

XXXI. ORSZÁGOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
BIOLÓGIA SZEKCIÓ

Mágnesezett növények
– avagy a növénytermesztés jövője?

Készítette:

Nyerki Emil

Lánczos Kornél Gimnázium, IV. évfolyam

Konzulens:

Dr. Ujvári Sándor

Lánczos Kornél Gimnázium, fizika szakos tanár



2012

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék	1
1. Bevezetés és célkitűzés	2
2. Irodalom- és szabadalomkutatás	3
3. Kísérleti rész	6
3.1. Kísérletek kivitelezése	6
3.2. Mágnesek típusának kiválasztása	7
3.3. Előkísérletek	9
3.3.1. <i>Kerti sarkantyúka</i>	9
3.3.2. <i>Zöldborsó</i>	13
3.3.3. <i>Fák</i>	14
3.3.4. <i>Bokorbab</i>	17
3.4. Kísérleteimben felhasznált ültető közeg	18
3.5. Kísérleteimben felhasznált növényfajok.....	20
3.5.1. <i>Búza</i>	20
3.5.2. <i>Kukorica</i>	20
3.6. Búzával végzett nagy egyedszámú kísérlet	21
3.6.1. <i>Az ideális mágnes-elrendezés meghatározása</i>	21
3.6.2. <i>Folyamatos vagy előmágnesezés?</i>	23
3.6.3. <i>Exponálási idő meghatározása</i>	25
3.6.4. <i>Erősebb mágnessel előremágnesezés</i>	26
3.7. Más gazdaságilag fontos fajon végzett kísérlet	28
3. 8. Lehetséges magyarázatok	30
3.8.1. <i>Lehetséges magyarázatok vizsgálatához készített berendezés</i>	31
3.8.2. <i>Házi fitotron kamrával végzett mérések</i>	32
4. Összefoglalás	34
5. Köszönetnyilvánítás	36
6. Irodalomjegyzék	37

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az egyre modernebb szerkezetkutatási módszerek, illetve orvosi diagnosztikai eljárások megkövetelik az erősebb, homogénebb mágneses terek létrehozását, és ezek a fejlesztések folyamatosan beszivárognak a hétköznapi használatba is. Az orvostudományban a mágneseket főleg képalkotó diagnosztikai módszereknél használják, mint például az MRI készülékek, illetve ezeknek különböző fajtái. Gyakran alkalmazzák fizioterápiában is a mágneseket, az ízületekre gyakorolt kedvező hatásuk miatt.

Számos kutatás zajlik az elektromos készülékek által generált elektromágneses mező hatásaival kapcsolatban. A jelenségnek már külön elnevezése is létezik, ez az elektroszmog. Eddigi eredmények alapján az elektromos berendezések túlzott használatával igen magas dózisban vagyunk ennek a „szmogfajtának” kitéve, ez pedig növeli a különböző rákos megbetegedések valószínűségét. Főbb elektroszmog-források például a nagyfeszültségű vezetékek, illetve nagyméretű transzformátor állomások.

Manapság egyre többet lehet hallani a különböző eredetű mágneses terek jótékony, illetve káros hatásairól. Mivel a legtöbb ilyen „hír” tudományos hitelessége megkérdőjelezhető, így szerettem volna megvizsgálni e terek élő szövetekre gyakorolt hatását. Mivel emberi és állati kísérletek elvégzésére a különböző etikai és jogi szabályozások miatt nem volt lehetőségem, ráadásul a jóval hosszabb életciklusuk miatt időigényesebb lett volna a vizsgálatuk, így a növényekre esett a választásom.

Mivel a kutatásomat a későbbiekben szándékomban áll a mezőgazdaságban is alkalmazhatóvá tenni, így főleg gazdaságban fontos növényekkel foglalkoztam, mint például a búza és a kukorica. Céлом a kiválasztott fajok életciklusának vizsgálata volt erős mágneses tér jelenlétében. Mielőtt a tényleges kísérleteket elkezdtem volna, végeztem néhány próbamérést, hogy megtudjam, van-e egyáltalán hatása a mágneseknek a növényekre. Már ezek is több faj bevonásával történtek, melyek között voltak virágok (kerti sarkantyúka) és fák is (vadgesztenye). Ezek a mérések arra tökéletesek voltak, hogy megtudjam, hogyan is kezdjek neki a kutatás érdemi részének, viszont nem tekinthetők teljesen hiteles adatoknak, mivel kicsi egyedszámmal voltak elvégezve, ismétlések nélkül. Mérési eredményeim alátámasztására végeztem. Végül szakemberekkel való konzultálás és a mérési eredményeim értékelése után lehetséges magyarázatokat állítottam fel, mivel a szakirodalom nem ad erre konkrét választ.

2. IRODALOM- ÉS SZABADALOMKUTATÁS

A témához szorosabban kapcsolódó szabadalmat sem a magyar Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalának honlapján, sem az angol nyelvű United States Patent and Trademark Office oldalán nem találtam. Jelenleg nincs olyan levédett technológia, ami mágneses teret használna a növények életfolyamatainak befolyásolására.

Nemzetközileg elismert tudományos folyóiratokban a témához kapcsolódóan több olyan szakirodalmat is találtam, ahol bemutatják, hogy hol használják a különböző mágneseket, milyen ismert élettani hatásuk van.

Nagy Pál és munkatársai azt vizsgálták, hogy milyen hatása van az eltérő erősségű mágneses tereknek különböző növénypatogén mikroszkopikus gombák növekedésére. A gombákat paprikából és kukoricából izolálták, a mágneses kezelés előtt 2-3 napig sötétben tenyésztették őket 22-24°C-on. A mágneses tér beállítása után pedig naponta mérték a telepeket. A mérések eredményeként azt kapták, hogy a mágneses kezelést kapott tenyészetek növekedése átlagban 10%-ban lassult, emellett bizonyos fajok (*Curvularia inaequalis*) esetében 68-133% között növekedett, a *Fusarium oxysporum* esetében pedig 79-83%-kal csökkent a képződött egyedek száma.^[1]

Szintén magyar kutatók vizsgálták a statikus mágneses tér hatását a radioaktív sugárzás által sérült DNS önjavításban. A vizsgálatokat az Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet és a Magyar Tudományos Akadémia Kutatásszervezési Intézménye végezte közösen. Ennek a kutatásnak az volt a legfontosabb tanulsága, hogy van-e egyáltalán bármilyen hatása a mágneseknek a DNS-re. Kísérleteik során igen erős gammasugárzásnak tettek ki emberi vért, aminek a forrása ⁶⁰Co izotóp volt. Próbálták homogén és inhomogén mágneses térrel is a kísérletet; ezen kívül vizsgálták, hogy a két különböző mágneses kezeléssel belül mennyi ideig kell besugározni a vért, hogy az ideális eredményt éri el. Végül azt is vizsgálták, hogy mikor érdemes alkalmazni a mágneses kezelést, a radioaktív besugárzás előtt vagy azt követően. Azt az eredményt kapták, hogy ha a mágneses besugárzást a radioaktív sugárzás után kapja a sejt, akkor 1 órányi inhomogén mágneses kezelés vagy 4 órányi homogén mágneses kezelés után már szignifikáns különbségek lesznek a kontroll csoporthoz képest.^[2]

Szintén a mágneses tér felelős a madarak és más különböző állatok tájékozódó képességéért is. Sok élőlény például úgy is tud tájékozódni, hogy nem látja az eget. Az állatok egy részében található egy vas-ásvány alapú magnetoreceptor, aminek segítségével érzékelik

a Föld geomágneses mezejét, és ennek változásával tudnak tájékozódni. A német kutatók által vizsgált állatfaja vörösbegy (*Erithacus rubecula*) volt. Az első észrevételük az volt, hogy a fogságban élő madarak is elkezdtek „vándorolni” ketreceikben, amikor annak ideje volt. Laboratóriumi körülmények között tudták változtatni a mágneses tereket, ezzel képesek voltak vizsgálni a madarak mágneses térérzékelését. Ezért a tulajdonságért a legtöbb állatban két vas-oxid ásvány felelős. Az egyik a közismert magnetit, vagy más néven mágnesvasérc, a másik pedig ennek az ásványnak az egyik változata a maghemit. Az utóbbi nagyjából 1 mikrométer oldalhosszú négyzetekként található meg, az előbbi pedig parányi kristályokként. Ennek a két anyagnak az egymáshoz viszonyított helyzetét változtatja meg a mágneses tér, így érzékelik az állatok, hogy éppen hol is vannak.^[3]

A fent említett irodalmak tanulmányozása után meggyőződtem arról, hogy a mágneses térnek jelentős élettani hatásai vannak, így áttértem célzottan a növényekkel foglalkozó szakirodalmakra. Főleg pulzáló, vagy bizonyos frekvenciájú elektromágneseket alkalmaznak, nem pedig permanens mágneseket, amire az én munkám épül.

Egy román egyetemen végeztek arra irányuló kísérleteket, hogy megállapítsák, hogy a pulzáló mágneses térnek milyen hatása van a búza- és a napraforgómag csírázására. A gyógyászatban már vannak ismert hatásai a mágneseknek, mint például a helyi vérkeringés serkentése és a vegetatív idegrendszerre gyakorolt hatás. A kísérlethez egy humán gyógyászatra kifejlesztett mágneses térgenerátort használtak, név szerint a Vita-life eMRS-t, amit egy számítógépes programmal irányítottak. Az első mérésükben 800 búzamaggal kísérleteztek, melyekből 100 darab került egy Petri-csészébe, ezek két részre lettek osztva. Az első résznél állandó volt a mágneses tér erőssége, és a besugárzás idejét változtatták; a másik csoportnál pedig az idő volt állandó, és a mágneses tér erősségét változtatták. 5 nap után lemérték a csírák hosszát és tömegét. A napraforgóknál összesen 200 magot használtak, 50 darab került egy Petri-csészébe. Itt szintén a térerősség volt állandó és a behatás idejét változtatták, viszont ez esetben 12 nap után voltak lemérve a csírák. A kísérlet eredménye az lett, hogy a búzáknál a kezelést kapott magok jelentősen nagyobbak lettek a kontroll magoknál, ez a tömegükben is meglátszott, a napraforgóknál is hasonló hatás volt észrevehető. Következtetésként levonták, hogy akár már egy rövid idejű pulzáló mágneses térrel való kezelés is igen nagy hatással van a növények csírázására.^[4]

Egy taiwani egyetem kutatói célul tűzték ki, hogy megállapítsák, hogy a 60 Hz frekvenciájú pulzáló, illetve szinuszosan váltakozó mágneses térnek milyen hatása van az arany tehénbab (*Vigna radiata*) csírázására. Az általuk használt extrém alacsony frekvenciájú

mágneses teret (extreme low frequency magnetic field = ELF MF) egy egyszerű áramkörrel állították elő, melynek egy hálózati tápfeszültség volt az alapja, mivel abban a térségben a hálózati feszültség 110 V és 60 Hz. A mérések során először a babok vízfelvételét vizsgálták. Ennek eredménye az lett, hogy a szinuszos mágnessel kezelt magoknál nőtt a vízfelvétel, viszont a pulzáló mágneses térrel kezelt magoknál romlott a kontrollhoz képest. A kísérlet végén a csírázási méreteknél ismét csak ez az eredmény volt tapasztalható, viszont itt már a pulzáló mágneses térrel kezelt magok is legalább kétszeresei voltak a kontroll magoknak. A kísérlet hátránya, hogy a használt mágneses mezők nem egyenlő erősségűek, mivel a szinuszos (235 μT) mágneses tér ereje nagyjából hússzorosa volt a pulzáló (11,1 μT) mágneses térnek.^[5] Az említett fizikai jellemző a mágneses térerősség, melynek SI mértékegysége a Tesla (T), illetve mostanában egyre gyakrabban jelenik meg a Gauss (G). (1G=100 μT)

Szintén román kutatók kukoricamagokat (*Zea mays*) csíráztattak mágneses térben, majd a csírákat különböző vizsgálatoknak vették alá. Az 50 magot egy növényről szedték le, tehát ezek genetikailag megegyeztek. A csíráztatás az eddigi eljárásokhoz hasonlóan Petri-csészében történt, viszont itt erős, kör alakú, permanens mágneseket használtak, melyeket a csészék alatt helyeztek el. A mágneses tér erősségét a mágnesek számával változtatták. Egy mágnes 50 mT erősségű volt, a maximálisan használt térerősség pedig 250 mT. Két héttel a csíráztatás kezdete után a csírákat különböző vizsgálatoknak vetették alá, melyből megállapították a különböző kezelés alá vetett növények szárazanyag-tartalmát, pigment tartalmát, (klorofill a és b) és az átlagos nukleinsav-tartalmukat. Ezen vizsgálatok eredményei alapján elmondható, hogy a mágneses térnek pozitív hatása van a növények fejlődésére.^[6]

Az eddig bemutatott cikkek arra mutattak rá, hogy mire is lehet használni a mágneseket, és milyen élettani hatásuk van a növényekre, gombákra vagy akár az emberi DNS-re, de arra egyik sem adott magyarázatot, hogy miért is lehetséges ez a hatás.

Párizsi és frankfurti kutatóintézetekben a lúdfű (*Arabidopsis thaliana*) egyik speciális fehérjéjét, a kriptokróm fehérjét vizsgálták, mely a legtöbb élőlényben megtalálható, más-más funkciókkal. Növényekben ez a fehérje a kék fényt elnyelő fotoreceptor, és mint a cikkből kiderült, ez felelős az állatokban a mágneses tér érzékeléséért is.

