

DIPLOMADOLGOZAT

Pacsi Bence Márk

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Georgikon Campus



Növényorvos MSc Szak

HÁROM GYOMNÖVÉNY

(Cirsium Arvense, Portulaca oleracea, Sorghum halepense)

KUKORICÁRA GYAKOROLT ALLELOPÁTIÁJÁNAK
VIZSGÁLATA LABORATÓRIUMI IN VITRO
KÍSÉRLETBEN

Belső konzulens: Dr. Pásztor György

egyetemi adjunktus

Készítette: Pacsi Bence Márk

PGOK01

nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Növényvédelmi Intézet

Készthely

2024

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	5
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1	Kukoricatermesztés világszinten	6
2.1.1	Származása	6
2.1.2	Történelmi áttekintés	6
2.1.3	A kukorica élettani jellemzői	7
2.1.4	A kukorica termesztésének alakulása	7
2.1.5	A kukorica fejlődési fázisai	9
2.1.6	A kukorica tenyészideje	10
2.2	Magyarország kukoricatermesztése	11
2.3	A kukorica termőhelyigénye	13
2.3.1	Éghajlatigény	13
2.3.2	Vízigény	14
2.3.3	Talaj és tápanyagigény	16
2.3.3.1	A kukorica tápanyagellátása	17
2.4	A kukoricatermesztés agrotechnikai elemei	18
2.4.1	Vetésváltás	18
2.4.2	Vetés	19
2.4.3	A fajtaválasztás szempontjai	20
2.5	A kukorica növényvédelme	21
2.5.1	Kórokozók	21
2.5.2	Kártevők	23
2.5.3	Kukorica gyomszabályozása	24
2.6	A T4-es életformájú gyomnövények	25
2.6.1	A T4-es életformájú gyomnövények általános jellemzése	25
2.6.2	A T4-es életformájú gyomok hazai helyzete	26

2.6.3	<i>Portulaca oleracea</i> L. – Kövér porcsin	27
2.6.3.1	Jelentősége	27
2.6.3.2	Morfológiája	27
2.7	Geophyta (G): talajban telelő gyomnövények	28
2.7.1	Geophyta (G) életformájú gyomnövények jellemzése	28
2.7.2	Szaporítógyökerező fajok (G ₃)	28
2.7.3	Hazai Geophyta gyomok helyzete.....	29
2.7.4	<i>Sorghum halepense</i> L. – Fenyércirok	30
2.7.4.1	Jelentősége	30
2.7.4.2	Morfológiája	30
2.7.5	<i>Cirsium arvense</i> L. – Mezei aszat.....	31
2.7.5.1	Jelentősége	31
2.7.5.2	Morfológiája	32
2.8	Allelopátia.....	33
2.8.1	Allelopatikus növények ökoszisztémákra gyakorolt hatása	33
2.8.2	Az allelokémikáliák környezetbe jutása	34
2.8.2.1	Párologtatás útján.....	34
2.8.2.2	Gyökér általi kiválasztás	34
2.8.2.3	Csapadék általi kimosódás	34
2.8.2.4	Növényi maradványok elbomlása útján.....	35
2.8.3	Az allelopátia alkalmazása a gyomszabályozásra	35
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER	39
4.	VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK	39
4.1	A <i>Portulaca oleracea</i> allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény hajtáshosszúságára.....	39
4.2	A <i>Portulaca oleracea</i> allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény gyökérhosszúságára	39
4.3	A <i>Sorghum halepense</i> allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény hajtáshosszúságára.....	41

4.4	A <i>Sorghum halepense</i> allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény gyökérhosszúságára.....	42
4.5	A <i>Cirsium arvense</i> allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény hajtáshosszúságára.....	43
4.6	A <i>Cirsium arvense</i> allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény gyökérhosszúságára.....	44
5.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	45
6.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	47
7.	IRODALOMJEGYZÉK.....	48
	Nyomtatásban megjelent források.....	48
	Internetes források.....	50
8.	ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	51
	Ábrajegyzék.....	51
	Táblázatok jegyzéke	52
	Diagramok jegyzéke.....	52
	Köszönetnyilvánítás.....	53
	Nyilatkozat	54

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

„A műtrágyáknak, rovarirtó szereknek és génmódosított növényeknek köszönhetően a mezőgazdasági termelés ma bőven túlteljesíti azt, amit az ősi földművelők az isteneiktől vártak.”

Yuval Noah Harari

A kukorica (*Zea mays*) hazánkban valamint világon is az egyik legfontosabb gazdasági kultúrnövényünk, mind emellett a kukorica napjainkban a legnagyobb vetésterületen termesztett szántóföldi növények közé tartozik.

A kukorica gyomszabályozása a fokozatosan erősödő klímaváltozás által egyre nagyobb gondot tud okozni az állományokban. Általánosságban véve a kukorica monokultúrás termesztése elősegíti a gyomok felszaporodását, ezáltal megnehezítve a gyomirtást. Rengeteg szántóföldi kísérlet és írások bizonyítják, hogy a kukorica gyomszabályozás nélkül nem termeszthető sikeresen. Komoly gazdasági károkat okozhatnak főleg a kultúrnövény fejlődési szakasza kezdetén, valamint a termésbiztonságban is fontos szerepet játszik a gyomok elleni védekezés. A szántóföldi területeink gyomflórája a közelmúltban nagy változásokon ment keresztül, mint ahogy azt az Országos Gyomfelvételezési adatok is jól tükrözik. Az újonnan megjelent gyomok, valamint a mára köztudatban lévők tömeges előfordulása főként T₄-es, G₁-es továbbá G₃-as életformákban vannak jelen a kukorica állományainkban.

Mivel a kukorica tág térállású kapásnövény, ezért képtelen felvenni a versenyt a magról kelő T₄-es, a tarackos G₁-es és a szaporítógyökeres G₃-as életformájú gyomok csoportjaival. Jellemző rájuk a gyors kezdeti fejlődés, a hatékony vízárt történő versengés illetve az allelopátiát sem hagyhatjuk figyelmen kívül. Az említett tények érdekében a gyomok elleni beavatkozásokat szükséges megtervezni.

A kukorica csírázására valamint a csírázás utáni fejlődésére kifejtett különböző hatásvizsgálatokat végeztünk el az említett tavasszal csírázó, nyárutói egyéves, tarackos és szaporító gyökeres fajokkal. A vizsgálat során választ keresünk arra, hogy a mezei aszat, a kövér porcsin és fenyércirok fajok képesek-e allelopatikus hatást kiváltani a kukoricával szemben, azonfelül tekinthetjük-e az allelopátiát versenyképességük okának. Fel kell hívni a figyelmet a speciális gyomirtási és integrált növényvédelmi technikák alkalmazásának fontosságára is. Szeretném bemutatni a diplomadolgozatomban az allelopátiás vizsgálatom folyamatát, eredményeit és a következtetéseiket.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Kukoricatermesztés világszinten

2.1.1 Származása

A kukorica rendszertani besorolását tekintve a pázsitfűfélék (*Poaceae*) közé tartozik, továbbá a családon belül a nemzetségen belül egy faj sorolható be, a *Zea mays* L., azonban vad alakja nem ismert. A legtöbben a kukorica ősének a teosinte-t (*Zea mexicana*) tartják (BEADLE, 1980). Mások a gammafüvet (*Tripsacum dactyloides* L.) tekintik a valódi ősének. Feltételezhető, hogy a faj kialakulásának a kezdetleges szakaszában a virágzata a kalászos gabonafélékhez hasonló módon nem váltivarú volt. A pelyvás kukorica lehetett a kukoricának az egyik átmeneti őse innováció későbbi szakaszában, amelynél jellemző módon a kukoricacsövön minden szemtermést pelyva borít (BOCZ et al., 1996).

2.1.2 Történelmi áttekintés

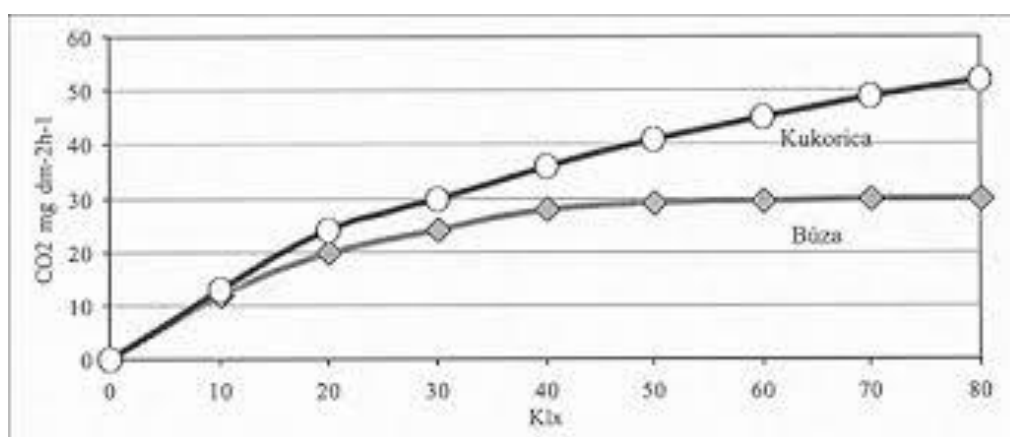
A kukorica az amerikai kontinensről származik, hogy a földrész melyik országa-országai tekinthetők a kukorica őshazájának igen vitatott napjainkra is. Vélhetően Közép és Dél Amerika a mai Mexikó, Guatemala, Peru, Columbia hegyes vidékei a kukorica géncentruma. A legrégebbiről származó kukoricacső maradványait Mexikó területén találták, amely régészeti leletét 7000 évesre becsülnék. A konkrét származási helyén kívül ismeretlen még a kukorica ősi alakja is, mivel vad alakját nem találták meg (PEPÓ, 2019)

Amerika felfedezése után ismerkedett meg Európa a kukoricával. A kukoricáról az első írásos feljegyzés Kolumbusz Kristóftól származik, aki 1492. november 6-án jegyezte fel, hogy Kuba belsejében találtak egy mahiznak nevezett növényt, a mai kukorica őst. Európába, Spanyolországba 1493-ban hozta be Kolumbusz. Az Öreg kontinensen és majd az egész világon a kukorica termesztését hamar megszerették a könnyű ápolása, jó termőképessége és a hosszú távú kedvező tárolhatósága miatt. Magyarországra 1590-ben hozták be Olaszországból vagy Dalmáciából, de megjelent a törökök közvetítésében is az 1600-as években is. A több vonalról való beérkezése okán hívják tengerinek illetve törökbúzának is. (PEPÓ, 2019)

A kukorica vadon emberi beavatkozás nélkül tovább szaporodásra teljesen képtelen növény. A magja nem pereg, az esetleg csövestől a földbe kerülve és ezáltal csokrosan kikelő sok növény egyed termést hozni képtelen. Svéd botanikus Linné a görög kifejezésű *zea* szóból, amely gabonaféléket jelent, és az indián mahiz szóösszetételből megalkotta a mai használt nevét *Zea mays* L. (PEPÓ, 2019)

2.1.3 A kukorica élettani jellemzői

A kukorica egylaki, váltivarú növény. A hímvirágzat (címer) valamint a nővirágzat (torzsavirágzat) egy növényen, de különféle helyen helyezkedik el. A kukorica fotoszintézise – más trópusi származású növényekhez hasonló módon – nem a C_3 -as szántóföldi növényeink, hanem a C_4 -esek szerint megy végbe (1. ábra). A CO_2 a kukoricában elsőként nem három, hanem négy szénatomos szerves savakban kötődik meg. Takarékosabb párologtatásra képes: száraz, továbbá meleg, napsütéses feltételek között a levelek a párologtatást úgy tudják csökkenteni, hogy gázcseré-nyílásaikat nappal csaknem teljes mértékben zárva tartják. A szárazabb, melegebb, erőteljesebb napsütéses időben a C_4 -es növények mintegy kétszer annyi szárazanyagot képesek előállítani, mint hasonló feltételek között a C_3 -as növények (INTERNET1).



1. ábra: A C_3 -as (búza) és a C_4 -es (kukorica) fotoszintézisének intenzitása a megvilágítás függvényében (Forrás: INTERNET1)

2.1.4 A kukorica termesztésének alakulása

A következő 50 évben annyi élelmiszert kell termelnünk, mint az elmúlt 10 ezer évben összesen. A kukorica a világ legnagyobb mennyiségében termesztett és az egyik legsokoldalúbban felhasználható növénye, így kulcsszerepe van a takarmányozásban, az élelmiszeriparban és a bioüzemanyag-iparban is, ezek a piacok azonban eltérő minőséget igényelnek, és különböző árakat biztosítanak (NAGY J. et al., 2021).

A világ kukoricatermelése 1990-ben 448 millió tonna volt, ami 2018-ra 1147 millió tonnára emelkedett (1. táblázat). A termelés növekedése a gabonafélék között a legdinamikusabb. A kukorica a világ lakosságának ételmezésében betöltött alapvető szerepe és a termelésének gyors ütemű növekedése miatt a világ egyik legfontosabb kultúrnövénye lett. A világon több mint 200 millió hektáron termesztik, termésátlaga 5,75 t/ha. A kukorica genetikai terméspotenciálja ugyanakkor körülbelül 50 t/ha, amit bizonyít, hogy az Egyesült Államokban egy David Hula nevű gazdálkodó táblaszinten évek óta 40 t/ha feletti termésátlagot ér el (GMO-hibridekkel) (NAGY J. et al., 2021).

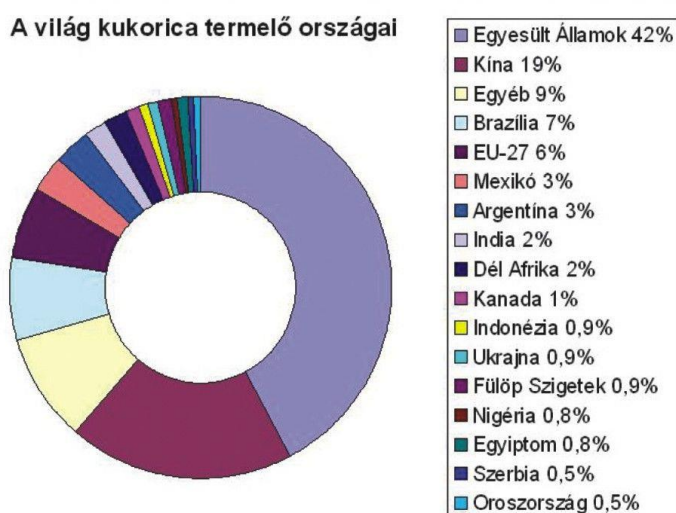
A világ kukorica termesztő országai (2. ábra) közül a legjelentősebb az Egyesült Államok 34,6 millió hektáron 11,11 t/ha termésátlagot ér el; Kína 43,3 millió hektáron 6,29 t/ha termésátlagot; Argentína pedig 8,1 millió hektáron 7,43 t/ha termésátlagot. Európában Franciaország 1,5 millió hektáron termeszt kukoricát, a termésátlag 9,91 t/ha; Magyarország 1,1 millió hektáron, a termésátlag 6,09 t/ha (FAO, 2021).

1. táblázat: A világ kukoricatermelésének dinamikája, 1989-1991, 2018 (Forrás: Nagy J. – Kukorica a nemzet aranya et al., 2021)

Megnevezés	Termőterület 1000 ha		Termésmennyiség 1000 tonna		Termésátlag kg/ha	
	1989-1991	2018	1989-1991	2018	1989-1991	2018
Európa	10 696	17 048	54 678	128 595	5 098	7 542
Ázsia	39 467	67 296	126 752	361 564	3 210	5 372
Afrika	24 973	38 673	38 698	78 900	1 551	2 040
Észak-Amerika	37 011	34 510	217 657	406 335	5 883	11 774
Dél-Amerika	16 911	26 611	35 040	139 887	2 071	5 256
Óceánia és Ausztrália	71	75	376	606	5 270	7 975
Magyarország	1 091	955	6 268	7 963	5 640	8 435

Kevés olyan növény van, melynek a termésátlagai között akkora különbségek lennének a világon, mint a kukorica esetében, az országos átlaghozamok 2 - 11 t/ha között változnak. Kísérletekben 30 - 35 t/ha-os eredményeket is mértek. A világátlag (5,75 t/ha) messze elmarad a genetikai terméspotenciáltól. 1995 óta a búza betakarított területe viszonylag stabil maradt, a kukoricáé 30 %-al emelkedett, elsősorban a növekvő takarmányozási és etanolgyártási célú felhasználás miatt (OLÁH és POPP 2018).

2018-ban a növénytermesztésre használt földterület 1.411 millió ha, amelynek 13 %-át a kukorica foglalja el (NAGY J. et al., 2021).



