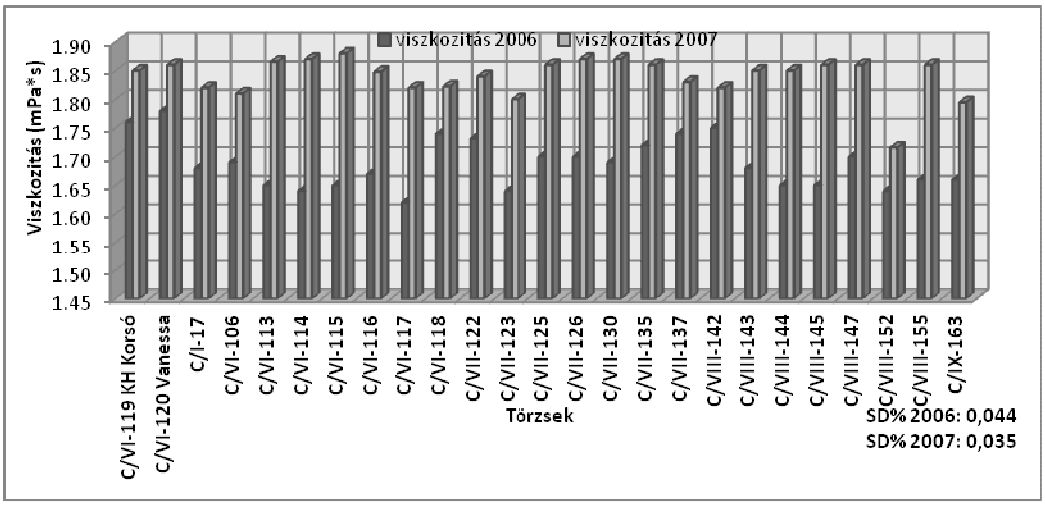
Az őszi árpából előállított malátalé zavarossága 2006-ban alacsonyabbnak bizonyult, mint 2007-ben. 2006. évben, zavarosabb malátalé készült a következő törzsekből: C/I-17, C/VII-126, C/VII-130, de elsősorban a C/VIII-142 és a C/VIII-155 törzsekből (21. ábra). A 15. ábra alapján, e törzsek rendelkeztek az átlaghoz képest magasabb fehérjetartalommal. 2007. évben jóval magasabbak voltak a zavarosság értékek. Kiemelkedően magas értékeket adott a C/VII-130, a C/VII-137, valamint a C/VIII-155. A 16. ábra alapján éppen ezek voltak a magas fehérjetartalmú törzsek. A C/VII-130 és a C/VIII-155 mindkét évben magas zavarosság értékeket adott (21. ábra).



21. ábra: Őszi árpából előállított malátalé zavarossága 2006. és 2007. évben

Az őszi árpából előállított malátalé viszkozitása 2007. évben jóval magasabb volt, mint 2006. évben (22. ábra). Míg 2006-ban az átlagérték megközelítőleg 1,70 mPa*s volt, addig 2007-ben 1,85 mPa*s feletti értékeket is találunk. Ezen törzsek a: C/VI-113, a C/VI-114, a C/VI-115, a C/VII-126, és a C/VII-130 voltak. A viszkozitás értékek elsősorban az árpa β-glükán értékétől függnek, vagyis a

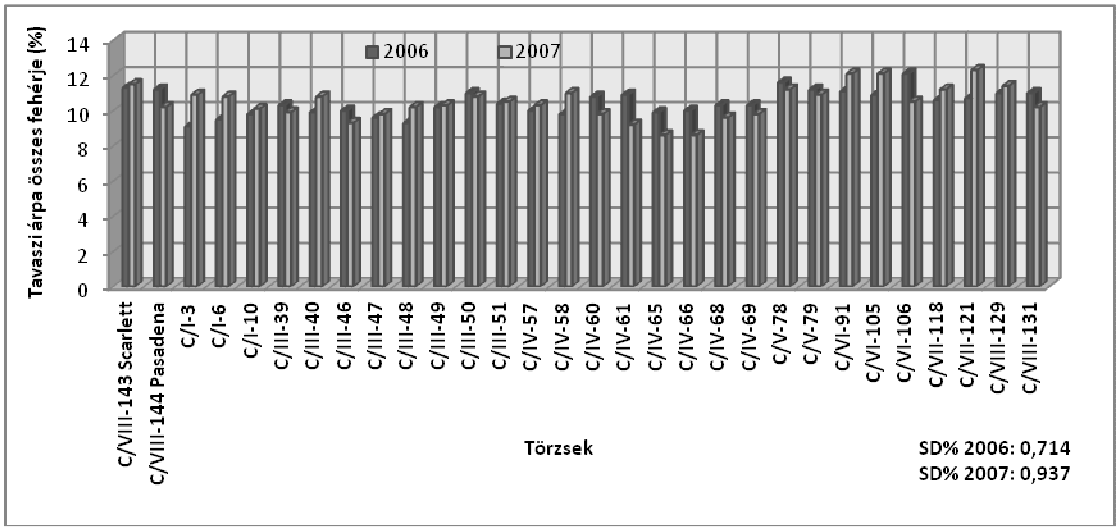
magas β-glükán tartalmú törzsek (lsd. 11. ábra) szemterméséből előállított malátalé viszkozitása magasabb.



22. ábra: Őszi árpából előállított malátalé viszkozitása 2006. és 2007. évben

4.2.2. Tavaszi árpa söripari tulajdonságai

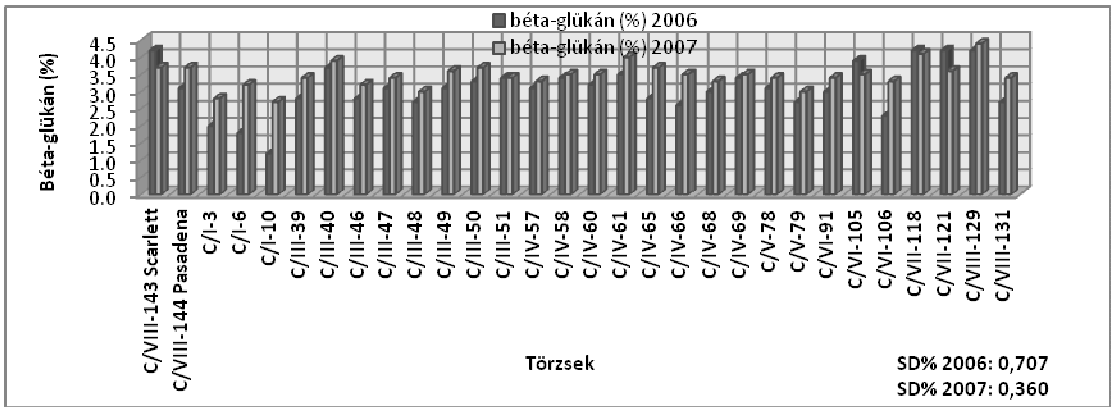
A tavaszi árpa fehérjetartalma tekintetében nem találtunk lényeges eltérést 2006. és 2007. között (23. ábra). 2006. évben alig találunk magas fehérjetartalmú törzseket, mindössze a C/VI-106 törzsnek volt megközelítőleg 12,0%-os a fehérjetartalma. A két kontroll, azaz a Scarlett és a Pasadena fehérjetartalma 11,5% körül mozgott, ennél alacsonyabbnak bizonyult majdnem az összes törzs. A 2007. év söripari szempontból kedvező tavaszi árpákat hozott. Magasabb értéket kizárólag a C/VI-91, a C/VI-105, és a C/VII-121 ért el, viszont ezen értékek sem kerültek 12,0% fölé.



23. ábra: 2006. és 2007. évi tavaszi árpa fehérjetartalmának összehasonlítása

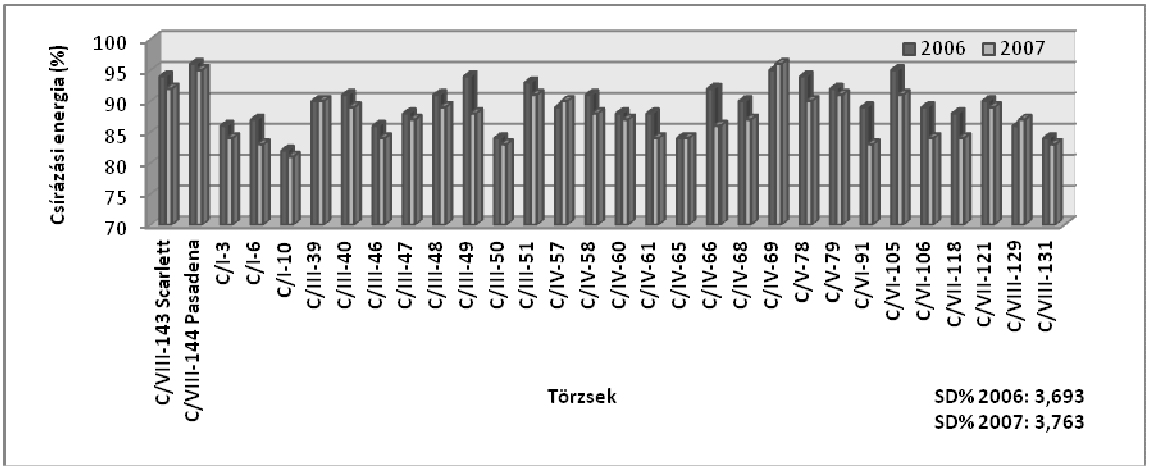
A tavaszi árpa β-glükán tartalma – hasonlóan az őszi árpáéhoz – 2006. évben alacsonyabb, míg 2007. évben magasabb értékeket adott, de szinte el sem érte a 4,0% értéket (24. ábra). A 2006. évben, a kontrollnál jóval alacsonyabb β-glükán értékkel rendelkezett a C/I-3, a C/I-6, a C/I-10,

valamint a C/VI-106. 2006. évben magasabb (4,0% fölötti) β-glükán tartalommal rendelkezett az egyik kontroll, a Scarlett, valamint a C/VII-118, a C/VII-121, és a C/VIII-129. 2007. évben, a C/VII-118 és a C/VIII-129 – az előző évihez hasonlóan – kiemelkedően magas értékeket adott, amely söripari szempontból nem kívánatos.



24. ábra: Tavaszi árpa β-glükán tartalmának alakulása 2006. és 2007. évben

A csírázási energia 2006. évben magasabbnak bizonyult a 2007. évihez képest (25. ábra). A törzsek között – az őszi árpáéhoz hasonlóan – magas szignifikáns különbség volt megfigyelhető, az egyik fajta csírázási energiája meghaladta a 95,0%-ot is, egyes törzseké pedig 81,0-82,0% körül mozgott. Ezen, kedvezőtlen csírázású törzs volt a C/I-10. A Scarlett és a Pasadena magas értékeket, megközelítőleg 95,0%-ot mutatott, ehhez hasonló értékekkel a C/III-49, a C/III-51, a C/IV-69, és a C/VI-105 rendelkezett. A 2007. évben átlagosan alacsonyabb volt a csírázási energia, bár a Scarlett, a Pasadena és a C/IV-69 törzs ez évben is kiváló eredményeket adott.

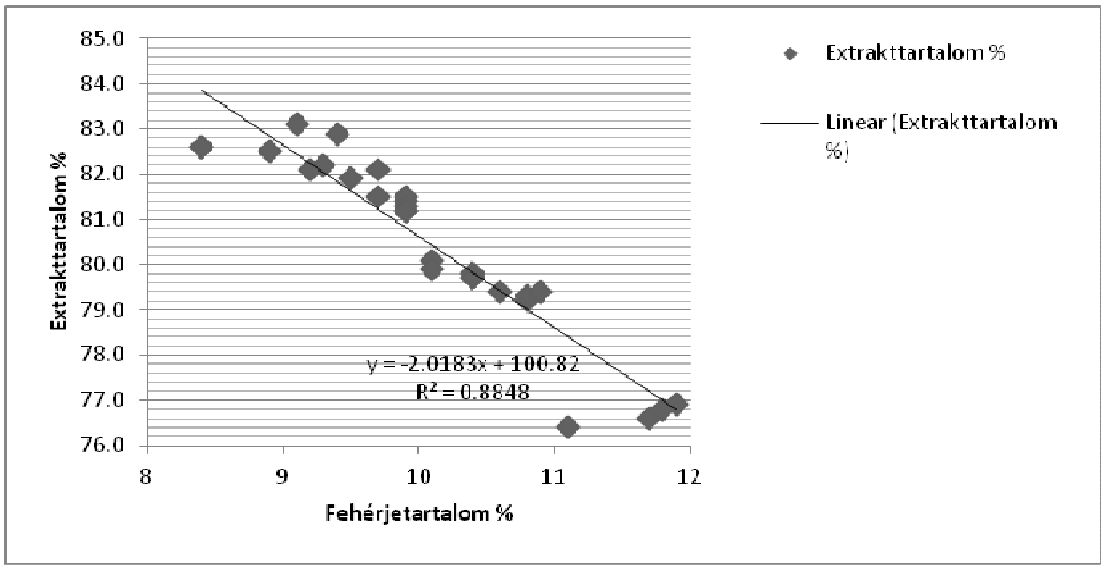


25. ábra: Tavaszi árpa csírázási energiája, 2006. és 2007. évben

4.2.2.1. Tavaszi árpa söripari tulajdonságai közötti összefüggés

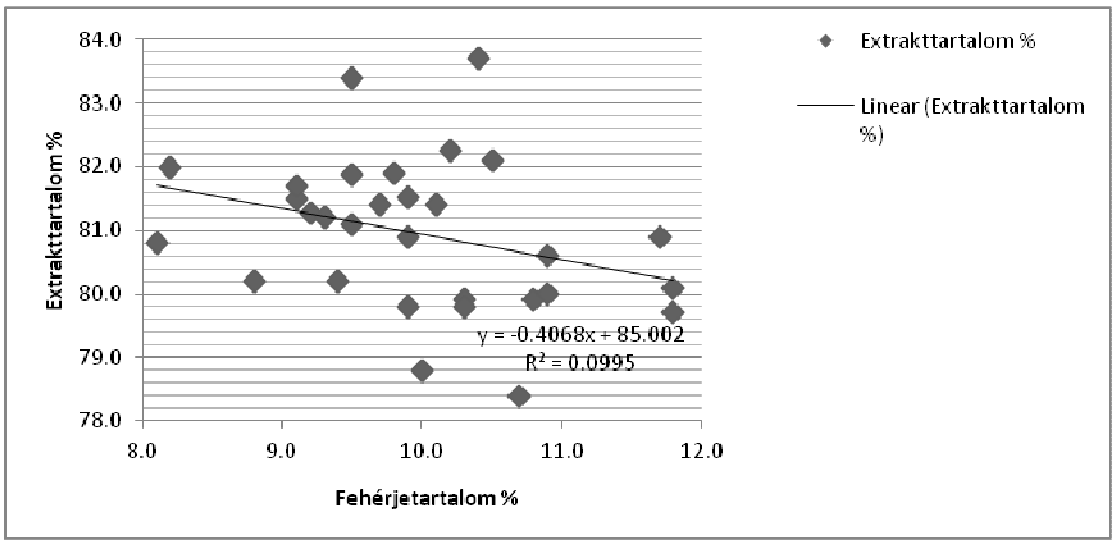
A tavaszi árpa két fontos értékmérő tulajdonsága a fehérjetartalom és az extrakttartalom. Minél magasabb egy fajta, illetve egy törzs fehérjetartalma, annál alacsonyabb annak extrakttartalma. 2006. évben szembeötlően magas extrakttartalommal rendelkezett a C/III-39 és a

C/III-40, valamint a C/IV-57, a C/IV-58, a C/IV-60, a C/IV-61, a C/IV-65 és a C/IV-66. A 26. ábra jól szemlélteti, hogy e törzseknek az átlaghoz képest alacsonyabb a fehérjetartalma.



26. ábra: 2006. évi tavaszi árpából előállított maláta extrakttartalma, és fehérjetartalma közötti összefüggés

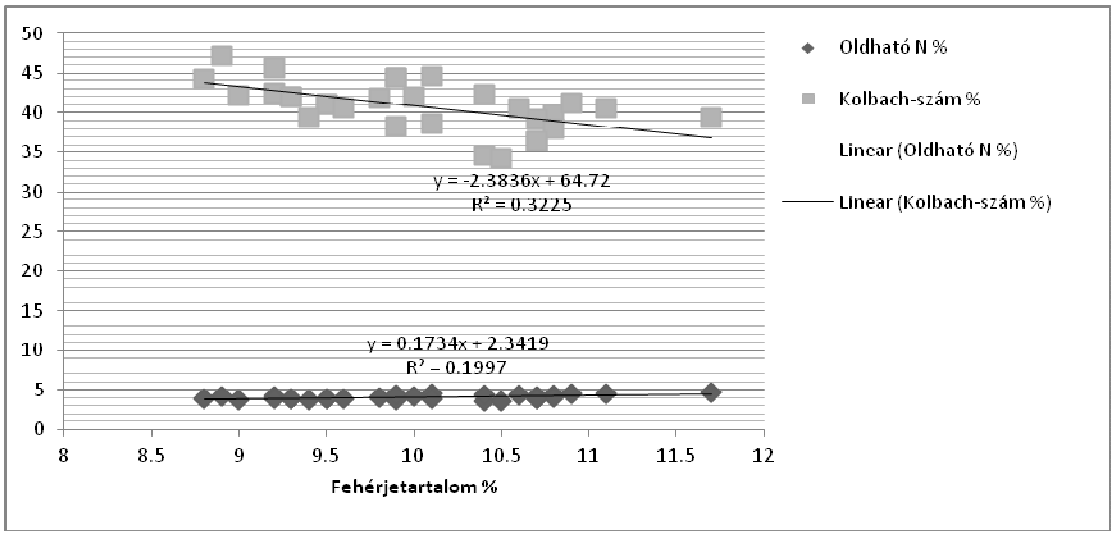
A 27. ábrán bemutatjuk, hogy a 2007. év megközelítőleg azonos fehérjetartalmat hozott, a 2006-os évhez képest, és az extrakttartalom közt sem volt lényeges eltérés. Egyes törzsek még a 2006. évihez képest is magasabb extraktot eredményeztek, ezek voltak a C/I-3, a C/III/47 és a C/III-48, valamint a C/V-78, a C/V-79 és a C/VIII-129. A 2007. évben, a C/IV-61, a C/IV-65, a C/IV-66 megközelítőleg 9,0% körüli értéket adott.