A kísérlet alapfeltevése az volt, hogy a kriptokróm fehérjék a kék fény és a természetesnél nagyobb mágneses tér hatására stimulálják a növények növekedését. A vizsgálat kezdetén minden mag kapott egy kétnapos előcsíráztatást, itt még semmilyen mágneses kezelést nem kaptak a magok. Ezek után mindkét kutatóintézetben több részre

lettek bontva a csírák. A mágneses teret egy Helmholtz-tekercs segítségével állították elő. A kontroll csíráknál ezzel a berendezéssel a természeteshez képest ellentétes irányú, de megegyező erősségű teret állítottak elő. A mágneses térben lévő csíráknál 3 csoportot alakítottak ki. Az első csoport a sötét csoport volt, amivel az volt a céljuk, hogy fényhiányos állapotot vizsgálják mágneses behatással és nélküle. A második és harmadik csoportnál a megvilágítást kék és piros LED-ekkel oldották meg, így tudták meghatározni, hogy a hatást ténylegesen a kék fény és a mágneses tér együttese okozza. A kísérletek eredménye mindkét helyszínen az lett, hogy a természetesnél erősebb mágneses tér és a kék fény hatására a kriptokróm fehérjék által véghezvitt kémiai reakciók igen erőteljesen felgyorsulnak, így erősítik a növény fejlődését a mágnesek.^[7]

3. KÍSÉRLETI RÉSZ

3.1. Kísérletek kivitelezése

A kísérleteimet, hogy egyforma körülményeket tudjak az összesnél teremteni, 90 mm átmérőjű, fedővel együtt 20 mm magas műanyag Petri-csészékben végeztem el. Mindegyik csészében elhelyeztem egy méretre vágott szűrőpapírt, hogy a kísérletek során csökkentsen az elpárolgó víz mennyiségét, így a növények többet tudjanak felszívni.

Kísérletek kezdete előtt minden Petri-csészét fertőtlenítettem. Mivel a kísérleteket nem laboratóriumban, hanem az otthonomban végeztem el, így nem álltak rendelkezésemre komolyabb fertőtlenítési módszerek, illetve az ezekhez szükséges vegyszerek. Ezen okoknál fogva a következőket csináltam: először univerzális háztartási tisztítószerbe áztattam a csészéket fél órára, így minden rajtuk lévő szennyeződést és zsíradékot eltávolítottam, majd szintén fél órán keresztül fertőtlenítőszerben áztattam a csészéket, végül kiraktam őket a déli napsütésbe, így az UV sugarak a maradék kórokozókat is elpusztította.

A fertőtlenítés után elhelyeztem a csészékbe a szűrőpapírt. Mindegyik kísérletemnél 100 magot raktam egy csészébe, minden kísérletet háromszor végeztem el, így viszonylag nagy egyedszámmal tudtam dolgozni. A kísérletek kezdetén minden csészébe 12 ml desztillált vizet fecskendeztem. Mivel a búzák növekedésük során nagyon hamar elérték a fedőt, így azt a 3. napon áthelyeztem alulra, így az esetleges mágneses tér is megmaradt, emellett a növények is zavartalanul tudtak fejlődni. Hogy nehogyan kiszáradjanak, még 12 ml vizet kaptak ekkor a növények, melyet az 5. napon történő lemérésig fel is szívtak, illetve elpárolgott a felesleg.

A lemerések úgy zajlottak, hogy egy adott Petri-csészében lévő növényeket egyesével elválasztottam a szűrőpapírtól, ezek után a rügyecskéket elválasztottam a magtól, végül ezeknek a hosszúságát mértem le. Ezt a folyamatot addig ismételtam, amíg az adott kísérletben lévő összes csírának a hosszát le nem mértem.

Az első kísérletemen kívül, ahol még nem volt meg a tárazható mérlegem, mindenhol a következő paramétereket mértem: csírahosszúság, tömeggyarapodás, csírázási arány. Az elsőt a lemerésének módszerét fentiekben már leírtam. A tömeggyarapodást úgy kaptam meg, hogy minden csészét még a magok ráhelyezése előtt ráhelyeztem a mérlegre, így táraztam, utána kiszámoltam 100 darab magot, így megkaptam mekkora a tömegük. A kísérlet végén megismételtam ezt a folyamatot, így egy egyszerű kivonással megkaptam, mennyivel nőtt átlagosan a csírák tömege. A csírázási arány alatt a kicsírázott magok százalékos arányát értem, ami az általam használt mennyiségnél, vagyis 100 mag esetén megegyezik a kicsírázott magok darabszámával.

A kezdeti kísérleteken kívül mindenhol egy módosított quadrupole elrendezést használtam. Ez azt jelenti, hogy a Petri-csésze körül összesen 4 mágneset helyeztem el, egymáshoz képest 90° -os szöggel eltolva. Mindegyik mágnesnek azonos pólusa volt a középpont felé.

3.2. Mágnesek típusának kiválasztása

A szakirodalom megismerése után több alternatív út is lehetségesnek látszott, hogy elkezdjem a vizsgálatokat. Az egyik lehetőség az volt, hogy vásárolok vagy kölcsönzök egy szerkezetet, amiben tekercsel és elektromos árammal tudok előállítani mágneses teret, mint ahogy azt az utolsó cikkben bemutatott Helmholtz tekercs esetén láttuk, erre azonban nem volt lehetőségem. Problémát jelentett volna az ilyen jellegű eszközökkel kapcsolatban, hogy ezek folyamatos számítógépes irányítást igényelnek, ami feleslegesen bonyolulttá és nem utolsósorban költségessé teszi a kutatást, amire középiskolai diákként jelenleg nincs anyagi forrásom. Egy lehetséges alternatíva lett volna az is, hogy építek egy hasonló szerkezetet, ám ezzel is igen sok probléma van. A megfelelő rézvezeték megtalálása és beszerzése igen bonyolult, a tekercselésről nem is beszélve. Ráadásul a házilag készített szerkezetekkel az a probléma is felmerül, hogy nem annyira megbízhatók, mint gyári társaik, de ugyanúgy igénylik a számítógépes irányítást. Ezen kívül elektromágnesekkel igen nehéz nagy erősségű tereket létrehozni.

Mint ahogy azt már a bevezetésben leírtam, szeretnék olyan módszert kidolgozni, melyet a mezőgazdaságban is sikerrel lehet alkalmazni, így a folyamatos elektromosáram-felhasználás és a gyakori karbantartási igény miatt az elektromágnesek nem megfelelőek erre a célra. Az említett problémákra megoldást jelent, ha olyan állandó mágnesekkel végezzük a növények mágneses kezelését, melyeket különböző fémek, fémötvözetek felmágnesezésével állítanak elő. Ezek közül a felmágnesezett vas a legegyszerűbb és legolcsóbb mágnes, de nem képes elegendően nagy mágneses térerősség biztosítására a kísérletekhez, így ez nem alkalmazható. Léteznek azonban egyéb olyan fémek, amelyek ötvözetei állandó mágnesként használhatók. Az egyik ilyen fém a szamárium, másik pedig a neodímium, mindkettő az f-mező fémek közé tartozik.

A szamáriumot kobalttal ötvözve igen erős és ellenálló mágneset kapunk, mely jól tűri a magas hőmérsékletet, viszont igen rideg anyag, mechanikai behatásra könnyen elpattan. A neodímiumot vassal és bórral ötvözik, így állítják elő a legerősebb állandó mágneseket. Mivel az utóbbi anyag az erősebb és a könnyebben beszerezhető, így erre esett a választásom. Hátránya csupán annyi, hogy nagyjából 80°C környékén már kezd gyengülni, a kutatásaim során végzett kísérletek azonban kivétel nélkül szobahőmérsékleten folytak, így ez megfelelő választásnak tűnt. Felhasználása mára igen széleskörűvé vált, az orvosi műszerektől elkezdve, a számítógépes merevlemezekig már majdnem mindenhol ezt az ötvözetet használják. Mivel a neodímium nagyon könnyen oxidálódik, ezért minden mágneset nikkel-, majd cink-, majd ismét nikkelréteggel vonnak be, amíg ez a bevonat nem sérül, a mágneseknek nem lesz baja.

Összesen háromféle mágneset rendeltem. A nagyobb méretű egy 20×10×5 milliméter méretű téglatest, ami N40-es típusú ötvözetből készült. A közepes méretű, melyet az előkísérletek során használtam, N50-es típusú ötvözetből, tehát a második legerősebből készültek és 12×6×1,5 milliméter méretű téglatestek voltak. A legkisebbek pedig, melyeket az előkísérleteket követően alkalmaztam, 12×5×2 milliméteres téglatestek, ezek N38SH típusú ötvözetből készültek. A különböző ötvözeti megjelölések az anyag erősségét jelentik. A neodímium mágneseknél az N51-es a legerősebb, és minél kisebb az „N” után a szám, annál gyengébb a mágnes, de még az N20-as mágnesek is a legerősebb permanens mágnesek közé tartoznak. A legkisebb mágnesnél lévő „SH” megjelölés arra utal, hogy a többi mágnesnél magasabb hőmérsékletig tartja meg mágneses tulajdonságát, tehát csak nagyjából 100°C környékén kezd gyengülni.

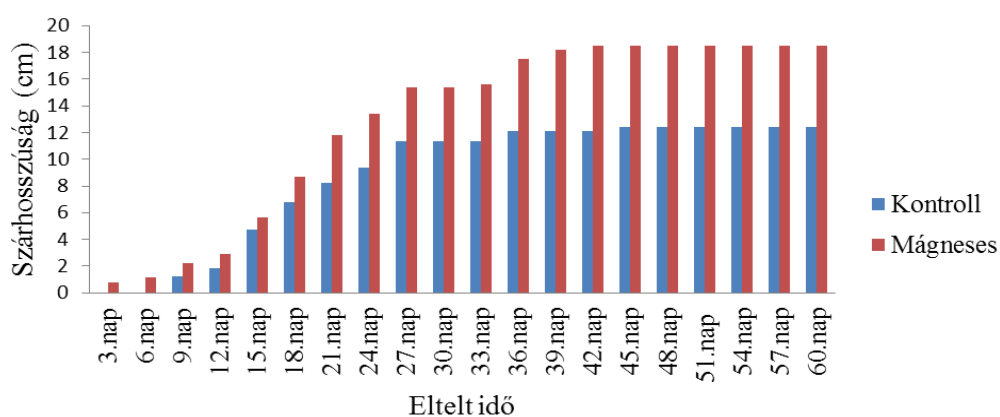
3.3. Előkísérletek

Az első elvégzett kísérletekhez az N50-es típusú, közepes méretű mágneseket használtam. Ezekkel a mérésekkel határoztam meg, hogy milyen módon érdemes mágneses térben tartani a növényeket, és fektettem le kutatásom alapjait. Ezeknek a kísérletek azért nem sorolom a többi kiértékelhető mérés közé, mivel kis egyedszám mellett (maximum 10 növény/módszer) ismétlés nélkül történtek, de arra tökéletesek voltak, hogy tapasztalatot szerezzek mind a növények nevelésében, mind pedig az adatok kiértékelésében.

3.3.1. Kerti sarkantyúka

Az előkísérletek elvégzése során még több fajjal dolgoztam; először a kerti sarkantyúkával (*Tropaeolum majus*) kapcsolatos méréseket szeretném bemutatni. Azért választottam ezt, mivel gyorsan fejlődik, emellett igen szép virágos növény. 14 centiméter átmérőjű cserépbe ültettem őket, egyszerű, kereskedelmi forgalomban kapható virágföldbe. A magok köré hat darab mágneset helyeztem, mindegyiknek azonos pólusa volt a középpont felé. Minden cserépbe öt darab magot helyeztem el, így még ideálisan tudtak fejlődni. Összesen három mérést végeztem el ezzel a növényvel.

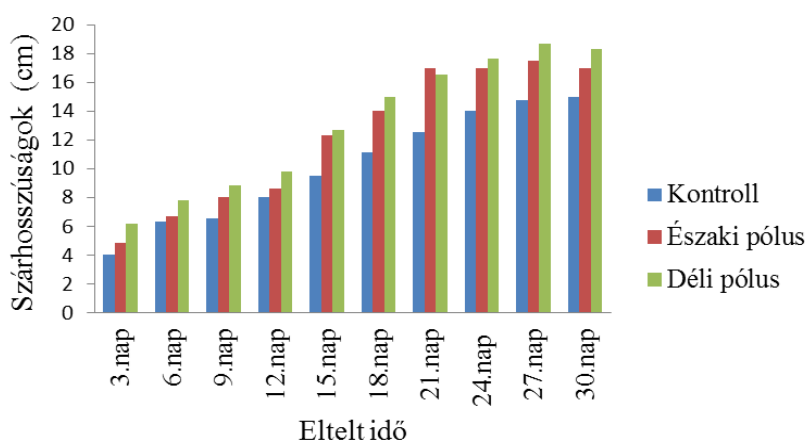
Először a mágnesek legmegfelelőbb elrendezését kellett kiválasztani. Mivel szemmel látható volt a különbség a mágnesekkel körberakott és a többi, korábban említett módszer között, így csak a körberakott és a kontroll növények szárhosszúságainak átlagait ábrázoltam grafikonon (**1. ábra**). Ebből jól látható, hogy a mágneses térben lévő növény hamarabb kezd el fejlődni, ráadásul gyorsabban is növekszik, mint kontroll társa.