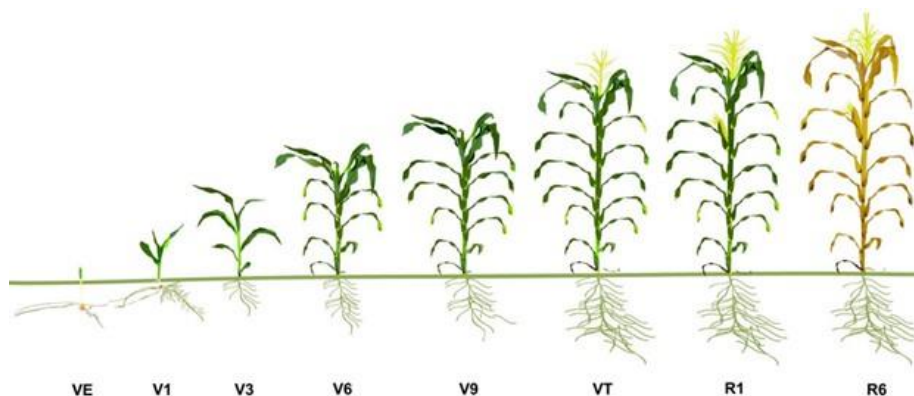
2. ábra: A világ kukoricatermelő országai (Forrás: INERNET2)

2.1.5 A kukorica fejlődési fázisai

A kukorica növekedési és fejlődési fázisa a keléstől a fiziológiai érettségig tart (2. táblázat, 3. ábra). A csírázás, a kelés fenofázisában a lehűlés (10°C -nál kisebb hőmérséklet) lehet akadálya a gyors és folyamatos fejlődésnek. A statikai vízigénye 70 : 30 %, vagyis a talajpórusban a víz : levegő arányának ezen körüli értéken szükséges alakulni. Már 3 - 4 leveles korban elkezdődik és ütemessé válik a járulékos gyökerek fejlődése. A szárba menés kezdetét követően a kukorica hamar eléri a 6 - 7 leveles fejlettségi állapotot, amikor is – a szár megnyúlásával – a víz és a tápanyagfelvétel is megnövekszik. A címerhányástól a víz- és tápanyagellátásra egyaránt érzékeny a kukorica. A virágzás, a megtermékenyülés, a szemképződés időszakában a kukorica vízigénye eléri a maximumot, intenzív a N-, a P-felvétel továbbá erőteljessé válik a tápelemek átrendeződése a levelekből és a szárból a szemtermésbe. A termékenyülés eredménye a címervirágzat pollenkibocsátásától, a bibeszálak kifejlődésétől, a csuhéleveleket meghaladó növekedésétől, valamint a pollenek a bibeszálra való tapadásától függ. A kukorica virágzásánál először a címer (hímvirágzat) jelenik meg, majd 2 - 3 napra rá megjelenik a nővirágzat (a torzsavirágzat) és annak elején a bibeszálak. Ezért, ha a megtermékenyülés időszakában aszályos az időjárás, akkor hiányos lesz a megtermékenyülés. Egy csövön maximálisan 1000 szem lehetne, de aszályos évben csak 500-600, még kedvező évjáratban általában 800 - 850 szem van. A szemtermés kifejlődése kb. 60 napot igényel. A szemtelítődés – a tényleges kitöltési – periódusa azonban csak 27 - 30 napra tehető. A szénhidrátok beépülése a szembe a fiziológiai érésig tart. A szemnedvesség-tartalom 32-38 % körül van ebben a fenofázisban. A szemnek a csutkával összekötő köldök felőli része elhal, kialakul a „fekete réteg”. A korszerű hibridek a fiziológiai érést sokkal alacsonyabb szemnedvességnél érik el. Ez lehet akár 25 % vagy kevesebb. Stressz hatására is kialakulhat a fekete-réteg, ekkor a szemnedvesség lehet még 38 %-nál magasabb is (BOCZ & mtsai, 1996).

2. táblázat: A kukorica növekedési és fejlődési fázisai (Forrás: INTERNET3)

Vegetatív fázisok	Reproduktív (generatív) fázisok
VE (emergence) kelés	R1 (silking) bibe virágzás
V1 (first leaf) első levél	R2 (blister) hólyag állapot
V2 (second leaf) második levél	R3 (milk) tejesérés
V3 (third leaf) harmadik levél	R4 (dough) viaszérés
V(n) (nth leaf) n-edik levél	R5 (dent) kupanyom megjelenése
VT (tasseling) címerhányás	R6 (physiologic maturity) fiziológiai érettség



3. ábra: A kukorica növekedési és fejlődési fázisai (Forrás: INTERNET3)

2.1.6 A kukorica tenyészideje

Az egyes hibridek tenyészideje jelentősen eltér a különböző földrajzi helyeken (Jugenheimer 1958). Andrejenko és Kuperman (1961) három tenyészidő csoportba sorolja a kukorica hibrideket. A rövid tenyészidejű hibridek 55 - 65 nap, a közepes tenyészidejűek 110 - 115 nap, a hosszú tenyészidejű hibridek 160 - 230 nap alatt értek be. A FAO-szám (tenyészidő, 1954-ben vezették be) minden hibridet három számjeggyel jellemez, a 100-as a legkorábbi, a 999-es a legkésőbbi hibridet jelöli. A három számjegy közül az első jelöli az éréscsoportot, a második a hibrid helyét az éréscsoporton belül, míg a harmadik számjegy a szem típusáról ad információt. A harmadik számjegynek napjainkban már nincs jelentősége, mert túlnyomó többségben sárga és lófogú kukoricát termesztnek.

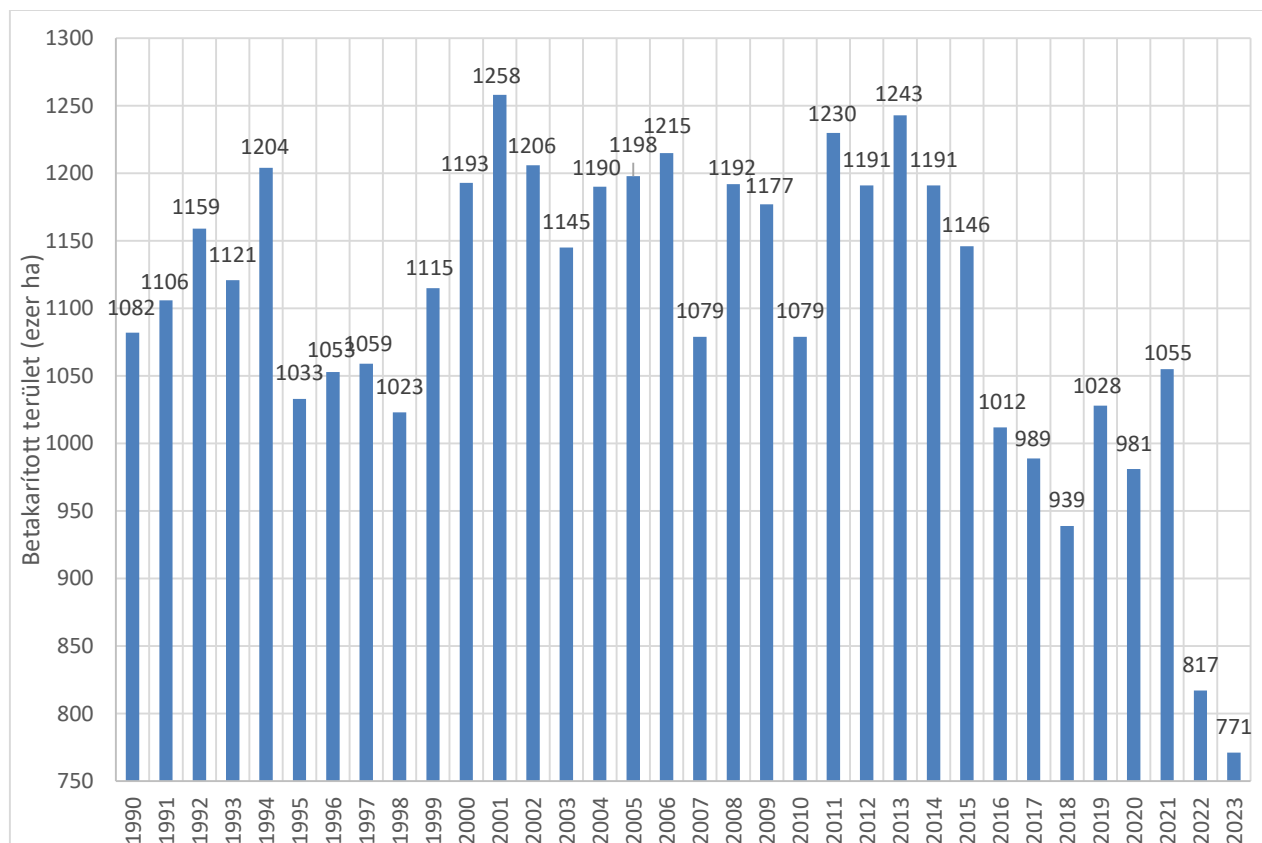
A hőmérséklet és a növények növekedése közötti kapcsolattal először Lehenbauer (1914) foglalkozott. A későbbiekben Hanway (1963) a nővirágzás előtti fejlődési szakaszokat a levelek száma alapján állapította meg, az azt követő szakaszokat a szemfejlődés alapján határozta meg, a kukorica tenyészidejét 11 szakaszra osztotta. (3. táblázat). A kukoricaszemek vízleadásának és a fiziológiai érést követő vízvesztése szoros összefüggésben van a tenyészidőszak fenofázisainak hasznos hőösszegével. (NAGY J. et al., 2021)

3. táblázat: Kukorica fejlődési fokozatai (Forrás: Nagy J. – Kukorica a nemzet aranya et al., 2021)

	Vetés	Kelés	4. levél	8. levél	12. levél	16. levél	Megtermékenyülés	Megtermékenyülés 12. nap	Megtermékenyülés 24. nap	Megtermékenyülés 36. nap	Megtermékenyülés 48. nap	Megtermékenyülés 60.nap=Fiziológiai érés	Betakarítás
Napok száma		9	13	37	51	65	75	87	99	111	123	135	145
Skála		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hőösszeg °C		4	76	172	340	522	697	818	945	1064	1178	1313	

2.2 Magyarország kukoricatermesztése

A kukorica nem csak a világon az egyik legfontosabb gabonanövény, hanem hazánkban is. 2021-ben Magyarországon a búzát is meghaladva 1055 millió betakarított hektárnyi terület volt (1. diagram). Ez azonban az utóbbi két évben extrém módon visszaesett. Az elmúlt 5 év átlaga 930 ezer ha, ilyen alacsony betakarított területre az utóbbi évtizedekben nem volt példa. Az adatok alapján 50 éves mélypontra került a hazai kukoricatermesztés. (INTERNET4).

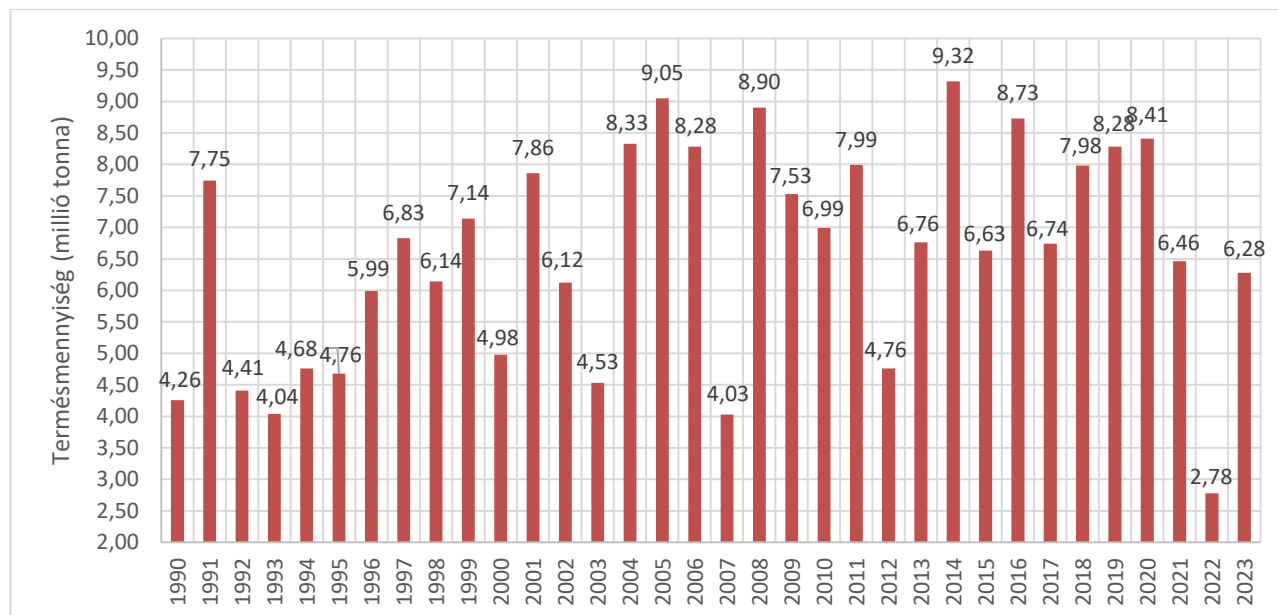


1. diagram: Magyarországon betakarított kukorica területe 1990-2023 (ezer ha)

(Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

Magyarországon a KSH adatai szerint 2022-ben 2,78 millió tonna kukoricát termesztettek (2. diagram). Bizonyítottnan az elmúlt fél évszázad során ez a mennyiség a legalacsonyabbnak mondható. A 2014-es 9,32 millió tonnás kukoricamennyiség egyébként az 1961 óta rendelkezésre álló adatsorban rekordnak számított. A legalacsonyabb a hazai termés, 2,74 millió tonnával 1961-ben volt. Onnan az 1975-ös 7,17 millió tonnás termésig kisebb ingadozásokkal, de folyamatos volt a növekedés. Az 1976-os 5,14 millió tonna egy gyenge évnek számított, de 1982-re már majdnem 8 millió tonna kukoricát takarítottak be Magyarországon. Utána 1989-ig 6,3 millió és 7,3 millió tonna között mozgott a termés. Majd jelentős ingadozások következtek, de az 1993-as 4,04 millió tonnás lokális mélypontról megindult a növekedés,

bár az 1999 és 2004 közötti időszak sem a kiszámíthatóságról szólt, ahogy az utóbbi éveké sem. (INTERNET5)

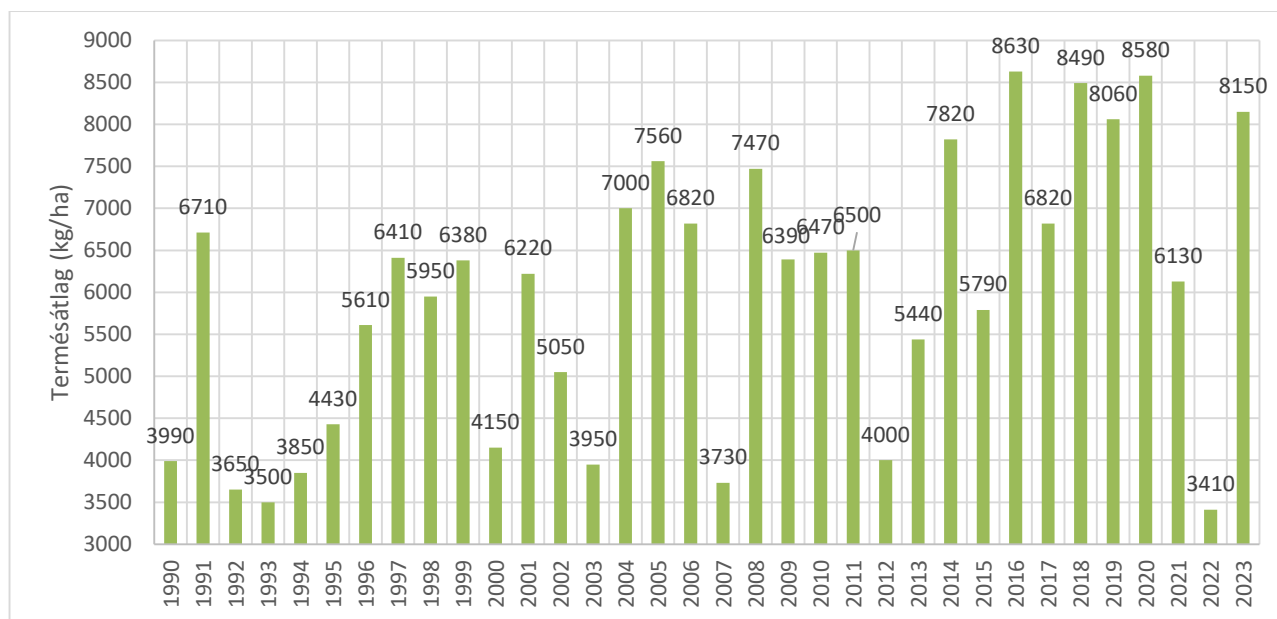


2. diagram: Magyarországon termesztett kukorica termésmennyisége 1990-2023 (millió tonna)

(Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

A klímaváltozás következtében egyre gyakoribbak a száraz, aszályos évjáratok. 10 évből 5 - 6 év aszályos és a csapadék tenyészidőben való eloszlása kedvezőtlen a kukorica termesztésének. Korábban 22 - 23 nap volt a csapadékmentes periódus intervalluma. Mindez mára a 40 - 45 napot is elérheti, így jelentős terméseszköket idéz elő (PEPÓ, 2019).

2022-ben a rendkívüli aszály következtében az országos termésátlag mindössze 3,41 t/ha volt, ami 2023-ban ismét 8,15 t/ha-ra emelkedett (3. diagram). 2022-ben a legaszályosabb vármegyékben 2 t/ha alatti termésátlagok voltak (például Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok, Békés, Csongrád-Csanád). Az aszályra leghajlamosabb Alföldön a termésbiztonság növelése elsősorban az öntözés fejlesztésével lehetséges. Rendkívül korszerű biológiai alapokkal (hibridekkel) rendelkezünk, a termesztés színvonala magas szintű, ami azt jelenti, hogy kedvező évjáratban az országos termésátlag 8,20 - 8,60 t/ha körül alakul, azonban tovább kellene lépniük, hiszen öntözéssel könnyedén elérhető a 14 - 16 t/ha-os termésátlag. Öntözéssel termesztés esetén nagyobb arányban jöhetnének szóba a hosszabb tenyészidejű, potenciálisan nagyobb termőképességű hibridek (FAO 500). (INTERNET6)



3. diagram Magyarországon termesztett kukorica termésátlaga 1990-2023 (kg/ha)

(Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

Óriási terméshingadozás miatt bizonytalanok a hazai termesztoők. Magyarországon azonban az utóbbi években 1 millió hektár alá csökkent a vetésterülete, sőt 2022 – 23-ban 704-709 ezer hektár körül alakult a vetésterülete. Ennek oka, hogy az időjárási szélsőségek egyre gyakoribbak, az 50 %-ot is meghaladó terméshingadozást egyértelműen a vízhiány okozza. Napjainkban egyre fokozódó szerep jut a silókukoricának a kérődző állataink téli tömegtakarmányozásában. A silókészítés elterjedése lehetővé tette a nagy tömegű tömegtakarmány biztonságos tárolását, amely a silókukorica termesztésének a növekedését eredményezte Magyarországon. A silókukoricán kívül még szálastakarmánnyként és csalamádénak vetve is termesztjük, de ezek jelentősége gyengébb (INTERNET6).