27. ábra: A 2007. évi tavaszi árpából előállított maláta extrakttartalma, és fehérjetartalma közöti összefüggés

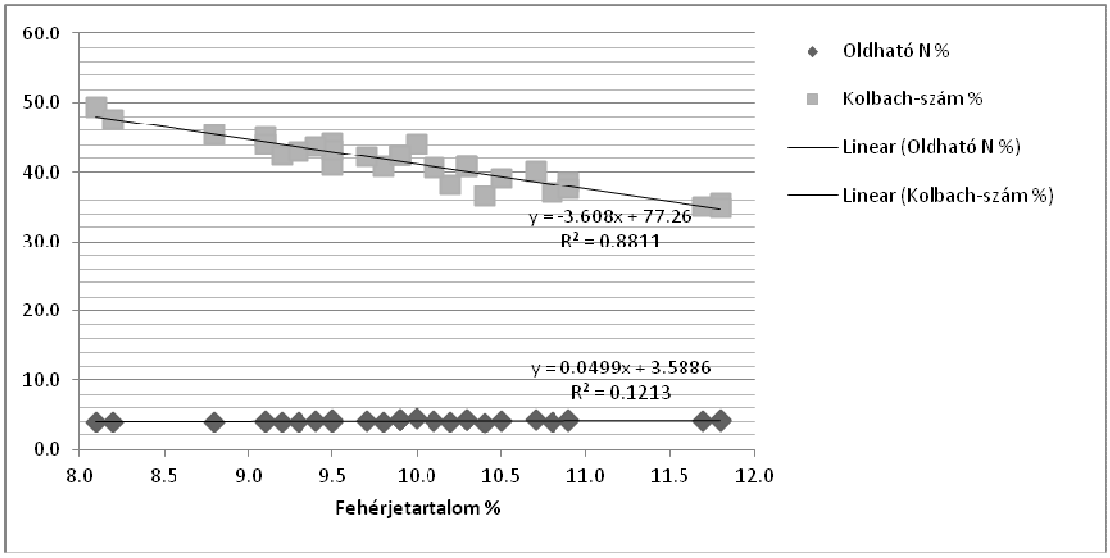
2006. évben a fehérjetartalmak átlagban megfelelőnek bizonyultak (28. ábra). A C/III-50, a C/IV-60, a C/IV-61 rendelkezett az átlagnál magasabb fehérjetartalommal, ezáltal alacsonyabb

Kolbach számmal. A kontrollnál jóval magasabb Kolbach számú törzsek voltak: a C/I-10, és a C/III-48.



28. ábra: A 2006. évi tavaszi árpából előállított maláta fehérjetartalma, oldható N tartalma és Kolbach száma közötti összefüggés

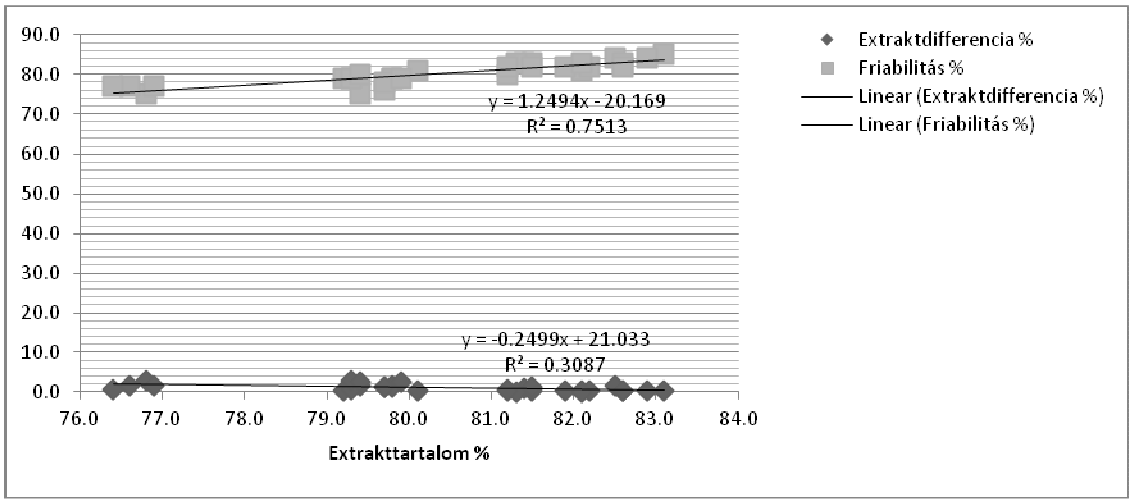
A tavaszi árpa fehérjetartalma 2007. évben sem volt szembeötlően magas, átlagosan 10,0%. Az alacsonyabb fehérjetartalmú törzsek rendelkeztek magasabb Kolbach számmal (29. ábra), ilyenek voltak a C/III-39, a C/III-46, a C/III-47, a C/IV-61, a C/IV-65, és a C/IV-66.



29. ábra: A 2007. évi tavaszi árpából előállított maláta fehérjetartalma, oldható N tartalma és Kolbach száma közötti összefüggés

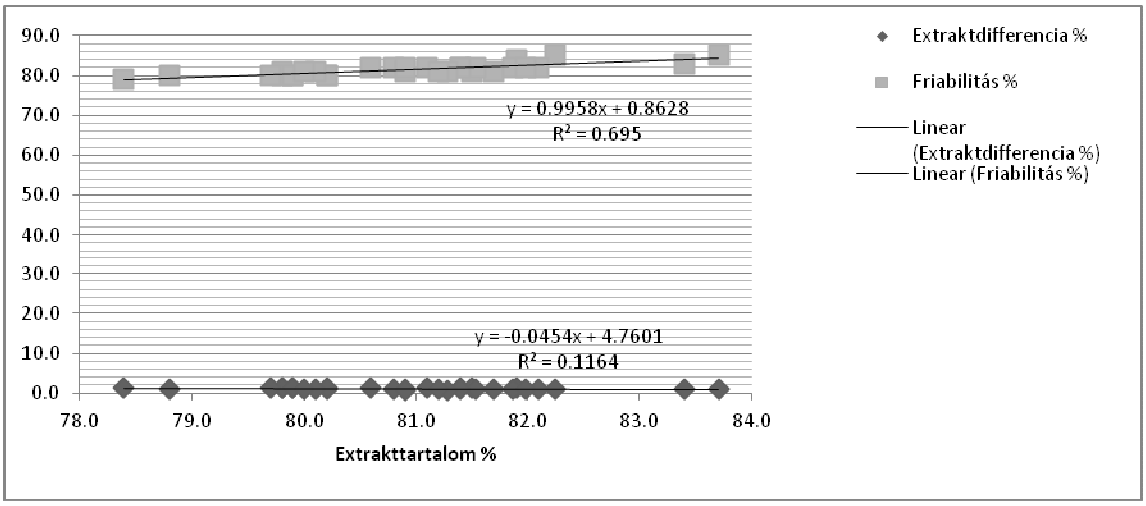
A 2006. évi tavaszi árpa törzsek viszonylag magas extrakttartalommal rendelkeztek. Az extrakttartalom átlagosan 80,0% körüli volt, a Scarlett és a Pasadena értékei is. A két kontroll fajta értékeinél magasabb extraktot ért el a C/III-39, a C/III-40, a C/IV-58, a C/IV-60, és a C/IV-61. A magasabb extrakttartalmú törzsek magasabb friabilitásúak voltak, és alacsony extraktdifferenciával

rendelkeztek (30. ábra). Viszonylag magasabb extraktdifferenciát mutatott a C/V-78, amelynek friabilitása és extrakttartalma az átlagnál jóval alacsonyabb volt.



30. ábra: A 2006. évi tavaszi árpából előállított maláta extrakttartalma, extraktdifferenciája és friabilitása közötti összefüggés

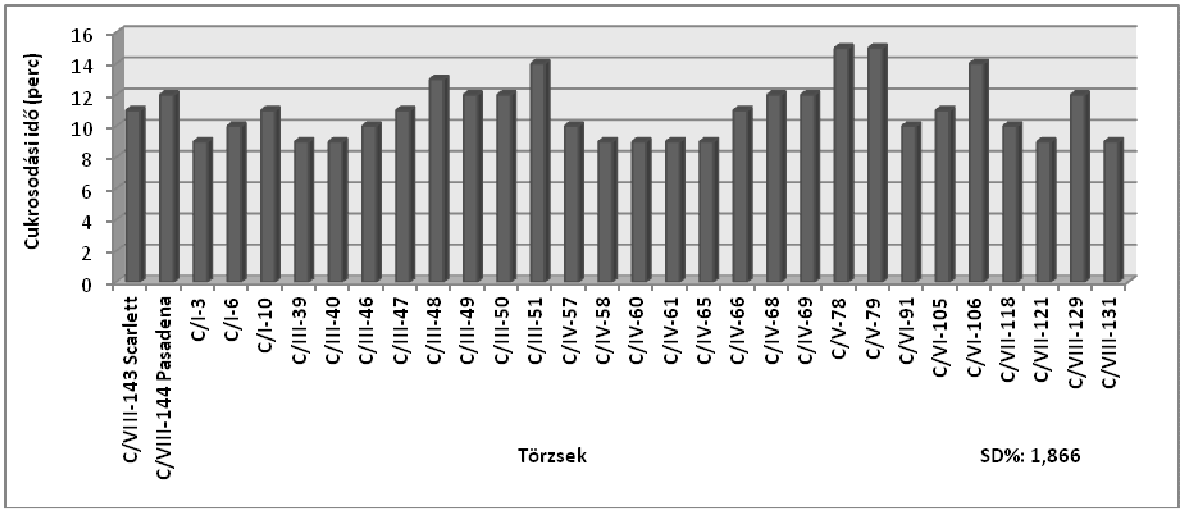
2007. a 2006. évhez képest hasonló extraktot eredményezett tavaszi árpánál. A két kontroll, a Scarlett és a Pasadena elérte a 80,0% extraktot, viszont néhány törzs, a C/I-3, a C/I-6, a C/I-10, és a C/III-48 értéke meg is haladta azt. Ezen törzsek – az extrakttartalom, a friabilitás és az extraktdifferencia közötti kölcsönhatásnak köszönhetően – magasabb friabilitással és alacsony extraktdifferenciával rendelkeztek (31 ábra).



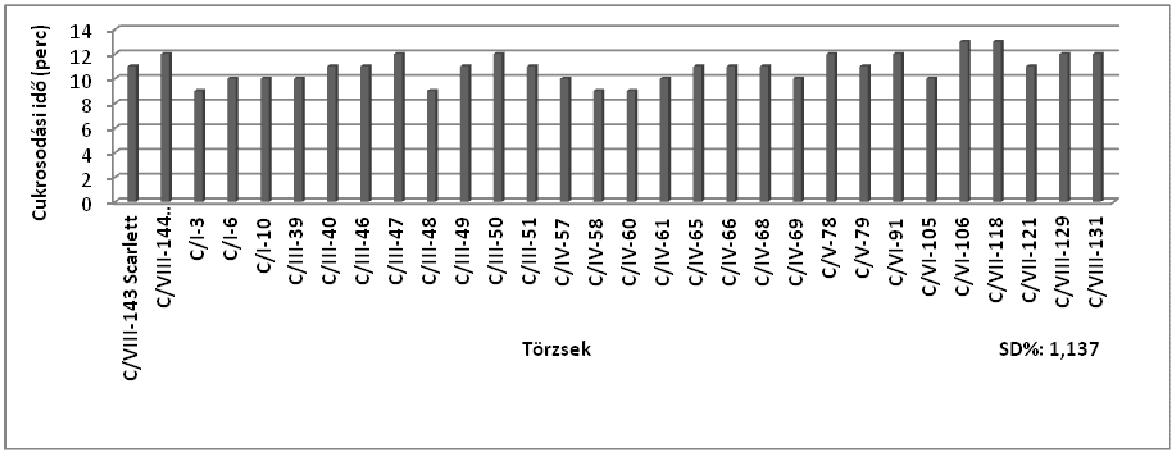
31. ábra: A 2007. évi tavaszi árpából előállított maláta extrakttartalma, extraktdifferenciája és friabilitása közötti összefüggés

2006. évben (32. ábra) és 2007. évben (33. ábra) is megfelelőnek bizonyult a tavaszi árpa törzsek és fajták cukrosodási ideje. A 15 perces értéket egyik sem haladta meg, sőt, 2007. évben

átlagosan már 11-12 percnél elkezdődött a bomlás. A keményítő minden tavaszi árpa törzs esetében, és mindkét vizsgált évben a kívánt idő alatt bomlott le.

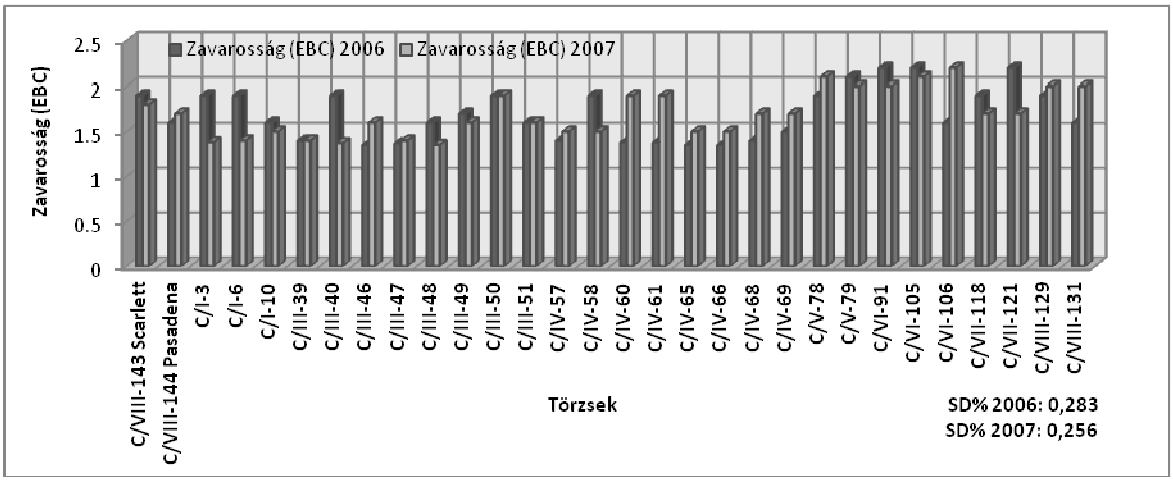


32. ábra: A 2006. évi tavaszi árpából előállított maláta cukrosodási ideje a cefrézés során



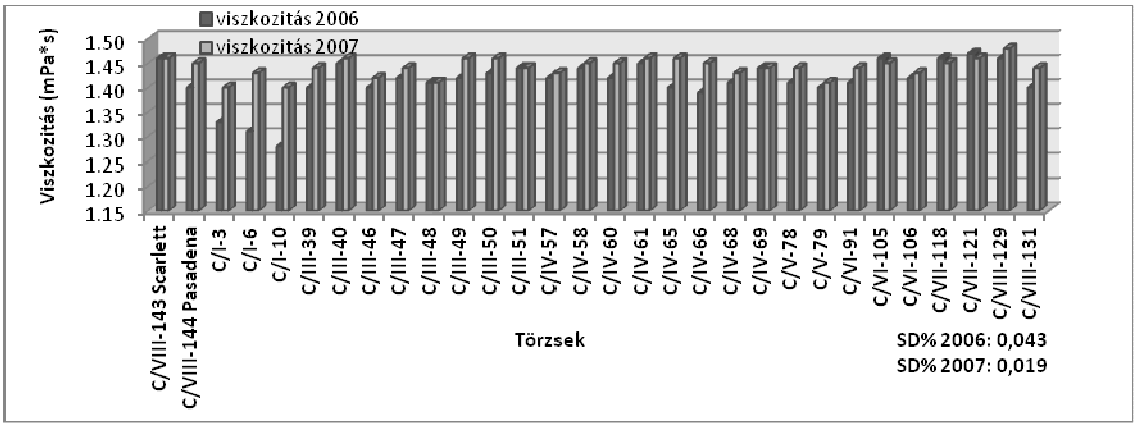
33. ábra: A 2007. évi tavaszi árpából előállított maláta cukrosodási ideje a cefrézés során

A tavaszi árpából előállított malátalé zavarosságánál nagyfokú szignifikáns különbség volt megfigyelhető, mind az egyes törzsek, mind a két vizsgált év között (34. ábra). 2006. évben, zavarosabb malátalé készült a következő törzsekből: C/V-79, C/VI-91, C/VI-105, C/VII-121. Ezen törzsek a kontrollhoz viszonyítva jóval nagyobb zavarosság értékeket adtak, és 2007-ben is hasonló eredményekkel rendelkeztek. A C/V-78-ból 2006-ban viszonylag alacsony zavarosságú cefrelé készült, viszont 2007-ben már az átlaghoz képest magasabb. Ezek a törzsek az átlaghoz képest magasabb fehérjetartalommal rendelkeztek (28. és 29. ábra).



34. ábra: Tavaszi árpából előállított malátalé zavarossága 2006. és 2007. évben

35. ábrán azt szemléltetjük, hogy a tavaszi árpából előállított cefrelé viszkozitása 2007. évben átlagosan magasabb volt, mint 2006. évben. Míg 2006-ban találunk 1,28 mPa*s értékű törzset is (C/I-10), addig 2007-ben 1,47 mPa*s fölötti értékkel is rendelkezik egy törzs (C/VIII-129). A viszkozitás értékek elsősorban az árpa β-glükán értékétől függnek, vagyis a magas β-glükán tartalmú törzsek (lsd. 24. ábra) szemterméséből előállított malátalé viszkozitása magasabb lesz. A C/III-40, a C/VI-105, a C/VII-118, a C/VII-121, és a C/VIII-129 törzsek 2006. és 2007. évben is magasabb viszkozitás értékeket adtak, e törzseknek magasabb volt a β-glükán tartalma is.



35. ábra: Tavaszi árpából előállított malátalé viszkozitása 2006. és 2007. évben

4.3. Az árpa talajának néhány biológiai jellemzése

4.3.1. A CO_2-kibocsátás meghatározása

A talaj biológiai aktivitását a mikroszervezetek CO_2-termelése alapján határoztuk meg. A talajlégzés mértéke magasabb a tavaszi árpa rizoszférában, mint az őszi árpáéban, valamint magasabb 2006-ban, mint 2007-ben. A CO_2-kibocsátás értékes információkkal szolgálhat a talajmikroszervezetek megnövekedett anyagcsere-aktivitásáról (lsd. 10. táblázat).

4.3.2. A talaj enzimaktivitása

Spektrofotométeres mérés alapján megfigyeltük, hogy az FDA hidrolízis során keletkező fluoreszcein mennyisége arányos a talaj mikrobapopuláció denzitásának változásával és a talaj CO_2-kibocsátással is szoros korrelációt mutat. A 10. táblázatban látható, hogy a legmagasabb fluoreszcein értéket a 2006. évi és tavaszi árpa esetében tapasztaltuk.

4.3.3. Talaj-mikroorganizmusok előfordulása

A talaj mikrobiológiai vizsgálata során a következő mikrobacsoportok denzitását mértük: aerob heterotróf baktériumok, aerob spóraképző baktériumok, aktinomicéták, gombák, cellulózbontó és foszfátoldó mikroorganizmusok (10. táblázat). A legmagasabb vizsgált mikrobapopuláció denzitást a tavaszi árpa esetében mértük, 2006-ban és 2007-ben. Minimális mikrobapopuláció denzitást az őszi árpa esetében mértünk. A legnagyobb aerob spóraképző baktérium csíraszámot az őszi árpa rizoszférából izoláltuk, 2007-ben.

