

DIPLOMADOLGOZAT

DIHEN ADRIENN TÜNDE

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növénytermesztési-tudományok Intézet
Agrármérnök osztatlan szak

**TALAJMŰVELÉSI ELJÁRÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÓ
ELEMZÉSE ÉS HATÁSUK VIZSGÁLATA A NÖVÉNYI
STRESSZRE**

Belső konzulens: Dr. Kende Zoltán
egyetemi adjunktus

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Növénytermesztési- tudományok Intézet

Belső konzulens: Bozóki Boglárka
PhD hallgató

Készítette: Dihen Adrienn Tünde

Neptun kód: RSMSTK

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1 A szója története	5
2.2 Szójatermesztés helyzete	5
2.2.1 A szójatermesztés jelenlegi helyzete a világban	5
2.2.2 A szójatermesztés jelenlegi helyzete Magyarországon	6
2.3 A szója beltartalmi értéke	7
2.4 A szója gazdasági jelentősége és felhasználása	8
2.4.1 Takarmányozásban betöltött szerep	8
2.4.2 Táplálkozásban betöltött szerepe	9
2.4.3 Egyéb felhasználás	10
2.5 A szója növényteni jellemzése	10
2.5.1 Morfológiai leírás	10
2.5.2 A szója egyedfejlődése	11
2.5.3 A szójamag sajátossága	12
2.5.4 A szója éghajlatigénye és a klíma napjainkban	12
2.5.5 Talajigény	14
2.5.6 Magyarország szójatermő területei	14
2.5.7 Előveteményigény	15
2.6 Termesztési technológia	16
2.6.1 Talajművelés	16
2.6.2 Tápanyagellátás	19
2.6.3 Vetés	20
2.6.4 Növényvédelem és növényápolás	21
2.6.5 Betakarítás, tárolás	23
2.7 A növényi stressz	23
2.8 Szakirodalmi áttekintés főbb megállapításai	24
3. Anyag és módszer	26
3.1 Szántóföldi kísérlet körülményeinek a bemutatása	26
3.1.1 Földrajzi elhelyezkedés	26
3.1.2 Környezeti adottságok	26
3.1.3 Talajadottságok	28
3.2 A kísérlet kezelése	28
3.2.1 A termesztéstechnológia leírása	28
3.2.2 A kísérleti elrendezés	29

3.3	A vizsgált paraméterek	30
3.3.1	SPAD– Soil Plant Analysis Development	30
3.3.2	LAI- Leaf area index	31
3.3.3	Termésparaméterek mérései	32
3.3.4	Statisztikai elemzés	33
4.	Eredmények és értékelésük	34
4.1	A levélfelületi index mérésének az eredményei	34
4.2	A SPAD mérésének az eredményei	35
4.3	Növény db/m ² mennyiség eredményei	36
4.4	A növényeken lévő hüvelyszám mennyiségének eredményei	38
4.5	A hüvelyekben lévő magszám mennyiségének eredményei	40
4.6	A termésmennyiség eredményei	42
5.	Következtetések és javaslatok	45
6.	Összefoglalás	47
7.	Irodalomjegyzék	48
8.	Ábrák és táblázatok jegyzéke	57
9.	Köszönetnyilvánítás	58
10.	Nyilatkozatok	59

1. Bevezetés

A növekvő népesség élelmiszer ellátása napjainkban kulcskérdés. A szója (*Glycine max* L.) az öt leggyakrabban termesztett szántóföldi növények egyike közé tartozik. Népszerűsége annak köszönhető, hogy olyan hüvelyes növény, amely magas fehérje- és olajtartalommal rendelkezik. A szóját már több évezredek óta termesztik. I. e. 2300-2800 közötti időszakból származik az első írásos feljegyzés, Shen-Nung császár híres füves könyve, a Pen Tsao Kang Mu (Materia Medica). Ebben leírásra kerültek azok a táplálék- és gyógynövények, amelyek a nép számára termesztésre és táplálkozásra alkalmasak voltak (Kurnik & Szabó, 1987).

A nagy népességű országokban a szója termesztése és az élelmezésben betöltött szerepe kiemelt jelentőséggel bír. Így ezeken a területeken a termesztése jelentős volumenben történik. A legnépesebb országok közé sorolhatjuk Kínát és Indiát, ahol a népesség már meghaladta az 1-1 milliárd főt ([http1](#), [http2](#)). A szója ezeknek az országoknak mind a kultúráikban, mind pedig a hagyományaikban megjelenik.