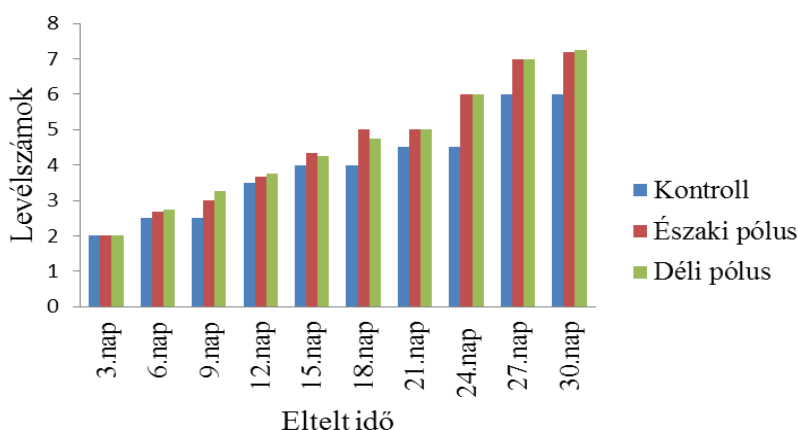
1. ábra: Kerti sarkantyúka szárhosszúságának változása 60 napos időintervallumban

A következő előkísérlet során azt vizsgáltam, hogy számít-e az, hogy a mágneseknek melyik pólusa irányul a középpont felé. Két cserépben a mágnesek déli, kettőben pedig az

északi pólusa esett a középpont felé. Természetesen ebben a mérésorozatban is volt egy cserép kontroll növény az eredmények összehasonlításához. Mivel az előző mérésben észrevettem, hogy a mágneses térben lévő növénynek több és nagyobb levele van, így innentől már ezt is vizsgálom a szárhosszúság mellett. Felmerült, hogy a levelek szélességét és hosszúságát is lemérjem, de ez öt cserép növénynél nagyjából 150 levelet jelentett volna, így az ötletet időigényessége miatt elvettem. Az ebben a kísérletsorozatban használt növényeket összesen tízszer tudtam lemérni, mivel egy vihar lesodorta az egyik cserepet, a mágnesek pedig összeugrottak, így nem tudtam folytatni tovább a méréseket, mert nem lett volna hiteles. A két grafikon (**2. és 3. ábra**) jól szemlélteti, hogy a pólustól függetlenül jobban fejlődnek a mágneses térben lévő növények, ráadásul a szárhosszúság mellett több levelük is lett, mint kontroll társaiknak.



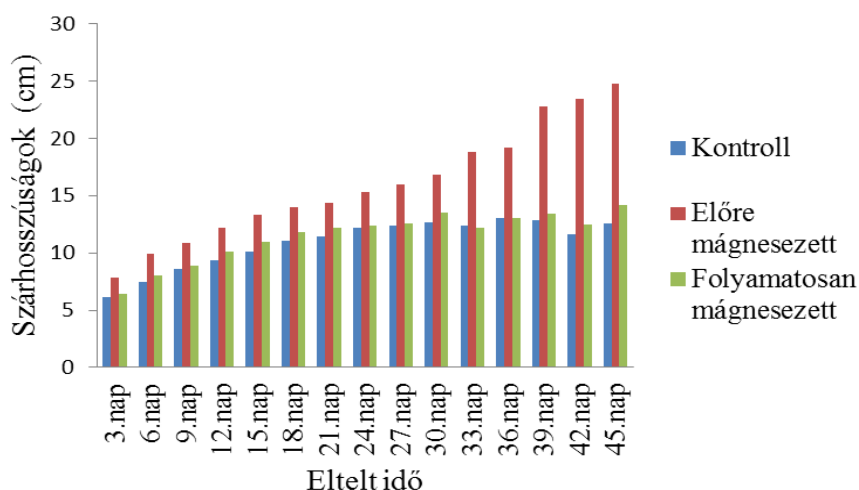
2. ábra: Kerti sarkantyúka szárhosszúságának változása 30 napos időintervallumban, attól függően, hogy a mágnes északi és déli pólusa nézett a középpont felé



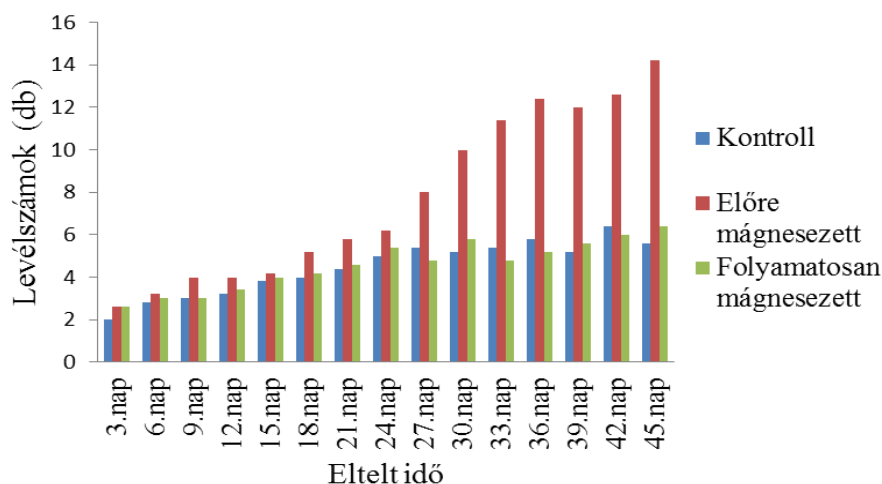
3. ábra: Kerti sarkantyúka levélszámának változása 30 napos időintervallumban, attól függően, hogy a mágnes északi és déli pólusa nézett a középpont felé

Harmadik előkísérletemet egy véletlen felfedezés előzte meg. Szerettem volna vízkultúrában tartani a növényeket, hogy megtudjam, így is működik-e a mágneses tér hatása. Ehhez 10 magot kontrollként és 10 magot mágneses térben előcsíráztattam, az 5-5 legjobban csírázott magot pedig elhelyeztem a vízkultúrában. A maradék 5-5 magot pedig elültettem egy balkonládában. Mivel elrontottam, így a kultúrában lévő növények elrohadtak, viszont a ládában a mágneses térben csíráztatott magok erőteljes növekedésbe kezdtek. A fentiek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a mágneses kezelést elég lehet csak az elültetés előtti rövid szakaszban alkalmazni. Ez lehetővé tenné, hogy a módszert mezőgazdaságban alkalmazzák, mivel így tárolás közben lehetne a magokat kezelni. A permanens mágnesek a nem öregednek el, így egyszeri befektetéssel meg lehet növelni a termés mennyiségét, hiszen a kezelés hatására nagyobbra nőnek a növények, és több lesz a termés.

Az előző méréseknél használt elrendezést használtam a harmadik kísérletnél is, annyi változtatással, hogy ez esetben Petri-csészében voltak elhelyezve a magok, a mágnesek pedig a csésze falára lettek ragasztva kétoldalú ragasztószalaggal. A mágnesek egymáshoz képest 60°-os szöget zártak be. A magokat a csésze közepére helyeztem, és itt tartottam őket egy hétig, ez idő után pedig elültettem őket a többi, kezeletlen maggal együtt. A mérés során egy cserép kontroll, az előre mágnesezett magok és folyamatosan mágneses térben lévő magok kerültek összehasonlításra. Ez alkalommal is a szárak hosszúságát és a levelek számát vizsgáltam, ezeket foglaltam grafikonba (**4. és 5. ábra**). Látható, hogy az eddigi méréseim igazolva vannak ennél a mérésnél, viszont az előre mágnesezett növények még nagyobbak, emellett még több levelük is van, mint folyamatosan mágneses térben lévő társaiknak.



4. ábra: Kerti sarkantyúka szárhosszúságának változása 45 napos időintervallumban előmágnesezés és folyamatos mágnesezés esetén



5. ábra: Kerti sarkantyúka levélszámának változása 45 napos időintervallumban előre mágnesezés és folyamatos mágnesezés esetén

A **6. ábrán** látható a harmadik előkísérlet végeredménye. Bal oldalon az előre mágnesezett növények, középen a kontroll, jobb oldalon pedig a folyamatosan mágneses térben lévő növények találhatóak. A kép jól szemlélteti a különböző kezelést kapott növények és a kontroll növények közötti látványos különbséget. Szeretném megjegyezni, hogy bár ezt nem lehet mérni, de az összes sarkantyúkával végzett mérésemnél igaz volt, hogy azok a növények, melyek mágneses kezelést kaptak vagy folyamatosan mágneses térben voltak, sokkalta ellenállóbbak voltak az időjárás viszontagságaival szemben, mint kontroll társaik. Vastagabb volt a száruk, ezáltal jobban ellenállt az erős szélnek a növény, illetve október tájékán az első éjszakai fagyok idején a kontroll növények az első éjszaka után elpusztultak, láthatóan a fagyok miatt, míg a mágneses kezelést kapott növények nagyjából még 1 hétig bírták az alacsony hőmérsékletet, és csak utána pusztultak el.



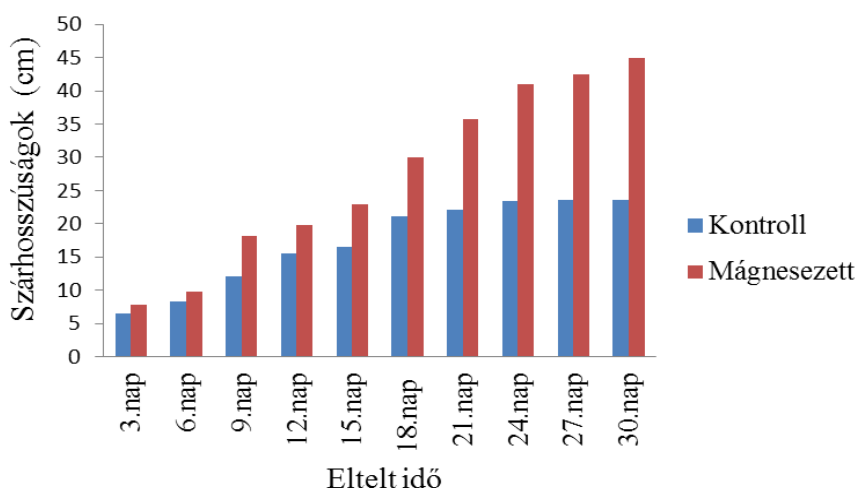
6. ábra: A kísérletben szereplő kerti sarkantyúkákról készült kép a 45. nap után

3.3.2. Zöldborsó

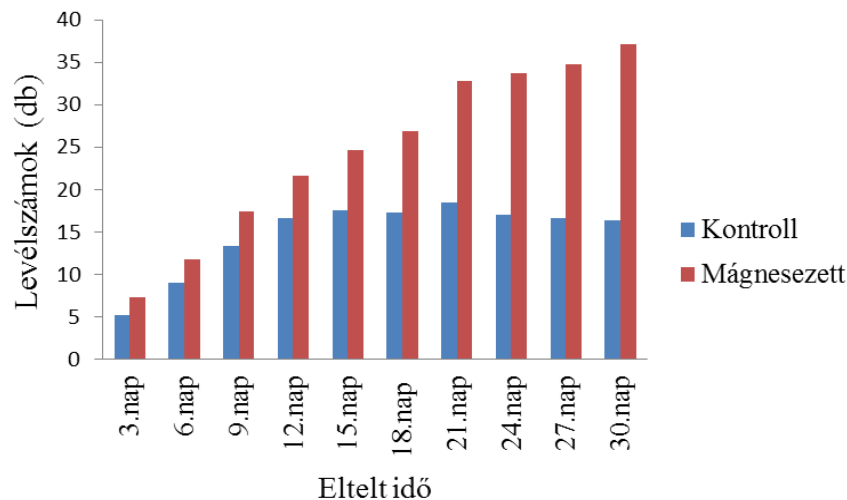
A kerti sarkantyúkával végzett kísérletek után a legjobb eredményeket adó módszert más növényfajon is alkalmaztam, hogy megbizonyosodjak arról, nem csak sarkantyúkánál van a mágneseknek hatása. Következő választásom a zöldborsóra (*Pisum sativum*) esett. Itt nem szárazon mágneseztem előre a magokat, hanem csíráztatás közben tartottam mágneses térben őket, és ezután ültettem ki. Összesen 15 mag volt mágneses térben és 15 kontroll csírázott a behatás nélkül.

Az 1 hét csírázási idő után jelentősebb különbség nem volt tapasztalható a növények között. Ezek után a csírákat kertészeti boltban kapható, úgynevezett csíráztató edénybe helyeztem, és annyi földet raktam rájuk, hogy megtöltsék az edényeket. Ezekben tartottam őket, egészen addig, amíg ki nem bújtt az első hajtás az edények tetején, ekkor az összes edényt egy nagyobb ládába ültettem. Külön ládába kerültek a kezelt, illetve külön ládába a kezeletlen egyedek. Az elültetést követő néhány napban a kezdeti minimális különbség megsokszorozódott. Ebben a kísérletben is az előbbiekhöz hasonlóan a szár hosszúságát és a levelek számát vizsgáltam. A két grafikon (7. és 8. ábra) alapján jól látható a mágneses kezelést kapott egyedek fejlődésének irama.

Termést már nem hoztak, mivel későn ültettem el őket, az első éjszakai fagyokat egyik növény sem bírta. Virágok számában is a kezelt növény bizonyult eredményesebbnek, hiszen a 15 növény mindegyikén volt legalább 1 virág, míg a kontroll egyedeken összesen csak 6 virág volt.



7. ábra: Zöldborsó szárhosszúságának változása 30 napos időintervallumban mágnesek jelenlétében, illetve azok nélkül



8. ábra: Zöldborsó levélszámának változása 30 napos időintervallumban
mágnesek jelenlétében, illetve azok nélkül

3.3.3. Fák

Mivel a tél közeledett, a fényhiány miatt nem lett volna érdemes sarkantyúkával és egyéb egynyári növényekkel foglalkozni, viszont az elkövetkező nagyjából 2-3 hónapban is folytatni akartam a méréseket, így fajokkal kezdtem el kísérletezni. A városban és a házunk kertjéből is összeszedtem több faj magjait, és ezekkel folytattam a munkát.