A sugárgombák csíraszáma a tavaszi árpa, valamint a 2006. év esetében magasabb, mint az őszi árpa esetében, 2007-ben. Megállapítható, hogy az őszi és a tavaszi árpa rizoszférában, a nem karbonátos csernozjom barna erdőtalajban, a leggyakoribb izolátumok a következő genusokhoz tartoztak: *Acinetobacter, Alcaligenes, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Cellulomonas, Chromobacterium, Enterobacter, Escherichia, Flavobacterium, Microbacterium, Micrococcus, Pseudomonas, Proteus, Stenotrophomonas, Streptomyces, Streptococcus* és *Serratia.* A *Streptomyces* genus domináns volt. A fonalas gombák közül a legtöbb képviselő a tavaszi árpa esetében volt kimutatható, 2006-ban. A fonalas gomba izolátumok a következő genusokhoz tartoztak: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* és *Trichoderma*. Emellett nagyon sok törzs tartozott a *Saccharomyces* genushoz.

10. táblázat: Az árpa talajának néhány biológiai tulajdonsága

	Őszi árpa		**Tavaszi árpa**		**Átlag**	**$SzD_{5\%}$**
	Év					
	2006	**2007**	**2006**	**2007**		
A CO_2-kibocsátás (mg C·100 g^{-1} talajban)						
	258,1	220,3	353,5	308,5	285,1	43,93
A relatív FDA (g száraz talaj·100 ml^{-1} Na-foszfát (60 mM) puffer, pH 7,6) aktivitás mértéke talajban						
	187	163	223	199	193	19,33
Néhány mikrobiális populációk denzitása az árpa rizoszférájában						
Aerob baktérium csíraszám (10^6)	264	211(-)	343(+)	247	266,5	41,68
Aerob spóraképző baktériumok (10^3)	8,4	13,1	16,7+	21,7	14,95	3,72
Aktinomicéták (10^6)	6,7	4,3	7,2+	5,3	5,875	1,37
Fonalas gombák (10^4)	15,3	11,1	16,2+	14,1	14,15	1,25
Élesztők (10^3)	1,8	1,6	2,6	2,1	2,025	0,33
Cellulózbontók (10^3)	4,3	2,6	6,9	3,6	4,35	1,53
Foszfátoldók (10^2)	2,4	1,9	3,3+	2,7	2,575	0,45

Megjegyzés: A (+), (-)-al jelölt értékek az átlaghoz viszonyított pozitív és negatív szignifikáns különbséget ($P < 0,05$) jelölik

4.4. *Saccharomyces cerevisiae* nehézfémtűrése

Jelen kísérletben, nem karbonátos csernozjom barna erdőtalajon termesztett árpa rizoszférából történt izolációt követően, 32 *S. cerevisiae* törzset sikerült azonosítani. Az élesztőtörzsek, Cu^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+} vagy Ni^{2+} ionokkal "érintkezve" egy idő után fiziológiailag adaptálódnak azokhoz, amelyet követően már lényegesen nagyobb mértékben képesek a nehézfémek megkötésére.

4.4.1. A minimális gátló koncentráció (MIC) meghatározása

Jelen kísérlet célja az volt, hogy nehézfémekkel szennyezett élőhelyekről élesztőtörzseket gyűjtsünk be, és megvizsgáljuk azok nehézfém felvételét. Mindkét növény (tavaszi árpa, őszi árpa) rizoszférájából a leggyakrabban izolált mikroorganizmus valamelyik *S. cerevisiae* törzs volt. A *S. cerevisiae*-t leginkább reprezentáló törzseket választottuk ki, és azokra nézve határoztuk meg a vizsgált nehézfémek minimális gátló koncentrációját (11. táblázat).

11. táblázat: Nehézfémek minimális gátló koncentrációja élesztőtörzsek szaporodására nehézfémekkel kezelt YPD táplevesben

Élesztő törzsek	**MIC (µM)**			
	$CuSO_4$	**$Cd(NO_3)_2$**	**$Pb(NO_3)_2$**	**$NiSO_4$**
NSS5099	240	240	320	480
NSS7002	240	320	240	480
WSSG991	40	40	80	120
WSSG992	40	80	80	120
MSSG990	30	40	40	80
MSSG997	40	30	40	80

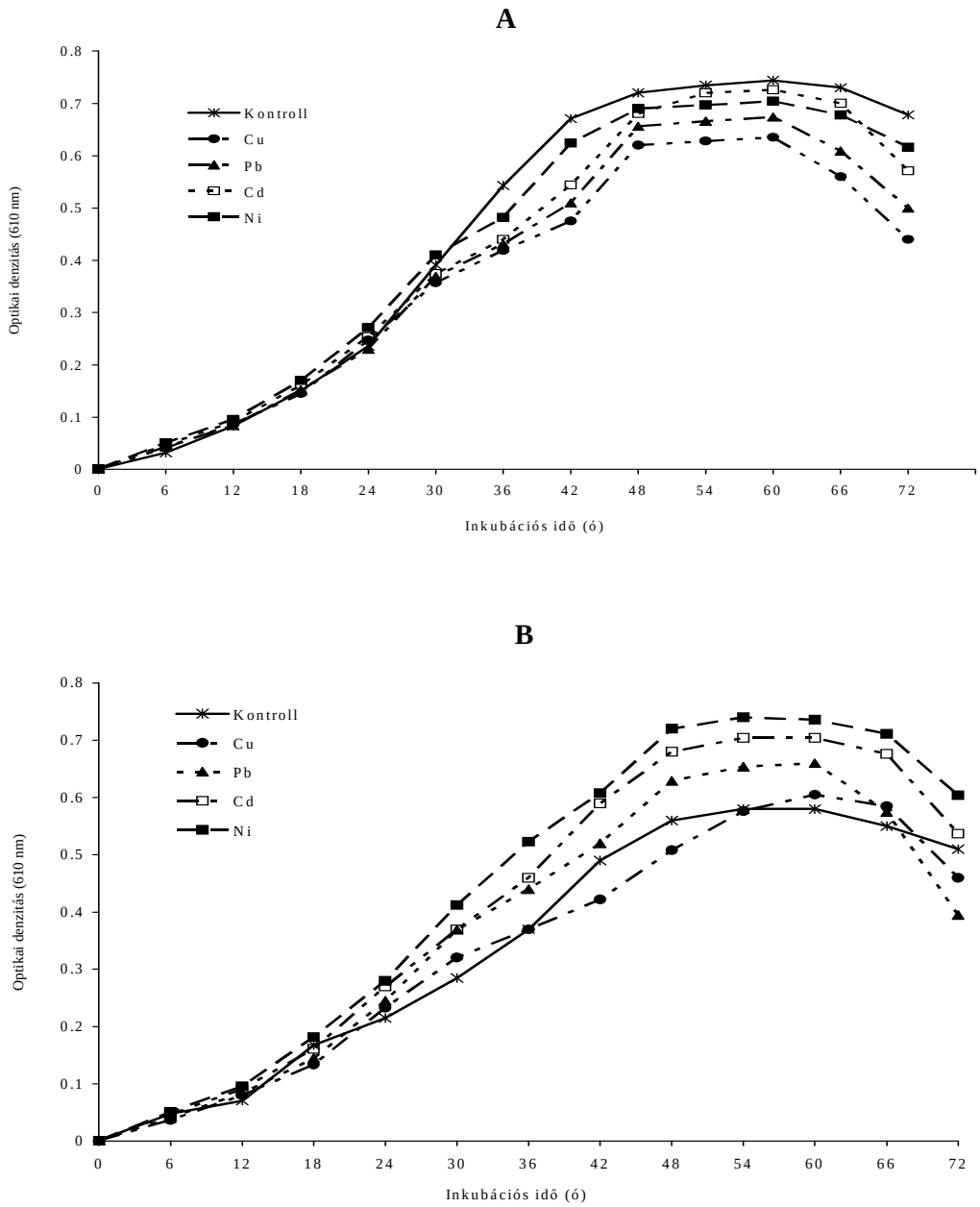
A minimális gátló koncentráció értékek azt mutatják, hogy a fémekkel szembeni tűrőképesség törzsfüggő. A tavaszi árpa rizoszférájából izolált két élesztőtörzs – az őszi árpa rizoszférából izolált másik két törzzsel összehasonlítva – meglehetősen alacsony tűrőképességet mutatott az összes vizsgált fémmel szemben. Az élesztőtörzsek nehézfémekkel szembeni toleranciája a következőképpen alakul: Cu > Pb > Cd > Ni. A tűrőképességek közötti különbség valószínűleg az élesztőtörzsek más-más toleranciájának, illetve rezisztenciájának köszönhető.

4.4.2. A sejtszaporodás kinetikája különböző nehézfém koncentrációk esetén

Az eredmények azt mutatják, hogy az őszi árpa rizoszférából izolált élesztőtörzs bizonyult toleránsabbnak a nehézfémekkel szemben (11. táblázat). A másik törzs már meglehetősen érzékeny volt ezeknél a koncentrációknál. Az 36. a. és b. ábrák a két *S. cerevisiae* törzs (NSS5099 és NSS7002) szaporodásának kinetikáját mutatják, 50 µM koncentrációjú nehézfém jelenlétében.

A nehézfémmentes közegben tenyésztett NSS7002 törzs szaporodott a legnagyobb mértékben. Ezt követte az a törzs, amelyet Cd^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+} és Cu^{2+} ionokkal szennyezett táptalajon

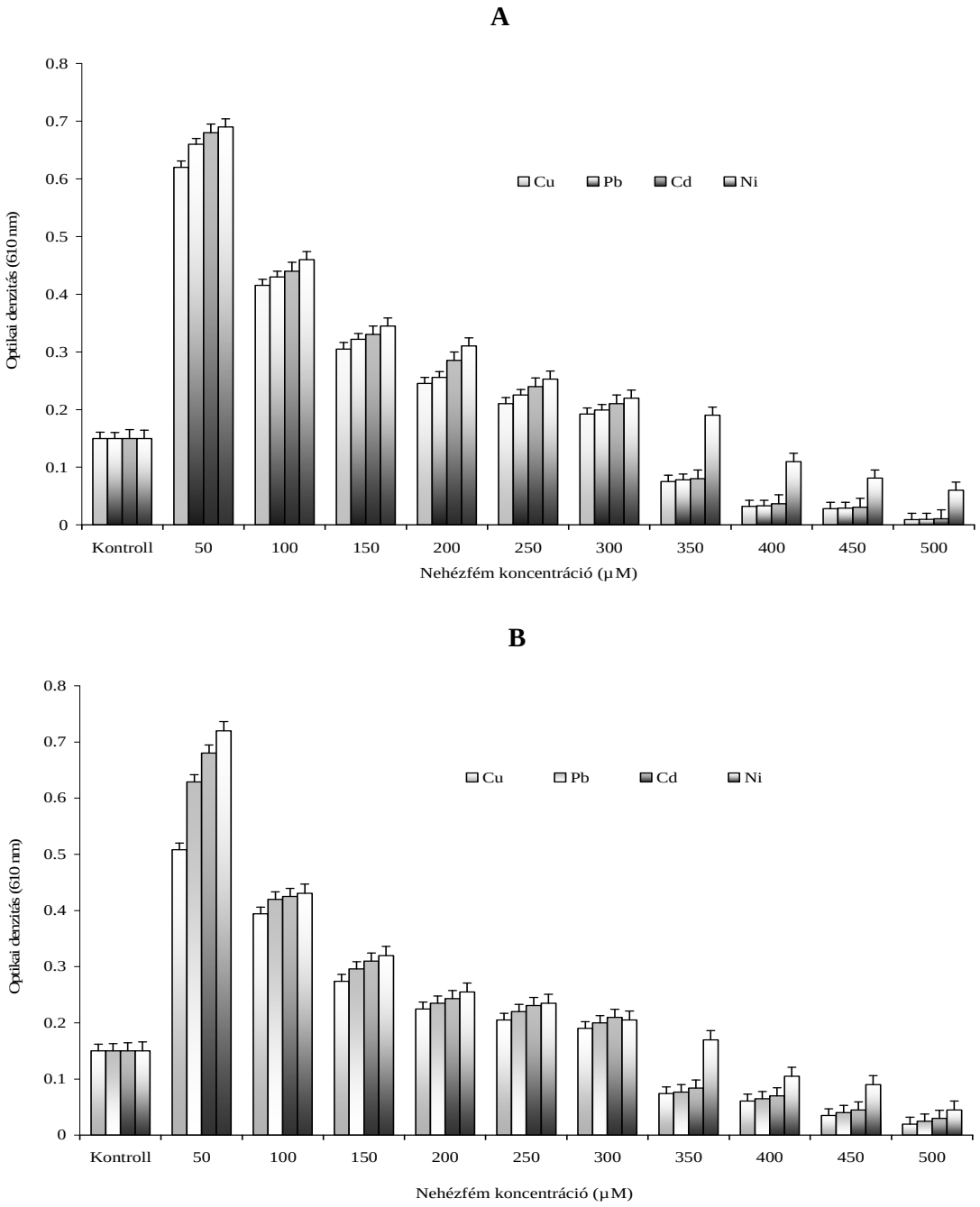
tenyésztettünk. Kezdetben, az NSS7002 szaporodási mértéke jóval nagyobb volt, mint a NSS5099 törzs szaporodása, viszont 24 óra elteltével, az előbbi szaporodása az NSS5099-nél kicsivel lassabb lett. Ugyanakkor, a réz toxikusabbnak mutatkozott az ólomnál, a kadmiumnál, és a nikkelnél is. 48 és 66 óra között a NSS5099 kezdetben gyorsabban szaporodott, mint az NSS7002, viszont ez a fémion típusától is függött. Az NSS5099 szaporodási mértéke Ni^{2+} és Cd^{2+} ionokkal szennyezett közegben jóval nagyobb volt, mint Pb^{2+} és Cu^{2+} ionokkal „kezelt” táptalajon (36. b. ábra). Mindazonáltal, nehézfémmentes közegben ez a törzs jóval kisebb mértékben szaporodott, mint Ni^{2+}, Cd^{2+} vagy Pb^{2+} ionokat tartalmazó közegben.



36. ábra: Az NSS7002 (A) és az NSS0599 (B) *S. cerevisiae* törzsek szaporodási kinetikája a nehézfémet 50 μM koncentrációban tartalmazó YPD tápközegben, 150 rpm-en, 28ºC-on, 48 órán keresztül történő inkubálást követően

4.4.3. A sejtszaporodás meghatározása különböző nehézfém koncentrációk esetén

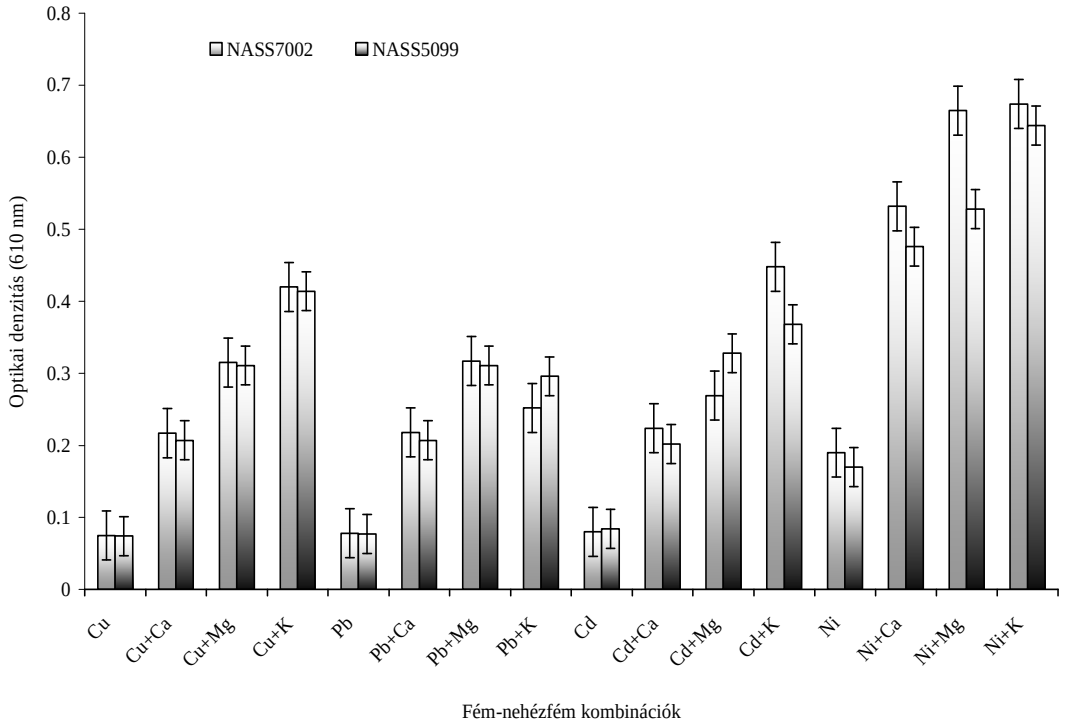
A Cu^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+} és Ni^{2+} ionok gátló hatását vizsgáltuk két, *S. cerevisiae* törzs szaporodására. A Cu^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+} koncentrációját 300 µM-nál, a Ni^{2+} koncentrációját 400 µM-nál nagyobbra állítottuk. Ebben az esetben a sejtszaporodás szignifikánsan csökkent. A Cu^{2+}, Cd^{2+} és Pb^{2+} esetében az erősebb gátlás 350 µM-nál, Ni^{2+} esetében 450 µM-nál kezdődött (37. a., b. ábra). A Cu^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+} vagy Ni^{2+} 150 µM koncentrációjánál a gátló hatás elhanyagolhatónak tekinthető.



37. ábra: A Cu, Pb, Cd és Ni NSS7002 (A) és NSS0599 (B) *Saccharomyces cerevisiae* törzsekre gyakorolt toxicitása YPD tápközegben, 150 rpm-en, 28ºC-on, 48 órán keresztül történő inkubálást követően

4.4.4. A Ca^{2+}, Mg^{2+} és K^{+} ionok hatása az élesztősejtek nehézfémekkel szembeni toleranciájára, különböző nehézfém koncentrációk esetén

Az eredmények azt mutatják, hogy abban az esetben, amikor a táptalajhoz 50 mM $Ca(HCO_3)_2$–t adtunk a 350 µM Cu^{2+}, Pb^{2+}, Cd^{2+} és 450 µM Ni^{2+} adagolása előtt, a nehézfém toxicitása mérséklődött, a sejtek pedig nem pusztultak el.