2.3 A kukorica termőhelyigénye

2.3.1 Éghajlatigény

Származását tekintve a már említett módon trópusi növény, ennek hatására az egyik legmegigényesebb szántóföldi növényünk. A sikeres kukoricatermesztéshez megfelelő mennyiségű napfényre és megre van szükség. A múltban a Kárpátoktól északra már szinte csak siló kukoricát termesztettek (ANTAL, 2005).

A májusi hőmérséklet, valamint a júliusi és augusztusi csapadék különösen fontos, mivel a vízigény a címerhányás és a csövek képződése idején a legnagyobb. A csírázáshoz legalább 10-12 °C-os hőmérséklet szükséges, de a gyorsabb és erősebb fejlődés érdekében a 12-14 °C-ot részesíti előnyben. A csírázás után különösen érzékeny a talajhőmérséklet változására. Ha a talajhőmérséklet 15 °C alá csökken, a levelek

sárgulni kezdenek, ami azt jelzi, hogy a fejlődés leállt. A vegetációs időszak alatt meleg hőmérsékletre van szükség, hogy megelőzzük a hervadást. A fajta kiválasztásakor figyelembe kell venni a fajta tenyészidőszak alatti hőmérsékleti igényeit, olyan fajtát választva, amelynek tenyészideje megfelel az éghajlati viszonyoknak. Hazánk éghajlata alkalmas a kukorica termesztésére, kivéve az északi hegyvidéki területeket és a Bakony vidékét. Délen a nyári átlaghőmérséklet 21-26 °C között mozog, és ez az egyetlen olyan régió, ahol a terméshozamok tartósan magasak. A fő kukorica termőterületek az ország szántóterületének mindössze 60 %-át teszik ki. A hűvös május mellett a kései fagyok is károsítják a kukoricát. Az enyhe, meleg és napos ősz felgyorsítja az érést, míg a fagyok megnehezítik az érést. A nedvesséگی igény júliusban és augusztusban a legmagasabb. A tápanyagellátás és a növényszám megfelelő kezelése szintén csökkentheti a száraz időjárás negatív hatásait (RAGASITS, 1994).

Hazánkban a 30 éves átlagos csapadékmennyiség 500-800 mm. Az elmúlt 100 év többéves átlagos csapadékmennyisége 40 mm-rel kevesebb. Az évi középhőmérséklet Magyarországon 10 °C körüli, míg az Alföldön 9,84 °C. Az évi középhőmérséklet 30 éves átlaga 1°C -kal emelkedett az elmúlt 100 évben (1901-2008) (PEPÓ, 2011)

A kukorica, amely eredetileg rövidnappalos növény, évszázadok óta jól alkalmazkodik a rövid és hosszúnappalos körülményekhez (BOCZ,1992). Magyarországon a tenyészidőszak alatt 1500 óra napfényt tartanak optimálisnak. A hibridkukorica átlagos tenyészidőszaki hőigénye 1100-1400 °C. Nem csak a késői kitavaszkodás és a hűvös május kedvezőtlen a kukorica növekedése szempontjából, hanem a kései fagyok is nagyon károsak a kukoricára. A napos, meleg ősz jól tesz a kukoricának, mert gyorsítja az érést. A hűvös esetleg fagyos kora ősz viszont káros, mert gátolja a beérést és kényszer-érést okoznak (BORSOS et al., 1994).

2.3.2 Vízigény

A kukorica termesztésének nélkülözhetetlen eleme a víz. A növények fejlődésük során (a tápanyagokat oldott formában tartalmazó) vizet vesznek fel a talajból és függőlegesen felfelé, a hajtás irányába szállítják azokat. A fotoszintézis, tápanyagfelvétel a folyamatához és fenntartásához elengedhetetlen, hiszen a növény a tápanyag mellett a víz csak egy kis hányadát építi be a sejtekbe, a többlet víz pedig, ha a leveleken lévő gázcsere nyílásokon keresztül nem távozna a légkörbe, akadályozná a gyökér irányából a tápanyag „felpumpálását” a föld feletti részekbe. A kukorica vízigénye 450–550 mm. Napi vízfogyasztás 4,5–5,5 mm/ha (45–55 m³/ha).

A növényi párologtatás sebessége függ az abiotikus éghajlati viszonyoktól (levegő hőmérséklete, szél, páratartalom és napsugárzás). Párás légkör esetén a párologtatás csökken, az alacsonyabb vízpotenciál különbség hatására. Magas hőmérsékleten, fokozott napsugárzás, illetve erős szél esetén a párologtatás

mértéke nő. Szélsőséges melegben (30 °C felett) a növény a túlzott transpiráció ellen a gázcseré nyílások bezárásával védekezik, ilyenkor viszont a fotoszintézis is leáll, mivel a sztomákon keresztül zajlik a CO₂ felvétele is. (INTERNET7)

A fejlődés kezdetén, valamint a szemtelítődés utáni időszakban kisebb a növények vízfogyasztása. A kukorica vízfogyasztásának üteme, ezen kívül növekedési tendenciája a növényfejlődés ütemévei párhuzamos módon a növekvő vegetatív tömeggel párhuzamos (4. táblázat). Legtöbb vizet a kukorica a címerhányástól a szemtelítődésig terjedő időszakban igényli. A terület gyommentesen tartásával tovább mérsékelhető a felesleges vízfogyasztás (ANTAL et al., 2005).

4. táblázat: A kukorica vízfelhasználása (Forrás: INTERNET7)

Kukorica növekedési időszakai	Napi vízhasználat	Adott szakaszban felhasznált víz	Vetéstől felhasznált összes víz
Víz mennyisége mm-ben megadva			
Vetés - kelés (VE)	2	20	20
Kelés - 4 levél (V4)	2.5	46	66
4 levél - 8 levél (V8)	4.6	74	140
8 levél - 12 levél	6.6	46	186
12 levél - virágzás kezdete (R1)	8.1	96	282
Virágzás - hólýag állapot vége (R2)	8.9	104	386
Hólýag állapot vége - tejes állapot vége (R3)	8.1	48	434
Tejes állapot vége - horpadás állapot kezdete (R4-R5)	6	97	531
Horpadás állapot kezdete - közepe (R5.5)	5	97	628
Horpadás állapot közepe - fiziológiai érés (R6)	2.5	35	663

2.3.3 Talaj és tápanyagigény

A kukorica az összes gabonaféle közül a legigényesebb a talaj minősége és állapota, a talaj tápanyagellátottsága és a talaj termékenysége szempontjából (PEPÓ, 2019).

A nagy termés hozamok eléréséhez elengedhetetlen a mélyrétegű, tápanyagban és humuszban gazdag közép-kötött talaj. Azonban a kukorica, különösen a hibridkukorica jó alkalmazkodóképességű növény a talajok változatos tulajdonságaihoz, ezért a talajra kevésbé igényes. Átlagon felüli termést a közép-kötött mezősegi és erdőtalajokon, vízrendezett réti és öntéstalajokon ad. Átlag körüli termést biztosítanak a kötött réti talajok, a humuszos homoktalajok, az erodált, enyhén lejtős talajok. Átlag alatti termésszintet biztosítanak a gyengén humuszos homoktalajok, a sziktalajok, a sekély termőrétegű erdőtalajok. (BORSOS et al., 1994).

A szemes és siló kukorica a tápanyagigényes növényekhez sorolható. A szemes kukorica fajlagos tápanyagigénye: 100 kg szem és a hozzátartozó szár-terméssel együtt 2,5 kg N; 1,1 kg P₂O₅; 2,2 kg K₂O; vagyis 5,8 kg vegyes - NPK - hatóanyag, ahol a tápanyagok aránya 1:0,4:0,9 körül alakul. A silókukorica fajlagos tápanyagigénye 100 kg zöldtermés biztosításához 0,35 kg N; 0,15 kg, P₂O₅; 0,40 kg K₂O, amely 0,9 kg vegyes hatóanyag, amelyben a tápanyagok aránya 1:0,4:1,1 (RADICS, 1994).

Kalciumból átlagosan 8 kg CaO, magnéziumból pedig 6,5 kg MgO hatóanyagot igényel. Silókukorica tápanyagigénye hasonló megfelelő minőségű termés eléréséhez, a kálium mennyisége csökkenthető 20% körüli mennyiséggel. Mikroelemek közül a Zn-, továbbá a Cu-hiányra érzékeny. A nitrogén elsősorban a termésnövekedésre és a vegetatív növekedésre is. A foszfor növeli a csövön lévő szemek nagyságát és számát. A kálium pedig gyorsítja az érést és növeli a szilárdságot (BORSOS et al., 1994).

A tápanyagellátás az alaptrágyázásra épül, melyet közép-kötött és kötött talajokon még az őszi mélyműveléssel be kell dolgozni. Lazább talajokon, illetve öntözött termesztésben a tavaszi alaptrágyázás javasolható. Hatékony a vetéssel egy menetben a sorban elhelyezett starter trágya kijuttatása. A starter kezelés még a jó tápanyagellátás esetén is olyan indítást jelent, mely az állomány fejlődését érdemben meggyorsítja. A fejtrágyázás takarmány kukoricában a megosztott nitrogén-kezelésekkel történik. A hibrid és csemegekukoricánál a minőséget javító kezelések jelentősége nagyobb, ezért ott többször lehet szükség több tápelem kijuttatására. A kiegészítő lombtrágyázás a technológia része és nagy segítséget jelent az állománynak. Elsősorban élettani hatása, a fontos mikroelemek pótlása és az időzítés lehetősége miatt jelentős. (INTERNET8)

2.3.3.1 A kukorica tápanyagellátása

A kukorica tápanyagellátása csak trágyázással biztosítható. Ezért a kukorica számára megfelelő mennyiségű szerves- és/vagy műtrágyát kell adnunk.

Alaptrágyázás

A tápanyagszükséglet nagyobb részét alaptrágyaként juttatjuk ki a szemes és silókukorica termesztésben. A hagyományos ellátásban a foszfor és kálium szinte teljes mennyisége az alaptrágyázással kerül ki. A tápanyag szükségletet a termésszint és a talaj ellátottsága szerint tervezzük. A mély műveléssel őszi, vagy laza talajon tavasszal bedolgozott tápanyag mennyisége 80-90 % a foszfor és kálium esetében.

Őszi alaptrágyázáskor a nitrogénnek csak legfeljebb harmadát érdemes kijuttatni a szármaradványok mennyiségének függvényében. Tavaszi alaptrágyázáskor a foszfor és kálium mélyre forgatása mellett is érdemes a nitrogént a magágykészítéskor sekélyebben bemunkálni.

A sorkezeléssel kijuttatott starter kezelés tápanyaga jelentősége intenzív termesztésben nagyobb. A célzott kezelés hatékonysága sokkal jobb az induláskor, mint a talaj ellátottság, vagy az alaptrágya, melyet csak hetekkel később ér majd el a fejlődő növény. Vetéssel egy menetben viszonylag jobban oldódó, magasabb foszfor tartalmú mikroelemes műtrágyát célszerű választani, mint például a mikrogranulátum Microphos MoZn starter, melyet a meglévő adagoló, mikrogranulátum szóró pontosan kijuttathat. A megosztott fejtrágyázással kijuttatott nitrogén a tenyészidőben kerül ki amikor a fejlődéshez, termésmennyiség alakulásához a legfontosabb.

Fejtrágyázás

A kukorica nitrogénfelvétele a tenyészidő során viszonylag egyenletes, ezért a tenyészidő második felére csökkenő ellátás a terméseredményben már csökkentő tényező. A jó nitrogén ellátással a virágzás is korábban kezdődik, az állomány fejlődése dinamikusabb.

A fejtrágyázást elsősorban a nitrogén ellátás egyenletessé tétele, illetve időben megfelelő dinamikával történő kijuttatása jellemzi. Ezzel a környezetvédelmi szempontnak, a nitrogén veszteség csökkentésének is eleget teszünk, de a nitrogén ellátás hatékonyságának növekedésével a tápanyagellátás gazdaságossága is javul. Az első kritikus szakasz a 40 cm magasság körüli időszakban van. Megosztott kezelésnél a 70 cm körüli magasság a termésképződésre is hatással lévő második időpont a fejtrágyázásra. Természetesen az adagok megállapítása a talajtípustól, az öntözés lehetőségétől nagyban függ, hiszen a tápanyag mozgása a fejtrágyázás hatékonyságát illetően meghatározó. A szakszerű ellátás tehát sok szempont miatt követendő.

Lombtrágyázás

A kukorica lombtrágyázása az állománykezelő növényvédelmi munkák megjelenéséig csak elméleti lehetőség volt, a gyakorlatban minimális volt a kezelt terület. A szükséges növényvédelmi kezelésekkel egy menetben történő lombtrágya kezeléseket az intenzív kukorica meghálálja.

A korai kezelések lehetősége is jelentős adott esetben. A magas foszfortartalmú, vagy/és cinket tartalmazó készítménnyel a starter hatás erősíthető, valamint a korai hiányok kezelése válik lehetővé. Több éves tapasztalataink nagyon jók a magas cink és foszfort tartalmazó Fosfitex Zn/Mn oldattal, melynek növényt erősítő aktív biológiai hatása hasonlóan jelentős.

A komplett kezelés, vagy mikroelem pótlás élettani hatása jelentős, amit a fejlődés lendülete, a termés mennyiségének emelkedése bőven megtérít.

A takarmány kukorica lombtrágyázásánál elsősorban a nitrogén és mikroelemekből a cink lehetnek a legfontosabbak. Komplett lombtrágya választással az intenzív növekedést egy-két kezeléssel jelentősen segíthetjük. A Rosasol 30-10-10 a kukorica számára is ideális megoldás magas mikroelem tartalmával a növekedés serkentésére és hiány megelőzésre egyaránt. (INTERNET8)

2.4 A kukoricatermesztés agrotechnikai elemei

2.4.1 Vetésváltás

A kukorica vetésváltása jelentős mértékben befolyásolja a termesztés hatékonyságát, valamint a vetésváltásnak jelentős funkciója van az aszály kedvezőtlen hatásainak mérséklésben, mivel a növények eltérő mértékben veszik igénybe a talaj víz-, ezen kívül tápanyagkészletét. Az elővetemény hatást gyakorol a gyomosodásra, kórokozók, valamint kártevők elszaporodására, így jó vetésforgó használatával lehetőség van a védekezésre az amerikai kukoricabogár ellen. A kukorica ahhoz a kevés szántóföldi növényhez tartozik, amely korábban önmaga után is sikerrel volt termesztendő (PEPÓ, 2019)

A kukorica azon kevés szántóföldi növények egyike, amelyet sikeresen lehet önmaga után is termesztetni (BOCZ et al. 1994)

A kukorica nem igényes az előveteményekre sem. A kukorica jól terem a pillangós takarmánynövények után, amelyek gazdagítják a talajt, de más növények után is vethető. A korábbi évek alatt rendszerint két gabona közé került, legfőképpen az Alföldön volt elterjedve a kukorica utáni búza sorrend. A kukorica - búza évenkénti váltásáról egyes üzemekben áttértek a bikultúrás – kukorica-kukorica, búza-búza –vetésváltásra, továbbá a részleges monokultúrás kukoricatermesztésre. A kukorica monokultúrában való termesztésekor a következő feltételeknek is meg kell felelni: évenkénti tápanyag

visszapótlás, betegségekkel, ezen kívül kártevőkkel szemben rezisztens fajták termesztése, - eltérő tenyésztési hibridek rotációja -, továbbá a gyommentesség érdekében megfelelően gyomirtószer rotáció. (BORSOS et al., 1994).

A kutatások kimutatták, hogy a kukorica monokultúrában való termesztése esetén az évek során növeli a talaj víz- és tápanyag hiányát, valamint monokultúrában ingadozik a termés mennyisége és a szem termésminősége is gyengébb. A kukorica önmaga utáni termesztése esetén a gyomok is jelentős problémát jelentenek. (PEPÓ, 2019)

2.4.2 Vetés

A kukorica vetése tavasszal – április vége felé, május elején – a fagyokat követően pneumatikus szemenkénti vetőgéppel történik. A kukorica csírázásához 8-12 °C-os talajhőmérsékletre van szükség, a Cold-teszt értékétől függően. A Cold-teszt értéke a hibridek csírázás alatti hidegtűrését jelzi. Ha a Cold-teszt értéke 90 % fölött van, a vetés már 8 °C talajhőmérsékleten is elvégezhető, de ha ennél alacsonyabb, akkor 10-12 °C talajhőmérsékletet kell megvárni. Az utóbbi időben a globális felmelegedés hatására a talaj hőmérséklet április első felében elérheti a 10 °C-ot (PEPÓ, 2011).

A kukorica vetésének legmodernebb módszere a szemes vetés, amelyet modern kukoricavetőgépekkel lehet elvégezni. A szemes vetésnél a sortávolság a használt vetőgéptől függően 70 cm vagy 76,2 cm, de használnak 75 cm-ig vető kukoricavetőgépeket is. A szemes vetés lényege, hogy csak annyi vetőmagot vetünk, amennyit a termőhelyi körülményekhez optimálisnak tartunk (figyelembe véve a hibridek növekedési térigényét) (BORSOS et al., 1994).

A vetőmag mennyisége a tervezett csírázási aránytól és a vetőmag minőségétől (hasznosulás iérték, ezermagtömeg) függ. A Magyarországon termesztett hibridek esetében ez a mennyiség 50.000 - 80.000 ha/csíraszám. A szükséges tőszám a hibridtől függően változik. A rövidebb tenéyszidejű hibrideknél általában több, a hosszabb tenéyszidejű hibrideknél kevesebb tőszámmal lehet termesztetni. Sortávolságot tekintve az átlagosan 70 cm-es, úgynevezett kapás-sortávolságú (76,2 cm) vetés az elterjedt. A kukorica megfelelő vetési mélysége 6-7 cm középötött talajokon és 5-6 cm kötött talajokon, azonban kellő nedvesség tartalmú, aprómorzsás, ülepedett magágy megléte szükséges, ennek hiányában rögös, vagy túl száraz magágy esetén a vetésmélység 7-8 cm is lehet. A túl mély vetés nem kívánatos, mivel a magok hideg talajba kerülnek, és a csírázás lassú lesz. (BOCZ et al., 1996).

A kukorica termesztés intenzívebbé válásával és az új hibridek köztermesztésbe vonásával a hibridek tenéyszterület igénye és a hektáronkénti tőszám jelentősen megváltozott. A tőszám a terméshozam fő

meghatározója. A hektáronkénti 10 ezer tőszámos változtatás a termést 1,5 – 2,0 tonnával képes növelni. (ANTAL et al., 1994).