Napjainkban a szója termesztése egyre nagyobb kihívások elé néz a hazánkban, ennek legfőbb oka a klímaváltozás. A szója úgy, ahogy minden más növény, adott fejlődési állapotban igényli a megfelelő mennyiségű vizet és a megfelelő hőmérsékletet. Ennek kritikus időszaka a virágzás és a megtermékenyülés. Ha a virágzás időszakában légköri és talajaszály lép fel, akkor ebben az esetben a kevesebb virág termékenyül meg, ebből fakadóan kevesebb lesz a várható termés és így a növény termesztése nem lesz sikeres. Ebből kifolyólag hazánkban öntözés mellett természetnek szóját, illetve öntözés nélkül csak az ország legcsapadékosabb területein. Magyarországon megfigyelhető, hogy az egymást követő évek egyre melegebbek. A csapadék mennyisége pedig évről évre változik, hol a mennyiségben, hol pedig az eloszlásában. A globális klímaváltozás nagy mértékben befolyásolja a növények a környezethez való alkalmazkodását és a termésmennyiségét, tehát a növény termesztésének sikerességét. A szója esetében ez negatívan befolyásolja a termesztést és a termeszthetőséget.

Az Európai Unió számos direktívában határozza meg a szója termesztését. Magyarországon az 1998. évi XXVII. törvény a géntechnológiai tevékenységről szól, amely tiltja az országban a genetikailag módosított szaporítóanyag használatát. Az éghajlatváltozás szempontjából szárazságtűrő fajtákat, különböző toleranciájú növények termesztésével lehetne a szója

termesztését kedvezőbbé alakítani, azonban a törvény nem engedi a genetikailag módosított szaporítóanyag használatát.

Az Amerikai Egyesült Államokban és Kínában (a legjelentősebb szója termesztő országokban) pedig a GMO használata engedélyezett (Bertheau & Daviso, 2011). Az említett jellegzetességek alátámasztják a szója jelentőségét, illetve azt, hogy miért és miben kell a termesztésére külön hangsúlyt fektetni. Azonban a hazai termesztéstechnológia és leginkább az alkalmazkodó talajművelési gyakorlatok a szója esetében még fejlesztésre szorulnak, ennek okán kutatási munkám célkitűzései a következők voltak:

- A különböző alpművelések milyen hatással vannak a talajra és a szója termésparamétereire.
- Az alpművelések és a szója klorofilltartalmának összefüggéseinek a vizsgálata.
- A növényi stressz változásának az értékelése, tekintettel a művelési kezelések eltérő hatásaira.
- Javaslatot tenni, hogy melyik alpművelési mód a legalkalmasabb a szója termesztésére a mészlepedékes csernozjomtalajok esetében, így segítve a hazai gazdálkodók szójatermesztésének a sikerességét.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A szója története

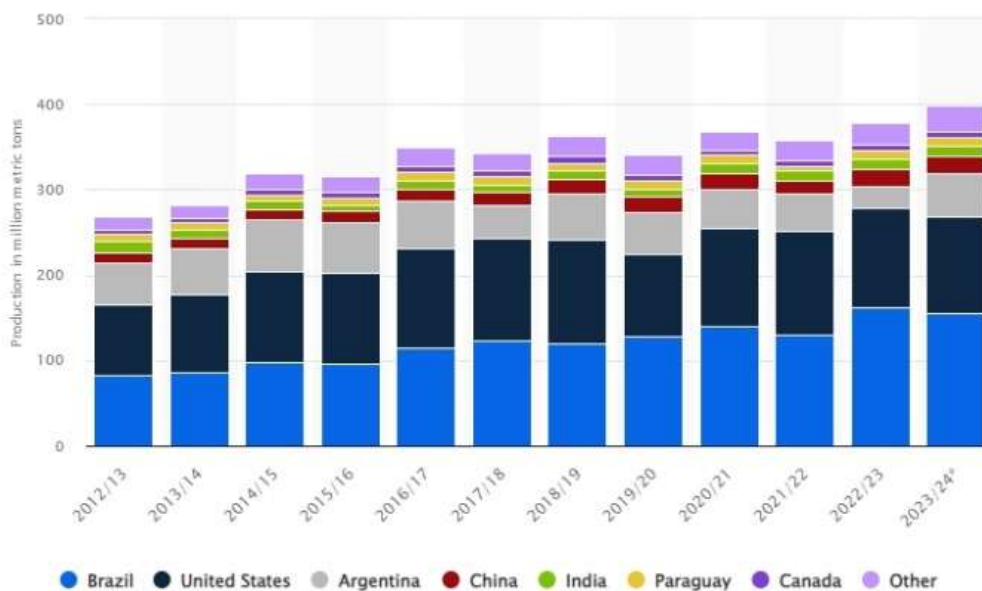
A szója Dél-Kelet-Ázsiában őshonos növény. Kínában már idősámításunk előtt 2000-3000 évvel ezelőtt termesztették (Badar Ul Ain, 2022). Európába a XVIII. század környékén hozták be, míg Magyarországon csak 1876-ben termesztették először (Shurtleff & Aoyagi, 2015).