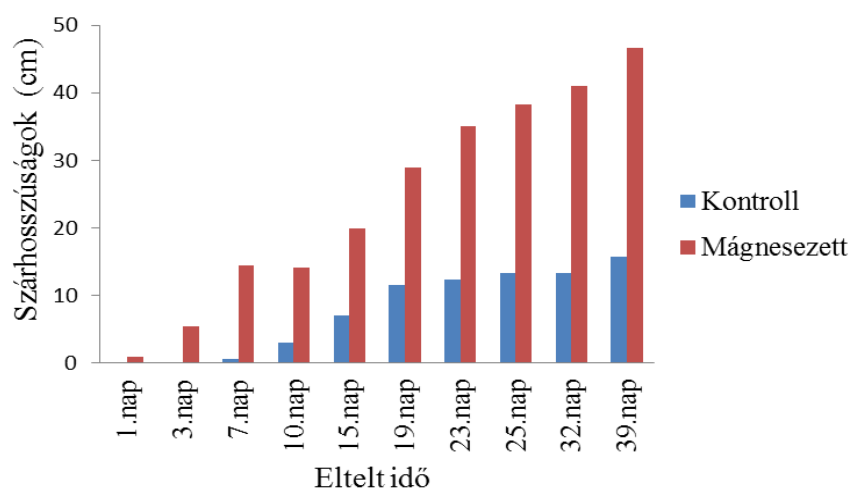
A fákhoz hasonló, minden hosszú életciklusú növénynek szüksége van egy úgynevezett hideg sokkhatásra, más néven vernalizációra. Ennek lényege, hogyha a növények vagy még csak a magok nem kapják meg a hideg behatást, akkor fejlődésük rendellenes lesz, illetve egyszerűen nem kezdenek el csírázni. Ezt úgy oldottam meg, hogy a magokat fajok szerint szétválogattam, lezárható műanyag dobozokba helyeztem őket, és a házban található hűtőszekrény fagyasztó részébe raktam a dobozokat. 1 hétig voltak a magok -12°C -os hőmérsékleten, ez pontosan elég ahhoz, hogy egy teljes tél „hideghatását” elérjük. Ezek után a magok már elültethetők.

Az alábbi fajok magjaival kezdtem a mérésorozatot: kocsányos tölgy (*Quercus robur*), bükk (*Fagus sylvatica*), meggy (*Prunus cerasus*), kajszibarack (*Prunus armeniaca L.*), szelídgesztenye (*Castanea sativa*), mandula (*Prunus dulcis*), dió (*Juglans regia*), jegenyefenyő (*Abies alba*). A csírázási idejüket 2-2,5 hónapra becsültem.

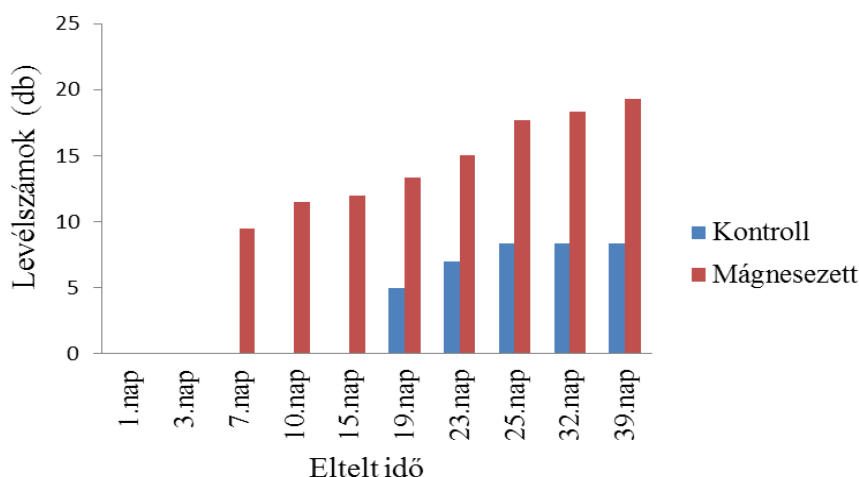
A mesterséges vernalizációs hatást kapott magok közül csak két faj indult növekedésnek, a dió és a bükk. Sajnos a büknél kontroll növény nem kelt ki, a kezelt növények pedig időben nagyon nagy eltéréssel, így nem lehetett lemérni őket. A diónál összesen 3

kezelt és 2 kezeletlen növény indult fejlődésnek, így ez már mérhető szám volt. Az első kikelt facsemete egy kezelt mag volt, mely az elültetés után 2,5 hónappal bújt ki a földből.

Tapasztalataim alapján elmondható, hogy a kezelt növény gyorsabban kezdett el fejlődni, emellett gyorsabban hozta leveleit, melyből ráadásul több is volt. Mivel ezeket a magokat a kísérlet elején még keltetőcserépbe raktam, a hely- és cseréphiány miatt, így kikelésük után nem sokkal át ültettem őket külön cserépbe, mindegyiknél megegyező mennyiségű földdel, hogy azonos körülményeket biztosítsak a növények számára. A két grafikon (9. és 10. ábra) jól szemlélteti, hogy a kezelt növények mennyivel jobban fejlődtek, mennyivel gyorsabban hozták leveleiket, mint kontroll társaik.

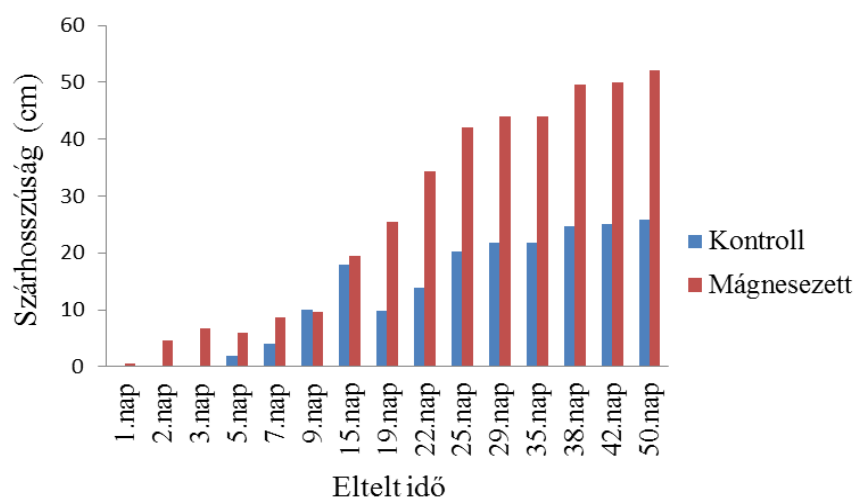


9. ábra: Diófacsmete szárhosszúságának változása 39 napos időintervallumban mágnesek jelenlétében, illetve azok nélkül

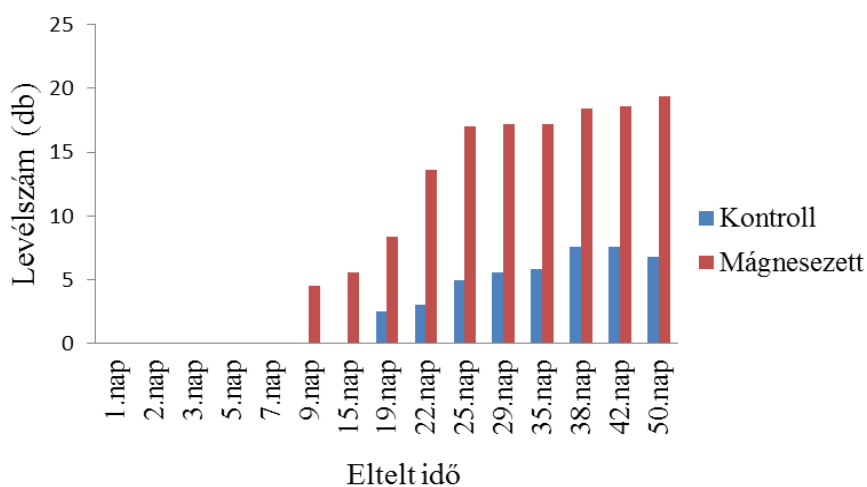


10. ábra: Diófacsmete levélszámának változása 39 napos időintervallumban mágnesek jelenlétében, illetve azok nélkül

Január közepe felé vadgesztenyével (*Aesculum hippocastanum*) is elkezdtem foglalkozni, ami köztudottan gyorsan fejlődő fafaj. Mivel ezeket a magokat már érte hideg, így nem kellett őket lefagyasztani. Némelyik mag már elkezdett csírázni, így az előkezelés nedves földben zajlott, külön dobozban a kontroll, és külön dobozban a mágneses térben lévő növények. 1 hét elteltével csak kis különbség volt tapasztalható a kontroll és a mágneses kezelést kapott magok között. Ekkor elültettem a magokat, mindegyiket külön cserépbe, azonos mennyiségű földdel. A két grafikon (11. és 12. ábra) alapján jól látszik, hogy mennyivel nagyobb iramban kezdett el fejlődni a kezelést kapott növény, emellett mennyivel hamarabb és több levelet hozott, mint a kontroll társa.



11. ábra: Vadgesztenye facsemete szárhosszúságának változása 50 napos időintervallumban mágnesek jelenlétében, illetve azok nélkül



12. ábra: Vadgesztenye facsemete levélszámának változása 50 napos időintervallumban mágnesek jelenlétében, illetve azok nélkül

Továbbá az is megfigyelhető volt, hogy a kezelt fácskák szárai hamarabb kezdtek el szarusodni, emellett a leveleik sötétebbek voltak. Ez utóbbiból arra következtettem, hogy a kezelés hatására a sötétebb levelek több klorofillt tartalmaznak, tehát a növény hatékonyabban képes fotoszintetizálni.

3.3.4. Bokorbab

Az előkísérleteket a bokorbab vizsgálatával folytattam. Ez egy igen ízletes babfaj, melyet bármilyen kertészeti áruházban meg lehet vásárolni. Ez esetben a borsóknál már említett módszert alkalmaztam, csíráztatás közben voltak mágneses térben a magok. Mindkét módszernél 16 mag volt csíráztatva, melyből a mágneses térben lévőknél 13 darab ki is csírázott, viszont a kontroll egyedeknél csupán 6 kezdett el csírázni az egy hetes csíráztatási idő alatt.

A csíráztatás és közben lévő kezelés után mindegyik magot külön keltetőcserépbe ültettem, ezek után külön alátétre helyeztem a kezelt, illetve kezeletlen cserepeket, hogy jól látható legyen az esetleges különbség. A lemerések – ahogy az előző kísérletek esetében is – hetente történtek, összesen három alkalommal. A grafikon jól szemlélteti, hogy a mért szárhosszúságokat átlagolva igen jelentős különbség alakult ki a kezelést kapott és a kontroll növények között. Emellett a mágneses térben csíráztatott egyedek sokkal gyorsabban hozták a leveleiket.

Ezeket a növényeket a negyedik le mérés helyett elvittem a Pannon Egyetem Mérnöki Karának Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézetébe, ahol szárazanyagtartalmat vizsgáltam rajtuk. A vizsgálat eredményei nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy megértsem az eddigi megfigyeléseim mögött rejlő okokat.

A szárazanyag-tartalom vizsgálata úgy zajlott, hogy a kezelt és kezeletlen növényekből 3 féle mintát vettem: levél, szár, egész növény. Mindegyik mintát égetőedényekbe helyeztem, és lemértem a tömegüket. Miután ez megtörtént, mindegyik edényt beraktam egy szárítószekrénybe, ahol 105°C-on szárítottam őket tömegállandóságig, tehát amíg az összes víz eltávozott a mintákból. Ismét lemértem a tömegét, így megtudtam, mennyi víz volt benne, a visszamaradt tömeg pedig a szárazanyag-tartalmat adja.

Ezek után egy izzító kemencébe kerültek a minták, ahol 500°C-on lényegében elégték, így a bennük lévő szén széndioxiddá alakult. Az izzítás után egy újabb tömegmérés következett. Az izzítás előtti és utáni érték különbsége a növény szervesanyag-mennyisége, a visszamaradt hamu pedig a különböző szervesetlen vegyületek, tehát az ásványi anyagok. A

mellékelt táblázatokban (13. és 14. ábra) látható, hogy bár a szerves anyag tartalomban nincs jelentős különbség a kezelt és kezeletlen minták között, viszont szárazanyag tartalomban minimum 11%-os különbség van, ami igen jelentősnek mondható.

Szárazanyag tartalom			
	Kontroll	Mágnesezett	Különbség
levél	12,06%	13,38%	11%
szár	9,99%	11,88%	19%
egész	10,93%	12,93%	18%

13. ábra: Szárazanyag-tartalom vizsgálat eredményeit összefoglaló táblázat

Szervesanyag tartalom			
	Kontroll	Mágnesezett	Különbség
levél	85,40%	86,70%	1,50%
szár	79,90%	84,20%	5,40%
egész	83,20%	85,50%	2,80%

14. ábra: Szárazanyag-tartalom-vizsgálat eredményeit összefoglaló táblázat

Szeretném kiemelni, hogy bár a szervesanyag-tartalomban igen csekély a különbség, statisztikailag még ez is szignifikánsnak mondható. Ebből arra lehet következtetni, hogy a kezelt növényekben több volt a szerves anyag, ennek oka, hogy a mágnesezés hatására valószínűleg felgyorsul a növények anyagcseréje, tehát a talajból több tápanyagot vesznek fel, mint kezeletlen társaik.

A szárazanyag-tartalom-vizsgálattal lezárultak az előkísérleteim, innentől fogva nagy egyedszám mellett és párhuzamos mérések elvégzésével folytattam a munkát, így statisztikailag sokkal elfogadhatóbb lett az eredmény.

3.4. Kísérleteimben felhasznált ültető közeg

Kísérleteim egy részében laborkörülmények között dolgoztam, Petri-csészében zajlottak a mérések, szűrőpapírt használtam a víz, illetve a desztillált víz felvitására. Ez a közeg azért megfelelő, mert a desztillált vízből a magok, illetve néhány nap után a csírák nem tudnak felvenni tápanyagot, tehát a növények csak a saját szikleveleiben lévő és a fotoszintézis során előállított tápanyagokat tudják felhasználni a növekedésük során, így a mágnesek hatását jól

tudják szemléltetni a növények. Ennek a közegnek viszont az a hátránya, hogy nem biztosít kellő stabilitást az egyre hosszabb száraznak. Az általam vizsgált növények egyikét sem lehet 10 napnál több ideig így növeszteni. A nagy egyedszám mellett végzett kísérleteim egy részét a hely és idő hiányában csak Petri-csészében végeztem el, búza csíráztatása esetén ennyi idő is elegendő volt a mérések kivitelezéséhez.