2.4.3 A fajtaválasztás szempontjai

Magyarországon jelenleg több mint 400 a NÉBIH által elismert hibrid van köztermesztésben. Emellett az uniós fajtalistából bármelyik kukorica vetőmagját be lehet hozni köztermesztés céljából. Az utóbbi években a termőképesség mellett elsősorban az érésidő, a vízleadás, a szemnedvesség-tartalom, a termésbiztonság, az alkalmazkodóképesség, a szárazságtűrés, illetve a szárszilárdság vált a hibridek megválasztásának legfontosabb szempontjává.

A tenyésztési hosszúsága és a termőképesség között szintén van összefüggés. Minél hosszabb a tenyésztési idő, annál hosszabb az asszimilációs időszak. Általánosságban kijelenthetjük, hogy a hosszabb tenyésztési idő a nagyobb termőképesség lehetőségét hordozza magában. A tenyésztési-idő-hosszúság kifejezésére 1954 óta a FAO-számot használják (5. táblázat).

5. táblázat: Kukorica hibridek csoportosítása tenyésztési idő szerint (Forrás: INTERNET9)

Megnevezés	FAO szám	Tenyésztési idő
Igen korai	200-299	125-140
Korai	300-399	140-145
Középérésű	400-499	145-150
Közép-késői érésű	500-599	150-165

Az országszerte beállított szántóföldi kisparcellás kísérleti körülmények között a legnagyobb termést ugyan a középérésű (FAO 400–499) hibridek esetén mértük, azonban a termésingadozás is ebben a csoportban volt a legnagyobb, és itt változik leginkább az évenkénti árbevétel és a jövedelmezőség. A legkisebb termésingadozást az igen korai érésű (FAO 200–299) hibridek mutatták, azonban e csoport termése több mint 1 tonnával marad alatta a korai, illetve középérésű hibridek hozamának. A termés nagyságot és a termésingadozást együttesen figyelembe véve reális lehet a korai (FAO 300–399) érésű hibridek termesztése. Minél hosszabb a tenyésztési idő, annál nagyobb a betakarításkor mért szemnedvesség és a termelés kockázata, ami az érés bizonytalanságában jelentkezik.

A közép- és késői érésű hibridek vízleadása sok esetben már a kedvezőtlen őszi, hűvösebb és csapadékosabb klimatikus körülmények között megy végbe, amely így nagyon lassú folyamat, ezért a

szárítási költség adott esetben igen nagy lehet, illetve egy csapadékos őszön a fuzáriumfélék fertőzésének is nagyobb az esélye. Ugyanakkor a növény-egészségügyi kockázat is ronthatja a profitot. A kísérleti eredmények azt mutatják, hogy hazai körülmények között a FAO 300-as éréscsoport hibridjei garantálják a termelők számára a nagyobb hozamokat és közepes termésingadozás, mérsékelt szárítási költségek mellett az egyenletesen kedvező jövedelmezőséget (INTERNET9).

Az ország déli felében nagyobb biztonsággal termesztethők a középkésői érési csoport hibridjei. Érdekes amiatt is termesztetni, mert termőképességük nagy. Az ország középső részén a középérésű hibridek termesztése lehet jelentős. Az északi, valamint a nyugati területeken az igen korai érésű hibridek játszhatnak vezető szerepet. A hibridek tenyészideje és termőképessége között pozitív korreláció van (PEPÓ, 2011).

A szárazságtűrés a hibridek másik fontos tulajdonsága, hiszen a kukorica közismerten vízigényes növény, és a virágzás-pollenszórás időszakában a levegő páratartalmára is érzékeny. Ha már az egyes kukorica hibridek klimatikus viszonyokhoz való adaptációjáról beszélünk, akkor meg kell említenünk a hidegtűrés fogalmát is, hiszen a korábbi vetés tavasszal, amikor a talaj vízkészletének hasznosításával a növény biztosabban fejlődik, korábbi virágzást, illetve gyorsabb vízleadást eredményezhet a vegetáció végén (INTERNET9).

2.5 A kukorica növényvédelme

Mivel a kórokozók, kártevők és gyomok is jelentős terméskiesést okozhatnak, a hatékony integrált növényvédelem kulcsfontosságú a sikeres kukoricatermesztés szempontjából (PEPÓ, 2019).

A növényvédelem olyan területei, mint a prevenció, a vetésváltás, a megfelelő biológiai értékekkel rendelkező egészséges vetőmagok használata (PEPÓ, 2011).

2.5.1 Kórokozók

A kukoricabetegségek okozta éves termésveszteségek továbbra is 5 - 15 % között mozognak. A rezisztenciára nemesítés agrotechnológiai alternatívái fontos eszközt jelentenek a védekezéshez, de ezen túlmenően a kémiai védekezés szinte kizárólag a vetőmagkezelésre korlátozódik egyedülálló módon ennél a növénynél (HORVÁTH et al., 1995).

A hibrid vetőmagokat központilag csávázzák, hogy a csírázás során megelőzzék a betegségeket. A gombaölő szereken kívül más anyagok is kijuttathatók a vetőmag felületére. A merkaptodimetur hatóanyag például egy vadriasztó készítmény, amely nem csak a madarakat tartja távol, hanem védelmet

nyújt a fritlégy kártétele ellen is (BOCZ et al., 1996).

A két fő vírusbetegsége a cukornád mozaik vírus (*sugarcane mosaic Potyvirus*) és a kukorica csíkos mozaik vírus (*maize dwarf mosaic Potyvirus*). A két betegség tünetei hasonlóak. A beteg növények levelei világoszöld csíkos foltokat mutatnak. Ezek a tünetek a levélhüvelyeken és a csuhéleveleken is megfigyelhetők. Fontos tünet a növény törpülése, a csövek deformálódása és a gyenge megtermékenyülés. A levéltetvek a fertőzés legfontosabb terjesztői. Egy másik fontos tényező a kukorica satnyaság spiroplazma (*maize stunt Spiroplasma*), valamint a beteg növényeken a leggyakoribb tünetek a levélcsíkok és a klorózis. Jellemző a növények törpülése és a járulékos hajtásképződés is. A terjedést leginkább a kabócák gyorsítják. A vektorok elleni védekezés a leghasznosabb, ha vírusok illetve spiroplazmák okozta betegségeket szeretnénk megakadályozni (HORVÁTH et al., 1995).

A kukorica fuzáriumos betegségei (*Fusarium* spp.) változó megjelenésű betegségek, amelyek hazánkban és a világon a kukorica legsúlyosabb növénykórtani problémái közé tartoznak. A védekezés csak a megfelelő mezőgazdasági technikák alkalmazásával és a kukorica monokultúrás termesztésének elkerülésével érhető el (HORVÁTH et al., 1995). A fuzárium gombák terméskiesést okoznak, de még károsabb az általuk termelt toxinok, mint a Zearalenon, DON. A termelt toxinok problémát okozhatnak az emberi fogyasztásban és az állati takarmányozásban (PEPÓ, 2019).

A gombák okozta betegségek közül továbbá kiemelném a peronoszpórát (*Sclerophthora macrospora*), a rostos- (*Sorosporium holci-sorghii*) és a golyvásüszögöt (*Ustilago maydis*). A peronoszpóra legjellemzőbb tünete a „bolondfej” betegség néven ismert elváltozás, amely a címerkíreg megvastagodásából ered. A címer ellevelesedik, torzzá és duzzadtá válik. Lassú növekedés, erős fattyúhajtás-képződés, csíkos levelek és klorózis jellemzi. Az üszögök a fontos tünete, hogy a növény valamennyi föld feletti részén kezdetben ezüstös színű, vastag hártával borított, nagyon különböző alakú és méretű golyvák jelennek meg. Felszakadva hatalmas tömegű, fekete üszögspórát termelnek. A legfontosabb védekezési módszer a vetőmagcsávázás, illetve a fertőzésmentes vetőmag használata. Gombaölő gyomirtó szerekkel való védekezés általában nem szükséges (HORVÁTH et al., 1995).

A hagyományos kukoricabetegségek mellett számos új kukoricabetegségről is beszámoltak hazánkban. Egyes kórokozók, mint például a fekete csőpenész (*Aspergillus flavus*) és a nigrospórás szárazkorhadás (*Nigrospora oryzae*) komoly gazdasági veszteségeket okoznak (PEPÓ, 2019).

2.5.2 Kártevők

A kukorica főbb kártevői Magyarországon a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*), a kukoricabarkó (*Tanymecus dilaticollis*), az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*), bagolylepkék (*Noctuidae spp.*), a fritlégy (*Oscinella frit*), a levéltetvek (*Aphidoidea spp.*), a földibolhák (*Alticinae spp.*), valamint az atkák (*Acari spp.*) (BOCZ et al., 1996).

A Bocz Ernő és munkatársai 1996-os munkáján alapuló táblázat (6. táblázat) felsorolja a főbb kukorica kártevőket, amelyek jelentős termés kiesést okozhatnak, és jelzi az optimális védekezési időszakot.

6. táblázat: A kukorica főbb kártevői és a megfelelő növényvédelem alkalmazásának módja, ideje (Forrás: BOCZ et al., 1996)

Védekezés időszaka	Fenológiai fázis	Kártevők	Megjegyzés
április eleje	szemállapot	madarak	vetőmagcsávázás
		fritlégy	
április	vetés előtt	talajlakó kártevők	célszerű gyomirtó szerrel egy menetben kijuttatni
		fritlégy	
		kukoricabarkó	
		levéltetvek	
május 5-20.	keléstől 2-4 leveles állapotig	kukoricabarkó	
		fritlégy	
		levéltetvek	
június 1-10.	6-8 leveles állapot	bagolylepkék	
július 15-augusztus 15.	címerhányás vége, csőképződés	kukoricamoly	ha a kukoricamoly egyedsűrűsége indokolja, a kezelést meg kell ismételni
		levéltetvek	
		takácsatkák	

A kukoricamoly és lárvája a kukoricakultúrában való megjelenésükkel képesek akár 10%-os termés kiesést is okozni. Hazánkban nagymértékben elterjedt az amerikai kukoricabogár, mely lárvájával együtt hatalmas károkat képes okozni a kukoricakultúrában. Az amerikai kukoricabogár lárvái károsítják

a növény gyökérzetét, megakadályozzák a víz- és tápanyagfelvételt a talajból és a növény hattyúnyak alakor vesz fel, majd megdől. A lárvákkal ellentétben a kifejlett imágók a talaj felszíne felett a növények bibéjével táplálkoznak. A sikeres magyarországi kukoricatermesztés további nehézsége a gyapottok bagolylepke és lárváinak nagymértékű kártétele, mely mediterrán származásával a klímaváltozással hozható összefüggésbe. A kukorica talajkártévői ellen talajfertőtlenítő szerekkel kell védekezni (PEPÓ, 2019). Az operatív adatok központi előrejelzése és a felvételezése nagy jelentőséggel bír, és a védekezési intézkedéseket ennek megfelelően kell megszervezni és végrehajtani (BOCZ et al., 1996).

2.5.3 Kukorica gyomszabályozása

A kukorica gyomszabályozása során problémát jelent, hogy az utóbbi évtizedek többéves vetésváltást nélkülöző, monokultúrás kukoricatermesztése következtében rendkívüli mértékben felszaporodtak a veszélyes, nehezen irtható gyomnövények. (INTERNET9)

Az alábbi táblázat (7. táblázat) Antal József és munkatársai (1994) összeállítása a kukorica legfontosabb gyomnövényeiről, tudományos névvel és életformával.

7. táblázat: A kukorica jelentős gyomnövényei és életformái (Forrás: ANTAL et al., 1994)

A gyomnövény neve	Életforma
Kakaslábfű (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	T ₄
Fehér libatop (<i>Chenopodium album</i>)	T ₄
Aprószulák (<i>Convolvulus arvensis</i>)	G ₃
Fakó muhar (<i>Setaria glauca</i>)	T ₄
Szőrös disznóparéj (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	T ₄
Parlagfű (<i>Ambrosia elatior</i>)	T ₄
Mezei aszat (<i>Cirsium arvense</i>)	G ₃
Vadrepce (<i>Sinapis arvensis</i>)	T ₃
Tarackbúza (<i>Agropyron repens</i>)	G ₁
Fenyércirok (<i>Sorghum halepense</i>)	G ₃
Csattanó maszlag (<i>Datura stramonium</i>)	T ₄
Lapulevelű keserűfű (<i>Polyponum lapathifolia</i>)	T ₄
Zöld muhar (<i>Selaria viridis</i>)	T ₄
Hamvas szeder (<i>Rubus caesius</i>)	G ₃
Selyemmályva (<i>Abutilon theophrasti</i>)	T ₄

A kukorica vetésére alkalmas elővetemények közé tartoznak az olyan gabonafélék, mint az őszi búza és az őszi árpa. Ezek a növények kiváló gyomelnyomó képességgel rendelkeznek (PEPÓ, 2019). A gyomok elleni komplex védekezés az egyik legnagyobb és legfontosabb feladat a kukorica növénygondozásában és védelmében. A vegyszeres gyomirtás kulcsfontosságú képez. A kukorica gyomosodására való érzékenységtől, a gyomnövények tűrőképességétől, a termesztési céloktól és a szántóföldi körülményektől függően számos vegyszer és vegyszerkombináció alkalmazható a gyomirtásra (ANTAL et al., 1994).

Míg a mechanikai gyomirtás használatával hosszútávon fenntartó a gyommentesség, addig a kémiai gyomirtás a rezisztens gyomok elszaporodását eredményezi. Az utóbbi gyomszabályozási mód jelentős többletköltséggel jár, drágább gyomirtó szerek használatát teszi szükségessé. Jelenleg a részleges monokultúra a preferált módszer, de ügyelni kell arra, hogy csak olyan herbicideket használjunk, amelyek nem maradnak vissza a talajban és nem károsítják a növényt. (IVÁNY et al., 1994).

2.6 A T4-es életformájú gyomnövények

2.6.1 A T4-es életformájú gyomnövények általános jellemzése

A globális felmelegedés következtében a melegigényes T4-es gyomok a kukorica termőterületeken terjedtek el a legnagyobb mértékben. A kukorica gyomnövények közül a legnagyobb termés kiesést a tipikus T4-es gyomok okozzák, amelyek a kukoricával egy időben vagy valamivel később jelennek meg a területeken. (PEPÓ, 2019).

A T4-es gyomok olyan gyomok, amelyek tavasszal csíráznak és nyáruton magot érlelnek, más néven nyárutói egyéveseknek nevezzük őket. Ez a csoport az egyéves gyomnövények legnépesebb csoportja, számos nagyméretű gyomfaj tartozik ide, amelyek jelentős károkat okoznak és gyakran nehéz ellenük védekezni. A T4-es gyomok a T1-es gyomcsoporttal teljesen ellentétes ökológiai igényűek. A nyári szárazsághoz és a magas hőmérséklethez kitűnően alkalmazkodtak az idők során. Az optimális csírázási hőmérséklet 18-30 °C. Különböznek a hidegre való érzékenységükben, az őszi fagyok elpusztítják őket és csak mag formájában maradnak életben 0 °C alatti hőmérsékleten. E gyomnövények morfológiai jellemzője az erőteljes és mélyre hatoló gyökérzet, ennek hatására jól alkalmazkodik a nyári szárazsághoz. Leginkább kapás kultúrákban fordulnak elő és itt okozzák a legnagyobb károkat, de a szántóföldeken mindenütt jelen vannak. A kukorica legfontosabb T4-es kétszikű gyomja a parlagfű, disznóparéj félék, libatop, apró szulák, csattanó maszlag, mezei acat. Az egyszikű T4-es gyomok közül fontos megemlíteni a napjainkban mindenütt jelenlévő kakaslábfüvet. További nagy jelentőségű T4-es egyszikű gyomfajok a fakó muhar, termesztett köles valamint a zöld muhar (HUNYADI et al., 2000).

2.6.2 A T4-es életformájú gyomok hazai helyzete

A kukorica jelentősebb gyomnövényeinek borítottsága és helyzetének alakulása az első és az ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés alapján (8. táblázat). Az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisifolia*) az első felvételezés alapján csekély jelentőségű volt, mindösszesen a tizenötödik helyet foglalta el, 2008-ra százalékos borítottsága már a mások helyre emelkedett, majdhogynem 14 szerez növekedést produkálva. A listában felsorolt többi gyomnövény közel sem mutat ekkora eltéréseket ez idő alatt, maximum négyszeres értékeket az első méréshez viszonyítva. A másik nagy eltérést a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*) mutatja, mely az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés idején már a negyedik helyen szerepelt, de az 1947-1953-as felvételezésekkor még csak a tizenegyedik helyen volt. A borítás területe csaknem megháromszorozódott. A táblázatba foglalt eredmények jól tükrözik, hogy miként alakult át a hazai kukoricaállományokra jellemző gyomflóra (Novák et al., 2009).