Hazánkban Haberlandt Frigyes nevéhez fűződik az első jelentős szójatermesztési kísérlet, aki Kínából, Japánból, Mongóliából, a Kaukázusból és Észak-Afrikából szerzett be és vetett el magokat különböző kísérleti állomásokon. A kísérlet során a termesztett magokat a bécsi vilákiállításon mutatta be (Kurnik & Szabó, 1987).

2.2 Szójatermesztés helyzete

2.2.1 A szójatermesztés jelenlegi helyzete a világban

A szóját a világon kb. 120 millió hektáron termesztik. Az öt legnagyobb szójatermesztő országok között tarthatjuk számon Brazíliát, az Egyesült Államokat, Argentínát, Kínát és Indiát. 2022-ben Brazíliában 120,7 millió tonna, az Egyesült Államokban 116,4 millió tonna, míg Argentínában 43,9 millió tonna szóját termeltek. A világ legjelentősebb szójatermesztő országaiban a termelés volumene növekvő tendenciát mutat az elmúlt évek jellegét figyelembe véve (1. ábra).

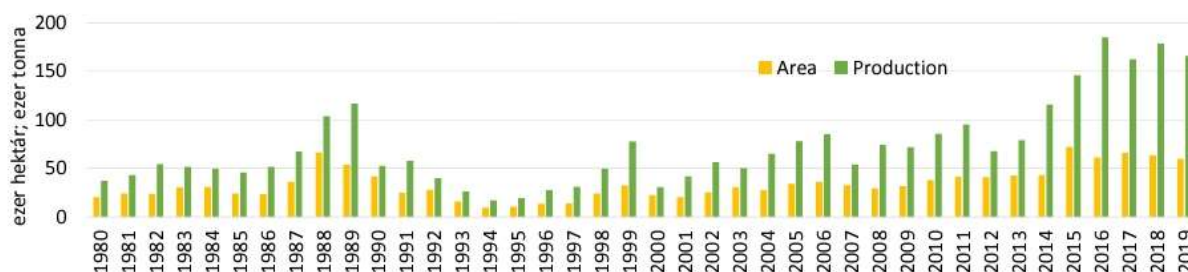


1. ábra: A szója termésmennyiségének alakulása a legjelentősebb szójatermő országokban 2012-2023. között (Forrás: Statista, 2024) (<http3>)

Európában a legjelentősebb szójatermesztő Ukrajna, ahol 2022-ben 3,4 millió tonna volt a megtermelt termés mennyisége (*http4*).

2.2.2 A szójatermesztés jelenlegi helyzete Magyarországon

A KSH adatai alapján Magyarországon 66.279 hektáron termesztettek szóját 2022-ben. Ebben az évben az össztermés mennyisége 134 tonna volt, az éves termésátlag pedig 2,03 t/ha-os mennyiségen alakult (*http5*). Hazánkban a szójatermesztés területe és a termés mennyisége növekvő tendenciát mutat (*2. ábra*).



2. ábra: Magyarország szójatermelése 1980-2019. között (*Forrás: Tikász & Molnár, 2020*)

Említést érdemel, hogy hazánk kiváló termőhelyi adottságainak köszönhetően Európa legnagyobb vetőmagtermelő országai közé tartozik. A vetőmagot főként export céllal állítják elő. 2011. április 25-én Magyarország Alaptörvénye óta biztosítja a genetikailag módosított élőlényektől mentes mezőgazdaságot, amelynek értelmében a növénytermesztésre teljes GMO mentesség terjed ki (*http6*).