Az előkísérletek során az ültetéshez még egyszerű, bármely kertészeti boltban vásárolható virágföldet használtam, viszont hamar rájöttem ennek a hibáira, hátrányaira. Bár tápanyagban dús föld, de egyik nagy hátránya, hogy a vizet könnyen átereszti, ezért gyorsan kiszárad. Fennáll továbbá az a veszély, hogy amikor összetömörödik és kiszárad, akkor összetöri a növények gyökerét. Interneten utánanéztem és növénytermesztőkkel is konzultáltam, hogy milyen földet ajánlanak. Többen tanácsolták, hogy kertészeti perlittel keverjem a földet. A perlit egy vulkáni eredetű üveg, mely 800-900°C-ra felhevítve sok vizet veszít, tehát extrudálódik, ezek után a vízfelvevő képessége jelentősen megnő, így alkalmas a föld vízmegtartásának javítására. Kertészeti perlit néven csak kis mennyiséget lehet vásárolni, és az is igen költséges, így nagy mennyiségű földkeverékhez nem alkalmas.

Megoldásként azt találtam, hogy kisállatboltokban kapható egyszerű macskaalommal helyettesítem a kertészeti perlitet. Bár összetételben nem azonos a két anyag, tulajdonságaikban viszont igen hasonlóak egymáshoz. Mivel a környéken jó minőségű, tápanyagdús a talaj, mivel nagyrészt löszből áll, így azt is kevertem a közeghez, így javítva a minőségét. Végül, hogy ne legyen túlságosan nedves a talaj, egy kevés homokot kevertem a közeghez, ami megakadályozza a növények rothadását. A macskaalom és a homok közös hatása, hogy a vízáteresztés és –megtartás egyensúlyban lesz. Ha a közeg teteje kiszárad, középen akkor is van elég nedvesség, hogy a növények kibírják a következő öntözésig. Töltőanyagnak esetleg még lehet használt virágföldet felhasználni, abban az esetben, ha a benne növesztett növény nem betegségben vagy fertőzésben pusztult el, mivel még lehetnek benne tápanyagok.

Kutatótársam kifejlesztette ezekből az összetevőkből az ideális arányt, ami a következő: virágföld: 30 %, homok: 20%, kerti föld: 25 %, macskaalom 10%, használt virágföld: 15%. Igen ritkán szoktam használt virágföldet keverni az általam használt közeghez, helyette inkább virágföldet és kerti földet használok egyenlő arányban elosztva.

3.5. Kísérleteimben felhasznált növényfajok

A következő méréseim során összesen 2 növényfajt használtam. Mindegyikben közös, hogy csírázási idejük nem nagy, csupán néhány nap, így igen gyorsan tudnak sok eredményt biztosítani a kutatás előrehaladásának érdekében. Ez a 2 növényfaj a következő:

3.5.1. Búza

A búza (*Triticum*) a perjefélék (*Poaceae*) családjába tartozó növényfaj, mely a búzafajok és fajták változatos éghajlati igénye és jó alkalmazkodóképessége miatt széles körben elterjedt. A Föld egyik legnagyobb területen előforduló gabonája, a sivatagok és a sarkvidékek kivételével szinte mindenütt termesztik. Az élelmiszeriparon kívül is igen elterjedt takarmánként vagy ipari alapanyagként használják. A búzának a változatokra és a fajtákra jellemző alakú és nagyságú kalászvirágzata van. A fiatal kalászokban 5-9 virágkezdemény helyezkedik el, amelyek közül rendszerint 3-5 virág válik termőképessé. A megtermékenyülő virágok száma több tényezőtől függ. Azok a fajták az értékesebbek, amelyeknél jobb a termékenyülési arány. A búza öntermékenyülő növény, csak a nyitva virágzó növényeknél fordul elő kismértékben idegen megporzás. A szemtermés alakja, színe, nagysága, összetétele és fehérjetartalma a fajtákra jellemző és igen változatos. Színe rendszerint barnáspiros.

Bioétrendekben igen fontos szerepe van a búzáknak, egészen pontosan a búzacsíráknak. A frissen csírázott magok szárát szívesen fogyasztják, mivel igen magas a tápértéke. Áruházakban lehet kapni hűtve csírákat, illetve kertészeti áruházakban külön ilyen célra csomagolt csíráztató edénykék kaphatóak.^[8]

3.5.2. Kukorica

Latinul *Zea mays*, régies nevei: tengeri, törökbúza, málé. A pázsitfűfélék rendjébe tartozó lágyszárú, melegkedvelő, egylaki növény, melyet igen széles körben használnak különböző iparágak. Állatok takarmányozása, emberi fogyasztás és különböző ipari alkoholok előállítása szerepel a fő felhasználási területek között.

A felhasználása, tenyészidő hossza, a kukoricacső nagysága, színe, alakja és szerkezet alapján számos fajtát különböztetünk meg. Az előbb említett tulajdonságok alapján a következő alfajok léteznek: *dentiformis* (lófogú), *amylacea* (lisztes), *indurata* (keményszemű), *microsperma* (pattogatni való), *saccharata* (csemege), *tunicata* (pelyvás), *ceratina* (viaszos). Ez a legnagyobb területen termesztett takarmánynövényünk.

A mezőgazdaságban legtöbbször ezt a növényt használják takarmánynak. Termelésében nagyrészt hibrideket használnak, melyeket hazánkban többnyire a Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutató Intézetében fejlesztenek ki. A kukorica trópusi eredetű, rövidnappalos növény, ami azt jelenti, hogy nagyjából 12-14 világos óra szükséges az egészséges fejlődéséhez naponta. A magas terméshozamot nehezíti, ha nincs öntözőrendszer a mezőkön, és július-augusztus hónapban kevés a csapadék a területen. A különböző talajtípusokhoz alapvetően jól alkalmazkodik, feltéve, ha az elég tápanyagot tartalmaz. Vízállásos, túlságosan nedves és hideg talajon gyenge termést ad.

A házasított növény önmagában szaporodásra képtelen, mivel ha az összes magja lehull, a kikelő csírák elnyomják egymást. A termesztett kukorica minden ma létező fajtáját emberi nemesítés hozta létre.^[9]

3.6. Búzával végzett nagy egyedszámú kísérlet

A kutatásom elején végzett előkísérleteim igen kis egyedszámmal (maximum 15 növény/módszer) történtek, ráadásul ismétlés nélkül, így nem tekinthetők teljes bizonyossággal hiteles adatoknak. A következőkben a fent részletezett 2 fajjal elvégzett méréseimet fogom bemutatni.

Az alábbi kérdésekre kerestem a választ szisztematikus méréssorozatok elvégzésével:

- (1) Mennyi mágnes kell a legideálisabb hatás kiváltásához;
- (2) Milyen elrendezésben érdemes elhelyezni a mágneseket;
- (3) Kell-e folyamatosan mágneses térben tartani a növényeket, vagy elég őket egy rövid ideig előre kezelni;
- (4) Ha érdemes előkezelní, mennyi az a minimum idő, amíg fent kell tartani a hatást?

A felsorolt kérdések megválaszolására végzett kísérletek mindegyike során búzát használtam, melyeket műanyag Petri-csészében helyeztem el. A cél a módszer tökéletesítése volt.

3.6.1. Az ideális mágnes-elrendezés meghatározása

Első célom az volt, hogy meghatároztam, melyik mágneses elrendezés a legideálisabb a növények fejlődésének szempontjából. Ebben a mérésben a 12×5×2 milliméteres N38SH ötvözetű mágneseket használtam. Minden esetben páros számú mágnessel dolgoztam, így mágnespárokat alkotva keletkezik mágneses tér. Nagyobb számú mágnespárokat, mint például 2-3-4 pár, főleg különféle részecskefizikai kísérletekben és részecskegyorsítóknál

használják a részecskenyaláb irányítására. Az elrendezésekhez az alapötlet egy CERN-ről (European Organization for Nuclear Research) szóló előadás során született, a gyorsítóban használt különböző mágneses elrendezéseket vettem alapul. Összesen négyféle elrendezést használtam, illetve ezeknek az általam átalakított változatait. Ezek a következők:

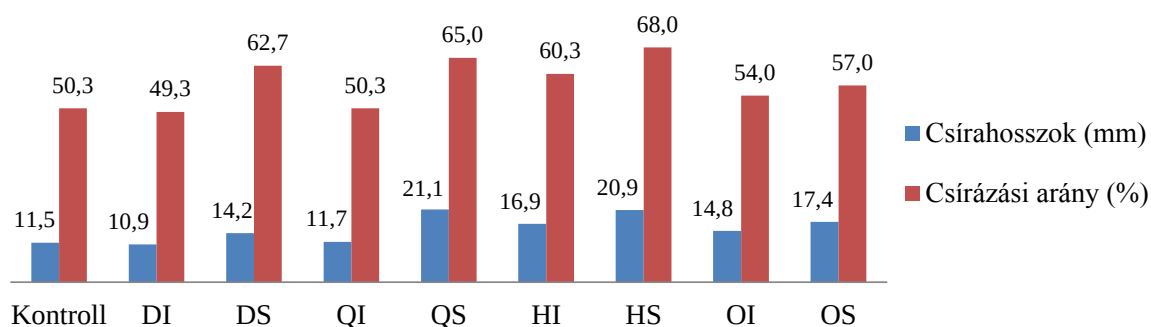
Dipole: A legegyszerűbb elrendezés, lényegében 2 mágnes egymással szemben elhelyezve, tehát ez az alapja a többi elrendezésnek. Az alap elrendezésben az egyiknek a déli pólusa, másiknak pedig az északi pólusa van a középpont felé. Lényegében az a hatás lép fel a két mágnes között, mint amikor egymás hatáskörébe érnek, és az erőterek találkozásánál vonzás alakul ki. Az elrendezést úgy módosítottam, hogy az azonos pólusok néznek a középpont felé, így egy erős mágneses teret kialakítva. Tény, hogy az erőterek közepén kioltják egymást, így egy vékony sávban az térerősség nulla lesz, viszont azon a ponton kívül az erővonalak találkozása miatt egy igen erős mágneses tér jön létre. Ezt az elrendezést a részecskegyorsítóknál a nyaláb irányítására használják fel.

Quadrupole (más néven Quadrapole): A név jelentése 4 pólusú mágnes. Természetesen ez nem azt jelenti, hogy 4 különböző pólus van, csupán egymással szemben van 2 északi pólusú mágnes, ezekkel merőlegesen pedig 2 egymással szemben lévő déli pólusú mágnes. Ezzel egy igen speciális tér jön létre, melyet leggyakrabban a részecskefizikában használnak. Részecskegyorsítóknál ilyen elrendezésű mágneseket használnak fel a töltött részecskenyalábok fókuszálására. Emellett különböző eszközök épülnek erre az elrendezésre, mint például ion-csapda vagy tömeg szerinti analizátor. Az irodalom által javasolt elhelyezés tehát lényegében 2 dipole elrendezés egymásra merőlegesen elhelyezve, az általam módosított verzió pedig a fent leírt dipole elrendezésből 2 egymásra merőlegesen.

Hexapole: Ebben az elrendezésben 6 mágnes található, egymáshoz viszonyítva 60° -os szögben elhelyezve. Szintén részecskefizikai alkalmazása ismert. Az előkísérletek során is ezt a módszert alkalmaztam. Ebben az esetben is az irodalomban javasolt elrendezésnél az ellentétes pólusok vannak egymással szemben, ezzel szemben az én kísérleteimnél az azonos pólusok néznek a középpont felé.

Octupole: Ez a legnagyobb mágnesszámú elrendezés. Ezt is használják a részecskefizikában, bár ritkábban, mint a hexapole illetve quadrupole elrendezéseket. Legkönnyebben úgy lehet leírni, hogy a quadrupole elrendezést megkétszerezzük, tehát összesen 4 mágnespár van, ellentétes pólusok egymással szemben, az általam használt elrendezésnél pedig az eddigiek mintájára mind a 8 mágnesnek azonos pólusa volt a középpont felé.

Hogy ne legyenek túl átláthatatlanok a diagramok, így rövidítéseket használtam, ezek első betűje a módszer megjelölése volt (D, Q, H, O), második betűje pedig arra utalt, hogy az irodalmi vagy a saját elrendezése-e (I, S). A diagram (15. ábra) jól szemlélteti, hogy az irodalmi elrendezéshez viszonyítva az általam választott módszerek hatékonyabbak. A grafikon alapján a hexapole és a quadrupole elrendezések használatával érhető el a legjobb eredmény.



15. ábra: Búza csírahosszainak és csírázási arányainak változása különböző mágneses elrendezések esetén, 5 napos csíráztatási idő után

A diagram különböző elrendezéseknél lévő második oszlopok a csírázási arányt jelölik, ezek jól szemléltetik, hogy összesen 4 elrendezés mutat kiemelkedő csírázási arányt, ezek pedig a következők: dipole saját, quadrupole saját, hexapole irodalmi és saját. A következőkben a két quadrupole és az általam módosított hexapole elrendezést használtam.