8. táblázat: T4-es gyomfajok borítottságának változása az I. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés és az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés között. (Forrás: Novák et al., 2009)

Gyomfaj megnevezése	Országos Gyomfelvételezések a kukorica nyáreleji gyomfelvételezésének eredményei			
	I. Országos Gyomfelvételezés 1947- 1953		V. Országos Gyomfelvételezés 2007- 2008	
	Sorrend	%	Sorrend	%
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2	2,3 7	1	6,6 1
<i>Ambrosia artemisifolia</i>	15	0,4 0	2	5,4 0
<i>Chenopodium album</i>	4	1,4 7	3	5,1 9
<i>Amaranthus retroflexus</i>	11	0,7 0	4	2,1 7
<i>Setaria pumila</i>	7	1,1 1	5	1,8 1

2.6.3 *Portulaca oleracea* L. – Kövér porcsin

A kövér porcsin (8. ábra) a porcsinfélék (*Portulacaceae*) családjába tartozó, széles elterjedésű, igen változatos egygyári gyomnövény. Bár valószínűleg Észak-Afrikában, a Közel-Keleten és az indiai szubkontinensen őshonos, már a Kolumbusz előtti időkben elérte Észak-Amerikát, és a 16. század végére Európában is elterjedt. Ma már a világ legtöbb részén meghonosodott, mind a trópusi, mind a mérsékelt égövi területeken – egyformán otthonosan érzi magát virágágyásokban, megművelt területeken, utak szélén vagy más műveletlen helyen. Több mint 4000 éve termesztik étel- és gyógynövényként, és ma is sok helyen termesztik. (INTERNET10)

2.6.3.1 Jelentősége

Elismerten hatásos gyógynövény, és fogyasztásra is alkalmas. Meglehetősen táplálónak tartják, mivel sok omega-3 zsírsavat tartalmaz (főleg halban és lenmagban található). Jelentős mennyiségű A- és C-vitamint, valamint kalciumot, vasat, magnéziumot és káliumot, valamint antioxidánsokat tartalmaz. Nagy mennyiségű oxalátot is tartalmaz (ahogy a spenót is). Néha takarmányként is használják, baromfit etetnek vele a tojás koleszterinszintjének csökkentése érdekében. Hagyományosan égési sérülések kenőcsként is használják, gyulladáscsökkentő hatása miatt. A benne található olaj miatt rendkívül jó véralvadásgátló, vérkeringés serkentő, érlelmeszesedés kialakulását csökkenti. Szív-problémákra kiváló megelőző. Öregedési folyamatokat lassítja. Jó hatással van a vér koleszterin és cukor szintjére. A friss növény főzve, vagy nyersen elfogyasztva semmilyen problémát nem okoz. (INTERNET10)

2.6.3.2 Morfológiája

Egyetlen karógyökérből származó szárai vízszintesen terülnek 30-60 cm hosszan, vöröses lelógó szárat alkot, árnyékosabb helyen megemelkednek. A váltakozó levelek a szár ízületeinél csoportosulnak. Az egyes levelek meglehetősen húsosak, sok vizet tárolnak, ha rendelkezésre áll. Ritkán van levélnyelük, tehát közvetlenül a szárhoz kapcsolódnak. Az apró sárga virágoknak öt szirmuk, számos sárga porzójuk és több bibéjük van. Virágzása július, augusztusra tehető. A porcsin napfényben szinte bármilyen talajban megterem. Bár a rendszeres vizet kedveli, jól tűri a szárazságot. Könnyen kiásható vagy kikapáltható ott, ahol nem kívánatos, de ezeket a növényeket el kell távolítani a kertből. A magvak több évtizedig életképesek maradhatnak a talajban. A növény fagyérzékeny, így az őszi első fagy hatására elpusztul. A porcsin könnyen termeszthető a veteményesben magról, 6-8 hét alatt betakarításra kész. Ha étel- és gyógynövényként termesztjük, öntözzük rendszeresen, így húsosabbak lesznek a levelei. A szárok, levelek és virágbimbók enyhén fanyar vagy savanykás és sós ízűek. Az íz intenzitását a növény fiziológiája befolyásolja. (INTERNET10)



4. ábra: *Portulaca oleracea* L. (Forrás: INTERNET10)

2.7 Geophyta (G): talajban telelő gyomnövények

2.7.1 Geophyta (G) életformájú gyomnövények jellemzése

A szaporító- és a telelőszervek (tarack, rizóma, gumó, szaporítógyökér, hagyma) a talajban találhatók. A szántóföldeken a legveszélyesebb gyomok ebbe a kategóriába tartoznak. (INTERNET11)

2.7.2 Szaporítógyökeres fajok (G₃)

A szaporításra és áttelelésre szolgáló szaporítógyökök a legtöbb esetben vízszintesen nőnek. Ezzel szemben az innen eredő gyökök függőlegesen hatolnak a mélyebb talajrétegekbe. Az ide tartozó növényfajokat Újvárosi (1952) gyökértarackosoknak nevezi. A szaporítógyökér olyan módosult gyökér, melyen sorokban szaporodást szolgáló járulékos rügyek képződnek. Bár e fajok gyökérrendszere 12m mélységig is terjedhet, járulékos rügyek csak a felső 30-40 cm-ig találhatók meg. A szaporítógyökér két jellemző alapján határozható el a földalatti hajtásoktól (tarack, rizóma). Először is a szaporítógyökök tagolatlanok, endogén keletkezésűek a rajta található járulékos rügyek, továbbá a rügyek szabadon esetleg rejtetten állnak. Másodszor pedig a szaporítógyökér soha nem nyúlik a talaj felszíne fölé. Legjelentősebb fajok: apró szulák (*Convolvulus arvensis*), mezei aszat (*Cirsium arvense*), közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca*), közönséges gyújtóványfű (*Linaria vulgaris*) (INTERNET11)

2.7.3 Hazai Geophyta gyomok helyzete

A kukorica jelentősebb Geophyta gyomnövényeinek borítottsága és helyzetének alakulása is változást mutat az első és az ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés alapján (9. táblázat). Az Első Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés során az apró szulák (*Convolvulus arvensis*) az első helyen állt, vagyis a legnagyobb százaléku terület-borítással rendelkezett a G-s gyomfajok közül, a helyzete a borítási értékkel egyenes arányban esett vissza a hatodik helyre az Ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés során. A fenyércirok (*Sorghum halepense*) érdekessége, hogy az Első Országos Szántóföldi Gyomfelvételezéskor abszolút nem volt jelen az országban, így pontosan szembesülünk a felszaporodása mértékével, mivel az Ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezéskor már a tizenegyedik helyre került fel., megelőzve sok korábban ismert fajt (NOVÁK et al., 2009)

9. táblázat: A főbb G-es gyomfajok borítottságának változása az I. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés és az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés között. (Forrás: Novák et al., 2009)

Gyomfaj megnevezése	Országos Gyomfelvételezések a kukorica nyáreleji gyomfelvételezésének eredményei			
	I. Országos Gyomfelvételezés 1947- 1953		V. Országos Gyomfelvételezés 2007- 2008	
	Sorre nd	%	Sorre nd	%
<i>Cirsium arvense</i>	2	1,5 2	4	1, 55
<i>Sorghum halepense</i>	0	0,00	11	1, 06
<i>Convolvulus arvensis</i>	1	5,5 5	6	1, 18
<i>Elymus repens</i>	12	0,6 9	12	0, 93
<i>Cynodon dactylon</i>	16	0,36	19	0, 51

2.7.4 *Sorghum halepense* L. – Fenyércirok

A Magyarországon is megtalálható és egyre nagyobb gondot okozó fenyércirok (*Sorghum halepense* L.) a Föld minden kontinensén előkelő helyen tartják számon, ahol növénytermesztés folyik (5. ábra). A világ legveszélyesebb gyomnövényeinek listáján a 6. helyen szerepel. Rövidnappalos növény, ebből adódóan Magyarország a gyom gazdasági jelentőségű előfordulásának északi határán helyezkedik el. Géc centruma a Közel- Keleten, Szíriában található, innen terjedt el a világ számos részére. Hazánkban a leginkább fertőzött területek Fejér, Tolna, Baranya, Bács-Kiskun, Békés, Csongrád, és Pest megyékben találhatók. Hazánkban már a XIX. század elejétől jelen van, gazdasági kárt okozó tömeges felszaporodása azonban csak az 1960-as években kezdődött meg (INTERNET12).

2.7.4.1 Jelentősége

A fenyércirok (5. ábra) egyaránt képes generatív és vegetatív úton (magról, illetve rizómáról) szaporodásra. Ez utóbbi esetben a növények gyorsabban növekednek. A növényenkénti magprodukció elérheti a 80 ezer darabot is. A magok 3-6 évig is csíráképesek maradhatnak a talajban. A magok elsősorban a fenyércirok terjedését segítik, míg a rizómák egy adott területen való stabilitásáért felelősek. A gyomnövény két túlélési mechanizmusra is képes a rizómái segítségével. Az úgynevezett apikális dominancia eredményeként, hormonális szabályozás hatására a rizómán fejlődő rügyek körülbelül 95 %-a nyugalmi helyzetben van. Ez teszi lehetővé, hogy a fenyércirok a számára kedvezőtlen körülményeket követően is képes újra kihajtani. A gyomnövények túlélésének másik lehetősége a rizómák tevékenységének időszakos jellegéhez kapcsolódik. A rizómák a téli hónapokban nyugalmi állapotban maradnak, majd augusztus-szeptember hónapokban mutatják a legnagyobb aktivitást. Ezt a tulajdonságot figyelembe kell venni a kémiai gyomirtó szerek alkalmazásakor. Az elsődleges rizómák a fenyércirok csiranövények 5 leveles fejlettségétől jelennek meg, majd további lassú növekedéssel érik el a 10 leveles állapotot. Hat-hét héttel a csírázás után már erősen fejlett rizóma rendszere van. Virágzáskor a rizómák akár 30-90 cm-t is nőhetnek naponta. Az idősebb növények másodlagos és harmadlagos rizómákat is fejlesztenek, így ellenállóbbak a téli fagyokkal szemben. A fenyércirok felszaporodásában több tényező is szerepet játszott. A környezeti tényezők közül ide tartozik az utóbbi idők enyhe téli időjárásai, a termesztéstechnológiai elemek közül a kukorica monokultúra túlsúlyba kerülése, a mechanikai talajművelés (szántás, kultivátorozás) alkalmazásának csökkenése illetve megszűnése, valamint a fenyércirok kiváló alkalmazkodóképessége (INTERNET12).

2.7.4.2 Morfológiája

A szikleveél begöngyölödött. A lomblevelek 1-2 cm szélesek, simák, szélükön apró fogakkal érdesek. Levélhüvelye sima, rövid, apró szőrös nyelvecskével. Szára felálló, sima. Viszonylag hosszú

tengelyen felfelé álló bugavirágzata van, amely alul szőrös, és a sárgáspirosától a lilás-, feketésbarnáig változó színű. Júniustól augusztusig virágzik. Akár több méter magas is lehet (INTERNET12).



5. ábra: *Sorghum halepense* L. (Forrás: INTERNET12)

2.7.5 *Cirsium arvense* L. – Mezei aszat

Magyarországon a leggyakoribb évelő gyomnövény a mezei aszat (6. ábra), egy kétszikű G3-as gyomnövény. Nagyon szívós növény, az első év végén tölevélrózsa formájában telel át, amely a következő tavasszal kihajt és virágzatot képez. Ezt a fejlődést megzavarhatjuk, de erre a gyomfaj intenzív gyökér- és hajtásnövekedéssel fog reagálni (HEGYESI, 2016). A talaj tápanyagát- és vízkészletét a végletekig kizsarolja (HUNYADI et al., 2000).

2.7.5.1 Jelentősége

A mezei aszat mély gyökérzettel rendelkezik és számos vízszintesen elágazó oldalgyökereket képez, melyekből új hajtások fejlődnek. Gyakori a kapás kultúrákban, általában kukoricában is megtalálható, valamint a tavaszi kalászosok vetésében is (KLINGENHAGEN, 2018).

A szántóföldeken tenyésző mezei aszat sok esetben foltszerű elszaporodással jellemezhető. A sűrűn elágazó, kiterjedt gyökérzetet a talajművelési eljárások a jól regenerálódó aszatállományt nem pusztítja, csupán gyarapítja. A növény terjedésében a művelő eszközök is fontos szerepet játszanak, hiszen az elszakított rizómákat a táblán belül, valamint a táblák között is képesek széthordani. A táblákban

messziről is jól látható, aszattal sűrűn benőtt foltok gondot jelentenek a kultúrnövények betakarítása során. A növény több levéltetű fajnak is otthont ad, így többek között a kultúrnövényeken is károsító *Aphis fabae*, ezen kívül *Myzus persicae* levéltetveknek is tápnövénye a mezei aszat. A mezei aszat továbbá több vírus hordozója is (TSWV, AMV) (INTERNET13).

2.7.5.2 Morfológiája

Erőteljes gyökérrendszere szerteágazó, a gyökerek több elrendezett szintből állnak. A függőleges karógyökerei 3–4 m mélyre is hatolnak. A sziklevele húsos, kerek formájú, ép szélű, rövid nyelű. Lomblevele hullámosan karéjos, kopasz, esetleg alul szürkén molyhos, megnyúlt-elliptikus. A levele szárnyaltan szeldelt, széle gyengén, esetleg erőteljesen tüskés. A virágzat csak halványbíbor csöves virágokból áll. Egy növény több ezer magot érlel, amelyek a talajban akár több évtizedre megőrzik a csírázókéességüket. Sátorozó virágzata megnyúlt gömb alakú. Egyes példányain a fészkekben mindkét ivarú virág előfordul, másokon csak termős virágok nőnek. A kaszattermésen hosszú, tollas bóbítaszőr van, így nagyon könnyen terjed a szélben (INTERNET13).



6. ábra: *Cirsium arvense* L. (Forrás: INTERNET14)

2.8 Allelopátia

A kifejezés a görög „allelon”, továbbá a „pathos” szavakból ered, amelyek összetétele egymásra gyakorolt negatív hatást jelent (MANDAVA, 1985). A növények közti versengés számos eszköze közül az egyik legkevésbé kézzel fogható az allelopátia. A fogalom Molisch osztrák botanikustól ered, ő használta elsőként a növények összes típusa (beleértve a mikroorganizmusokat is) közti biokémiai interakcióra, amely jelenthet gátlást, illetve serkentést is egyaránt (CHON et al., 2003).

Az allelopatikus hatású növények kémiai anyagokat, úgynevezett allelokemikáliákat termelnek. Ezek az allelokemikáliák minden növényi részben megtalálhatóak, jelen vannak a növények leveleikben, a szárukban, gyökereikben, virágaikban, terméseikben és a magvaikban is. Jelen ismereteink szerint az allelokemikáliáknak a növényi életfolyamatokra direkt és indirekt hatása is van. Az allelopatikus növények által a környezetbe kibocsátott allelokemikáliákként ismert kémiai vegyületek hatással vannak más növények csírázására, anyagcseréjére, növekedésére és fejlődésére (HUNYADI et al., 2000). Ezek a hatások általában gátló hatásúak, de néhány kutató a serkentő hatásokat is allelopátiának nevezi (RICE, 1974).

PUTNAM-TANG (1986), RICE (1974, 1979, 1984), THOMPSON (1985) több kemikáliát is vizsgáltak az allelopátiával kapcsolatban. Kutatásaik során azt a következtetést vonták le, hogy ezen a kémiai anyagok közül a legtöbb szekunder anyagcseretermék és bomlástermék, amelyek mikrobiális enzimek jelenlétében fordulnak elő. Megállapították, hogy elsősorban olyan kémiai vegyületcsoportokat foglalnak magukba az allelopatikus hatást kiváltó hatóanyagok, amelyek bizonyos fiziológiai hatásaik és kémiai tulajdonságaik tekintetében hasonlóságot mutatnak. A terpenoidok hatása a mitokondriális elektrontranszportra legtöbbször légzésgátló hatású, hasonló hatása van a szintén allelopatikus alkaloidoknak és a cianogén vegyületeknek is (SZABÓ, 1997).

2.8.1 Allelopatikus növények ökoszisztémákra gyakorolt hatása

Az évelő gyomnövényeink közül a legismertebb allelopatikus hatást kifejtők: a mezei acat (*Cirsium arvense* L.), a tarackbúza (*Agropyron repens* L.) és a fenyércirok (*Sorghum halepense* L.), egyéves gyomnövényeink közül fontos megemlíteni a kövér porcsint (*Portulaca oleracea* L.), a héla zabot (*Avena fatua* L.) és a közönséges kakaslábfüvet (*Echinochloa crus-galli* L.)

Megfigyelhető, hogy a bizonyos fafajok alatt, valamint közelében gátlási zónák találhatóak, ezt a lehullott lombból felszabaduló toxikus anyagok okozzák (GRÜMMER, 1955). Tucatnyi kutatás támasztja alá, hogy az allelopátia fontos szerepet játszik a természetes ökoszisztémák növénytársulásainak kialakításában és a kémiai ökológia rendszerének a részét képezi (BODE, 1940).

Vizsgálatok támasztják alá, hogy az allelokemikáliák a talajba jutva, gátló hatásuk révén, jelentős mezőgazdasági problémákat okozhatnak, például a gyümölcsösök újratelepítésénél, a szántóföldi területek terméketlenné válhatnak, valamint a N-megkötést is akadályozhatják (HUNYADI, 1988).

Az allelopátia fontos szerepet játszik a növénytársulások kialakításában, mivel számos ökoszisztémában a képesek a növények összefüggő, homogén állományt kialakítani, vagy egyedenként jellemző sűrűségben és elrendeződésben elhelyezkedni. Ez a jelenség nem csak a kompetícióval magyarázható, hanem minden bizonnyal az allelopátia is kulcsfontosságú szerepet tölt be (MIKULÁS, 1981).

2.8.2 Az allelokemikáliák környezetbe jutása

Minden növényi részben megtalálhatók az allelopatikus növények kemikáliái. Ezeknek a növényeknek négy különböző módon van lehetőségük az allelopátiák kibocsátására, melyekkel képesek befolyásolni a termesztett növényekkel való kölcsönhatást vagy a gyomfajták összetételét (MIKULÁS, 1984).

2.8.2.1 Párologtatás útján

A növények a párologtatása során képesek illékony, allelopatikus hatású anyagokat választanak ki, ami főként a Föld száraz éghajlatú területeire jellemző. Vizsgálatok kimutatták, hogy a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) levelei illékony, gátló hatást kiváltó anyagokat bocsátanak ki a környezetbe (NEIL-RICE, 1971). Ezek a kemikáliák a harmat és a csapadék közvetítésével képesek eljutni a közeli növényekre, vagy a talajba jutva a gyökerek által felszívódnak (HUNYADI, 1988).

2.8.2.2 Gyökér általi kiválasztás

Magyarországon megtalálható számos kultúr- illetve gyomnövény esetében távozhat allelokemikália a gyökéren keresztül a növényből számtalan vegyületet kiválasztva. (HUNYADI, 1988). Hazánkban sok olyan termesztett kultúrnövénnyel találkozhatunk, melyeknek gyökérváladékainak toxikus hatását bizonyították, ilyen többek között a kukorica (*Zea mays* L.), a zab (*Avena sativa* L.), a búza (*Triticum aestivum* L.), valamint a borsó (*Pisum sativum* L.) (BONNER-GLASTON, 1944).