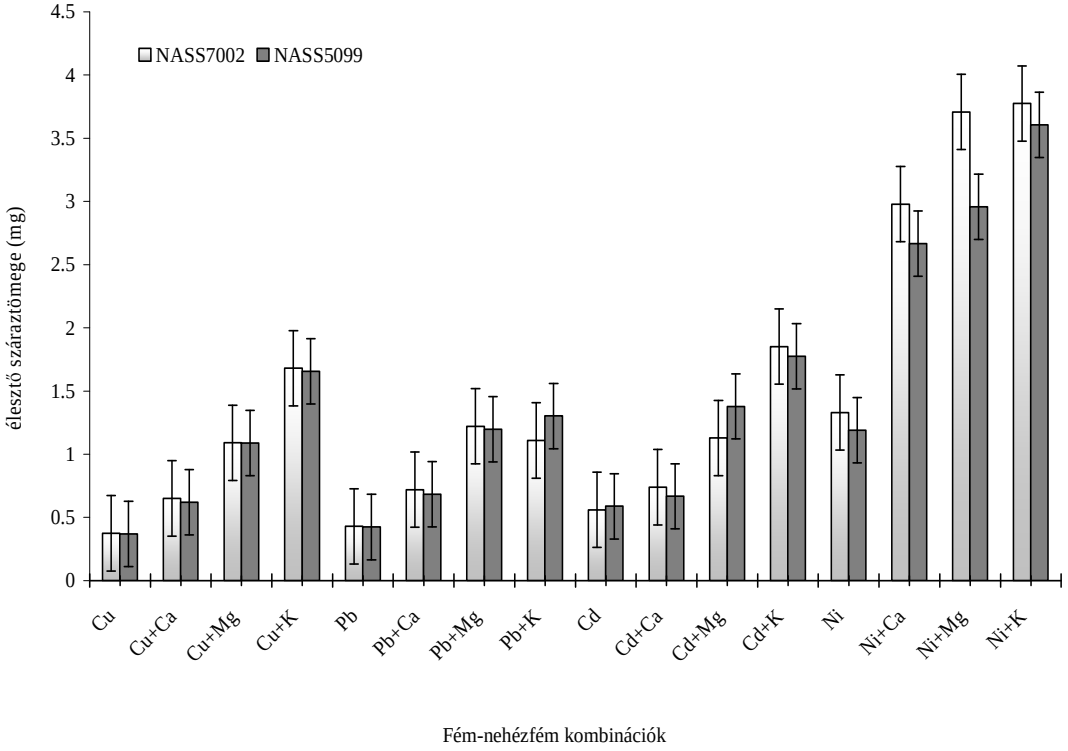
38. ábra: A Ca^{2+}, Mg^{2+} és K^{+} ionok hatása a *Saccharomyces cerevisiae* törzsek nehézfémekkel szembeni toleranciájára, Cu, Pb és Cd (350 µM) valamint Ni (450 µM) ionokat tartalmazó tápközegben, 150 rpm-en, 28ºC-on, 48 órán keresztül történő inkubálást követően

75 mM $MgSO_4$, illetve 150 mM K_2SO_4 táptalajhoz történő adagolásával 40%-kal csökkent a vizsgált nehézfémek toxicitása (38. ábra). Megállapítottuk, hogy a K^{+} ion csökkenti legnagyobb mértékben a nehézfémek toxicitását. Ezt követi a Mg^{2+} ion, majd a Ca^{2+} ion.

4.4.5. A Ca^{2+}, Mg^{2+} és K^{+} ionok hatása a nehézfémeket toxikus koncentrációban tartartalmazó táptalajon szaporodó biomasszára

Ha a nehézfémeket toxikus koncentrációban tartalmazó táptalajhoz Ca^{2+}, Mg^{2+} vagy K^{+} ionokat adagolunk, változik a korrekciós tényező (39. ábra). Megállapítottuk, hogy az élesztő száraztömege a fémsók jelenlétében nő. Ugyanakkor, a biomassza 4,5 – 6-szorosára gyarapodott

nehézfémmel szennyezett táptalajon. Azt is elmondhatjuk, hogy a K^+ ion nagyobb mértékben képes a sejtszaporodást elősegíteni, mint a Mg^{2+} és a Ca^{2+} ion.



39. ábra: Fémsók hatása a Cu-t, Pb-t, Cd-ot és Ni-t különböző koncentrációban tartalmazó YPD tápközegben szaporodó *Saccharomyces cerevisiae* száraztömegére (mg), 28ºC-on, 48 órán keresztül történő inkubálást követően

Lényeges az a tény is, hogy az NASS7002 törzsre jóval nagyobb hatással voltak a Ca^{2+}, Mg^{2+} és K^+ ionok a nehézfémeket toxikus mértékben tartalmazó táptalajon, mint az NASS5099 törzsre.

5. AZ EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA

5.1. Az árpa termeszthetősége és söripari tulajdonságai az időjárás függvényében

2007-ben a száraz, enyhe tél és a meleg, száraz tavasz nem kedvezett az őszi árpa fejlődésének. Emiatt alacsonyabb és kalászhiányos növények fejlődtek. Tavaszi árpa esetében, a korai vetések viszonylag megfelelő mértékben keltek, de a szárazság miatt korán megindult a kalászolás. A később vetetteknél a kelés már kisebb mértékű volt, míg az ország egyes részein a vontatott, hiányos kelés volt a jellemző. A szárazság miatt a növények fejlődése lelassult, megállt. Az összes gabonaféle termésátlaga csökkent, termésmennyiségük jóval alacsonyabb volt, mint 2006. évben. Árpából lényegesen kevesebb volt a termésmennyiség, kb. 1,0 millió tonna termett, 3%-kal kevesebb, mint 2006-ban. Összességében elmondható, hogy a 2007. év az árpatermesztés szempontjából kedvezőtlennek mondható. A legjobb minőségű söripari alapanyagot a csapadékosabb, és hűvösebb termőhelyeken lehet előállítani, e helyeken optimálisan alakul a sörárpa legfontosabb minőségi mutatója, azaz a nyersfehérje tartalom. Ezzel szemben, szárazabb körülmények között e tulajdonság értéke 2-3%-kal is több lehet. Az osztályozottság 2007. évben, az aszályos időjárás miatt alacsony értékeket mutatott. Az ezerszemtömeg és a hektolitertömeg összefügg az osztályozottsággal, így országosan ezek is alacsonyak voltak a normál évi értékeikhez képest.

2007-ben, Kompolton a termés és az osztályozottság elfogadhatóan magas volt, a fehérjetartalom pedig alacsony. Az aszályos időjárás miatt a korábbi évekhez képest a tenyészidő lerövidült, amely a kalászolási időt is előre hozta. Az áprilisi szárazság (3,1 mm csapadék) és a májusi meleg (17,8°C) a bokrosodást megakasztotta és emiatt a kalászolás már május 20-án megkezdődött, amely mintegy 2 héttel korábbi időpont a szokásos dátumokhoz képest. A legkorábbi fajták adták a legnagyobb termést, ahogy az aszályos években törvényszerű.

5.1.1. Termésmennyiség

Az őszi árpa termésmennyisége 2006-ban megközelítőleg 9 t/ha, míg 2007-ben 7 t/ha volt. A tavaszi árpa terméshozama az ősziénél szemmel láthatóan alacsonyabb, 2006-ban és 2007-ben is kb. 5,5 t/ha volt. Megállapíthatjuk, hogy a száraz és aszályos 2007. év kedvezőtlen hatással volt az árpa terméshozamára. Eredményeink összhangban voltak SHAKHATREH et al. (2001) megállapításaival, aki szerint, a szemkitöltődés alatti megfelelő nedvességtartalom pozitív hatással van a terméshozamra. Több törzs (C/I-17, C/VIII-145, C/VIII-147, C/VIII-152, C/VIII-155, C/IX-163) is magasabb terméseredményt adott, mint az egyik kiváló terméshozamú standard, a KH Korsó.

5.1.2. Ezerszemtömeg és szárszilárdság

A jó sörárpa ezerszemtömege 40-48 g körül van. Minél nagyobb az ezerszemtömeg, annál nagyobbak és hasasabbak az árpaszemek, és így nagyobb azok extrakttartalma is. Ezen kívül a nagy szemű árpánál viszonylagosan csökken a héj aránya is. Az árpa ezerszemtömege a hektolitertömeggel áll pozitív korrelációban, és előrejelzi az extrakttartalmat.

2007. évben az őszi árpa ezerszemtömege kisebb volt a 2006. évihez képest, de még az aszályos időjárás ellenére is magasabb volt, mint a tavaszi árpa esetében. Megdőlés nem volt, amelynek oka elsősorban a viharos esőzések elmaradása, másrészt a szárazságnak köszönhető alacsony szármagasság.

5.1.3. Osztályozottság

A szemnagyságot a szemben található keményítőtartalom határozza meg. Minél kisebb a szem keményítőtartalma, annál rosszabb a sörárpa minősége. A rövidebb és kövérebb szemeknek magasabb az extrakttartalma, a hosszabb és keskenyebb szemeknek alacsonyabb.

Az őszi árpa osztályozottságának vizsgálatánál megállapítottuk, hogy 2006-ban még a két standard fajta szemnagyságánál is nagyobb eredményt ért el a C/VI-116 és a C/VI-117, valamint a C/VII-130, a C/VIII-142 és a C/VIII-155. Az osztályozottság – az ezerszemtömeghez és a hektolitertömeghez hasonlóan – előrejelzi az extrakttartalmat. A 2,8 és 2,5 mm-es szemek nagyobb keményítőtartalommal rendelkeznek, ezáltal előreláthatólag magasabb lesz ezek extrakttartalma is. Kizárólag a 2,5 és 2,8 mm-es szemeket használjuk malátázásra, ebből a megfontolásból előnyös, ha a 2,2 mm-es szemek aránya kisebb. 2007. évben a C/VII-130 magas osztályozottsági eredményt adott. A tavaszi árpa eredményei alapján, 2006-ban még a kontrollnál is nagyobb szemnagyságot ért el a C/VIII-129. E törzs 2007-ben is kiváló eredményt adott, amikor az időjárási viszonyok nem voltak kedvezőek. Ezen kívül érdemes megemlíteni a C/III-48, a C/IV-57, és a C/IV-58 törzseket, amelyek ebben az évben szintén nagyobb szemméretet produkáltak. Általában elmondható, hogy azon törzsek, amelyeknek 2,8 mm-es szemnagysága kisebb arányú volt, még mindig viszonylag magas arányú 2,5 mm-es szemekkel rendelkeztek, így söripari célra felhasználhatóak. Megállapítottuk, hogy a 2007. évet jellemző szárazság hatására csökkent a 2,8-2,5 mm szemek aránya. Hasonló eredményt kapott LEISTRUMAITÉ et al. (2009) is.

5.2. Az árpa söripari tulajdonságai

A sörárpa nemesítés során számos minőségi tulajdonságot figyelembe kell vennünk, a betegségekre való hajlamon és a terméshozamon kívül. A leghatékonyabb módszer a szelektálásra a

mikromalátázás, majd az azt követő maláta analízis, melynek az EBC által előírt módszereit publikáltuk is (TÓTH et al., 2009).

5.2.1. Őszi árpa

5.2.1.1. Fehérjetartalom

Az árpa fehérjetartalma a maláta- és sörgyártás szempontjából meghatározó jelentőségű. Söripari szempontból az a kívánatos, ha az árpa fehérjetartalma maximum 11,5%. E 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). A fehérjetartalom ezen kívül meghatározza a csírázás mértékét is, amely komoly problémákat okozhat abban az esetben, ha egyszerre több fajtát malátázunk, még akkor is, ha ezek átlag fehérjetartalma elfogadható (PALMER, 2000).

A laboratóriumi vizsgálatok elvégzése után megállapítottuk, hogy az őszi árpa fehérjetartalma, mint lényeges söripari mutató, 2006-ban alacsonyabbnak, 2007-ben pedig magasabbnak bizonyult. Bár a szemek fehérjetartalma genetikailag determinált, a környezeti tényezők is nagymértékben meghatározzák azt. Ennek köszönhetően kaptunk 2006-ban alacsonyabb, 2007-ben pedig magasabb fehérjeértékeket. Az általunk kapott eredményeket alátámasztják SMITH (1990) és KACZMAREK et al. (1999) megállapításai is, mely szerint ezen értékek a környezeti tényezők által nagymértékben befolyásoltak. 2006. évben a két standard fajta, a KH Korsó és a Vanessa fehérjetartalma 10,0 % körül mozgott, ennél alacsonyabbnak csak a C/VIII-143, a C/VIII-144, a C/VIII-145, a C/VIII-152, és a C/IX-163 bizonyult. 2007. évben kevés olyan törzset találunk, amelyeknek a fehérjetartalma söripari célre megfelelt volna, ezek voltak a C/VI-113, a C/VI-114, a C/VI-115, a C/VII-122, C/VII-123, a C/VIII-143, a C/VIII-144, valamint a C/IX-163. Látható, hogy C/VIII-143, és a C/VIII-144, valamint a C/IX-163 mindkét évben alalcsony fehérjetartalmú volt. Az árpa fehérjetartalma és az abból készült malátalé zavarossága között szoros összefüggés tapasztalható, ugyanis a magasabb fehérjetartalom zavarosabb cefrelét eredményez. A 2006. és 2007. évben, azokból a törzsekből készült tisztább malátalé, amelyeknek a fehérjetartalma kisebb volt. Az őszi árpából előállított malátalé zavarossága 2006-ban alacsonyabbnak bizonyult, mint 2007-ben. Ennek oka a megfelelő csapadékellátottságnak és hőmérsékletnek köszönhető alacsonyabb fehérjetartalom volt.

5.2.1.2. β-glükán tartalom

Az őszi árpa β-glükán tartalma 2006. évben – a fehérjetartalomhoz hasonlóan – alacsonyabb volt, mint 2007. évben. ZHANG et al. (2001) megállapításai szerint, egyes környezeti tényezők, pl. a csapadékellátottság és a talaj N tartalma befolyásolják az árpa fehérje és béta-glükán tartalmát. Eredményeink azt mutatják, hogy a szárazabb 2007-es évben mind a fehérjetartalom, mind a béta-

glükán tartalom magasabbnak bizonyult a 2006-os évihez képest, tehát eredményeink összhangban állnak ZHANG et al. (2001) megállapításaival. A kontrollnál jóval alacsonyabb β-glükán értékkel rendelkezett a C/I-17, a C/VI-113, a C/VI-114, a C/VI-117, a C/VIII-145 és a C/VIII-152. A β-glükán érték előrejelzi az árpából előállított cefrelé viszkozitását, így a későbbiekben láthatjuk, hogy a magasabb viszkozitású törzseknek magasabb volt a β-glükán tartalma is. A β-glükán tartalom a fehérjetartalommal pozitív szignifikanciát mutat, és laboratóriumi vizsgálati eredményeink alátámasztják ezt. Az őszi árpából előállított malátalé viszkozitása – az aszálynak köszönhető magasabb fehérjetartalom miatt – 2007. évben jóval magasabb volt, mint 2006-ban.

5.2.1.3. Csírázási energia

Fontos tulajdonság a gyors vízfelvétel, és a csírázás is. Ebből a megfontolásból, a malátatulajdonságot meghatározó paraméterekhez sorolják a malátázás alatti, áztatás végén történő vízfelvételt, valamint a levélcsíra kialakulásának mértékét is. A levélcsíra kialakulásának mértéke egyébként a csírázás sebességét és egységességét (egyöntetűségét) jelöli, amely egy igen fontos előrejelzése a maláta minőségének.

A KH Korsó és a Vanessa megközelítőleg 90,0%-ot ért el, ennél magasabb értékeket adott viszont a C/VI-116, a C/VII-123, a C/VII-135, a C/VIII-144 és a C/VIII-145 törzsek. Az árpa szemek csírázási energiája száraz éghajlati viszonyok között lecsökken (AL-KARAKI, 1998; OTHMAN, 2005). Az általunk kapott erdmények szerint, 2007. évben átlagosan alacsonyabb volt a csírázási energia, bár egyes törzseknél ezen értékek magasak voltak: C/VI-116, C/VII-123, C/VII-130, C/VIII-142, C/VIII-147. Az általunk kapott, 2006-os évi magasabb csírázási energia összhangban áll AL-KARAKI (1998) és OTHMAN (2005) megállapításaival. A malátavizsgálati tulajdonságokat illetően elmondható, hogy mind a tavaszi, mind az őszi árpákból előállított maláta jól oldott, elegendő enzimet tartalmazott a cefrézéshez.

5.2.1.4. Extrakttartalom

A Kompolton, 2005-2007 között mért értékeket összehasonlítva QI et al. (2005) véleményével egyezően megállapítottuk, hogy az árpa fehérjetartalmának növekedésével csökken az extrakttartalom. Mind ökonómiai, mind minőségi szempontból a magas extrakttartalom a kívánalom. A nemesítés egyik fő célja a magas extrakttartalomra történő szelektálás. A terméshozammal megegyező fontosságú, és több kisebb malátatulajdonság is meghatározza nagyságát. Például, mind a terméshozamot, mind az extrakttartalmat meghatározza a szemnagyság. Elsősorban a keményítőtartalom határozza meg az extraktot, bár számos egyéb tényező is befolyásolja nagyságát, pl. héjarány, sejtfal vastagság. Mennyiségét befolyásolják ezen kívül genetikai tényezők, a környezet, és a malátázási technológia is. Az extrakttartalom, az összes N, valamint az oldható N között szignifikáns korreláció van. A rövidebb és kövérebb szemeknek magasabb az extrakttartalma, mint a hosszabb, keskenyebb szemeknek. A hektolitertömeg, az ezerszemtömeg, a héjarány, és a friabilitás előrejelzi az extrakttartalmat. A korreláció analízis

szerint az extrakttartalom szoros összefüggésben áll a hektolitertömeggel, a 2,5 mm-nél nagyobb szemek arányával, az ezerszemtömeggel, a fehérjetartalommal, és a héjaránnyal. Az extrakttartalom pozitív szignifikáns korrelációban állt a friabilitással, az egyöntetűséggel (homogenitással), a Kolbach-számmal, és negatív szignifikáns korrelációban az a sörlé viszkozitásával.

A 2006. évi őszi árpa törzsek viszonylag magas extrakttartalommal rendelkeztek. Magasabb extraktot ért el a C/VI-106, a C/VIII-143, a C/VIII-144 és a C/IX-163. Az extrakttartalom pozitív szignifikáns korrelációban áll a friabilitással, ezért a magasabb extrakttartalmú törzsek magasabb friabilitásúak voltak, és alacsony extraktdifferenciával rendelkeztek. Az extraktdifferencia érték a maláta citolitikus oldására, enzimaktivitására utal, vagyis a finom maláta darából és a durva darából előállított cefrelé extrakttartalma közötti különbséget jelenti. Ennek következtében értéke annál jobb, minél kisebb. 2007. év alacsonyabb extraktot eredményezett őszi árpánál. Ennek ellenére egyes törzsek - a C/VII-122 és a C/VII-123, valamint a C/IX-163- értéke meghaladta még a 80,0%-ot is.