3.6.2. Folyamatos vagy előmágnesezés?

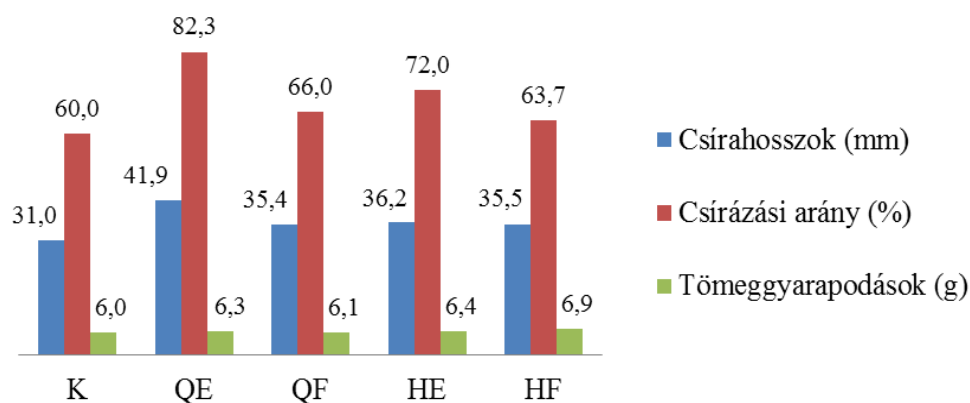
Miután megtörtént a két legideálisabb mágneses elrendezés kiválasztása, az előkísérleteim eredményei alapján ki szerettem volna próbálni, hogy kell-e folyamatosan mágneses térben tartani a csírázó növényeket vagy esetleg elég őket előre, még víz hozzáadása (tehát az életciklus megkezdése) előtt egy rövid ideig mágneses mezőben tartani, ez is elegendő-e a gyorsabban növekedéshez. A kísérleteket most is a szűrőpapírral bélelt műanyag Petri-csészében végeztem. Bár ezek a csészék korábban nem voltak használva, de nem frissen csomagoltam ki őket, így háztartási fertőtlenítővel elmostam, és napon megszáritottam őket. Ebben a kísérletben összesen 5 különböző vizsgált Petri-csésze volt, melyek a következők: kontroll, hexapole előmágnesezett, hexapole folyamatosan mágnesezett, quadrupole előremágnesezett, quadrupole folyamatosan mágnesezett.

Ekkora már sikerült szerezni egy tárazható mérleget, mellyel le tudom mérni a mérések kezdetén és végén lévő tömeget. A mérleg a Denver Instrument cég által gyártott XL-

610-es típus volt, aminek a méréstartománya 610 grammig terjedt, mérési pontossága pedig 0,01 gramm. Mivel a szűrőpapírok és Petri-csészék között lévő tömegkülönbség elhanyagolható, így a mérleg tárazásához egy külön, mérésben nem használt csészét és benne lévő szűrőpapírt használtam. Mivel a különböző módszereknél használt mágnesek a csészék fedőjére voltak ragasztva, így különböző volt a tömegük, csak a csészék alját használtam fel a mérésre.

Azért, hogy a diagramjaim ne legyenek zsúfoltak, rövidítéseket alkalmaztam a különböző módszerek jelölésére. Ezek a rövidítések a következők: kontroll „K”; quadrupole előremágnesezett „QE”; quadrupole folyamatosan mágneses térben lévő „QF”; hexapole előremágnesezett „HE”; hexapole folyamatosan mágneses térben lévő „HF”.

Az diagramon (16. ábra) a különböző módszerekkel kezelt – illetve kontroll esetében kezeletlen növények – által elért átlagos csírahosszokat, csírázási arányokat és tömeggyarapodásokat ábrázoltam. Az ábra első oszlopa a csírahosszokat jelöli ez alapján jól látható, hogy mindegyik mágneses kezelés pozitív eredményt mutat a kontrollhoz képest, tehát az előkezelésnek is van hatása a növények fejlődésére. Igen kiugró eredményt mutattak a quadrupole elrendezéssel előkezelt növények, a csírahosszok átlagai alapján ez a módszer bizonyult a legjobbnak. Szeretném kiemelni, hogy minden csíra erősen zöld volt, tehát nem a fényhiányos állapot miatt voltak igen megnyúltak a növények.



16. ábra: Búza csírahosszai, csírázási arányai és tömeggyarapodásai különböző mágneses elrendezések (Q=quadrupole; H=hexapole), illetve folyamatos (F) vagy előre mágnesezés (E) esetén, 5 napos csíráztatási idő után

A második oszlopok a diagramon a csírázási arányok láthatóak százalékban kifejezve. A legalacsonyabb csírázást a kontroll mutatta, ám még ez is 60% körül volt, ami jónak mondható. Néhány százalékos eltérés figyelhető meg a folyamatosan mágneses térben tartott

magok esetén, a két előremágnesezési módszerrel kezelt magok viszont lényegesen jobban fejlődtek. Ez esetben is a quadropole elrendezés bizonyult kimagaslóan eredményesnek, így a következő kísérleteim során célzottan ezt használtam.

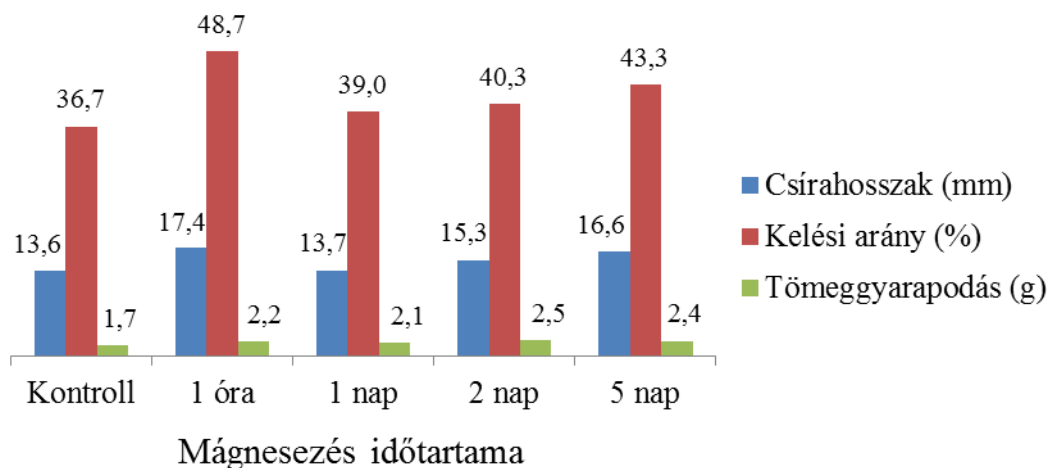
A harmadik oszlopokon tömegkülönbségek átlagait ábrázoltam, tehát a növekedésből eredő tömeggyarapodást. Ezt úgy kaptam meg, hogy a lemérés előtt kapott tömegből kivontam a kezdeti tömeget, ezeket a különbségeket pedig átlagoltam. A kapott eredmény meglepő volt, mivel nem a QE jelzésű módszerrel kezelt növények esetén látszik a legnagyobb mértékű növekedés, hanem a HF esetben. A kontroll növények a várakozásnak megfelelően a legkisebb mértékben gyarapodtak a növekedés során. Mivel a különbségek nem voltak jelentősek, emiatt úgy döntöttem, hogy ettől az eredménytől eltekintve a QE elrendezés a leghatékonyabb, így ezzel folytattam tovább a kísérleteimet.

3.6.3. Exponálási idő meghatározása

Az ezt megelőző kísérleteim során még nem tudtam, hogy mennyi az a maximális idő, amíg a magokat érdemes előmágnesezni, így a mérés teljes időtartama alatt, tehát 5 napig végeztem az előkezelést. Amíg nem volt meg a legideálisabb elrendezés, addig nem volt praktikus ezt a kísérletet elvégezni, hiszen akkor minden egyes módszernél, minden előmágnesezési időt ki kellett volna próbálni, Idő hiányában – hisz ekkor már augusztus közepe volt – nem tudtam elvégezni hosszú idejű, néhány hónapos vagy néhány hetes előmágnesezéseket, így inkább a rövid idejű kezeléseket teszteltem. A leghosszabb idejű kezelési idő az eddig használt 5 nap volt, ezen kívül még összesen 3 kezelési időt használtam: 2 nap, 1 nap és 1 óra. Bár az utolsó, tehát az 1 óra igen rövid időnek tűnhet, ennek ellenére fontos volt megvizsgálni, hiszen ha ennek is mérhető hatása van, akkor gyakorlatban felhasználható, például az elültetésre való szállítás közben, a silótól a földekig tartó úton a szállítójárműben lehetne kezelni a magokat.

A csírák lemérése ismét az 5. napon zajlott, az eddig módszerrel, tehát miután eltávolítottam a szűrőpapírt, a csírákat elválasztottam a magoktól és lemértem ezek hosszát. Az eredményeket ezúttal is átlagoltam, a harmadik ismétlés után táblázatba foglaltam az eredményeket, melyekből diagramokat készítettem. Ezúttal három adatot vizsgáltam: csírák hossza, kelési arány, kezdeti és a kísérlet végén mért tömeg különbsége. A diagramjaimon ismét rövidítéseket alkalmaztam melyek a következők: kontroll „K”, 1 órás „1h”, 1 napos „1D”, 2 napos „2D”, 5 napos „5D”.

A **17. ábra** előzőekhez hasonlóan három oszlopra van osztva: csírahosszok, csírázási arányok, tömeggyarapodás. Az első oszlop a csírahosszokat ábrázolja. Jól látható, hogy mindegyik mágneses kezelés hatásos volt, bár az egy napos előmágnesezés nem okozott látványos változást a kontrollhoz képest. Leghatásosabbnak – meglepő módon – az egyórás kezelés bizonyult. Ezt követi az 5 napos és a 2 napos.



17. ábra: Búza csírahosszai, csírázási arányai és tömeggyarapodásai különböző mágneses előkezelési időtartamok esetén, 5 napos csíráztatási idő után

A következő oszlopon a különböző módszerekkel kezelt magok kelési aránya látható. Itt is meglepő módon az egy órás kezelésnek van igen kiugró értéke, viszont itt kisebb a különbség a több napos kezelések között.

A tömegkülönbségeket ábrázoló oszlopon már nem az egy órás kezelés bizonyult a legjobbnak, hanem a kétnapos, viszont a különbség csupán átlagosan 0,26 gramm, ez nem annyira kiugró érték, mint a másik két paraméter esetében. Az eredmények alapján a következő méréseim során, az egyórás és ötnapos előkezelést fogom tesztelni, hiszen ezek bizonyultak a legmegfelelőbbnek.

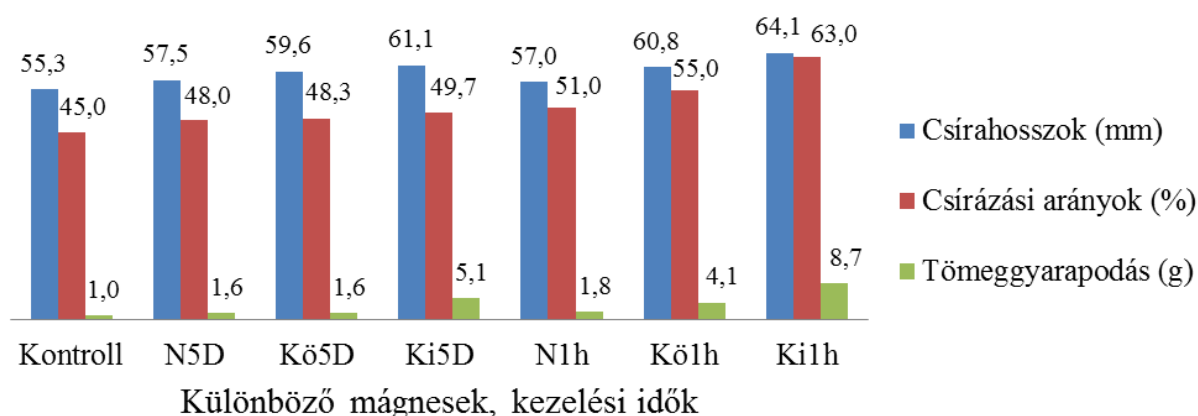
3.6.4. Erősebb mágnessel előremágnesezés

Bár sok szempontból az lenne a legideálisabb, ha a mágnesek a lehető leggyengébbek lennének, hiszen a környezetre így van a legkisebb hatásuk, és mezőgazdasági alkalmazás esetén anyagilag is kedvezőbb lenne, ennek ellenére fontosnak tartottam, hogy az eddig leírt mérés alapján legideálisabb kezelésnek nyilvánított kezelést kipróbáljam a birtokomban lévő két, erősebb mágnesfajtával is. Eddig az N38SH ötvözetű mágneseimmel dolgoztam, mely nem csak méretben kisebb, hanem mágneses erő szempontjából is gyengébb a többihez

képest, mégis, ahogy a kísérleteim eredményei mutatják, igen erőteljes hatásuk van a növényekre. A birtokomban lévő két erősebb mágnes típusa következő: N50-es 12×6×1,5 mm méretű mágnes, és N41-es 20×10×5 mm méretű mágnes. Bár ötvözet szempontjából elméletileg az N50-es mágnes az erősebb, a meglehetősen nagy mérete miatt az N41-es mágnes által létrehozott mágneses tér mégis erősebb. A gyártó szerint az eddig használt N38SH ötvözetű, 12×5×2 mm méretű mágneseim egyenként ideális esetben 0,9 kg-t tudnak megtartani, míg az N50-es 12×6×1,5 mm méretű mágnesek szintén ideális esetben 1,3 kilogrammot, tehát a különbség nem kevés, de a legnagyobb mágneshez képest elenyésző, hiszen a N41-es 20×10×5 mm méretű mágnesem akár 7,5 kg-ot is képes megtartani. Hátránya viszont, hogy igen drága, emellett sérülékeny is, ha egyszer véletlenül két mágnes összeugrik, tehát egymás vonzaskörzetébe kerülnek, szinte elkerülhetetlen, hogy valamelyik eltörjön.

Az eddigiekben megszokott 3 diagramon ábrázoltam a végső értékeket. A mágnesek jelölésére rövidítéseket használtam: „N” a nagy mágnest, „Kö” a közepes mágnest, „Ki” pedig a kis mágnest jelöli. 5D az 5 napos előmágnesezés rövidítése, 1 h pedig az 1 órás kezelése.