2.8.2.3 Csapadék általi kimosódás

Különböző vegyületek mosódhatnak ki a növény föld feletti részéből, főleg a levelekből eső és harmat hatására. (TUKEY, 1971) Számos tanulmány számolt be arról, hogy egyes növényfajok leveleiből (élő vagy elhalt) képesek a növekedésgátló inhibitorokat tartalmazó vegyületek kimosódni, ilyen növény

például a dió (*Juglans regia* L.) (WINTER, 1961).

2.8.2.4 Növényi maradványok elbomlása útján

Különböző növényi részek lebontásáért a mikroorganizmusok a felelősek. Még nem ismert, hogy az allelopatikus vegyületek bomlási tevékenységek végtermékei, vagy a növényi maradványok bomlása során keletkeznek. Továbbá a mikroorganizmusok a nem toxikus vegyületeket toxikus vegyületekké átalakíthatják át. (HUNYADI et al., 2000). Több kutatás bizonyítja, hogy egyes növényi maradványok jelentősen csökkentik a gyomok csírázását és növekedését (PUTNAM-DEFRAK, 1983).

2.8.3 Az allelopátia alkalmazása a gyomszabályozásra

Az allelopátiának gyakorlati jelentősége van az integrált gyomszabályozásban, a kórokozók és a kártevők elleni védekezésben (CHOU et al. 1998, SOLYMOSI, 1994). Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a környezetszennyezés minimalizálására, ezért kerül előtérbe az ökológiai növénytermesztés, valamint az integrált növényvédelem. A szintetikus előállított gyomirtószeresek használatának csökkentésére megoldást jelent az allelokemikália, mint biológiai készítmény használata. Alternatívaként allelopatikus növényeket vagy takarónövényeket is lehet használni felváltva az egy vagy több éves növénytermesztési rendszerekben. (BARNES-PUTNAM, 1983).

GONZALES et al. (1997) kísérleteiből kiderül, hogy a paprika lomblevelének fenolszármazékai gátolják az *Amaranthus retroflexus*, a *Chenopodium album*, a *Plantago lanceolata*, továbbá a *Solanum nigrum* fejlődését.

Az integrált gyomszabályozás jövője szempontjából az allelopatikus tulajdonságokkal rendelkező fajták nemesítése jelentheti a jövő útját. Hatékony alkalmazásukhoz az aktív vegyületek termeléséért felelős gének lokalizálására és megfelelő átültetésére van szükség a már termesztett fajtákba.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kukorica kultúrában gyakran megjelenő kétszikű, T4-es, valamint a kétszikű G3-as gyomnövények allelopatikus hatását vizsgáltuk bioassay kísérletben. A kísérlet fő célja a kukorica csírázására ezen kívül a csíranövények növekedésére gyakorolt hatások kimutatása.

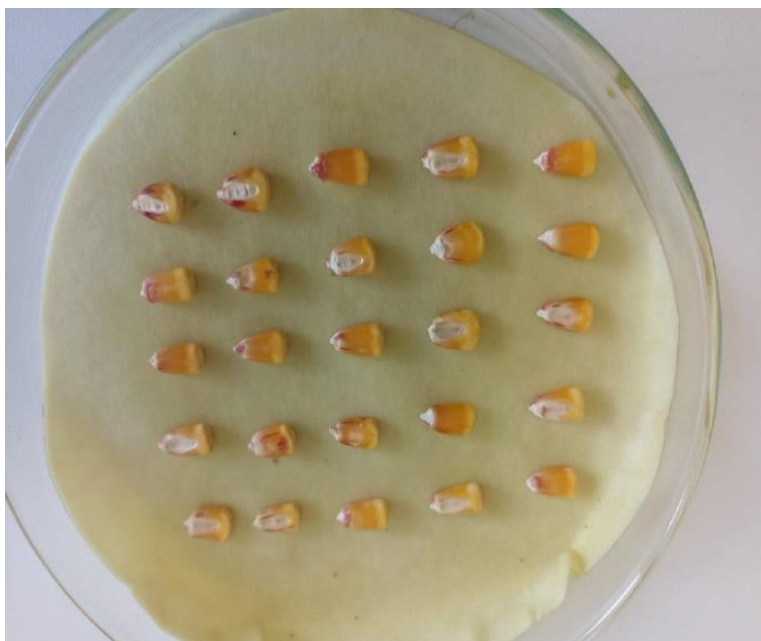
Első lépésként 2022 augusztusában begyűjtésre kerültek a vizsgálatához szükséges gyomnövények zöld növényi mintái, a Keszthely környéki mezőgazdasági területekről. A vizsgálat során használt gyomnövények a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*), a fenyércirok (*Sorghum halepense*), továbbá a mezei aszat (*Cirsium arvense*) voltak. Második lépésként eltávolítottuk a földmaradványokat és a további a szennyeződéseket a begyűjtött növényi mintákról, majd 6 hét szárítás következett a teljes légszáraz állapotig. A vizsgálatokhoz csak a szárított növények leveles hajtásaira volt szükségünk. Ezeket a száraz részeket 1-2 cm-es darabokra aprítottuk és homogenizáltuk.

További lépésként a kiszárított, ezen kívül felaprított növényi anyagokból 2,5 m/V %-os, 5 m/V %-os, illetve 7,5 m/V %-os töménységű vizes növényi kivonatokat készítettünk szobahőmérsékleten. Növényi kivonatok készítése érdekében előre behatárolt tömegű szárított növényi anyag került 250 cm³ csapvízben 24 órás áztatásra. A 2,5 m/V % töménységű kivonat esetekor 6,25g, az 5 m/V %-os kivonatnál 12,5g, amíg a 7,5 m/V % töménységű növényi kivonatnál 18,75g szárított növényi anyag került áztatásra. A 24 órás áztatást követően a beáztatott növényi anyagot leszűrtük, valamint így megkaptuk a különféle töménységű növényi kivonatokat. (7. ábra)



7. ábra: *Sorghum halepense* L. leveles szár kivonatainak készítése (Forrás: Saját kép)

A laborvizsgálatok során Petri-csészéket használtunk fel, melyekbe 2 rétegű szűrőpapírt helyeztünk el. A szűrőpapírra egyenletesen elosztatva, egy Petri csészébe 25 darab kukorica mag került (8. ábra)



8. ábra: Kukoricamagok előkészítése (Forrás: Saját kép)

A szűrőpapíron elhelyezett magokat külön-külön megöntöttük 20 ml növényi kivonattal, majd a felcímkézett Petri-csészéket behelyeztük a csíráztató szekrénybe (9. ábra). A csíráztatás sötétben, 24°C-os hőmérsékleten történt. Az egyes allelopatikus vizsgálatokat, kezelésenként 8 ismétlésben végeztük el.



9. ábra: Csíráztató szekrény beállítása (Forrás: Saját kép)

A kiértékelésre a csírázás 7. napján került sor (10. ábra). A kiértékelés során meghatároztuk a csírázási százalékot, majd a csírázásban lévő szemeket egyenként megvizsgáltuk és megállapítottuk az egészséges csírák számát. Mérőeszközök segítségével megmértük a csíranövények hajtás, valamint primer gyökérhosszúságát. A kapott adatokat digitalizáltuk, Excel táblázatba rögzítettük, majd ezekből statisztikai elemzéseket készítettünk. A kiértékelés során, a kontroll eredményekhez hasonlítva állapítottuk meg a gyomnövények allelopatikus hatását.



10. ábra: A kiértékelésre kerülő csíranövények (Forrás: Saját kép)

A növényi kivonatos kísérletek mellett egy kontroll vizsgálat is beállításra került. A szintén 8 ismétlésben elvégzett kontroll vizsgálatnál növényi kivonat helyett 20 ml csapvízzel öntöttük a Petri-csészékben elhelyezett kukorica magokat.

Az eredmények kiértékelését statisztikai vizsgálatokkal végeztem. Először Shapiro-Wilk teszttel megvizsgáltam, hogy az adatok eloszlása megfelel-e a normális eloszlásnak. Ha a szórások egyenlősége és a normális eloszlás is teljesült, akkor egytényezős variancia-analízist alkalmaztam Tukey teszttel. Abban az esetben, ha a szórások egyenlősége nem teljesült, de a normális eloszlás igen, akkor Welch-féle variancia-analízist használtam. Ha a normális eloszlás nem teljesül, akkor a Kruskal-Wallis teszttel dolgoztam. A szignifikancia szintet 5%-ra állítottam, a p értékeknél, pedig figyelembe vettem a Bonferroni korrekciót is.

Az eredményeket a könnyebb értelmezhetőség okán boxplot ábrákon mutatom be. A boxplotok az adatokat négy részre osztják. A felső negyed a maximumértéktől a doboz tetejéig tart, a második negyed a középső vastag vonalig, amely a mediánt (középértéket) jelöli, a harmadik negyed a doboz aljáig, az utolsó rész pedig a minimumértéknél végződik. A pontok a kiugró értékeket mutatják.

4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

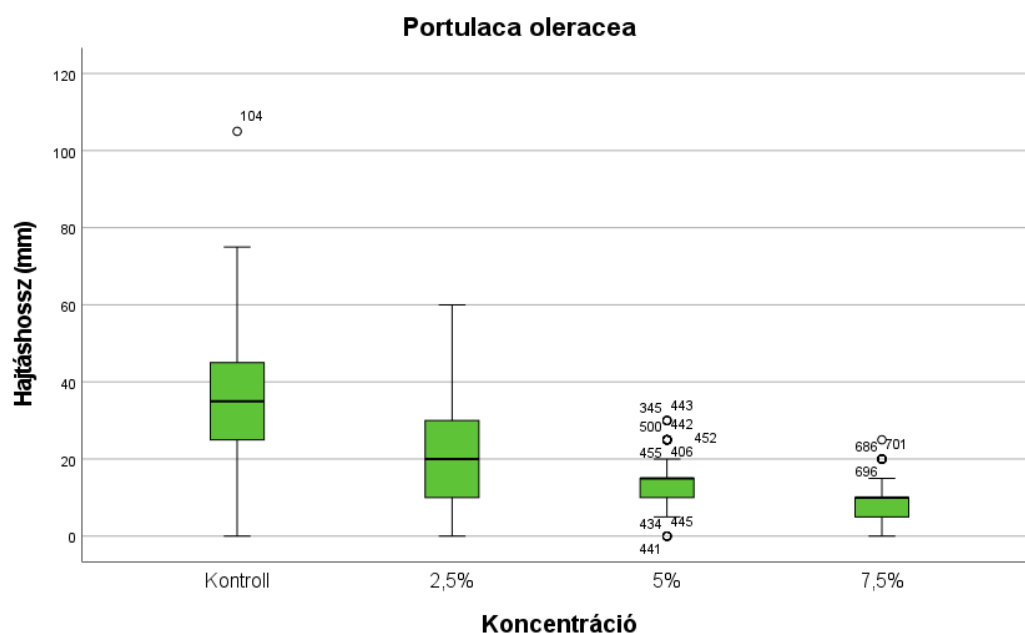
4.1 A *Portulaca oleracea* allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény hajtáshosszúságára

A kövér porcsin (*Portulaca oleracea*) leveles szárának kivonatából készített különböző töménységű oldatokkal kezelt kukoricamagok hajtásainak hosszúságát hasonlítottuk össze a kontroll vizsgálatok adataival (11. ábra). A kontroll vizsgálat során mért 34,9 mm-es átlagos hajtáshosszúságtól mindegyik kezelt minta szignifikánsan különbözik.

A 2,5%-os töménységű oldattal kezelt magok átlagos hajtáshosszúsága 22,2 mm volt, ami 36,4 %-kal rövidebb a kontroll csoportnál. Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 2,5%-os töménységű oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.

Az 5%-os koncentrációjú *Portulaca oleracea* eleggyel áztatott magvak már csupán 13,3 mm-es átlagos hajtáshosszúságot mutattak, amely már 61,9 %-os növekedésgátlást mutat. Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és az 5%-os koncentrációjú oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.

A legnagyobb növekedést gátló hatást a 7,5%-os töménységű oldat esetében kaptuk. A 34,9 mm-es kontroll hajtáshosszhoz képest 72,5 %-os csökkenést tapasztaltunk a csupán 9,6 mm-es átlagos hajtáshossz alapján. Szignifikáns különbség tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 7,5%-os töménységű oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.



11. ábra: A *Portulaca oleracea* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica hajtáshosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálatához képest (Forrás: saját szerkesztés)

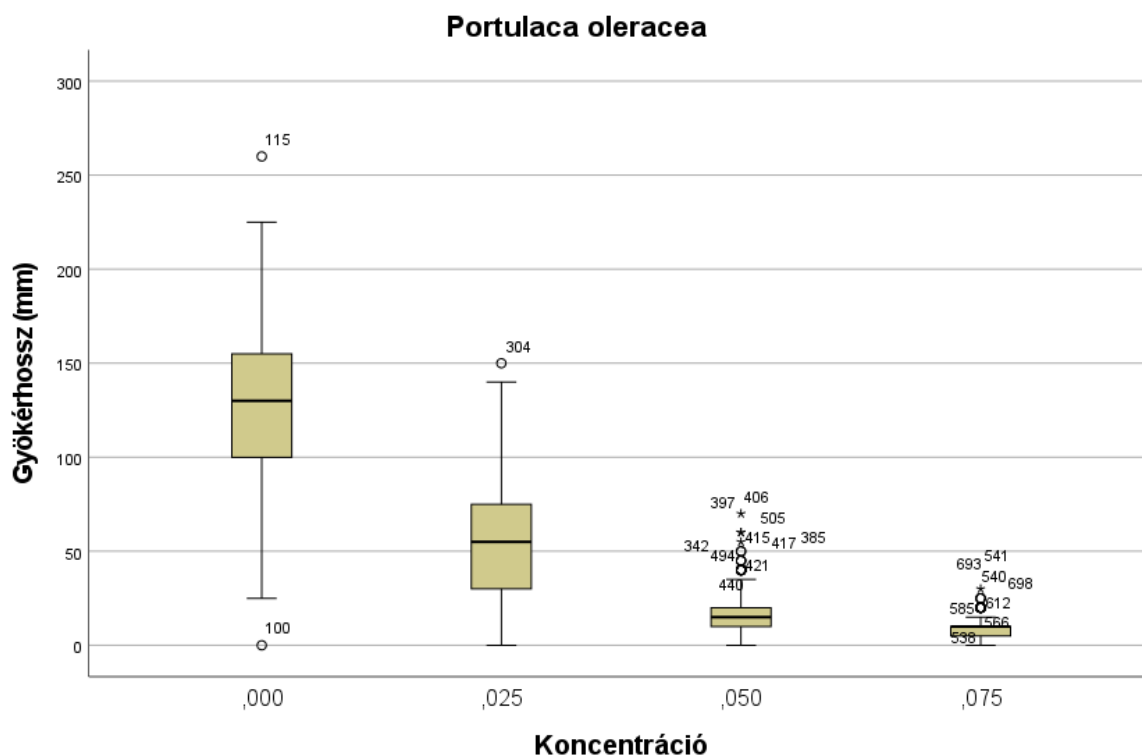
4.2 A *Portulaca oleracea* allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény gyökérhosszúságára

A kövér porcsinból (*Portulaca oleracea*) készült, különböző töménységű növényi kivonatokkal kezelt kukorica magok gyökérhosszúsága a következőképpen alakult: a kontroll csoport átlagosan 126,36 mm-es nagyságot ért el (12. ábra). Ehhez viszonyítva mindegyik kezelésnél kimutatható a szignifikáns eltérés. A legerőteljesebb gátló hatásokkal itt találkozhatunk a csíranövények hajtáshosszáat figyelembe véve.

A 2,5%-os koncentrációjú kivonat esetében 53,6 mm az átlagos gyökérhossz, amely alapján kimondható, hogy 57,6 %-kal csökkentette a kivonat a gyökér növekedését. Szignifikáns különbség tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 2,5%-os töménységű oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.

Az 5%-os töménységű oldattal történő áztatást követően 18,5 mm-es átlagos gyökérhosszt mértünk. Ez a kontroll vizsgálatnál összehasonlítva már 85,4 %-os növekedésgátlást jelent. Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és az 5%-os koncentrációjú oldattal történő kezelés között: $p = 0,000$.

A legmagasabb 7,5%-os koncentrációjú kivonat esetében volt a legszembetűnőbb különbség. Itt csupán 7,8 mm-es átlagos gyökérhosszt mértünk, amely kimutathatóan 93,8 %-kal csökkentette a gyökér növekedését, ami jelentős változást eredményezett. Szignifikáns különbség tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 7,5%-os töménységű oldattal történő kezelés között: $p = 0,000$.



12. ábra: A *Portulaca oleracea* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica gyökérhosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálatához képest (Forrás: saját szerkesztés)

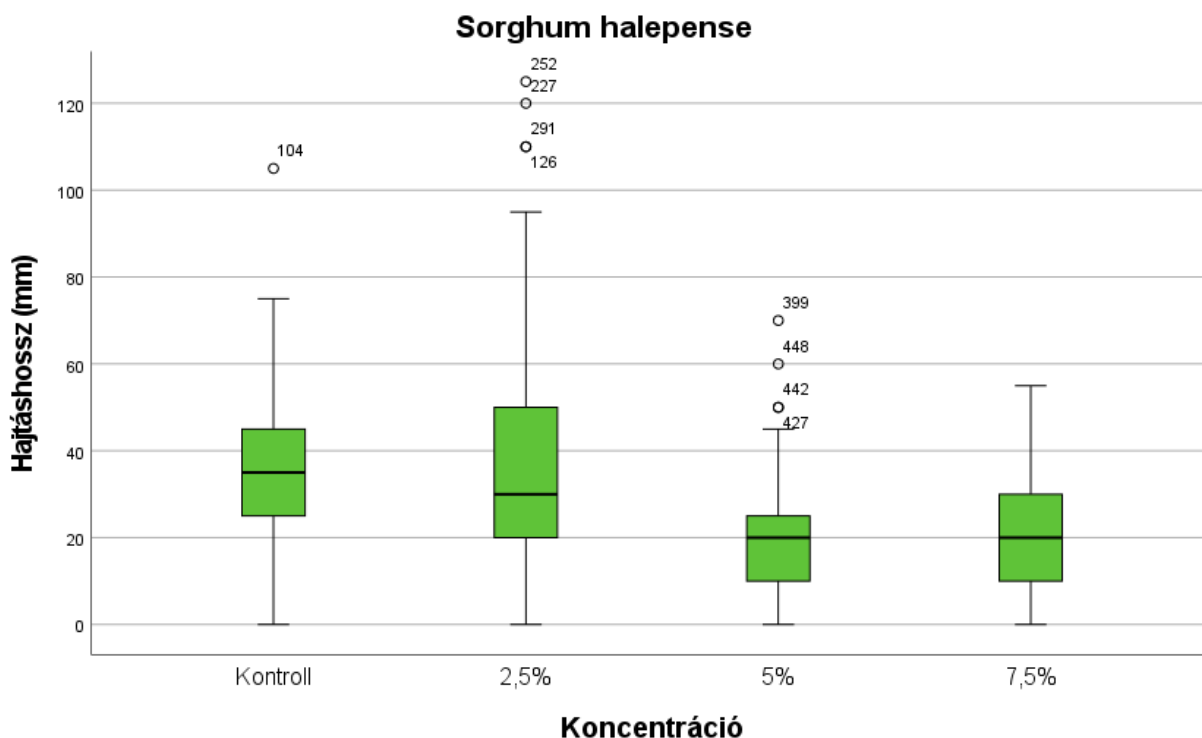
4.3 A *Sorghum halepense* allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény hajtáshosszúságára

A fenyércirok (*Sorghum halepense*) növényből készült kivonat kisebb mértékben bizonyult gátló hatásúnak a csíranövények hajtáshosszára (13. ábra). A már ismert kontroll vizsgálat átlagos hajtáshossza 34,9 mm volt.