Az alacsony fehérjetartalomnak, és β-glükán tartalomnak, a magas extrakttartalomnak, és Kolbach számnak, valamint az alacsony viszkozitásnak köszönhetően a vizsgált őszi árpa törzsek közül a C/VI-113, a C/VI-114, a C/VII-122, a C/VII-123, a C/VIII-143, a C/VIII-144, a C/VIII-145, a C/VIII-152, és a C/IX-163 törzseket emelhetjük ki. E törzseknél a maláta minősége söripari felhasználás céljából megfelelőnek tekinthető. Azon mintáknak, amelyeknek a legalacsonyabb volt a fehérjetartalma, azoknak volt a legmagasabb a keményítőtartalma.

5.2.2. Tavaszi árpa

5.2.2.1. Fehérjetartalom

A tavaszi árpa fehérjetartalma tekintetében nem találtunk lényeges eltérést 2006. és 2007. között. 2006. évben alig találunk magas fehérjetartalmú törzseket, mindössze a C/VI-106 törzsnek volt megközelítőleg 12,0%-os a fehérjetartalma. A két kontroll, azaz a Scarlett és a Pasadena fehérjetartalma 11,5% körül mozgott, ennél alacsonyabbnak bizonyult majdnem az összes törzs. A 2007. év söripari szempontból kedvező tavaszi árpákat hozott. Magasabb értéket kizárólag a C/VI-91, a C/VI-105, és a C/VII-121 ért el, viszont ezen értékek sem kerültek 12,0% fölé. A C/III-50, a C/IV-60, és a C/IV-61 rendelkezett az átlagnál magasabb fehérjetartalommal, ezáltal alacsonyabb Kolbach számmal. A kontrollnál jóval magasabb Kolbach számú törzsek voltak: a C/I-10, és a C/III-48.

A tavaszi árpa fehérjetartalma 2007. évben sem volt szembeötlően magas, átlagosan 10,0%. Az alacsonyabb fehérjetartalmú törzsek rendelkeztek magasabb Kolbach számmal, ilyenek voltak a C/III-39, a C/III-46, a C/III-47, a C/IV-60, a C/IV-61, a C/IV-65, a C/IV-66, a C/IV-68, és a C/IV-69. Nem volt könnyű alacsonyabb fehérjetartalmat elérni a 2007. évben, mégis a C/IV-61, a C/IV-65, és a C/IV-66 megközelítőleg 9,0% körüli értéket adott. A tavaszi árpából előállított malátalé zavarosságánál nagyfokú szignifikáns különbség volt megfigyelhető, mind az egyes törzsek, mind a

két vizsgált év között. 2006. évben, zavarosabb malátalé készült a következő törzsekből: C/V-79, C/VI-91, C/VI-105, C/VII-121. Ezen törzsek a kontrollhoz képest jóval nagyobb zavarosság értékeket adtak, és 2007-ben is hasonló eredményekkel rendelkeztek. A C/V-78-ból 2006-ban viszonylag alacsony zavarosságú cefrelé készült, viszont 2007-ben már az átlaghoz képest magasabb. E törzsek az átlaghoz képest magasabb fehérjetartalommal rendelkeztek.

5.2.2.2. β-glükán tartalom és viszkozitás

A tavaszi árpából előállított cefrelé viszkozitása 2007. évben átlagosan magasabb volt, mint 2006. évben. Míg 2006-ban találunk 1,28 mPa*s értékű törzset is (C/I-10), addig 2007-ben 1,47 mPa*s fölötti értékkel is rendelkezik egy törzs (C/VIII-129). A viszkozitás értékek elsősorban az árpa β-glükán értékétől függnek, vagyis a magas β-glükán tartalmú törzsek szemterméséből előállított malátalé viszkozitása magasabb lesz. A C/III-40, a C/VI-105, a C/VII-118 és a C/VII-121, és a C/VIII-129 törzsek 2006. és 2007. évben is magasabb viszkozitás értékeket adtak, e törzseknek magasabb volt a β-glükán tartalma is.

5.2.2.3. Csírázási energia

A csírázási energia 2006. évben magasabbnak bizonyult a 2007. évihez képest. A törzsek között – az őszi árpáéhoz hasonlóan – magas szignifikáns különbség volt megfigyelhető, az egyik fajta csírázási energiája meghaladta a 95,0%-ot is, egyes törzseké pedig 81,0-82,0% körül mozgott. Ezen, kedvezőtlen csírázású törzs volt a C/I-10. A Scarlett és a Pasadena magas értékeket, megközelítőleg 95,0%-ot mutatott, ehhez hasonló értékekkel a C/III-49, a C/III-51, a C/IV-69, és a C/VI-105 rendelkezett. A 2007. évben átlagosan alacsonyabb volt a csírázási energia, bár a Scarlett, a Pasadena és a C/IV-69 törzs ez évben is kiváló eredményeket adott.

5.2.2.4. Extrakttartalom

2006. évben szembeötlően magas extrakttartalommal rendelkezett a C/III-39 és a C/III-40, valamint a C/IV-57, a C/IV-58, a C/IV-60, a C/IV-61, a C/IV-65 és a C/IV-66. A két kontroll fajta értékeinél magasabb extraktot ért el a C/III-39, a C/III-40, a C/IV-58, a C/IV-60, és a C/IV-61. 2007. év a 2006. évihez képest hasonló extraktot eredményezett tavaszi árpánál. A két kontroll, a Scarlett és a Pasadena elérte a 80,0% extraktot, viszont néhány törzs, a C/I-3, a C/I-6, a C/I-10, és a C/III-48 értéke meg is haladta azt. Ezen törzsek – az extrakttartalom, a friabilitás és az extraktdifferencia közötti kölcsönhatásnak köszönhetően – magasabb friabilitással és alacsony extraktdifferenciával rendelkeztek. 2007. évben egyes törzsek még a 2006. évihez képest is magasabb extraktot eredményeztek, ezek voltak a C/I-3, a C/III/47 és a C/III-48, valamint a C/V-78, a C/V-79 és a C/VIII-129.

Megállapítottuk, hogy őszi árpa esetében a C/I-17, C/VI-106, C/VI-113, C/VI-114, C/VI-115, C/VI-116, C/VI-117, C/VII-122, C/VII-123, C/VII-130, C/VII-135, C/VIII-142 , C/VIII-143,

C/VIII-144, C/VIII-145, C/VIII-147, C/VIII-152, C/VIII-155, valamint C/IX-163 minták, söripari minőség szempontjából kiválónak tekinthetőek. Tavaszi árpa esetében a C/I-3, C/I-6, C/I-10, C/III-39, C/III-40, C/III-46, C/III-47, C/III-48, C/III-49, C/III-51, C/IV-57, C/IV-58, C/IV-60, C/IV-61, C/IV-65, C/IV-66, C/IV-68, C/IV-69, C/V-78, C/V-79, C/VI-105, és C/VIII-129 törzsek bizonyultak megfelelő söripari minőségűnek.

Megállapítottuk továbbá, hogy az extrakttartalom és az ezerszemtömeg, valamint az extrakttartalom és a 2,8-2,5 mm szemek aránya pozitív korrelációban, míg az extrakttartalom és a fehérje negatív korrelációban áll egymással. SPUNAR (1991) ellenben az extrakttartalom és az ezerszemtömeg közötti negatív korrelációról számolt be.

A Kompolton, 2005-2007 között mért értékeket összehasonlítva VERMA et al. (2008) véleményével egyezően megállapítható, hogy közvetlen kapcsolat áll fenn a szem fehérjetartalma, és keményítőtartalma között. Az árpa fehérjetartalmának növekedésével csökken az extrakttartalom, valamint a fehérjetartalom szignifikáns negatív korrelációban áll a viszkozitással és a Kolbach számmal. Az extrakttartalom szignifikáns pozitív korrelációban áll az ezerszemtömeggel, a 2,5-2,8 mm szemek arányával, a csírázási energiával, a friabilitással, és a Kolbach számmal, de negatív korrelációban áll a 2,2 mm szemek arányával, a fehérjetartalommal, és a malátalé viszkozitásával. A malátalé viszkozitását az árpa β-glükán tartalma befolyásolja, a két tulajdonság pozitív korrelációban áll egymással. Hasonló eredményeket publikáltunk 2008-ban (TÓTH et al., 2008).

5.3. Az árpa talajának néhány biológiai jellemzése

Tenyészedény-kísérletünkben árpanövény–talaj rendszert modelleztünk. A 2006. évet a csapadékosabb és hűvösebb időjárás jellemezte. Gyenge tél volt, amelynek következtében elmaradtak a fagykárok. A csapadékellátottság megfelelő volt, ezáltal több termést (t/ha) arathattunk, mint 2007-ben. 2007-ben a száraz, enyhe tél és a meleg, száraz tavasz nem kedvezett az őszi árpa fejlődésének. Emiatt alacsonyabb és kalászhiányos növények fejlődtek. Tavaszi árpa esetében, a korai vetések viszonylag megfelelő mértékben keltek, de a szárazság miatt korán megindult a kalászolás. A később vetetteknél a kelés már kisebb mértékű volt, míg az ország egyes részein a vontatott, hiányos kelés volt a jellemző. A szárazság miatt a növények fejlődése lelassult, megállt. Áprilisban mindössze 0-10 mm csapadék hullott, amely miatt az őszi vetésű növényeknél a vegetáció felgyorsult. Az őszi árpára a kényszerfejlődés, az alacsony szár és a kis kalász volt a jellemző. Az összes gabonaféle termésátlaga csökkent, termésmennyiségük jóval alacsonyabb volt, mint 2006. évben. Árpából lényegesen kevesebb volt a termésmennyiség, kb. 1,0 millió tonna termett, 3%-kal kevesebb, mint 2006-ban. Összességében elmondható, hogy a 2007. év az árpatermesztés szempontjából kedvezőtlennek mondható. A fenti körülményeknek köszönhető a talaj biológiai aktivitásában mért különbség.

A talaj biológiai aktivitását a mikroszervezetek CO_2-termelése alapján határoztuk meg. A talaj biológiai aktivitás (talajlégzés) mértéke magasabb a tavaszi árpa rizoszférában, mint az őszi árpáéban, valamint magasabb 2006-ban, mint 2007-ben. A CO_2-kibocsátás értékes információkkal szolgálhat a talajmikroszervezetek megnövekedett anyagcsere-aktivitásáról (lsd. 10. táblázat).

A talajenzim aktivitás a talaj biológiai aktivitásának legfontosabb indikátora (SZEGI, 1984). Az FDA hidrolízis során keletkező fluoreszcein mennyisége arányos a talaj mikrobapopuláció denzitásának változásával és a talaj CO_2-kibocsátással is szoros korrelációt mutat. A 10. táblázatban látható, hogy a legmagasabb fluoreszcein értéket a 2006. évi tavaszi árpa esetében tapasztaltuk. Kísérletet végeztünk szennyvíziszappal kezelt növények növekedésének és rizoszféra tulajdonságainak meghatározása céljából (PALÁGYI et al., 2008). Megállapítottuk, hogy a talajlégzés értéke a szennyvíziszappal kezelt talajokban nőtt, valamint a mikrobaszám növekedésével egyenes arányban az FDA aktivitás is emelkedett.

A talaj kiszáradása következtében rendszerint az összes bakteriális csíraszám és a funkcionális diverzitás is csökken (GRIFFITHS et al., 2003), bár száraz élőhelyeken a legtöbb mikroba tolerálja a kiszáradást, de aktivitása visszaesik (KIEFT et al., 1993). A csapadékmennyiség befolyásolja a talaj nedvességtartalmát, valamint a vegetációs periódust, ennek megfelelően a mikrobaközösségekre is hatást gyakorol. Így, a kísérleti eredmények alapján –GRIFFITHS et al. (2003) és KIEFT et al. (1993) megállapításaihoz hasonlóan - igazoljuk, hogy a rizoszféra enzimaktivitásában és talajlégzésében lévő különbségek elsősorban az eltérő klimatikus körülményeknek köszönhetőek. 2006-ban a csapadékellátottság és a hőmérséklet kedvezően alakult, amelynek hatására ez évben magasabb talaj biológiai aktivitást mértünk, mint 2007-ben. A fajtatulajdonságnak is van szerepe, mivel a csírázási folyamat alatti hőmérséklet őszi árpa esetében alacsonyabb, mint tavaszi árpa esetében. Ennek köszönhetően a két növény mikroflórája különböző, és a talajlégzés, valamint a talaj enzimaktivitás is változik. A klimatikus tényezők kedvezőbbek a tavaszi árpa rizoszférájában élő mikroszervezeteknek, amelynek köszönhetően anyagcseréjük megfelelő, így a szaporodásuk illetve a talaj szervesanyag lebontása is optimális. Ennek következtében magasabb FDA enzimaktivitást, és talajlégzést mértünk tavaszi árpa esetében, mint őszi árpában.

5.4. *Saccharomyces cerevisiae* nehézfémtűrése

A fémekkel szembeni tűrőképesség az élőlények azon tulajdonsága, amelynek segítségével képesek túlélni a nehézfém szennyezést, ezt szemléltettük az 37. a és b. ábrán.

Célunk az volt, hogy olyan törzseket szelektáljunk, amelyek képesek nagy mennyiségű fém megkötésére. Hazánkban viszonylag kevés tanulmány született azzal kapcsolatban, hogy hogyan alakul a fonalas gombák diverzitása, fémtűrőképessége, és fémmegkötő képessége nehézfémekkel szennyezett területen (BAI és ABRAHAM, 2003). A nehézfémek élesztők általi akkumulációja jól ismert. Ezért, a nehézfémek *S. cerevisiae* törzsekre történő gátló hatását vizsgáltuk. A nehézfémek

alacsony koncentrációban esszenciálisak a mikrobiális sejtek életműködéséhez. A réz, és a cink például még stimulálja is a szaporodást, és az anyagcserét is felgyorsítja. Magas nehézfém koncentrációnál a szaporodás gátolt. A nem-esszenciális nehézfémek, mint pl, a Cd, és a Pb kölcsönhatásba lépnek az élesztősejtekkel, és fizikokémiai mechanizmusok útján akkumulálódnak a sejten belül. E fémek csak bizonyos koncentráción túl toxikusak, és az élőlény fajtájától, a fém fizikokémiai tulajdonságaitól, és a környezeti tényezőktől függően toxicitásuk változó (GADD, 1992). Az általunk kapott eredmények is azt mutatják, hogy a fémek csak bizonyos koncentráción túl toxikusak, és a toxicitás fajtafüggő. Egy nehézfém kémiai reakcióképessége képes korrelálni a letális dózist, amely a populáció 50%-át pusztítja el (WILLIAMS és TURNER, 1981). Azon biokémiai és fiziológiai mechanizmusokról is készült tanulmány, amelyeken keresztül a fémionok a mikroorganizmusokra fejtik ki hatásukat (BABICH és STOTZKY, 1974; BABICH és STOTZKY, 1983). A nehézfémek mikroorganizmusokra gyakorolt hatását számos biotikus és abiotikus tényező befolyásolja (COLLINS és STOTZKY, 1989). A mikroorganizmusokat ezen kívül a nehézfémek toxicitásának meghatározására is használhatjuk. CHEN és WANG (2007) bebizonyították, hogy 2 µM koncentrációjú ólom nincs hatással a *S. cerevisiae* szaporodására, viszont 5 µM már a szaporodást 30%-ban, 10 µM pedig 50%-ban gátolja. A szerzők a *S. cerevisiae* törzsekre nézve a következő toxicitási sorrendet állították fel: $Pb^{2+} > Ag^{+} > Cr^{3+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+} > Co^{2+} > Sr^{2+} > Ni^{2+} > Cs^{+}$. Viszont, az általunk vizsgált törzsek ennél magasabb koncentrációt is képesek tolerálni.

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, amelyet az általunk kapott eredmények is alá támasztottak. BLACKWELL et al. (1998) szerint a Mg^{2+}, Ca^{2+} és K^{+} csökkentette a Mn^{2+} ion *S. cerevisiae* törzsekre gyakorolt toxicitását. Az általuk kapott eredmények, kis eltéréssel, hasonlóak a mieinkhez.

A nehézfémek toxicitása számos tényező függvénye, ilyen például a pH, az adszorbensek, a kationok és anionok típusa és koncentrációja, valamint a fém megjelenése (BABICH és STOTZKY, 1980; COLLINS és STOTZKY, 1989). A baktériumok és a *S. cerevisiae* töltése réz, és nikkel, illetve réz és nikkel egyidejű jelenlétekor változik. Ez azt jelzi, hogy a réz és a nikkel a sejtfalon eltérő helyen kötődnek meg. Az általunk kapott eredmények azt mutatják, hogy a hidrolizálható fémionok sejtfalon történő adszorpciója hasonlít e fémionok ásványi oxidok felületén (pl. vas, nikkel, kobalt kvarcon történő adszorpciója) történő kötődéséhez (TÓTH et al., 2008). Eredményeink összhangban vannak MACKENZIE és O'BRIEN (1966, 1969) megállapításaival. A Cd, Cr, Cu, Ni, és Zn sejtfalon, vagy agyagon történő adszorpciója következtében fellépő töltésváltozás e fémek szoros kötődését jelzi egyes felületekhez. A hagyományos módszerekkel történő fémmegkötésnek, úgy, mint a kémiai precipitációnak, vagy az ioncserének, számos hátránya van a fent említett fémmegkötéssel szemben. Ilyen pl. a nem megfelelő fémkinyerés, költséges eszközök, és a magas energia igény (AKSU et al., 1999).

6. 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 szolgáltassunk, és következtetéseket vonjunk le azok söripari felhasználhatóságát illetően. Mikrobiológiai vizsgálatokat végeztünk az árpa talajával, valamint az árpa rizoszférában előforduló *Saccharomyces cerevisiae* két törzsének nehézfémtűrésével kapcsolatban.

Megállapítottuk, hogy:

1. Az aszályra hajlamos, mérsékelten meleg, csapadékban szegény kompolti körülmények ellenére magas terméshozam és viszonylag alacsony fehérjetartalom érhető el a söripari célra termesztett őszi árpánál. Hagyományos, vegyszerterhelt gazdálkodásban, nagymértékben savas kémhatású talajon jelentősen magas terméshozam 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.
2. Az őszi árpa kiváló ökorezisztenciájának köszönhetően a meleg éghajlatot és az aszályt (lsd. 2007. év) jól tolerálja, ezért – a söripar számára megfelelő fajták előállításával – egyre nagyobb mértékben kerülhet termesztésbe, maláta-, és sörgyártás céljából.
3. A talaj biológiai aktivitás (talajlégzés) mértéke magasabb a tavaszi árpa rizoszférában, mint az őszi árpáéban, 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.
4. Megállapítottuk, hogy az árpa rizoszférában előforduló *S. cerevisiae* – kiváló bioakkumulációs tulajdonságának köszönhetően – csökkenti a rizoszféra nehézfémtartalmát, 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 nehézfémtartalmának mérése szükséges. A két, vizsgálatba vont élesztőtörzs közül az NSS7002 törzs sokkal alkalmasabbnak bizonyult a nehézfémekkel szennyezett talajok tisztítására, mint az NSS5099.
5. Kísérleteinkkel bizonyítottuk, hogy, ha a nehézfémek táptalajba történő adagolása előtt 50 mM $Ca(HCO_3)_2$, 75 mM $MgSO_4$, vagy 150 mM K_2SO_4-ot adtunk a közeghez, csökkent a nehézfémek élesztősejtekre gyakorolt toxicitása.