A **18. ábrán** látható első oszlopon a csírahosszok átlagát ábrázoltam. Jól látható, hogy a kontrollhoz képest mindegyik kezelés hatékonynak bizonyult, viszont a módszerek egymáshoz viszonyítva nagyon eltérő eredményt adtak. Mindkét időtartamnál látható egy „lépcsőzetesség”, tehát a nagy mágnesek bizonyultak a legkevésbé hatékonynak, a kicsi mágnesek pedig a legjobb eredményt adták.



18. ábra: Búza csírahosszai, csírázási arányai és tömeggyarapodásai különböző erősségű mágnesek alkalmazása esetén, 5 napos és 1 napos mágneses kezelés hatására, 5 napos csírázási idő után

Ezek alapján az feltételezhető, hogy egy bizonyos mágneses térerősség után a növények már negatívan reagálnak, bár még mindig nagyobbak lesznek, mint a kontroll növények.

Véleményem szerint, ha ennél is tovább növeltem volna a mágneses térerősséget, akkor egy idő után megtaláltam volna azt a pontot, ahonnan már inkább ártalmas lett volna a kezelés, mint hasznos. Történt egy különös eset mindhárom ismétlésnél a N5D jelű Petri-csészékben. Amikor a méréseknek vége volt, észrevettem, hogy ezekben a csészékben a szűrőpapír széle megfeketedett, úgy nézett ki, mintha megégett volna. Mivel nem tudtam, ez hogyan lehetséges, így körbekérdeztem kutató ismerőseimet, szerintük mi lehet az oka. A válasz az lett, hogy a csírázó magok valószínűleg annyira agresszívan vették fel a vizet a környezetükből, hogy még a szűrőpapírból is elvonták a cellulózban lévő vizet, ezért feketedett meg a papír.

A második oszlopon kelési arányok átlagát ábrázoltam. Itt viszonylag egyenletes eredményt kaptam, hiszen a kontroll növények kezdtek el legkevésbé csírázni, viszont utána az 5 napos kezelésen és a nagy mágnessel történő 1 órás kezelésen átesett növények közel ugyanannyira csíráztak ki, csak az 1 órás közepes mágnessel történő kezelésnél van a többitől nagyobb mértékben eltérő adat. A kis mágnessel történt 1 órás kezelés kiugróan jó eredményt mutat.

Végül az utolsó oszlopon az 5 nap során bekövetkezett tömeggyarapodásokat ábrázoltam. Ez esetben is a kontroll érte el a legkisebb átlagos értéket, tehát minden kezelés hatásosnak bizonyult. Igen kiugró értéket az 5 napos kicsi mágnessel történő kezelés, 1 órás közepes és kicsi mágnessel történő kezelés mutatott, ezek közül az utóbbi módszer érte el a legnagyobb értékeket.

3.7. Más gazdaságilag fontos fajon végzett kísérlet

Miután meghatároztam a mágnesek ideális elrendezését a kísérletekhez, a búzára való optimalizálási folyamattal egy időben elkezdtem kukoricával kísérletezni, hogy megbizonyosodjak, nem csak búzán hatékony a kezelés. A kukorica magokat egy kertészeti nagyáruházból szereztem be, a vásárlást követően az összes zacskó tartalmát egy tálba öntöttem és összekevertem, így elkerülve az egyes gyártóktól vett termékek okozta különbségeket. Ez esetben is szerettem volna viszonylag nagy egyedszámmal dolgozni, viszont figyelembe kellett vennem, hogy nem néhány napos méréseim lesznek, hanem 1-1,5 hónaposak. Ezen kívül meg kellett találnom az alkalmas ültető közeget a növények számára, hiszen a normál méretű (12-14 centiméter átmérőjű) cserépből igen sok kellett volna, ráadásul nem tudtam volna biztosítani, hogy ugyanynyi fényt kapjon mindegyik növény. A választásom egy speciális csíráztató edényre esett. Maga az edény tömörített anyagból van, így amíg vizet

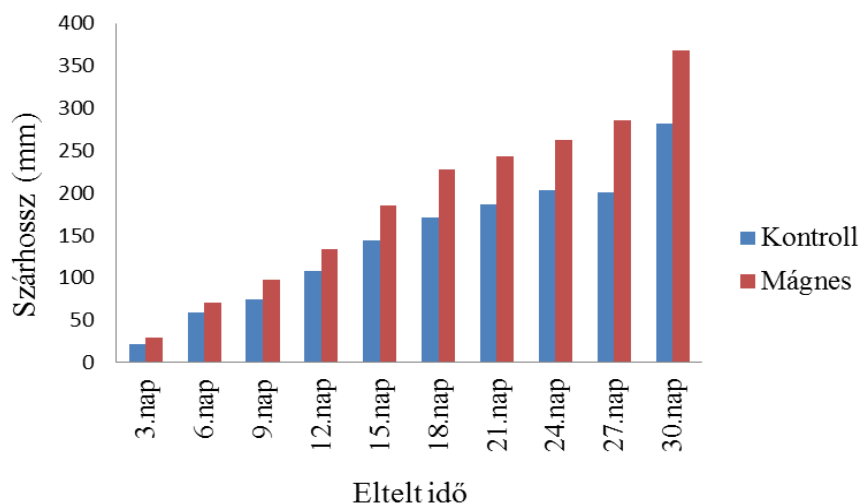
nem adunk hozzá mérete csak 3 centiméter átmérőjű és 1 centiméter magas, miután megszívta magát, megduzzad, így nagyjából 4 centiméter átmérőjű és 6 centiméter magas lesz, tehát alkalmas arra, hogy a növények a csírázási időben ezekben fejlődjenek. Miután meglett az ültető közeg, meg kellett határoznom a kísérletben szereplő magok mennyiségét. A csomagban összesen 50 darab csíráztató edény volt, melyből kettőn teszteltem, hogy mekkora méretű lesz a vízfelszívás után. A maradék 48 darabot elosztottam kétfelé, a kontroll, illetve a kezelt növények számára. Hogy egyenletesen tudjam locsolni a növényeket, 12-esével kaptak egy alátétet. Miután a növények elérték egy bizonyos méretet, a csíráztató edénnyel együtt kiültetem őket nagyobb méretű ládába. Erre azért van szükség, mert egy idő után a növények felhasználják a csíráztató edényben lévő tápanyagokat, ráadásul a gyökereik egymás edényeibe nőnének át, amit szerettem volna elkerülni. A ládák 60 centiméter hosszúak, 15 centiméter szélesek, és 20 centiméter magasak voltak. Mindegyik ládába 12 darab növény került. Igaz, hogy a gyökereik így összenőhetnek, de ebben az esetben sokkal több tápanyag és terület áll rendelkezésükre fejlődésük során.

Ennél a kísérletnél nem a korábban már többször leírt előmágnesezési kezelést alkalmaztam, hanem a csíráztatás kezdetétől egészen a kiültetésig a magok mellett közvetlenül voltak mágnesek. Ezzel azt szerettem volna tesztelni, hogy milyen hatás érhető el, ha a növényeket nem az eddig használt módon előmágnesezem, hanem az életciklusuk elején vannak mágneses térben.

A kísérlet a keltető edények előkészítésével kezdődött. Mindegyik alátétre ráhelyeztem a 12 edényt, ezek után elkezdtem folyamatosan adagolni a vizet, hogy meg tudjanak duzzadni. Mindegyik alátétre végül fél liter víz került, ez percekben belül el is tűnt, tehát nagyjából mindegyik 42 cm³ vizet vett fel. Ezek után kiválasztottam két alátétnyi cserepet, melyekbe elhelyeztem egy mágneset. Mindegyik mágnesnek azonos pólusa volt a magok leendő helye felé. Ezek után mindegyik edénybe belenyomtam egy magot, ezzel kezdetét vette a mérés.

Két alkalommal való lemérés után kiültettem cserepekkel együtt a növényeket, hogy jobban tudjanak fejlődni. Kiültetés során, miután eltávolítottam a cserepekből a mágneseket, az egy alátéten lévő egyedeket ültettem el egy nagyobb ládába, így egymás életműködését kevésbé zavarták, emellett mágneses tér nélkül folytatódott a kísérlet tovább.

A mérési eredmények a **19. ábrán** láthatók. A mágneses kezelést kapott növények növekedése mindvégig intenzívebb volt, mint a kontroll társaiké.



19. ábra: Kukorica szárhosszának változása mágnes jelenlétében, illetve anélkül, 30 napos időintervallumban

3. 8. Lehetséges magyarázatok

A kutatásom elején, másfél évvel ezelőtt, elkezdtem keresni a lehetséges magyarázatokat, hogy mi okozza azt a jelenséget, hogy a mágnesektől ennyivel jobban fejlődnek a növények. Különböző cikkek és projektmunkák elolvasása után, illetve ezen tudományterületen jártasabb kutatókkal való levelezés során azt az ötletet kaptam, hogy Dr. Nagy Pál, a Pannon Egyetem Georgikon Karának oktatója foglalkozott már mágneses kutatással, esetleg vele kellene felvennem a kapcsolatot. A vele való levelezésem során megkaptam az első lehetséges okot, melyet sajnos eddig még nem sikerült se bizonyítanom, se cáfolnom.

Nagy Pál és munkatársai arra a lehetséges magyarázatra jutottak, hogy a mágnesek úgy változtatják meg a növényi sejtmembránok áteresztőképességét, hogy ezáltal felgyorsul az anyagcsere-transzport. Ez az elmélet véleményem szerint még az előremágnesezésnél is igaz lehet, emiatt a jövőben szeretnék ilyen téren vizsgálatokat folytatni.

Hasonló gondolatunk támadt kutatótársammal is a szárazanyagtartalom-vizsgálat eredményét látva. A vizsgálatból azt kaptuk, hogy a kezelt növények sokkal több szerves tápanyagot vettek fel, mint kezeletlen társaik, így mi is arra a következtetésre jutottunk, hogy a mágnesek valamilyen módon befolyásolják a növények anyagcseréjét, valószínűleg gyorsítják azt. Arról viszont nem vagyunk meggyőződve, hogy ez a jelenség a sejtmembrán módosulásához köthető.

További lehetséges magyarázatot Martonvásáron, a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpontjában kaptunk Galiba Gábor professzortól, aki rávilágított arra, hogy a témában már jelent meg néhány cikk, így van egy alapunk, amin el tudunk indulni. Az irodalomkutatás során már említett közlemény^[7] lényege, hogy minden élőlényben vannak bizonyos fehérjék, a kriptokrómok, melyek a mágneses tér érzékelésében, illetve növényekben a kék és UV tartományú fény érzékelésében van szerepe. Ahogy a cikk is írja, a kék fény és a mágneses tér hatására egy olyan gerjesztés jön létre, mely hatására a növényeknél egy nagyobb intenzitású növekedés jelentkezik. Mivel ez a magyarázat a leginkább bizonyított, így a továbbiakban ezzel foglalkoztam, szerettem volna saját magam megismételni a módszereimmel a cikkben leírt kísérletet.

3.8.1. Lehetséges magyarázatok vizsgálatához készített berendezés

A martonvásári látogatásunk során mutatták meg nekem a fitotron kamrákat. Ezek olyan speciális berendezések, melyekben be tudják állítani a fény erősségét, a páratartalmat és a hőmérsékletet, ezek mellett számítógéppel lehet vezérelni a különböző éghajlati viszonyokat, így igen komoly változásokat és hatásokat. A kamrák több méretben is kaphatók, de igen drága berendezések, a velük végzett vizsgálatokért is több mint 100 ezer forintot kell fizetni. Interneten utánanéztem, a legolcsóbb kamra is több millió forintba kerül, így természetesen nem engedhetem meg magamnak. Mivel szeretek barkácsolni, és az elektronikával is kezdek megismerkedni, így elterveztem, hogy építek egy fitotron kamrát, ami olcsóbb, mint a gyári, emellett tapasztalatot is szerzek építése közben, ráadásul kimondottan olyanra építem, amilyen a kutatási céljaimhoz kell.

A kamra szerkezetének anyag 14 mm vastag OSB falap. A kamra összesen három rekeszből áll. Minden egyes rekesz 20 cm széles, 25 cm mély és 40 cm magas, köztük pedig 14 mm vastag elválasztók voltak, tehát a teljes kamra szélességben 64,2 cm volt, magasságban és mélységben pedig megegyezik a rekeszek méreteivel. Minden egyes rekeszt egy ajtó zár le, hogy a külső fény és hőmérséklet ne befolyásolja a kísérletek menetét. Ezek 20 cm szélesek és 40 cm magasak, mindegyik két zsanérral lett rögzítve a kamra felső részéhez. A kamra kívülről fehérre, belülről pedig feketére lett festve. A rekeszekben a megvilágítás fénykibocsájtó diódákkal oldottam meg, angolul LED-ekkel. Azért ezekre esett a választásom, mert olcsóak, kis energiafogyasztásúak, és igen hatékonyak. Ezek meghajtására egy kimondottan LED tápot használtam, mely stabilan 12 V feszültséget adott ki. A fényerősség állítására 1 k Ω ellenállású potenciómétereket használtam. Mivel a lehetséges

okokat szeretném tesztelni így 2 féle LED panelt készítettem el. Mindegyik panelen 9 darab LED található, illetve mindegyik előtt egy elötét ellenállás, hogy a túláramtól védve legyenek. Egyik panelen víztiszta burájú piros, másikon víztiszta burájú kék LED-ek voltak. A fényerőállításra azért volt szükség, mert a két LED szín nem ugyanolyan erősségű volt, ez pedig befolyásolta volna a kísérlet végeredményét.

3.8.2. Házi fitotron kamrával végzett mérések

A fitotron kamra elkészültével lehetőségem nyílt a Margaret Ahmad és munkatársai által végzett kísérletek reprodukálására. A körülményeim nem voltak teljesen ugyanolyanok, mint amit a korábban említett cikkben^[7] leírtak, de ettől még hasznos következtetések vonhatók le a munkámmal kapcsolatban.