A kontroll vizsgálatához viszonyítva a 2,5 %-os töménységű kivonat ugyan kisebb mértékben, de csökkentette az átlagos hajtás hosszúságát 13,8 %-kal, tehát a gátló hatás után 30,1 mm lett a hosszúság. Szignifikáns különbség nem tapasztalható.

Az 5 %-os koncentrációjú oldat már nagyobb mértékben csökkentette a hajtáshosszt. A kontroll csoporthoz viszonyítva 43 %-kal lettek kisebbek a hajtások (19,9 mm átlagos hossz). Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és az 5 %-os koncentrációjú oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.

Holtversenyben, de a legnagyobb mértékben a 7,5%-os töménységű kivonat gátolta a hajtásnövekedést. Ennél a kezelésnél 19,7 mm-es átlagos hajtáshosszt mértünk, amely 43,6 %-os csökkenést eredményezett. Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 7,5 %-os töménységű oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.



13. ábra: A *Sorghum halepense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica hajtáshosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálatához képest (Forrás: saját szerkesztés)

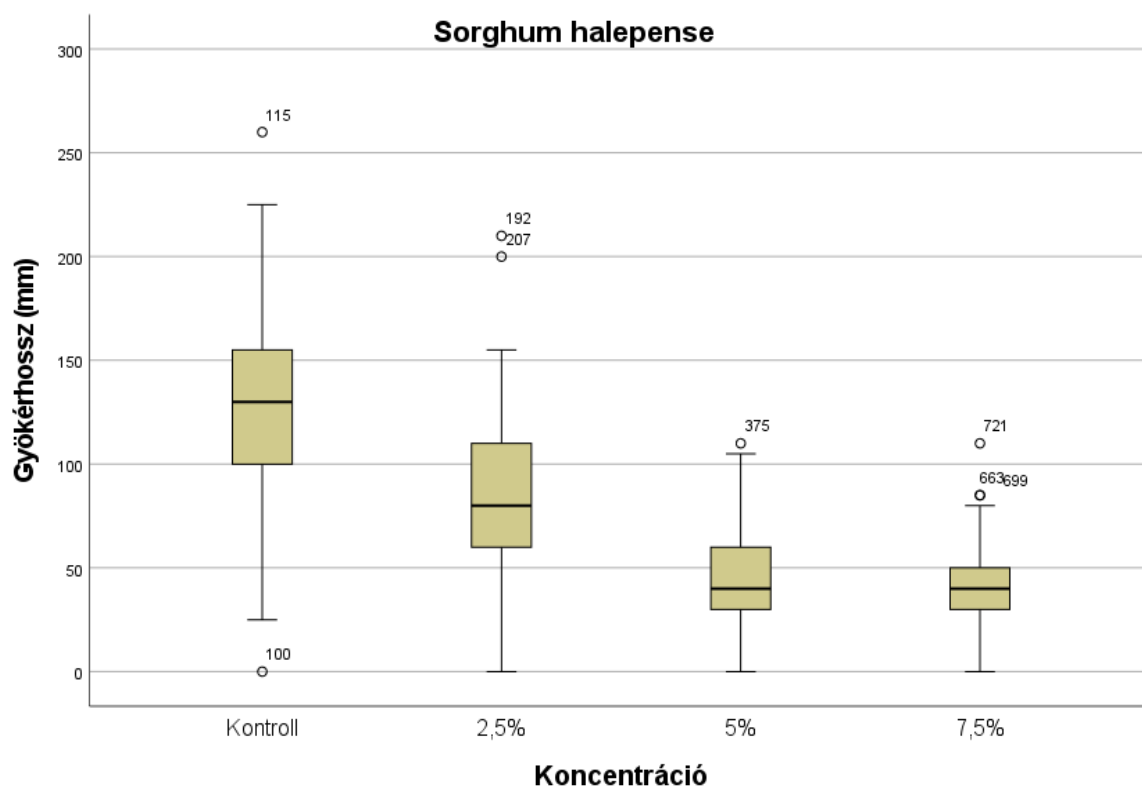
4.4 A *Sorghum halepense* allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény gyökérhosszúságára

A fenyércirok (*Sorghum halepense*) kimutathatóan gátló hatással van a kukorica csíranövény gyökérhosszúságára is (14. ábra). Továbbra is a 126,36 mm-es átlagos gyökérhosszúságot véve alapul a következő kimutatások születtek.

Legkisebb mértékben, de mégis jelentősen a 2,5 %-os oldat befolyásolta a kukoricamagvak gyökérhosszát. Mindösszesen 33,1 % növekedésgátlás történt, miszerint 84,5 mm lett az átlagos hosszúság. Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 2,5%-os töménységű oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.

Az 5 %-os koncentrációjú növényi kivonat a kontroll vizsgálatához viszonyítva erősebb gátló hatást produkált a gyökérhosszra, hiszen csupán 44,3 mm-t ért el, vagyis 65%-os csökkentő hatással bír. Az eredmény itt is szignifikáns különbséget mutat: $p < 0,001$.

A 7,5%-os növényi kivonat gátolta a legjelentősebben a gyökerek fejlődését. 66,3 %-kal lettek kisebbek az átlagos gyökérhosszúságok (42,6 mm), mint a kontroll vizsgálatnál. Szignifikáns különbség tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 7,5%-os töménységű kivonattal történő kezelés között: $p < 0,001$.



14. ábra: A *Sorghum halepense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica gyökérhosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálatához képest (Forrás: saját szerkesztés)

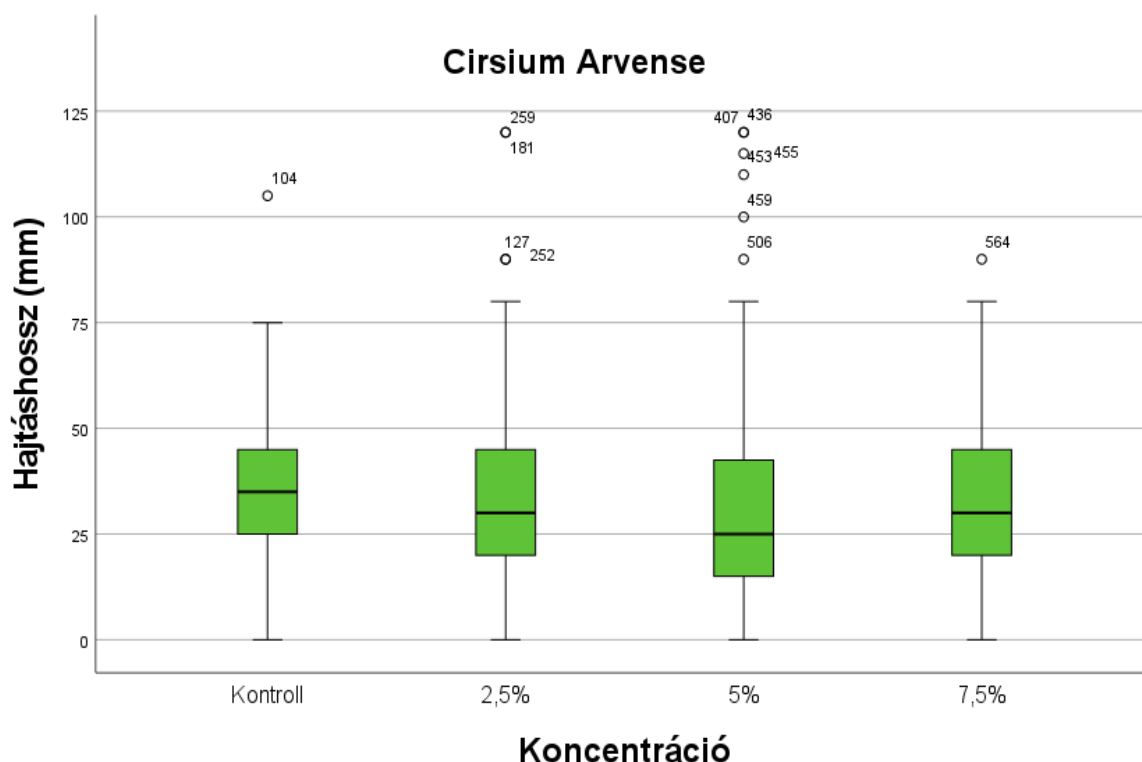
4.5 A *Cirsium arvense* allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény hajtáshosszúságára

A mezei aszatból (*Cirsium arvense*) készült növényi kivonatnak kismértékben van csak gátló hatással a hajtáshosszúságra (15. ábra). Egyik töménységű vizsgálatnál sem sikerült szignifikáns különbséget kimutatni.

A 2,5 %-os töménységű oldat a kontroll vizsgálat alapján felállított átlaghoz képest (34,9 mm) 7,8 %-kal csökkentette le az átlagos hajtáshosszúságot csupán 32,2 mm-re. Szignifikáns különbség nem mutatható ki.

A legnagyobb gátló hatást az 5%-os töménységű kivonat váltotta ki. 8,9 %-os átlagos hajtáshosszúság csökkenést mutattunk ki, így az átlaghosszúság 31,8 mm lett a 34,9 mm hosszúságú kontroll kísérlethez képest. Itt tapasztalható a legtöbb kiugró érték is a maximumértéktől pozitív irányba. Szignifikáns különbség nem mutatható ki.

A 7,5 %-os töménységű kivonat (mint a 2,5%-os kivonat) 32,2 mm-es hajtást eredményezett, amely 7,8 %-kal kisebb a kontroll vizsgálatnál (34,9 mm). Szignifikáns különbség azonban itt sem nem mutatható ki.



15. ábra: A *Cirsium arvense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica hajtáshosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálatához képest (Forrás: saját szerkesztés)

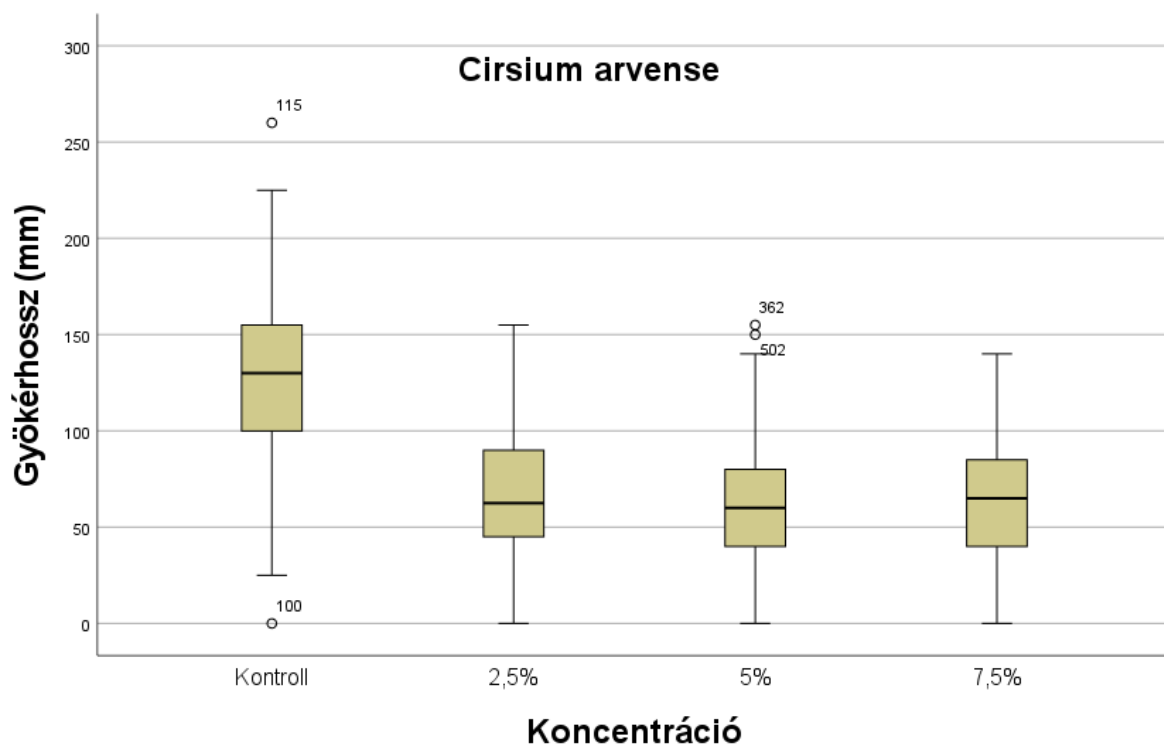
4.6 A *Cirsium arvense* allelopatikus hatásának vizsgálata a kukorica csíranövény gyökérhosszúságára

A mezei aszatból (*Cirsium arvense*) készült oldatnak gátló hatása van a kukoricamagvak gyökérhosszának alakulására (16. ábra). Az összes töménységű kezelésnél sikerült szignifikáns eredményeket megfigyelni.

A 2,5%-os kivonat 46,3 %-kal gátolta (126,36 mm-ről 67,9 mm-re) a kukorica csíranövény gyökérhosszúságát. Ez a töménység mutatta a legkisebb változást. Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 2,5%-os töménységű oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.

A legnagyobb gátló hatást az 5%-os oldat érte el 54%-kal rövidebb gyökérhosszúságot mérhettünk ezeknél a magvaknál, 58,2 mm átlagos hosszúságra csökkenve. Szignifikáns eltérés tapasztalható a kontroll vizsgálat és az 5%-os koncentrációjú oldattal történő kezelés között: $p < 0,001$.

A 7,5%-os töménységű kivonat pontosan a felére csökkentette a gyökérhosszúságot (50,01%-kal rövidebb átlagos gyökérhosszúság). 126,36 mm-ről 63,19 mm-re való csökkést produkálva. Szignifikáns különbség tapasztalható a kontroll vizsgálat és a 7,5%-os töménységű kivonattal történő kezelés között: $p < 0,001$.



16. ábra: A *Cirsium arvense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica gyökérhosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálatához képest (Forrás: saját szerkesztés)

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Laboratóriumi kísérleteinkben három gyakori gyomnövény (T4-es kétszikű, G1-es és G3-as kétszikű) különböző koncentrációjú növényi kivonatainak hatását vizsgáltuk a kukorica csírázására. Az eredmények azt mutatták, hogy az allelokemikáliák jelen vannak a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*), a fenyércirok (*Sorghum halepense*), továbbá a mezei aszat (*Cirsium arvense*) növényeiben, valamint ezek kivonatai laboratóriumi körülmények között negatív hatással voltak a hajtás-és gyökérhossz fejlődésére.

A vizsgálataim jól tükrözik a növények allelopatikus hatását. Minden kezelés csökkentette az átlagos gyökér – és hajtáshosszúságot. Ezeket egy eset kivételével (a *Cirsium arvense* hatása a hajtáshosszra) szignifikáns különbségek támasztották alá. Úgy tűnik, hogy a gyomok allelopatikus hatásuk révén egyformán segítik a megtelepedésben és a terjeszkedésben, akár a nagy kiterjedésű monokultúrák kialakulásában.

A legjelentősebb hajtást – és gyökérhosszúságot gátló hatás a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*) kivonataival kezelt magvakon tapasztalható. Ezek közül is kiemelném a gyökér növekedésgátló teljesítményét, a 7,5 %-os növényi kivonat csaknem 94 %-os csökkenést eredményezett a kontroll vizsgálathoz viszonyítva. Valamint nem hagyhatjuk figyelmen kívül az 5 %-os kivonat (ami 85,4%-al ejtette vissza gyökérnövekedést) és a 2,5 %-os kivonat (57,6 %) teljesítményét sem. Ugyan ennél a kezelésnél volt a legmagasabb visszaesés a hajtáshosszúságban is. Mindhárom kivonattal kezelt vizsgálat során szignifikáns eltérés mutatkozott, a 2,5 %-os oldat 36,4 %-al, az 5 %-os oldat 61,9 %-al és a 7,5 %-os oldat pedig 72,5 %-al csökkentette a hajtásnövekedést.

A második legnagyobb allelopatikus hatást a fenyércirok (*Sorghum halepense*) különböző koncentrációjú oldataival történő kezelés során érték el. Ebben a kezelésben is a 7,5 %-os kivonat bizonyult a legeredményesebbnek, a hajtást – (43,6 %) és gyökérhosszúságot (66,3 %) mérséklő hatásban egyaránt. A gyökérhosszúság átlagosan több mint 50 %-al csökkent, így ez sikereesebbnek mondható.

A kísérlet felállításában szerepet játszó gyomnövények közül a mezei aszat (*Cirsium arvense*) mutatta a legkisebb mértékű allelopatikus hatást. Ugyan a növekedésgátlás ebben az esetben is megtörtént, de a hajtáshossz csökkenése maximum 8,9 % volt az 5 %-os oldat hatására. A csekély hajtás növekedésgátló teljesítmény miatt nem mutattak szignifikanciát. Míg a gyökérhossz csökkenése szintén az 5%-os oldat esetében maximum 54 %-al esett vissza, ez az érték nem maradt el a többi kísérletben részt vevő növényétől.