7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A környezeti tényezők szignifikáns hatását tapasztaltuk a termésmennyiségre és a malátaminőségre. A szemkitöltődés ideje alatti hőmérsékletnek nagy hatása van a malátaminőségre. Ha a magas hőmérséklet vagy a szárazság – esetleg mindkettő – hatására lerövidül a szemkitöltődés időszaka, csökken a terméshozam. Az optimális hőmérséklet a szemkitöltődés ideje alatt kb 15-18ºC. A megfelelő csapadékeloszlás viszont nagyobb hatással van a malátaminőségre, 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.

Malátaminőség szempontjából a 2006. év kedvezőnek volt mondható, a 2007. év ezzel ellentétben gyenge malátaminőséget 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) alkalmasak 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 terméshozamra, viszont szárazabb körülmények között a hosszabb vegetációs idejű fajták kisebb terméshozamot 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 termeszthető növényünk lehet az Európai Unióban és vélhetően kiváló ökorezisztenciájának köszönhetően az egyre melegedő 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., 2008a). Magyarországon, a 80-as évek elején mindössze hat őszi árpafajta volt köztermesztésben a jelenlegi 53 államilag elismert fajtával szemben (MURÁNYI és SIMON, 2005). A 80-as évek fajtaválasztékának bővítésére a termelői igény elsősorban a nagyobb termőképesség, a megbízhatóbb télállóság és a jobb szárszilárdság elérésében jelentkezett (MURÁNYI, 1998; PEPÓ 2002 a,b; TOMCSÁNYI és MURÁNYI, 2004). Néhány kompolti őszi árpa fajta télállósági eredményeit 2008-ban publikáltuk (MURÁNYI et al., 2008a).

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 nehézfémtartalmát, 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 nehézfémtartalmának 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.

8. 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. Célunk az volt, hogy a nagyobb terméshozamú, és a szárazságokkal, betegségekkel szembeni jobb tűrőképességű őszi árpa kémiai, technológiai tulajdonságait megvizsgáljuk, és azokat értékeljük az időjárás függvényében. Eredményeinket összevetettük a tavaszi árpa söripari tulajdonságaival is. Kísérleteink során, két, söripari célra nemesített őszi árpa fajtát (KH Korsó és Vanessa) és hagyományos gazdálkodásban termesztett törzseket vizsgáltunk, abból a célból, hogy megállapítsuk, alkalmasak-e az ipari felhasználásra. Kísérleteink 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 kaptuk, hogy az őszi árpából készített maláta nem mutat jelentős eltérést a tavaszi árpából előállított maláta technológiai tulajdonságaihoz képest, tehát a söripar számára felhasználhatónak minősül. E tulajdonságok ismerete és összefüggése, valamint az őszi és tavaszi sörárpa termesztéstechnológiája mind az árpanemesítők, mind a növénytermesztők számára kiemelkedő jelentőséggel bír. Az őszi árpa az egyik legeredményesebben termeszthető növényünk lehet az Európai Unióban. Termelési költségei kisebbek, és kedvezőtlenebb időjárási viszonyok között is lehet gazdaságos.

A talajéletnek, a talaj biológiai aktivitásának fontos szerepe van az anyagcsere folyamatokban, a tápelemek körforgalmában, valamint az egyes élőlények nehézfémek felvételén keresztül a környezet-, és egészségügyi problémák prevenciójában. Kísérleteink alapján meghatároztuk az árpa rizoszférájában előforduló mikroorganizmusok CO_2 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 árpáéban, valamint magasabb volt 2006-ban, mint 2007-ben. A legmagasabb vizsgált mikrobapopuláció denzitást a tavaszi árpa esetében mértük, 2006-ban és 2007-ben. A talajból izolált élesztőtörzsek többsége a *Saccharomyces* genushoz tartozott.

Kísérleteinkben 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 Cu^{2+}-, Pb^{2+}-, Cd^{2+}- vagy Ni^{2+}-ionokat. A vizsgált nehézfémek élesztőtörzsekre gyakorolt toxicitása csökkenő sorrendben: $Cu^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > Ni^{2+}$. A 350 μM koncentrációjú Cu^{2+}, Pb^{2+} vagy Cd^{2+} és 450 μM koncentrációjú Ni^{2+} 48 órás inkubációt követően 50%-kal csökkentette az élősejtek számát. Amikor a nehézfémek táptalajba történő adagolása előtt 50 mM $Ca(HCO_3)_2$, 75 mM $MgSO_4$, vagy 150 mM K_2SO_4-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. A kapott eredmények alapján az NSS7002 törzs sokkal alkalmasabbnak bizonyult a nehézfémekkel szennyezett talajok tisztítására, mint az NSS5099.

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. Megállapítottuk, hogy az árpa rizoszférában előforduló *S. cerevisiae* – kiváló bioakkumulációs tulajdonságának köszönhetően – csökkenti a rizoszféra nehézfémtartalmát, ezáltal megvédheti a növényt az ezen elemekkel történő szennyezéstől.

8.1. Summary

It has been more than 7 years that Fleischmann Rudolf Breeding Research Institute in Kompolt, Hungary has been analyzing to determine the technological properties of malting barley genotypes. These analysis help to breed those species which are the most appropriate for brewing (winter and spring malting barley) besides to achieve conventional aims such as yield, disease resistency, etc. Breeding of winter and spring malting barley with excellent technological properties can be detained by climatical factors. Quality is changing a year by reason of weather and sowing time. The Institute started researches regarding breeding of barley species which have both excellent growing parameters and technological properties. Particularly spring barley is used for malting and brewing. Our aim was to analyse and determine chemical and technological properties of those winter barley strains which has higher yield and better resistance against drouth and diseases, on the grounds of weather conditions. Our results were compared with the properties of spring barley.

During our research, two winter malting barley species (KH Korsó and Vanessa) and several barley strains were analyzed which were produced under conventional circumstances. Our aim was to determine whether these strains are convenient for industrial using. Our results showed which winter and spring barley strains had good technological properties between 2005 and 2007. We determined, both from field and laboratory experiments, that malt prepared from winter barley does not differ from that malt which was prepared from spring barley, that is winter barley can be qualified for brewing. Knowledge of these attributes and the interactions between the traits and cropping technologies of winter and spring barley has a very important role for barley breeders and producers. Winter barley could be one of those crop plants which can be produced effectively in the European Union. The costs of producing it are lower and could be profitable under unfavourable conditions, too.

Soil life and soil biological activity plays important roles in metabolical processes, roundabout systems of elements and prevention of environmental and sanitary problems by the bioaccumulation of heavy metals. During our research, we determined CO_2 producing of rhizosphere microorganisms, soil enzyme activities and occurence of microorganisms in spring and winter barley rhizosphere. We determined that soil respiration and enzyme activity is higher in spring barley rhizosphere in 2006 than in winter barley rhizosphere. The highest density of microorganisms was measured in spring barley rhizosphere, in 2006 and 2007. Many strains were belonged to *Saccharomyces* genus.

We examined, how *S. cerevisiae* - which has important role in wort fermenting – tolerate heavy metal pollution in soils. Tolerance against heavy metal pollution of two *S. cerevisiae* strains (NSS5099 and NSS7002) were examined. We studied multiplication of the two strains on a substrate in which Cu^{2+}-, Pb^{2+}-, Cd^{2+}- or Ni^{2+}-ions were added in 50 μM concentration. The toxicity of the examined heavy metals on yeast strains in decreasing order: $Cu^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > Ni^{2+}$. Cu^{2+},

Pb^{2+} or Cd^{2+} in 350 μM concentrations and Ni^{2+} in 450 μM concentrations reduced the cell numbers by 50%, after 48 hours incubation. When 50 mM $Ca(HCO_3)_2$, 75 mM $MgSO_4$, or 150 mM K_2SO_4 was added into the substrate before heavy metal rationing, toxicity of these elements decreased and more cells stayed alive. Toxicity of heavy metals in 350 and 450 μM concentrations were reduced by the metal salts by 40%. Our results showed that NSS7002 is more eligible to purify the polluted soils by heavy metals than NSS5099.

In recent years, many studies have been made on the accumulation of heavy metal ions by microorganisms. The tolerance and uptake of heavy metals by microorganisms has received much attention because of their potential application in bioremediation. The properties of microbes make them very useful in monitoring soil contamination. Toxic heavy metals cause a serious threat to the environment, so it is a major ecological challenge to remove heavy metals from contaminated soils. It was determined that *S. cerevisiae* occurred in barley rhizosphere reduces the heavy metal content therefore can prevent the plant from metal pollution due to its excellent bioaccumulation properties.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

E doktori értekezéshez szükséges vizsgálatok, a Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Mezőgazdasági-, Környezeti Mikrobiológia és Talajbiotechnológia c. tudományági részterület keretein belül valósulhattak meg, amelyért ezúton szeretnék köszönetet mondani.

Hálámat szeretném kifejezni Prof. em. Dr. Dr. hc. Kecskés Mihálynak (D.Sc. Biol.) figyelmes segítségéért és szakmai iránymutatásáért.

Hálásan köszönöm témavezetőmnek, ***Prof. Dr. habil Bayoumi Hamuda Hosam*** úrnak munkámhoz nyújtott önzetlen segítségét és tanácsait, valamint a kísérleti háttér biztosítását. A disszertáció megírása során nélkülözhetetlen szakmai, és minden egyéb, emberi segítséget megkaptam Tőle.

Külön köszönetem fejezem ki a Károly Róbert Főiskola Fleischmann Rudolf Kutatóintézet munkatársainak, akik segítő szándékú szakmai tanácsaikkal, támogató együttműködésükkel segítették munkámat. A Kutatóintézet számtalan kísérleti lehetőséget biztosított számomra kutatásom elvégzéséhez.

Szeretném hálámat kifejezni családomnak, édesanyámnak és bátyámnak, akik tanulmányaim során mindvégig türelmesen mellettem álltak, bátorítottak, munkámat mindig, mindenben támogatták, és a biztos lelki hátteret jelentették.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm barátaim, és mindazok támogatását, akik önzetlen segítséget és biztató szavakat adtak kutató munkám befejezésére.

10. IRODALOM

AGU R.C., PALMER G.H. (1997): The effect of temperature on the modification of sorghum and barley during malting. *Process Biochemistry*, 32 (6): 501-507 pp.

AKAY A., KOLELI N. (2007): Interaction between cadmium and zink in barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under field conditions. *Bangladesh J. Bot*., 36 (1): 13 p.

AKSU Z., EGRETLI G., KUTSAL T. (1999): A comparative study for the biosorption characteristics of chromium (VI) on Ca-alginate, agarose and immobilized *C. vulgaris* in a continuous packed bed column. *J. Environ. Sci. Health* A. 34: 295–316 pp.

AL-KARAKI G.N. (1998): Response of wheat and barley during germination to seed osmopriming at different water potential. *J. Agron. Crop Sci.*, 181: 229-235 pp.

AMAHA M., KITABATAKE (1981): Gushing in beer. *In*: POLLOCK J. R. A. (ed.), Brewing Science 2. Academic Press, London, 457-489 pp.

ANALYTICA-EBC (1998): Verlag Hans Carl, Getranke-Fachverlag, Nürnberg, Germany. ISBN 3-418-00759-7.

ANTAL J. (1983): Növénytermesztők zsebkönyve. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

ANTAL J. (1999): Szántóföldi növények trágyázása; *In*: FÜLEKY GY. (szerk.): Tápanyaggazdálkodás. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 295-366 pp.

ARENDS A.M., FOX G.P., HENRY R.J., MARSCHKE R.J., SYMONS M.H. (1995): Genetic and environmental variation in the diastatic power of Australian barley. *J. Cereal Sci*., 21: 63-70 pp.

AVERY S.V., TOBIN J.M. (1993): Mechanisms of adsorption of hard and soft metal ions to *Saccharomyces cerevisiae* and influence of hard and soft anions. *Appl. Environ. Microbiol*., 59 (9): 2851-2856 pp.

BÅÅTH E. (1989): Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations: a review. *Water, Air and Soil Pollution*, 47: 335-379 pp.

BABICH H., STOTZKY G. (1974): Air pollution and microbial ecology. *Crit. Rev. Environ. Control*., 4: 353–421 pp.

BABICH H., STOTZKY G. (1980): Environmental factors that influence the toxicity of heavy metal and gaseous pollutants to microorganisms. *CRC Critical Reviews in Microbiology*, 8: 99-145 pp.

BABICH H., STOTZKY G. (1983): Developing standards for environmental toxicants: the need to consider abiotic environmental factors on microbe-mediated ecologic processes. *Environ. Health Perspect*., 49: 247–260 pp.

BAI R. S., ABRAHAM T.E. (2003): Studies on chromium (VI) adsorption–desorption using immobilized fungal biomass. *Biores. Technol*., 87: 17–26 pp.

BALSALOBRE C., CALONGE J., JIMÉNEZ E., LAFUENTE R., MOURIÑO M., MUÑO M.T., RIQUELME M., MASCASTELLA J. (1993): Using the metabolic capacity of *Rhodobacter sphaeroides* to assess heavy metal toxicity. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 8: 437-450 pp.

BAMFORTH C.W. (1994): β-Glucan and β-glucanases in malting and brewing: Practical aspects. *Brew. Digest.*, 69 (5): 12-16 pp.

BÁNHEGYI J. et al. (1985): Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozókönyve. I.–III. Akadémiai Kiadó. Budapest.

BANTAYEHU M. (2009): Analysis and correlation of stability parameters in malting barley. *African Crop Science Journal*, 17 (3): 145-153 pp.

BASA GY. (1998): A malátagyártás minőségi követelményei. *Gyakorlati Agrofórum*, 9 (3): 48-51 pp.

BATHGATE G.N. (1983): The relationship between malt „friability" and wort viscosity. *Journal of the Institute of Brewing*, 89: 416-419 pp.

BATHGATE G.N. (1987): Quality requirement for malting. *Aspects Appl. Biol*., 15: 18-32 pp.

BATTISTONI P., FAVA G., RUELLO M.L. (1993): Heavy metal shock load in activated sludge uptake and toxic effects. *Water Research*, 27 (5): 821-827 pp.

BENNETT R.A., LYNCH J.M. (1981): Bacterial growth and development in the rhizosphere of gnotobiotic cereal plants. *Journal of General Microbiology*, 125: 95 p.

BERDICEVSKY I., DUEK L., MERZBACH D., YANNAI S. (1993): Susceptibility of different yeast species to environmental toxic metals. *Environmental Pollution*, 80: 41-44 pp.

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.

BERTHOLDSSON N.O. (2004): The use of environmentally stable grain characteristics for selection of high extract yield and low beta-glucan in malting barley. *European Journal of Agronomy*, 20: 237-245 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.

BISHOP L.R., DAY F.E. (1993): The effect of variety on the relation between nitrogen content and extract. *J. Inst. Brew*., 39: 545-551 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.

BLAUDEZ D., BOTTON B., CHALOT M. (2000): Cadmium uptake and subcellular compmartmentation in the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutis*. *Microbiology*, 146: 1109-1117 pp.

BOCZ E. (1992): Szántóföldi növénytermesztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó.

BOOYSEN C., DICKS L.M.T., MEIJERING I., ACKERMANN A. (2002): Isolation, identification and changes in the composition of lactic acid bacteria during the malting of two different barley cultivars. *International Journal of Food Microbiology*, 76: 63 p.

BRADY D., DUNCAN J.R. (1994): Cation loss during accumulation of heavy metal cations by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol. Lett*., 16 (5): 543-548 pp.

BRADY D., GLAUM D., DUNCAN J.R. (1994): Copper tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Lett. Appl. Microbiol*., 18: 245-250 pp.

BRIGGS D.E. (1978): Barley. London: Chapman and Hall Ltd. 463-466 pp.

BRIGGS D.E. (1998): Malts and Malting. Blackie Academic & Professional, London.

CAMPENHOUT VAN L., SHEN H.Y., ISERENTANT D., VERACHTERT H. (1999): The gas environment of germinating barley in various microbial states during malting. *Process Biochemistry*, 34: 929 p.

CELUS I., BRIJS K., DELCOUR J.A. (2006): The effects of malting and mashing on barley protein extractability. *Journal of Cereal Science*, 44 (2): 203-211 pp.

CHAN G.C.F., CHAN W.K., SZE D.M.Y. (2009): The effects of beta-glucan on human immune and cancer cells. *J. Hematol. Oncol*., 2: 25-36 pp.

CHANDRA G.S., PROUDLOVE M.O., BAXTER E.D. (1999): The structure of barley endosperm - an important determinant of malt modification. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 37-46 pp.

CHEN J.X., DAI F., WEI K., ZHANG G.P. (2006): The effects of timing of nitrogen fertilizer aplication on some grain and malt qualities of barley. *J. Zheijang 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.

CHRISTENSEN T.H. (1984): Cadmium soil sorption at low concentrations. I. Effect of time, cadmium load, pH and calcium. *Water Air Soil Pollution*, 21: 105-114 pp.

CODINA J.C., PEREZ-GARCIA A., DE VICENTE A. (1994): Detection of heavy metal toxicity and genotoxicity in wastewaters by microbial assay. *Water Sci. Technol*., 30: 145-151 pp.

COLES G.D., JAMIESON P.D., HASLEMORE R.M. (1991): Effects of moisture stress on malting quality in Triumph barley. *J. Cereal Sci*., 14: 161-177 pp.

COLLINS Y.E., STOTZKY G. (1989): Factors affecting toxicity of heavy metals to microbes. In: Metal Ions and Bacteria. (Eds.: BEVERIDGE, T. J. & DOYLE, R. J.) 31–90 pp. John Wiley & Sons. NY.

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.

COOPER H.P. (1930): Fertilizer and liming practices recommended for South Carolina. S. C. Agr. Exp. Stat. Cir. 60.

CURL E.A., TRUELOVE B. (1986): The rhizosphere. Springer-Verlag, Berlin.

DEÁK T. (1998): Élesztőgombák a természetben és az iparban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.

DEBRECZENI B. (szerk.) (1979): Kis agrokémiai útmutató. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

DELANEY B., NICOLOSI R.J., WILSON T.A., CARLSON T., FRAZER S., ZHENG G.H., HESS R., OSTERGREN K., HAWORTH J., KNUTSON N. (2003): β-glucan fractions from barley and oat are simirarly antiatherogenic in hypercholesterolemic Syrian golden hamsters. *J. Nutr.*, 133: 468-475 pp.