A kamra rekeszeinek előnye, hogy elég messze tudok elhelyezni egymástól kontroll és mágnesekkel körberakott Petri-csészét, úgy, hogy érje őket a kamrában lévő megvilágítás, de mégse hasson a kontroll növényekre a mágneses tér. A rekeszekbe a panelokat úgy válogattam ki, hogy megfeleljen a cikkben leírtaknak. Tehát az első rekeszben semmilyen megvilágítás nem lesz, így lesz „kontroll” a másik kettő rekeszhez képest. Emellett, így megvizsgálhattam azt is, hogy a mágneses térnek milyen hatása van a növényekre fényhiányos állapotban.

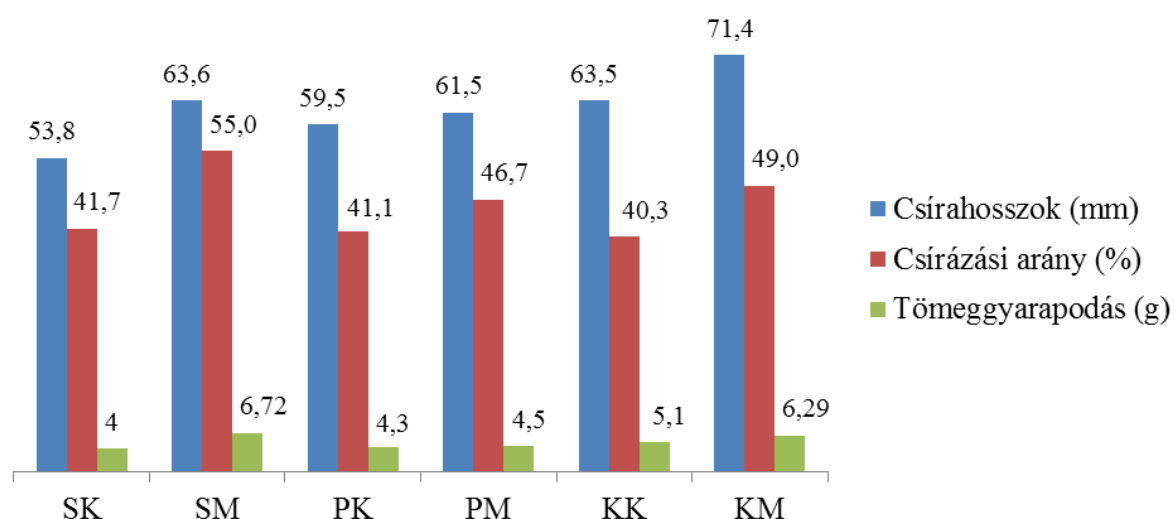
A növényekben az egyik növekedési hormon az auxin. Ez a hormon fény hatására kevésbé működik, ezért van a nap felé fordulás jelensége, mivel a másik oldalon erősebben fejti ki a sejtekre a hatását. Ha egyáltalán nem éri fény a növényeket, akkor megnyúlnak lesznek, viszont színük fehéres vagy csontszínű lesz, így képtelenek a fotoszintézisre, ezáltal életképtelenek lesznek. Ez a tünet főleg a rossz fényviszonyok mellett tartott, illetve a kamrában vagy sötét helyeken kicsírázott növények esetén lép fel.

Második és harmadik rekeszben a víztiszta burájú piros és kék LED-panelet helyeztem el, így meg tudtam vizsgálni, hogy egy bizonyos színnél milyen hatása van a mágneses térnek. Margaret Ahmad és munkatársai azt tapasztalták, hogy a kék fényben és mágneses térben lévő növények nagyobbak lesznek, mint az ugyanolyan mágneses térben fejlődő, de piros LED-ekkel megvilágított növények. Ugyan nem tudtam ugyanolyan kamrát használni, mint a cikk írói, de ennek ellenére hasonló eredményt vártam én is.

A kísérlet menete az eddigiek szerint zajlott annyi különbséggel, hogy itt a megvilágítást én kapcsoltam. Ez minden este 6 és 7 között zajlott és 12-14 órát voltak megvilágítva a növények.

Összesen három diagramot készítettem ehhez a kísérlethez. A különböző rekeszek és módszerek jelölésére rövidítéseket használtam, melyek a következők: sötétrekeszben lévő kontroll „SK”, sötétrekeszben lévő mágneses „SM”; piros megvilágításban lévő kontroll „PK”, piros megvilágításban lévő mágneses „PM”, kék megvilágításban lévő kontroll „KK”, kék megvilágításban lévő mágneses „KM”.

A **20. ábrán** a különböző módszerrel és fénnel kezelt növények csírahosszúságait, csírázási arányait és tömeggyarapódásait átlagoltam. Az első oszlop szokás szerint a csírahosszúságokat jelölte. Látható, hogy a sötét rekeszben lévő növények közül a mágneses térben lévő növények átlagosan nagyobbra nőttek, ebből arra következtettem, hogy nem csak a kék fény hatására hatásos a mágneses tér, hanem egyéb, valószínűleg hormonális és/vagy egyéb élettani hatása is van. Szeretném kiemelni, hogy bár ebben a rekeszben lévő növények nem voltak különösen elmaradva a többi rekeszhez képest, száruk csontszínű volt, tehát fényhiányos állapotban voltak, így nem voltak egészségesek. A következő két oszlop a piros fénnel megvilágított növényeket ábrázolja, bár itt minimális a különbség, csupán 3,7%, ami elhanyagolhatónak mondható, így részletelesebben nem is foglalkoznék vele. Az utolsó két oszlop végül a kék fénnel megvilágított növényeket ábrázolja. Az általam kapott eredmény igazolja a cikket, ami alapján dolgoztam, hiszen az összes érték közül igen kimagaslóan a kék fény és a mágneses tér kettőse eredményezte a legnagyobb növényeket. A piros illetve kék fénnel megvilágított növények színe élénkzöld volt, tehát egészségesen fejlődtek, szabad levegőn is alkalmasak lettek volna további életre.



20. ábra: Búza csírahosszai, csírázási arányai és tömeggyarapódásai különböző megvilágítás mellett, 5 napos fitotron kamrában való csíráztatás után

A következő oszlop a kelési arányokat szemlélteti. Ebben a mérésben ezt nem tartottam kimondottan jelentősnek, hiszen a fénynek nincs köze ehhez a paraméterhez. Látható, hogy mindegyik mágneses térben lévő csészében nagyobb volt a kelési arány, ahogy ez várható is volt az eddigi mérések eredményei alapján.

A harmadik oszlop a különböző növényeknek a kezdeti és vég tömegei között lévő különbséget ábrázoltam. Itt látható, hogy legnagyobb értékeket a mágneses csészék érték el, azok közül is a fényhiányos illetve a kék fénnel megvilágított érték el kimagasló értékeket.

A fentieket összegezve elmondható, hogy Margaret Ahmad méréseit^[7] a saját módszereimmel és eszközeimmel reprodukálni tudtam, így be tudtam bizonyítani, hogy ez a lehetséges magyarázat, tehát hogy a kriptokróm fehérjék és a mágneses tér együttesen igen pozitív hatással vannak a növények fejlődésére.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkám során kidolgoztam egy olyan mágneses kezelési eljárást, amely nagyban elősegíti a növények fejlődését.

Előkísérletek során meghatároztam a kezeléshez szükséges mágnesek számát, térerősségét és a mágneses pólusok megfelelő elrendezését, majd azt az időtartamot, ameddig érdemes a növényeket a mágneses hatásnak kitenni. Az ideális kísérleti összeállítás ismeretében próbaméréseket végeztem több növényfajjal is (kerti sarkantyúka, zöldborsó, különböző fák, bokorbab), melyek segítségével tapasztalatot szereztem a későbbi nagy egyedszámmal végzett kísérleteimhez. A csíráztatást minden esetben Petri-csészébe helyezett méretre vágott, nedves szűrőpapíron végeztem, a csírákat több esetben kiültettem, amihez saját fejlesztésű földkeveréket használtam.

Kellő tapasztalat megszerzése után kísérleteimet nagy egyedszámmal (3×100 db) végeztem, hogy a kapott eredmény valóban reprezentatív legyen. Rövid csírázási idejük miatt búzát, kukoricát és zöldborsót használtam az adatgyűjtéshez. A mérések során a tömeggyarapodást, a csírahosszokat, és a kelési arányt vizsgáltam az 5. napot követően, a gyűjtött adatokból pedig Excel-táblázatokat készítettem. A cserepekbe kiültetett növényeket további heteken keresztül vizsgáltam, és adatokat gyűjtöttem a növények szárának hosszáról és a levelek számáról. Általános tapasztalatként elmondható, hogy az erős permanens mágneseknek igen jelentős pozitív hatása van a növények fejlődésére. A mérések során használt legkisebb mágneses térerősségű, N38SH jelzésű neodímium ötvözetből készült

mágnesek quadropole elrendezésével, 1 óra előmágnesezéssel az általam vizsgált növények mindegyike jelentősen jobban fejlődött, mint a kezeletlen példányok. A kapott eredmény alapján a módszert érdemesnek tartom arra, hogy mezőgazdaságban is alkalmazható módszerré fejlesszem a jövőben.

Megfigyeléseimhez szerettem volna magyarázatot is találni, ezért a szakirodalomban talált fitotron kamrás vizsgálatokat lehetőségeimhez mérten reprodukáltam. Ehhez megterveztem és megépítettem egy egyszerűbb, de működőképes fitotron kamrát, amely segítségével megvizsgáltam, hogy különböző megvilágításokra, illetve a fény teljes hiányára hogyan reagálnak a kontroll illetve a mágneses térben lévő búza, illetve kukorica csírák. Az mindenképp megállapítható, hogy mágneses térben mindenképpen jobban fejlődnek, legyen szó akár a fényhiányos, akár normál megvilágítás mellett fejlődő növényekről. Az irodalomban leírtak szerint mágneses térben a kék megvilágítás mellett figyelhető meg a legintenzívebb növekedés, ezt az általam épített kamrával is tudtam igazolni. A pontos hatásmechanizmus felderítése további vizsgálatokat igényel.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani elsősorban a családomnak, hogy az eddigi másfél év alatt végig támogatták lelkiileg és anyagilag a kutatásomat. Köszönettel tartozom Dr. Ujvári Sándornak (a Lánzos Kornél Gimnázium fizikatanára), hogy szakmai támogatásával és ötleteivel segítette a munkámat. Nagy segítségemre volt Ujvári Eszter (a Lánzos Kornél Gimnázium magyartanára), aki mindig átolvasta, nyelvtanilag kijavította a munkáimat, legyen akár mennyire is hosszú. A különböző mágneses elrendezések ötletét Eszes Andrásról kaptam (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnök alapszakos hallgatója), aki az iskolában tartott CERN-be végzett munkájáról egy előadást. Köszönettel tartozom Papp Tibornak (a Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytermesztő mérnök alapszakos hallgatója), hogy az elmúlt másfél évben együtt dolgozhattam vele, megosztotta velem növényekkel kapcsolatos – számomra végtelennek tűnő – tudását. Hatalmas támogatást kaptam Bélafiné Dr. Bakó Katalin tanárnőtől (a Pannon Egyetem Mérnöki Kar Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézetének vezetője) a szakmai oldalról, ezért nagyon hálás vagyok. Köszönetet szeretnék mondani Prof. Galiba Gábornak (Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományi Kutatóintézet) az igen hasznos, ötletindító szakmai megbeszélésért. Végül, de nem utolsó sorban eme pályamunka szakmai lektorálásért köszönet illeti Czeglédi Esztert (a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Kémia Doktori Iskolájának hallgatója).

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **P. Nagy** – The effect of low inductivity static magnetic field on some plant pathogen fungi, *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 6 (2), 167-171 (2005)
- [2] **Gy. Kubinyi, Zs. Zeitler, Gy. Thuróczy, P. Juhász, J. Bakos, H. Sinay, J. László** – Effect of Homogeneous and Inhomogeneous Static Magnetic Fields Combined with Gamma Radiation on DNA and DNA repair, *Bioelectromagnetics*, Vol. 31 (6) 488-494 (2010)
- [3] **I. A. Solov'yov, W. Greiner** – Iron-mineral-based magnetoreceptor in birds: polarity or inclination compass?, *European Physical Journal*, Vol. 51, 161-172 (2009)
- [4] **I.I. Nagy, R. Georgescu, L. Balacenu, S. Germene** – Effect of pulsed variable magnetic fields over plant seeds, *Romanian Journal of Biophysics*, Vol. 15 (1-4), 133-139 (2005)
- [5] **H. H. Huang, S. R. Wang** – The effect of 60 Hz magnetic fields on plant growth, *Nature and Science*, Vol. 5 (1), 60-68 (2007)
- [6] **M. Racuciu, D. Creanga, I. Horga** – Plant growth under static magnetic field influence, *Romanian Journal of Physics*, Vol. 53 (1-2), 353-359 (2008)
- [7] **M. Ahmad, P. Galland, T. Ritz, R. Wiltschko, W. Wiltschko** – Magnetic intensity affects cryptochrome-dependent responses in *Arabidopsis thaliana*, *Planta*, Vol. 225 (3), 615-624 (2007)
- [8] **F. B. Staub** – *Biológiai lexikon G-L*, Akadémiai Kiadó, 2. kiadás (1975)
- [9] **P. C. Mangelsdorff** – A kukorica eredete, *Scientific American (magyar kiadás)* (10), 60-67 (1986.))

NYILATKOZAT

Nyilatkozat a pályázó egyéni hozzájárulásáról a pályaműben leírt eredményekhez

Alulírott **Nyerki Emil** (anyja neve: Alabert Zsuzsanna Ágnes; születési hely, idő: Dunaújváros, 1994. június 23.), kijelentem, hogy Tudományos Diákköri dolgozatomat a Lánosz Kornél Gimnáziumban készítettem, a XXXI. OTDK-n való részvétel céljából.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozatot más fórumon korábban nem mutattam be, saját munkám eredménye, és elkészítéséhez csak a hivatkozott forrásokat használtam fel.

Nyerki Emil

Dunaújváros, 2012. november 1.