Mindhárom esetben szobahőmérsékletű vizet használtam a kísérletek során a kivonatok elkészítéséhez. Így a kivonatnak ezen formája természetes, terepi körülmények között is előállítható az esővíz általi kimosódással, vagy akár az élő növényi részekből. A kivonat koncentrációját a szántóföldön

azonban nem tudjuk befolyásolni, ezeket számos tényező befolyásolja, többek között az csapadék mennyisége és annak eloszlása. A talaj tulajdonságai is fontos szerepet játszanak ebben az esetben, mint például a talaj vízgazdálkodása, valamint az adott szántóföldön jelenlévő növények száma és eloszlása. Továbbá, ha az allelokemikáliek anyagok a talajba kerülnek, a mikrobiális tevékenység révén különböző átalakulásokon mehetnek keresztül, amelyek laboratóriumi körülmények között nem modellezhetők. E hatások csökkentése érdekében a mechanikai gyomirtás után a gyomokat el kell távolítani a szántóföldről. Ez valószínűleg csökkenti a gyomok allelopatikus anyagtermelését és versenyképességüket.

Mind ezek ismeretében allelopátiát szántóföldi körülmények között szükségesnek tartom tovább vizsgálni. A gyomok kultúrnövényekre gyakorolt allelopatikus hatásaival kapcsolatos információkat nem szabad alábecsülni. Továbbá az allelopátiás potenciál kihasználását a biológiai védekezés és az integrált növényvédelem területén is életképes lehetőség. Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy mennyire fontos jelentőségű allelopátiás szempontból a gyomok elleni védekezés és hogy mennyire nehéz feladat is egyben.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica (*Zea mays*) gyomszabályozása a világon, beleértve Magyarországon is nagy megoldás elé állítja a gazdálkodókat, mivel a legfontosabb termesztett kultúrnövényeink közé tartozik. Napjainkban a klímaváltozás okán közismert, hogy a megfelelő termesztéstechnológia megválasztása fontos eljárásnak minősül. Mivel kultúrnövényeink többsége a megfelelő gyomszabályozás nélkül eredményesen nem termeszthető, ezáltal nagy mennyiségű termés kiesést von maga után.

A T4-es, a G1-es és a G3-as életformájú növények megjelenése súlyos problémákhoz vezet, ezért vizsgáltam a diplomadolgozatom készítése során az említett életformák közül 1-1 növényt allelopátiás hatásuk szempontjából. Hivatkozva a kísérletem beállítási feltételeire és megvalósulására, bizonyítottan megállapítható mindhárom növény termel allelokemikáliákat, melynek a versenyképességükben is nagy szerepet játszanak. A kapott eredmények alapján a három gyomfaj közül a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*) rendelkezik a legerősebb allelotáttal, tehát ez a legfigyelemre méltóbb gátló teljesítményű növényi oldat. Ezzel szemben a leggyengébbel a mezei aszat (*Cirsium arvense*) rendelkezik.

Mindhárom vizsgált növényi anyagból készült összes töménységű (2,5 m/V %-os, 5 m/V %-os, 7,5 m/V %-os) kivonata szignifikáns eltérést mutatott a gyökérnövekedés szempontjából a kontroll vizsgálatához képest. A hajtásnövekedés szempontját vizsgálva születtek meglepő eredmények, ugyanis a mezei aszat (*Cirsium arvense*) növényi anyagából készült kivonatok közül egyik sem mutat szignifikáns eltérést a kontroll vizsgálatához képest. Valamint a fenyércirokból (*Sorghum halepense*) készült kivonatok közül a 2,5 %-os oldat sem mutat szignifikanciát.

A növények közötti versengés számos módja közül talán az allelopátia a legkevésbé látható. Pedig számos növény faj képes allelokemikáliák termelésére. Nem meglepő, hogy sok kutató tanulmányozta ezt a tulajdonságot. A termelt allelokemikáliák képesek a növekedésre gátló és serkentő hatást kifejteni. CHOU és munkatársai (1998) szerint az allelopátia gyakorlati jelentősége elsősorban az integrált gyomszabályozásban, a kórokozók és kártevők elleni védekezésben rejlik. A növények mulcsként való felhasználásának lehetősége mellett (ahol allelopátiára lehet számítani) a gyom -, kórokozó - és kártevőszabályozás egyik leghatékonyabb formájának tűnik, ha maga a kultúrnövény gyomelnyomó képességű (HOFFMAN et al. 1996). Továbbá 1983-ban Putnam és Defrank 84 különböző növényi maradvány csírázást gátló hatását dokumentálta.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Nyomtatásban megjelent források:

1. ANTAL J. - BERZSENYI Z. – BIRKÁS M - BOCZ E. - CSÍK L. - DÉR S. - GYÓRI Z. GYURICZA CS. - ZSÁKI Z. - JOLÁNKAI M. - KÉSMÁRKI I. - KISMÁNYOKY T. - PE-PÓ P. - TÓTH Z. - CSAJBÓK J. - IZSÁKI Z. - JOLÁNKAI M. - KAJDI F. - -KISMÁNYOKY T. - KISS J. - KRUPPA J. - NAGY J. - SÁRVÁRI M. - SIMITS K. - SI-MONNÉ KISS I. - SZABÓ M. - SZÖLLŐSI G. - SZŐCS Z. (2005): Növénytermesztés 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 252-284.
2. BAGI I (1999): A selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) – Egy invazív faj biológiája, a védekezés lehetőségei. KITAIBELIA, IV. évf. 2. szám, Debrecen. pp. 289-295.
3. BAGI I. (2004) in: Özönnövények I., pp. 319-336
4. BAKACSY L. (2021): A közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) inváziójának vizsgálata és az ellene való védekezés lehetősége nyílt homokgyepekben. Környezettudományi Doktori Iskola Növénybiológiai Tanszék SZTE TTK, Szeged. pp. 14.20.
5. BELL, D. T. - MULLER, C. H. (1973): Dominance of California annual grasslands by *Brassica nigra*. Am. Midl. Nat., 90: 277.
6. BENÉCSNÉ B. G. (2003): A gyomként növő kender (*cannabis sativa* L.) hazai elterjedése, morfológiája, biológiája és gyomszabályozási lehetőségei. Szent István Egyetem, Gödöllő.
7. BHOWMIK, P. C., & BANDEEN, J. D. (1976). The biology of Canadian weeds: 19. *Asclepias syriaca* L. Canadian Journal of Plant Science, 56(3), 579-589.
8. BOCZ E. - KÉSMÁRKI I. - KOVÁTS A. - RUZSÁNYI L. - SZABÓ M. (1996): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda kiadó, Budapest. pp. 362-411.
9. BONNER, J. - GALSTON, A. (1944): Toxic substances from the culture media of guayule which may inhibit growth. Bot. Gaz. (Chicago), 106: 185-198.
10. BORSOS J. – PUSZTAI P. – RADICS L. – SZEMÁN L. – TOMPOSNÉ V. (1994): Szántó-földi növénytermesztés. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kertészeti Kar, Budapest. pp. 78-101.
11. BRÜCKNER D. J., LEPOSSA A, HERPAI Z. (2001): Parlagfő-allelópátia: közvetett kölcsönhatások. Növénytermelés 50. 231-236. 46
12. CHON, S. U., KIM, Y. M., LEE, J. C. (2003): Herbicidal potential and quantification of causative allelochemicals from several Compositae weeds. Weed Research 43. 444-450.
13. CHOU, C. - FU, C. - LI, S. - WANG, Y. (1998): Allelopathic potential of *Acacia confusa* and related species in Taiwan. - J. Chem. Ecol. 24 (12): pp. 2131-2150.
14. FAGET, A., ANTHONY, K.R.M., MEADLEX. J. (Eds.) (1993): The state of new crops development and their future prospects in southern Europe. - Chapman and Hall Ltd., London, 44 pp.

15. GEORGE W. BEADLE (1980). The Ancestry of Corn. Scientific American. pp. 112-120.
16. GONZALES, L. - SOUTO, X.C. - REIGOSA, M.J. (1997): Weed control by *Capsicum annuum*. - Allelopathy J. 4 (1): pp. 101-110.
17. GRÜMMER, G. (1955): Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen – Allelopathie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
18. HEGYESI J. (2016): Mezei aszat – Sikeres gyomszabályozás az ökológiai gazdálkodásban. Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet Közhasznú Nonprofit Kft, Budapest.
19. HOFFMAN, M.L. - WESTON L.A. - SNYDER, J.C. - REGNIER, E.E. (1996): Separating the effect of sorghum (*Sorghum bicolor*) and rye (*Secale cereale*) root and shoot residues on wheat development. - Weed Sci. 44: pp. 402-407.
20. HORVÁTH J. - FISCHL G. - KADLICKÓ S. - KISS E. - PINTÉR CS. - BÍRÓ K. (1995): A szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 66-89.
21. HUNYADI K. – BÉRES I. – KAZINCI G. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda kiadó, Budapest.
22. JÁRAINÉ KOMLÓDI M. (1962): A vadméreg és társulási viszonyai. - pp. 7-9. In: Mátyás Gy., Bócsa I. (Eds.): A méreg (Magyarország kultúrflórája VII. 14.), Akadémia Kiadó, Budapest, p. 101.
23. LYDON, J. - THEASDALE, J.R. - CHEN, P.K. (1997): Allelopathic activity of annual wormwood (*Artemisia annua*) and the role of artemisinin. - Weed Sci. 45: pp. 807-811
24. MACÍAS, F.A. (1995): Allelopathy in the search for natural herbicide models. In INDEJIT - DAKSHINI, K.M.M. - EINHELLIG, F.A. (eds.): Allelopathy. Organisms, processes, and applications. – ACS Symposium Series 582. Am. Chem. Soc. pp.:310- 329 47
25. MANDAVA, N. B. (1985): Chemistry and biology of allelopathic agents. In: The chemistry of allelopathy. Ed.: Thompson, A. C. American Chemical Society, Washington, D. C. 33-54.
26. MÁTYÁS GY. - BÓCSA I. (1962): A méreg (Magyarország kultúrflórája VII.:14.), Akadémiai Kiadó, Budapest, 101 pp.
27. NOVÁK R. – DANCZA I. – SZENTÉY L. – KARAMÁN J. (2009): Magyarország szántóföldjeinek gyomnövényzete. Ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés (2007-2008). FVM, Budapest.
28. PAUL C. MANGELSDORF (1950). The Mystery of Corn. Scientific American. pp. 215-222.
29. PEPÓ P. - SÁRVÁRI M. (2011): Gabonanövények termesztése. pp. 40-83.
30. PEPÓ P. (2019): Integrált növénytermesztés 2., Alapnövények. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. pp. 59-92
31. PEREDA-MIRANDA, R. - MATA, R. (1993): Tricolorin A, major phyto-growth inhibitor from *Ipomea tricolor*. - J. Natural Products 56 (4): pp. 571-582.

32. PUTNAM, A. R. - DEFRANK, J. (1983): Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. Crop Prot., 2: 173-181.
33. RICE, E. L. (1984): Allelopathy. Second edition. Academic Press Inc., USA.
34. SOLYMOSI, P. (1994): Crude plant extracts as weed biocontrol agents. - Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 29 (3-4): pp. 361-370.

Internetes források:

1. INTERNET1: <http://www.garakft.hu/drupal/?q=kukorica> (2024.09.15)
2. INTERNET2: [A kukorica kereskedelme a világban – Agrárágazat \(agraragazat.hu\)](#) (2024.09.15)
3. INTERNET3: <https://www.corteva.hu/agronomiai-kozpont/A-kukorica-fejlodesi-fazisainak-meghatározása.html> (2024.09.15)
4. INTERNET4: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html (2024.09.20)
5. INTERNET5: <https://agroforum.hu/agrarhirek/novenytermesztes/az-egyesult-allamok-a-vilag-legnagyobb-kukoricatermeloje/> (2024.09.20)
6. INTERNET6: <https://www.agrarunio.hu/hirek/novenytermesztes/11713-stabil-helye-van-a-kukoricának-magyarországon> (2024.09.20)
7. INTERNET7: <https://www.corteva.hu/agronomiai-kozpont/A-kukorica-vizgazdálkodása.html> (2024.09.28)
8. INTERNET8: <https://www.kerteszekaruhaza.com/tapanyagellatas/kukorica-komplett.html> (2024.09.28)
9. INTERNET9: <https://agrarium7.hu/cikkek/1384-korszeru-es-eredmenyes-kukoricatermesztes> (2024.09.28)
10. INTERNET10: <https://hort.extension.wisc.edu/articles/common-purslane-portulaca-oleracea/> (2024.09.28)
11. INTERNET11: <https://dtk.tankonyvtar.hu/handle/123456789/12516> (2024.10.01)
12. INTERNET12: <https://agraragazat.hu/hir/fenyercirok-elleni-vedekezes/> (2024.10.01)
13. INTERNET13: <https://kwizda.hu/mezei-aszat%7Ed13954> (2024.10.01)
14. INTERNET14: <https://www.agro.basf.hu/hu/Szol%3%A1ltat%3%A1sok-%3%A9s-Eszk%3%B6z%3%B6k/K%3%A1rt%3%A9s%91-lexikon/Gyomn%3%B6v%3%A9nyek/K%3%A9tszik%3%B1-gyomok/Mezei-acat/> (2024.10.01)

8. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

Ábrajegyzék

17. ábra: A C3-as (búza) és a C4-es (kukorica) fotoszintézisének intenzitása a megvilágítás függvényében (Forrás: INETNET1)
18. ábra: A világ kukoricatermelő országai (Forrás: INERNET2)
19. ábra: A kukorica növekedési és fejlődési fázisai (Forrás: INTERNET3)
20. ábra: *Portulaca oleracea* L. (Forrás: INTERNET10)
21. ábra *Sorghum halepense* L. (Forrás: INTERNET12)
22. ábra *Cirsium arvense* L. (Forrás: INTERNET14)
23. ábra: *Sorghum halepense* L. leveles szár kivonatainak készítése (Forrás: Saját kép)
24. ábra: Kukoricamagok előkészítése (Forrás: Saját kép)
25. ábra: Csíráztató szekrény beállítása (Forrás: Saját kép)
26. ábra: A kiértékelésre kerülő csíranövények (Forrás: Saját kép)
27. ábra: A *Portulaca oleracea* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica hajtáshosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálathoz képest (Forrás: saját szerkesztés)
28. ábra: A *Portulaca oleracea* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica gyökérhosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálathoz képest (Forrás: saját szerkesztés)
29. ábra: A *Sorghum halepense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica hajtáshosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálathoz képest (Forrás: saját szerkesztés)
30. ábra: A *Sorghum halepense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica gyökérhosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálathoz képest (Forrás: saját szerkesztés)
31. ábra: A *Cirsium arvense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica hajtáshosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálathoz képest (Forrás: saját szerkesztés)
32. ábra: A *Cirsium arvense* különböző koncentrációjú kivonatainak hatása a kukorica gyökérhosszúságainak alakulására a kontroll vizsgálathoz képest (Forrás: saját szerkesztés)

Táblázatok jegyzéke

10. táblázat: A világ kukoricatermelésének dinamikája, 1989-1991, 2018 (Forrás: Nagy J. – Kukorica a nemzet aranya et al., 2021)
11. táblázat: A kukorica növekedési és fejlődési fázisai (Forrás: INTERNET3)
12. táblázat: Kukorica fejlődési fokozatai (Forrás: Nagy J. – Kukorica a nemzet aranya et al., 2021)
13. táblázat: A kukorica vízfelhasználása (Forrás: INTERNET7)
14. táblázat: Kukorica hibridek csoportosítása tenyésztő szerint (Forrás: INTERNET9)
15. táblázat: A kukorica főbb kártevői és a megfelelő növényvédelem alkalmazásának módja, ideje (Forrás: BOCZ et al., 1996)
16. táblázat: A kukorica jelentős gyomnövényei és életformái (Forrás: ANTAL et al., 1994)
17. táblázat: T4-es gyomfajok borítottságának változása az I. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés és az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés között. (Forrás: Novák et al., 2009)
18. táblázat: A főbb G-es gyomfajok borítottságának változása az I. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés és az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés között. (Forrás: Novák et al., 2009)

Diagramok jegyzéke

4. diagram: Magyarországon betakarított kukorica területe 1990-2023 (ezer ha) (Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)
5. diagram: Magyarországon termesztett kukorica termésmennyisége 1990-2023 (millió tonna) (Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)
6. diagram Magyarországon termesztett kukorica termésátlaga 1990-2023 (kg/ha)(Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban köszönetet mondok konzulensemnek, Dr. Pásztor György egyetemi adjunktusnak, aki segítőkész munkájával hozzájárult a dolgozatom elkészítéséhez, valamint alkalmazott szakmai ismereteim bővítéséhez.

Köszönettel tartozom a Festetics Imre Bioinnovációs Központ Diagnosztikai Centrumának, akik biztosították a kísérlet helyszínét.

Hálával tartozom hallgatótársamnak, Svajda Petrának, aki a csíranövények méréseiben nyújtott segítséget.

Végezetül hálával tartozom szüleimnek és feleségemnek, akik biztatásával és segítőkészségükkel közelebb kerültem a megvalósításhoz.

NYILATKOZAT

diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Pacsi Bence Márk
A Hallgató Neptun kódja: PGOKOI
A dolgozat címe: Három gyomnövény (*Cirsium arvense*, *Portulaca oleracea*, *Sorghum halepense*) kukoricára gyakorolt allelopátiájának vizsgálata laboratóriumi in vitro kísérletben
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: MATE Növényvédelmi intézet
A konzulens tanszékének a neve: Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsgabizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

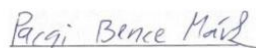
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Keszthely, 2024. év 10. hó 9. nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Pacsi Bence Márk (hallgató Neptun-azonosítója: PGOK01) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy adiplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*3

Kelt: 2024 év 10 hó 28 nap


Dr. Pásztor György
belső konzulens

1A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

2 A megfelelő aláhúzendő.

A megfelelő aláhúzendő.