DEUDON O., TREUT H., JANOVICI J.M., PARARNOUD V., CALVET J.C., ROSENZWEIG C., DELLECOLLE R. (2001): Changements climatiques, quelles conséquences pour l'agriculture. *Persp. Agric*., 266: 44-61 pp.

DOMSCH K.H., GAMES W., TRAUTE-HEIDI A. (1980): Compendium of Soil Fungi. Academic Press. London–San Francisco.

DOSTALEK P., PATZAK M., MATEJKA P. (2004): Influence of specific growth limitation on biosorption of heavy metals by Saccharomyces cerevisiae. *Int. Biodeteriation and Biodegradation*, 54 (2-3): 203-207 pp.

EAGLES H.A., BEDGGOOD A.G., PANOZZO J.F., MARTIN P.J. (1995): Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. *Aust. J. Agric. Res.*, 46: 831-844 pp.

EDNEY M.J., BASSILY E., SYMONS S. (1999): Relationships between barley size as measured with image analysis and malt quality. In: CAMPBELL I. (ed.), 1999. Proceedings of the Fifth Aviemore Conference on Malting, Brewing and Distilling, Institute of Brewing, London, 254-257 pp.

EDNEY M.J., MATHER D.E. (2004): Quantitative trait loci affecting germination traits and malt friability in a two-rowed by six-rowed barley cross. *Journal of Cereal Science*, 39 (2): 284-286 pp.

ELLIOT L.F., GILMOU G.M., LYNCH J.M., TITTEMOR D. (1984): Bacterial colonization of plant roots. In: Microbial-Plant Interactions. Soil Science of America, Madison, Wis., 1-16 pp.

EMELYANOVA E.V. (2001): Relationship between magnesium and iron uptake by the yeast *Candida ethanolica*. *Process Biochem*., 36: 517-523 pp.

ENGL A., KUNZ B. (1995): Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: effects of nutrient conditions. *J. Chem Technol. Biol.*, 63: 257-261 pp.

ESHGHI R., AKHUNDOVA E. (2010): Inheritance pattern of β-glucan and protein contents in hulless barley. *Int. J. Agric. Biol*., 12: 68-72 pp.

EVANS E., VAN WEGEN B., MA Y.F., EGLINTON J. (2003): The impact of the thermostability of α-amylase, β-amylase, and limit dextrinase on potential wort fermentability. *J. Am. Soc. Brew. Chem*., 61: 210-218 pp.

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.

FLANNIGAN B., MORTON I.G., NAYLOR R.I. (1985): *Fusarium* mycotoxins and the malting of barley. In: LACEY J. (ed.), Trichothecenes and other Mycotxins. Wiley, New York, 171-184 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.

FOX G., KELLY A., BOWMAN J., INKERMAN A., POULSEN D., HENRY R. (2009): Is malting barley better feed for cattle than feed barley? *J. Inst. Brew.*, 115 (2): 95-104 pp.

FOY C.D., ARMIGER W.H., BRIGGLE L.W., REID D.A. (1965): Differential Aluminium Tolerance of Wheat and Barley Varieties in Acid Soils. *Agronomy Journal*, 57 (4): 413-417 pp.

FÜLEKY GY. (1999): Tápanyaggazdálkodás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.

GADD G.M., WHITE C. (1989): Heavy metal and radionuclide accumulation and toxicity in fungi and yeast. In: Metal Microbe Interactions. (Eds.: POLE R.K., GADD G.M.) 9–38 pp. IRL Press. Oxford.

GADD G.M. (1990): Fungi and yeast metal accumulation. In: Microbiol Mineral Recovery. (Eds.: EHRLICH H.L., BRIERLEY C.L.) 249–276 pp. McGraw-Hill. New York.

GADD G.M. (1992): Metals and microorganisms: a problem of definition. *FEMS Microbiol. Lett*., 100: 197–204 pp.

GADD G.M. (1993): Interaction of fungi with toxic metals. *New Phytol*., 124: 25–60 pp.

GEORG-KRAEMER J.E., MUNDSTOCK E.C., CAVALLI-MOLINA L. (2001): Developmental expression of amylase during barley malting. *J. Cereal Sci*., 33: 279-288 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.

GILLER K.E., WITTER E., McGRATH S.P. (1998): Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: A review. *Soil Biol. Biochem*., 30 (10-11): 1389-1414 pp.

GNIEWOSZ M., DUSZKIEWICZ-REINHARD W., BŁAŻEJAK S., SOBIECKA J., ZARZECKA M. (2007): Investigations into magnesium biosorption by waste brewery yeast *Saccharomyces uvarum*. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*., 6 (1): 59 p.

GOLDSTEIN A.H. (1986): Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *Am. J. Altern. Agric*., 1: 51–57 pp.

GOROBETS S., GOROBETS O., UKRAINETZ A., KASATKINA T., GOYKO I. (2004): Intensification of the process of sorption of copper ions by yeast of *Saccharomyces cerevisiae* 1968 by means of a permanent magnetic field. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 272-276 Part 3: 2414 p.

GÖKSUNGUR Y., ÜREN S., GÜVENC U. (2005): Biosorption of cadmium and lead by ethanol treated waste baker's biomass. *Bioresour. Technol*., 96 (1): 103-109 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.

GRASHOFF C., D'ANTUONO L.F. (1997): Effect of shading and nitrogen application on yield, grain size distribution and concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in malting spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Eur. J. Agron*., 6: 275-293 pp.

GRIFFITHS R.I., WHITELEY A.S., O'DONELL A.G., BAILEY M.J. (2003): Physiological and community responses of established grassland bacterial populations to water stress. *Appl. Environ. Microbiol*., 69: 6961-6968 pp.

HAIKARA A. (1983): Malt and beer from barley artificially contaminated with *Fusarium* in the field. In: Proc. 19th Congr. Eur. Brew. Conv., London. IRL Press, Oxford, 401-408 pp.

HARMAN G.E. (1992): Development and benefits of rhizosphere competent fungi for biological control of plant pathogens. *J. Plant Nutr*., 15: 835-843 pp.

HARMATI I. (1990): Őszi árpa fajta- és N-trágyázási kísérletek homokon. *Növénytermelés*, 39: 451-459 pp.

HAYTER A.M., RIGGS T.J. (1973): Environmental and varietal differences in diastatic power and four associated characteristics of spring barley. *J. Agric. Sci. Camb*., 80: 297-302 pp.

HEGEDŰS A. (2007): A kukorica (*Zea mays* L.) termesztése biotechnológiai módszerekkel. *Acta Agron. Óváriensis*, 49 (2): 202 p.

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.

HENRY R.J. (1988): Changes in β-glucan and other carbohydrate components of barley during malting. *J. Sci. Food Agric*., 42: 333-341 pp.

HENRY R.J., JOHNSTON R.P. (1991): Influence of genotype and environmental interaction on malting quality. In: MUNCK L. (ed.): Barley Genetics VI. Proc.: Sixth International Barley Genetics Symposium, July 22-27, 1991. Helsinborg, Sweden. 478-480 pp.

HILTNER L. (1904): Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakteriologi und unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Brache. *Abr. Deutsch Landwirt*., 98: 59-78 pp.

HIROKI M. (1992): Effects of heavy metal contamination on soil microbial populations. *Soil Sci. Plant Nutr*., 38: 141-147 pp.

HOFFMANN S. (2005): Tavaszi árpa minőségorientált termesztése. *Agro Napló*, 9 (2)

HOLT G.S., KRIEG N.R., SNEATH P.H.A., STALEY J.T., WILLIAMS S.T. (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.

HOME S. (1993): β-glucans in malting and brewing. VTT Publications 142, Espoo, Finland, 48 pp. + approx. 46 pp.

HORVÁTH J. (1970): Mikrobiológia. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 73 p.

HOWARD K.A., GAYLER K.R., EAGLES H.A., HALLORAN G.M. (1996): The relationship between D hordein and malting quality in barley. *J. Cereal Sci*., 24: 47-53 pp.

IVÁNY K. (1994): Növénytermesztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 132-138 pp.

JACOB F. (1985): Analytik, Vorkommen und Verhalten der kritischen Spurenelemente Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Quecksilber und Selen in der Brauereitechnologie. Dissertation. TU München/Weihenstephan.

JAKOBSEN T., LIE S. (1979): Chelator and metal buffering in brewing – Regulation of metal levels in wort. *Journal of the Institute of Brewing*, 4: 208-212 pp.

JAVAID A., BAJWA R. (2008): Biosorption of electroplating heavy metals by some basidiomycetes. *Mycopath.*, 6 (1-2): 1-6 pp.

JIN Y., ZHANG K., DU J. (2008): Effects of wheat protein content on endosperm composites and malt quality. *J. Inst. Brew*., 114 (4): 289 p.

JIN B., LIN L., LIU G., LI B., ZHU Y., LIAO L. (2009): Structural changes of malt proteins during boiling. *Molecules*, 14: 1081-1097 pp.

JIRANEK V., LANGRIDE P., HENSCHKE P.A. (1995): Regulation of hydrogen sulfide liberation in wine producing Saccharomyces cerevisiae strains by assimilable nitrogen. *Appl. Environ. Microbiol*., 61: 461-467 pp.

JOLÁNKAI M. (Szerk.) (2005): A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, 252-263 pp.

JONES R.P., GREENFIELD P.F. (1984): A review of yeast ionic nutrition. Part 1. Growth and fermentation requirement. *Proc. Biochem*., 19: 48-60 pp.

KACZMAREK K., ADAMSKI T., SURMA M., JEZOWSKI S., LSENIEWSKA-ERSTCZAK M. (1999): Genotype-environment interaction of barley doubled haploids with regard to malting quality. *Plant Breeding*,118: 243–247 pp.

KÁDÁR I. (2001): A tápláléklánc szennyeződése nehézfémekkel, mikroelemekkel. *Magyar Tudomány*, 5.

KAIM W., SCHWEDERSKI B. (1994): Bioinorganic chemistry: Inorganic elements in the chemistry of life. Wiley Chichester.

KAPOOR A., VIRARAGHAVAN T. (1997): Heavy metal biosorption sites in *Aspergillus niger*. *Bioresour. Technol.*, 61: 221-227 pp.

KAPOOR A., VIRARAGHAVAN T., CULLIMORE D. R. (1999): Removal of heavy metals using fungus *Aspergillus niger*. *Biores. Technol*., 70: 95–104 pp.

KIEFT T.L., AMY P.S., BROCKMAN F.J., FREDRICKSON J.K., BJORNSTAD B.N., ROSACKER L.L. (1993): Microbial abundance and activities in relation to water potential in the vadose zones of arid and semiarid sites. *Microbial. Ecol*., 26: 59-78 pp.

KISKÓ G. (1999): A penésztartalom meghatározására alkalmas módszerek III. Immunológiai és fizikai módszerek. Élelmiszervizsgálati Közlemények, 45 1999/3. 154 p.

KISMÁNYOKY T. (1992): Árpa. In: BOCZ E. (főszerk.). Szántóföldi növénytermesztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 297-326 pp.

KISMÁNYOKY T. (1996): Árpa; in: BOCZ E. (szerk.): Szántóföldi növénytermesztés. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 297-331 pp.

KISMÁNYOKY T. (1997): Árpa; in: PALÁGYI A. (szerk.): Az árpa, a rozs és a zab termesztése. Szeged: A Gabonatermesztési Kutató Intézet és a Winter Fair közös kiadása, 9-64 pp.

KOSZTOLÁNYI A. (2007): Sörárpa-termesztési helyzetkép Magyarországon. *Agrofórum*, 18 (7): 51 p.

KUNZE W. (1983): A sörfőzés és a malátázás technológiája. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 7-127 pp.

LALIC A., KOVACEVIC J., SIMIC G., DREZNER G., GUBERAC V. (2007): Environmental effects on grain yield and malting quality parameters of winter barley. *Cereal Research Communications*, 35 (2): 711-712 pp.

LÁNG G. (1970): A növénytermesztés kézikönyve. I. köt. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

LAURIERE C., LAURIERE M., DAUSSANT J. (1986): Immuno-histochemical localization of β-amylase in resting barley seeds. *Plant Physiol*., 67: 383-388 pp.

LEACH R., LI Y., EDNEY M., IZYDORCZYK M., EGI A., SAWATZKY K. (2002): Effects of barley protein content on barley endosperm texture, processing condition requirements, and malt and beer quality. *Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterley*, 39: 191-202 pp.

LEISTRUMAITÉ A., PAPLAUSKIENÉ V., MAŜAUSKIENÉ A. (2009): Evaluation and and use of genetic resources in spring malting barley breeding in Lithuania. *Proc. Latvian Acad. Sci*., Section B, 63 (½): 61 p.

LEUSCH A., HOLAN Z.R., VOLESKY B. (1995): Biosorption of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) by chemically-reinforced biomass of marine algae. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 62: 279-288 pp.

LIEHR S.K., CHEN H.J., LIN S.H. (1994): Metals removal by algal biofilms. *Wat. Sci. Tech.*, 30 (11): 59-68 pp.

LILJEROTH E., BAATH E. (1988): Bacteria and fungi on roots of different barley varieties (*Hordeum vulgare L*.). *Biol. Fertil. Soils*, 7: 53-57 pp.

LINKO M., HAIKARA A., RITALA A., PENTTILÄ M. (1998): Recent advances in the malting and brewing industry. *Journal of Biotechnology*, 65: 86 p.

LIU L., CHEN H., CAI P., LIANG W., HUANG Q. (2009): Immobilization and phytotoxicity of Cd in contaminated soil amended with chicken manure compost. *J. Hazardous Materials*, 163 (2-3): 563-567 pp.

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.

LO W., CHUA H., LAM K.H. (1999): A comparative investigation on the biosorption of lead by filamentous fungal biomass. *Chemosphere*, 39: 2723-2736 pp.

LOPEZ A., LAZARO N., PRIEGO J.M., MARQUES A.M. (2000): Effect of pH on the biosorption of nickel and other heavy metals by *Pseudomonas flurescens* 4F39. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 24: 146-151 pp.

LŐRINCZ J. (1984): A sörárpa termesztése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 38-54 pp.

LUKÁCS J. (1998): Sörárpát termesszünk! *Gyakorlati Agrofórum*, 9 (3): 3 p.

LUKÁCS J., MURÁNYI I. (2006): Tények és remények a tavaszi árpa termesztésben. *Gyakorlati Agrofórum*, 17 (2): 25 p.

LYNCH J.M. (1990): Introduction: some consequences of microbial rhizosphere competence for plant and soil. 1-10 p. In: LYNCH J.M. (Szerk.): The rhizosphere. Chicester, New York, stb.: Wiley, 458 p.

LYON T.L., BUCKMAN H.O., BRADY N.C. (1952): The Nature and Properties of Soils (5th ed.). New York: Macmillan. 591 p.

MACKENZIE J.M.W., O'BRIEN, R.T. (1966): Zeta potential of quartz in the presence of ferric iron. *Trans. Am. Inst. Min. Engin*., 235: 82–88 pp.

MACKENZIE J.M.W., O'BRIEN R.T. (1969): Zeta potential of quartz in the presence of nickel(II) and cobalt(II). *Trans. Am. Inst. Min. Engin*., 244: 168–173 pp.

MACNICOL P.K., JACOBSEN J.V., KEYS M.M., STUART I.M. (1993): Effects of heat and water stress on malt quality and grain parameters of Schooner barley grown in cabinets. *J. Cereal Sci*., 18: 61-68 pp.

MAHVI A.H., GHOLAMI F., NAZMARA S. (2008): Cadmium adsorption from wastewater by almas leaves and their ash. *Euro. Sci. Res.*, 23: 197-203 pp.

MAGYAROSY A., LAIDLAW R., KILAAS R., ECHER C., CLARK D., KEASLING J. (2002): Nickel accumulation and nickel oxalate precipitation by *Aspergillus niger*. *Appl. Microbiol. Biotechnol*., 59: 382–388 pp.

MANOHARAN V., LOGANATHAN P., TILLMAN R.W., PARFITT R.L. (2007): Interactive effects of soil acidity and fluoride on soil solution aluminium chemistry and barley (*Hordeum vulgare* L.) root growth. *Environmental Pollution*, 145 (3): 779-788 pp.

MARSCHNER H., TREEBY M., RÖMHELD V. (1989): Role of root-induced changes in the rhizosphere for iron acquisition in higher plants. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd*. 152, 197-204 pp.

MARSCHNER H. (1995): Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Academic Press.

MATHER D.E., TINKER N.A., LaBERGE D.E., EDNEY M., JONES B.L., ROSSNAGEL B.G., LEGGE W.G., BRIGGS K.G., IRVINE R.B., FALK D.E., KASHA K.J. (1997): Regions of the genome that affect grain and malt quality in a North American two-row barley cross. *Crop Sci*., 37: 544-554 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.

MEHRA R.K., WINGE D.R. (1991): Metal ion resistance in fungi. Molecular mechanism and their related expression. *J. Cellular Biochem*., 45: 30–40 pp.

MIHOVA S., GODJEVARGOVA T. (2001): Biosorption of heavy metals from aqueous solutions. *Journal of International Research Publication*, 1: 1311 p.

MOHAMED C., AMINA S., HASSAN E., FOUAD S., MICHEL P. (2008): Wastewater treatment by adsorption onto *Carpobrotus edulis* used as natural adsorbent. Institut Europeen des Membranes, CRNS, Montpellier, France.

MOLINA-CANO J.L., RAMO T., ELLIS R.P., SWANSTON J.S., BAIN H., URIBE ECHEVERRIA T., PÉREZ-VENDRELL A.M. (1995): Effect of grain composition on water uptake by malting barley: a genetic and environmental study. *J. Inst. Brew*., 101: 79-83 pp.

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.

MONNEZ J.M., FLAYEUX R., MULLER P., MOLL M. (1987): An approach to the estimation of brewing quality in barley and malt. *J. Inst. Brew*., 93: 477-486 pp.

MORGAN A.G., RIGGS T.J. (1981): Effects of drought on yield and grain and malt characters in spring barley. *J. Sci. Food Agric.*, 32: 339-346 pp.

MUNCK L., MØLLER B. (2004): A new germinative classification model of barley for prediction of malt quality amplified by a near infrared transmission spectroscopy calibration for vigour „on line" both implemented by multivariate data analysis. *J. Inst. Brew*., 110: 3-17 pp.

MULLEN M.D., WOLF D.C., FERRIS F.G., BEVERIDGE T.J., FLEMMING C.A., BAILEY G.W. (1989): Bacterial sorption of heavy metals. *Appl. Environ. Microbiol*., 55 (12): 3143-3149 pp.

MURÁNYI I. (1998): Őszi- és tavaszi árpa agrotechnikai fejlesztés és nemesítés. Doktori értekezés tézisei. Gödöllő, 1-55 pp.

MURÁNYI I., SIMON A. (2005): A kompolti őszi árpa nemesítés helye Európában. *Gazdálkodás*, 13: 66-73 pp.

MURÁNYI I., POCSAI E., TÓTH N., BÓDI Z. (2008a): Télálló kétsoros őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) nemesítése. *Növénytermelés*, 57 (1): 3-8 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.

MUSSATTO S.I., DRAGONE G., ROBERTO I.C. (2006): Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential application. *Journal of Cereal Science*, 43: 1-14 pp.

NAGAMINE T., SEKIWA T., YAMAGUCHI E., OOZEKI M., KATO T. (2009): Relationship between quality parameters and SKCS hardness index in malting barley. *J. Inst. Brew*., 115 (4): 292 p.

NAGY Z. (2008): Nagyobb figyelmet érdemelnek a tavaszi kalászosok. *Mezőhír* XII. évfolyam. 2008/1.: 30 p.

NARAYANAN V., GANESAN N.A.M. (2009): Use of adsorption using granular activated carbon (GAC) for the enhancement of removal of chromium from synthetic wastewater by electrocoagulation. *J. Hazardous Materials*, 161: 575-580 pp.

NARZISS L. (1981): A sörgyártás. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 17-98-188-220 pp.

NARZISS L., REICHENEDER E., EDNEY M.J. (1989): Importance of beta-glucan size and concentration in malting. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 42: 430-437 pp.

NARZISS L. (1993): β-Glucan and filterability. *Brauwelt. Int*., 5: 435-442 pp.

NARZISS L. (1995): Braugerste im integriertem Pflanzenbau. *Brauwelt*, 19/20: 953-958 pp.

NARZISS L. (1999): Die Technologie der Malzbereitung. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 7. neu.bearb.Aufl.

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.

NELSON P.O., CHUNG A.K., HUDSON M.C. (1981): Factors affecting the fate of heay metals in the activated sludge process. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 53: 1323-1333 pp.

NEVO E., CHEN G. (2010): Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant, Cell and Environment*, 33: 670-685 pp.

NÉMETH T. (1996): Talajaink szervesanyagtartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest.

NIELSEN J.P., MUNCK L. (2003): Evaluation of malting barley quality using exploratory data analysis. I. Extraction of information from micro-malting data of spring and winter barley. *Journal of Cereal Science*, 38 (2): 174 p.

ORAZOVA M.K.H., BURKANOVA O.A., POLYANSKAYA L.M., ZVYAGINTSEV D.G. (2000): Influence of phosphorus on the colonization of barley rhizosphere by microorganisms. *Microbiology*, 69 (3): 347 p.

OTHMAN Y.A. (2005): Evaluation of barley cultivars grown in Jordan for salt tolerance. MSc, Thesis, Jordan University of Science and Technology, Jordan.

PALÁGYI A., BAYOUMI HAMUDA H.E.A.F., TÓTH N., KECSKÉS M. (2008): Szennyvíziszappal kezelt *Medicago sativa L.* növekedésének és rizoszféra tulajdonságainak monitorozása modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*, 57 (1): 113-132 pp.

PALMER G.H. (2000): Malt performance is more related to inhomogeneity of protein and b-glucan breakdown than to standard malt analyses. *J. Inst. Brewing*, 106: 189-192 pp.

PARK J.K., LEE J.W., JUNG J.Y. (2003): Cadmium uptake capacity of two strains of *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Enzyme and Microbial Technology*, 33 (4): 372-373 pp.

PASSARELLA V., SAVIN R., SLAFER G. (2002): Grain weight and malting quality in barley as affected by brief periods of increased spike temperature under field conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53 (11): 1219-1227 pp.

PASTERNAKIEWICZ A. (2006): The growth of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in cadmium enriched media. *Acta Sci. Pol,. Technol. Aliment*., 5 (2): 39-45 pp.

PAYNTER B. (1996): Malt quality parameters for malting barley. *Farmnote* 39.

PEPÓ P. (2002a): Újabb adatok az őszi és tavaszi árpafajták szárszilárdságához. *Növénytermelés* 51, 4: 397-403 pp.

PEPÓ P. (2002b): Az évjárat és a genotípus hatása az őszi és tavaszi árpa szárszilárdságára. *Növénytermelés* 51, 4: 405-412 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.

POMERANZ Y., WILLIAMS P.C. (1990): Wheat hardness: Its genetic, sctructural, and biochemical background, measurement, and significance. In: POMERANZ Y. (ed.), Advance Cereal Science Technology American Association of Cereal Chemists, St. Paul, 471-548 pp.

PSOTA V., VEJRAŽKA K., FAMĚRA O., HRČKA M. (2007): Relationship between grain hardness and malting quality of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of the Institute of Brewing*, 113: 80-86 pp.

PSOTA V., HARTMANN J., SEJKEROVÁ Ŝ., LOUĈKOVÁ 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.

PUSZTAI A. (1969): Különféle árpafajták érzékenysége a tápoldat savanyúságára. *Növénytermelés*, 18 (4): 63 p.

QI J.C., CHEN J.X., WANG J.M., WU F.B., CAO L.P., ZHANG G.P. (2005): Protein and hordein fraction content in barley seeds as affected by sowing date and their relations to malting quality. Journal of Zhejiang University Science B 6 (11): 1069-1075 pp.

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.

RASMUSSON D.C., GLASS R.L. (1965): Effectiveness of early generation selection for four quality characters in barley. *Crop Science*, 5: 389-361 pp.

RAZMOVSKI R., ŠĆIBAN M. (2008): Iron(III) biosorption by Polyporus squamosus. *Afri. Biotechnol.*, 7: 1693-1699 pp.

ROSS I.S. (1975): Some effects of heavy metals on fungal cells. *Trans. Br. Mycol. Soc*. 64: 175–193 pp.

SÁ DE M.R., PALMER G.H. (2004): Assessment of Enzymatic Endosperm Modification of Malting Barley Using Individual Grain Analysis. *J. Inst. Brew*., 110 (1): 43 p.

SAJTÓKÖZLEMÉNY (2009): A magyar sörpiac: zsugorodó söröskorsók. Forrás: http://www.kulinarisvilag.hu/hun/cikkek/valsag-jol-fogy-sor-zsugorodo-sorpiac-equilor

SAKER M. (2007): Termodynamic profile of some heavy metal ions adsorption onto biomaterial surfaces. *American Journal of Applied Sciences*.

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.

SALTUKOGLU A., SLAUGHTER J.C. (1983): The effect of magnesium and calcium on yeast growth. *J. Inst. Brew*., 89: 81-83 pp.

SANTOS M., JIMÉNEZ J.J., BARTOLOMÉ B., GÓMEZ-CORDOVÉS C., DEL NOZAL M.J. (2003): Variability of brewers' spent grain within a brewery. *Food Chemistry*, 80: 17-21 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.

SCHEER F.M. (1993): The influence of selected yeast strains by the production f a low calorie beer. *MBAA Technical Quarterly*, 30: 9 p.

SCHELLING K., BORN K., WEISSTEINER C., KÜHBAUCH W. (2003): Relationships between Yield and Quality Parameters of Malting Barley (*Hordeum vulgare L*.) and Phenological and Meteorological Data. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189 (2): 113-122 pp.

SCHNÜRER J., ROSSWALL T. (1982): Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Appl. Environ. Microbial*. 43: 1256– 1261 pp.

SCHWARZ P.B., CASPER H., BEATTIE S. (1995): Fate and development of naturally occurring *Fusarium* mycotoxins during malting and brewing. *J. Am. Soc. Brew. Chem*., 53 (3): 121-127 pp.

SELLEY F., PAPP E.-né (1986): Az őszi árpa és a gabonaprogram. *Magyar Mezőgazdaság*, 41 (40): 8-9 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.

SHEWRY P.R. (1993): Barley seed proteins. In: McGREGOR A.W., BHATTY R.S. (eds.): Barley: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA, 131-197 pp.

SHIMIZU C., KIHARA M., AOE S., ARAKI S., ITO K., HAYASHI K., WATARI J., SAKATA Y., IKEGAMI S. (2008): Effect of high β-glucan barley on Serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men-A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Plant Food Hum. Nutr*., 63: 21-25 pp.

SIMON L. (2004): Fitoremediáció. Környezetvédelmi Füzetek. Azonosító: 2318. BMKE OMIKK, Budapest. 1-59 old. ISBN: 963-593-429-0, ISSN 0866-6091 (monográfia).

SINGLETON I., SIMMONS P. (1996): Factors affecting silver biosorption by and industrial strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 65: 21-28 pp.

SMITH D.B. (1990): Barley seed protein and its effects on malting and brewing quality. *Plant Varieties Seeds*, 3: 63-80 pp.

SOARES E.V., HEBBELINCK K., SOARES H.M.V.M. (2003): Toxic effects caused by heavy metals in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*: a comparative study. *Can. J. Microbiol./Rev. Can. Microbiol.*, 49 (5): 336 p.

SÖRSZÖVETSÉG (2009): Annual Report 2009. Forrás: http://www.sorszovetseg.hu/files /annual2009.pdf

SPUNAR J. (1991): Analysis of genotypes and environmental effects on malting quality in 2-row spring and winter barley. In: MUNCK L. (ed.): Barley Genetics VI. Proc.: Sixth International Barley Genetics Symposium. July 22-27, 1991. Helsinborg, Sweden. 486-488 pp.

STEFANOVITS P. (2003): Talaj-növény kapcsolat. Agrárkutatás – Agrárjövő. A Győrffy Béla Tudományos Emlékülés első hat éve 2003-2008. MTA Mezőg-i Kutatóintézete, Martonvásár. ISBN: 978-963-8351-33-3. 20 p.

STUART I.M., LOI L., FINCHER G.B. (1988): Varietal and environmental variations in (1-3), (1-4)-β-glucan levels and (1-3), (1-4)-β-glucanase potential in barley: relationship to malting quality. *J. Cereal Sci*., 7: 61-71 pp.

SUNDA W.G., ENGEL D.W., THUOTTE R. (1978): Effect of chemical speciation on toxicity of cadmium to grass shrimp, *Palaemonetes pugio*: importance of free cadmium ion. *Environ. Sci. Technol*., 12: 409-413 pp.

SWANSTON J.S., ELLIS R.P., RUBIO A., PEREZ-VENDRELL A., MOLINA-CANO J.L. (1995): Differences in malting performance between barleys grown in Spain and Scotland. *Journal of the Institute of Brewing*, 101: 261-265 pp.

SWANSTON J.S., TAYLOR K. (1990): The effects of different steeping regimes on water uptake, germination rate, milling energy and hot water extract. *J. Inst. Brew*., 96: 3-6 pp.

SZABÓ I.M. (1992): Az általános talajtan biológiai alapjai. Magyar Mezőgazdasági Kiadó Kft., 159-172, 373 pp.

SZABÓ L. (1998): Növénytermesztés és a környezet. Budapest: Tan-Grafix Kiadó.

SZEGI J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.

SZEGI J. (1984): Mikrobiológiai folyamatok a szennyvíziszappal kezelt talajokban. In: Települési szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezésének talajtani és agrokémiai kérdései. (Szerk: BENESÓCZKINÉ J., BAKONDINÉ K.) MÉM NAK, Budapest. 151-159 pp.

TÉRMEG J. (2010): Jó alapanyag=jó sör! Forrás: http://www.farmit.hu/rde/farmit/hs.xsl/-/html/articles_jo-alapanyag-jo-sor.htm

THOMAS K.C. (1980): Effect of pH on the rate of *Candida utilis* cell cycle initiation. *J. Bacteriol*., 144 (3): 1193-1196 pp.

THUY L.B. (1991): Rhizosphere competence of two selected *Trichoderma* strains. *Acta Phytopath. Entom. Hung*., 26: 327-331 pp.

TOFFOLI F., BARONCHELLI M., CAVALLERO A., GIANINETTI A., DELOGU G., STANCA A.M. (2003): A preliminary study to optimize evaluation of malting quality in barley breeding. In: MARÉ C., FACCIOLI P., STANCA A.M. (eds.). Proceedings of the Cereal Section Meeting, Eucarpia, From Biodiversity to Genomics: Breeding Strategies for Small Grain Cereals in the Third Millennium, Salsomaggiore, Experimental Institute for Cereal Research, Section of Fiorenzuola d'Arda, 399-401 pp.

TOMCSÁNYI A. (1998): A fehérjetartalom, mint a söripari érték mutatója. *Gyakorlati Agrofórum*, 9 (3): 52-53 pp.

TOMCSÁNYI A., KISMÁNYOKY T. (1995): Árpatermesztési ismeretek. *Regiocon Gazda Füzetek* 2. 12-25 pp.

TOMCSÁNYI A., MURÁNYI I. (2004): Az árpa nemesítése. In: Az árpa (Szerk.: Tomcsányi, A., Turcsányi, G.), Akadémiai Kiadó, Budapest. 290-345 pp.

TOMCSÁNYI A., TURCSÁNYI G. (2004): Az árpa. Budapest: Akadémiai Kiadó, 195-208 pp.

TÓTH N., BÓDI Z., MURÁNYI I. (2008): Az árpa béta-glükán tartalma és annak változása a malátázás során. (Barley beta-glucan content and modification during malting process). XI. Nemzetközi Tudományos Napok (The 11th International Scientific Days). 2008. március 27-28. Gyöngyös, 212 p. ISBN 978-963-87831-0-3.

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.

TÓTH N., MURÁNYI I., BÓDI Z. (2009): Az árpa söripari tulajdonságainak vizsgálata. *Növénytermelés*, ISSN: 0546-8191, 58 (1): 93-111 pp.

TURCSÁNYI G. (1995): Mezőgazdasági növénytan. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. 365-366 pp.

TUSZYŃSKI T., PASTERNAKIEWICZ A. (2000): Bioaccumulation of metal ions by yeast cell of *Saccharomyces cerevisiae*. *Pol. J. Food Nutr. Sci*., 4: 31-39 pp.

ULONSKA E., BAUMER M. (1976): Investigation of the value of water uptake and germination for the estimation of malting quality in barley. In: GAUL H. (ed.). Proceedings of the Third International Barley Genetics Symposium, Barley Genetics III. Garching, Verlag Karl Thiemig, München, 579-593 pp.

VAN DER WALT J.P. (1970): Criteria and methods used in classification. In: The Yeast: A Taxonomic Study. (Ed.: LODDER J.). 316–378 pp. North Holland Publ. Co. Amsterdam.

VARGA-HASZONITS Z. (1987): Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

VARVEL G.E., SEVERSON R.K. (1987): Evaluation of cultivar and nitrogen management's options for malting barley. *Agron. J.*, 79: 459-463 pp.

VEGLIO F., BEOLCHINI F. (1997): Removal of metals by biosorption: A review *Hydrometallurgy*, 44: 301-316 pp.

VEJRAŽKA K., PSOTA V., EHRENBERGEROVA J., HRSTKOVA P. (2008): Relationship between grain milling energy and malting quality of barley. *Cereal Research Communications*, 36 (1): 97-103 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.

VOLESKY B.A., PHILLIPS H.A. (1995): Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 42: 797-806 pp.

VOLESKY B. (2001): Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century. *Hydrometallurgy*. 59: 203–216 pp.

WALKER G. (1994): The roles of magnesium in biotechnology. *Crit. Rev. Biotechnol*., 14 (4): 311-354 pp.

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 agronmic 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.

WARDLE D.A., PARKINSON D. (1991): Analysis of co-occurrence in a fungal community. *Mycol. Res*. 95: 504–507 pp.

WEI K., XUE D., HUANG Y., JIN X., WU F., ZHANG G. (2009): Genetic maping of quantitative trait loci associated with β-amilase and limit dextrinase activities and β-glucan and protein fraction contents in barley. *Journal of Zheijang University SCIENCE B*, 10 (11): 839 p.

WESTON D.T., HORSLEY R., SCHWARZ P.B., GOOS R.J. (1993): Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley. *Agron. J.*, 85: 1170-1174 pp.

WHIPPS J.M. (1984): Environmental factors affecting the loss of carbon from the roots of wheat and barley seedlings. *J. Exp. Bot*., 35: 767-773 pp.

WILLIAMS M.W., TURNER J.E. (1981): Comments on softness parameters and metal ion toxicity. *J. Inorg. Nucl. Chem*. 43: 1689–1691 pp.

WILHELMI B.S., DUNCAN J.R. (1995): Metal recovery from *Saccharomyces cerevisiae* columns. *Biotechnol. Lett.*, 17: 1007-1012 pp.

WIRÉN N., RÖMHELD V., SHIOIRI T., MARSCHNER H. (1995): Competition between micro-organisms and roots of barley and sorghum for iron accumulated in the root apoplasm. *New Phytol*. 130: 511-521 pp.

WOLF-HALL C.E. (2007): Mold and mycotoxin problems encountered during malting and brewing. *International Journal of Food Microbiology*, 119 (1-2): 90-91 pp.

WRIGHT I. (2000): Malting barley for new millennium. In: VIVAR H.E., MCNAB A. (eds.): Breeding barley in the new millennium. Proc. International Symposium. CIMMYT, Mexico. 28-33 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.

ZHANG G., CHEN J., WANG J., DING S. (2001): Cultivar and environment effects on 1-3, 1-4 beta-D-glucan and protein contents in malting barley. *J. Cereal Sci*., 34: 295-301 pp.

ZHANG G.P., CHEN J.X., DAI F., WANG J.M., WU F.B. (2006): The effect of cultivar and environment on beta-amylase activity is associated with the change of protein content in barley grains. *J. Agron. Crop Sci*., 192: 43-49 pp.

11. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

LEKTORÁLT FOLYÓIRATOKBAN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

Idegen nyelv:

1. **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. IF: 1,027

Magyar nyelv:

2. **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.
3. 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.
4. Murányi I., Pocsai E., **Tóth Nikoletta,** Bódi Z. (2008): Télálló kétsoros őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) nemesítése. *Növénytermelés*, **57**: 3-8.
5. **Tóth Nikoletta,** Murányi I., Bódi, Z. (2009): Az árpa söripari tulajdonságainak vizsgálata. *Növénytermelés*, **58** 1: 93-111.

IDEGEN NYELV: HAZAI EGYETEMI BULLETINBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

6. **Tóth Nikoletta,** Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Palágyi A., Kecskés M. (2008): Ca^{2+} and Mg^{2+} suppress the heavy metal activity on the multiplication of some *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Scientific Bulletin of Szent István University*, Gödöllő, Hungary. pp: 125-133.
7. 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

8. Bayoumi Hamuda H.E.A.F., Elfallah Fatma, Fallah Hoda M.B., Shwerif Najia A.K., D. Tóth Márta, **Tóth Nikoletta,** Balázsy 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

9. 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.
10. 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.
11. Palágyi A., Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth N.,** Kecskés M. (2006): Toxicity effect of Cd^{2+}, Cu^{2+} and Pb^{2+} 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.

12. **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:

13. 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.
14. **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.
15. 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.
16. Palágyi Atilla, Bayoumi Hamuda H.E.A.F., **Tóth Nikoletta,** Kecskés (2005): Effect of Cd^{2+}, Cu^{2+} and Pb^{2+} 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.
17. 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.
18. **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:

19. **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

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