Az Európai Parlament honlapja alapján elmondható, hogy a GMO az Európai Unió tagállamai számára engedélyezett, azonban a tagállamok dönthetnek, hogy az országukban engedélyezik-e a genetikailag módosított növények termesztését. 2013-ban az EU-ban 36 millió tonna szójababra volt szükség az állatok takarmányozására, azonban az EU-n belül csak a 1,4 millió tonna szóját termeltek meg, a többi importból érkezett.

Napjainkban a világ szójaterületének 78%-án - az import országok nagy részén - (USA, Brazília, Argentína) genetikailag módosított szaporítóanyagot használnak a növény termesztése során (*http7*). Legnagyobb részben herbicidtoleráns, kisebb részben rovarrezisztens vagy mindkettő, illetve módosított minőségű (módosított olajsavösszetétel) genetikailag módosított szaporítóanyagot használnak fel (Izsáki & Kruppa, 2021).

2.3 A szója beltartalmi értéke

A szóját 35-40%-ban fehérje, 19%-ban olaj és körülbelül 35% szénhidrát építi fel (Hammond et al., 2003; Karr-Lilienthal et al., 2005). Amíg a hüvelyes növények általában 20-25 % fehérjét tartalmaznak, addig a szója 30-45%-os fehérjetartalommal is rendelkezhet (Hammond et al., 2003). A szójafehérjék közül az albuminok és a globulinok közül a szójában a globulinok részaránya nagyobb. A fehérjék értékét a fehérje aminosav-összetétel határozza meg. A növényekben megtalálható, élettanilag jelentős aminosavak közül a lizin, metionin és a cisztin közül a lizin nagy értéke adja a szója kiemelt jelentőségét (Bódis & Kralovánszky, 1988). A fehérjetartalom tehát azért jelentős, mert az aminosav garnitúra áll a legközelebb az állati aminosav összetételéhez (Dixit et al., 2011). Ebből kifolyólag a szója táplálkozásban és takarmányozásban betöltött szerepe kiemelkedő jelentőségű. Általános megfigyelés, hogy a fehérjetartalom növekedésével csökken az olajtartalom és fordítva (Bueno et al., 2018).

Az olajtartalmat figyelembe véve többszörösen telítetlen zsírsavak, mint például linolsav és α -linolénsav építi fel. A szójaolajban lévő linol- és linolénsav esszenciális zsírsavak, amelyek fontos táplálkozási és élettani funkciókat látnak el, könnyen emészthető és gyorsan felszívódó hatással rendelkeznek. (Dixit et al., 2011). Telített zsírsava a palmitinsav, amely az anyagcsere folyamatokat serkenti. A szójaolaj a félig száradó olajok csoportjába tartozik, így finomítható festékek, lakkok, szappanok, kenőanyagok, tömítőanyagok és gyógyszerészeti olajok előállítására. A lecitin a szójaolaj finomításakor visszanyert anyag, amely évek óta ismert stabilizáló, emulgeálószer, nedvesítő és antioxidáns. A legismertebb természetes felületaktív anyag, amely sokoldalúan felhasználható az élelmiszeriparban, italkeverékekben, hússzósokban, mártásokban, margarinban és pékárukban is (Bódis & Kralovánszky, 1988).

Fő összetevői közé sorolhatjuk a fehérjék és az olajok mellett a szénhidrátokat, vitaminokat, ásványi anyagokat, izoflavonokat, fitoszterolokat, foszfolipideket, szaponinokat és a ferritineket is. Szénhidráttartalom tekintetében 60%-ban szacharózt, 30%-ban sztachiózt és 10%-ban raffinózt tartalmaz. Az utóbbi kettő az embereknél puffadást, az állatok esetében pedig csökkent takarmányfelvételt okozhat. A szója vitaminokat is tartalmaz, amelyek közül a B- vitamin és tokoferol tartalma kiemelkedő. A tokoferolok kiváló természetes antioxidánsok. Ásványi anyagok tekintetében pedig K, P, Ca, Mg és Fe tartalma jelentős. Az izoflavonok olyan heterociklusos vegyületek, amelyek nem esszenciális vegyületek, azonban jótékony egészségügyi hatással rendelkeznek. Végezetül a szójában jelen levő ferritin nem más, mint egy vastároló fehérje, így a

szója a vashiányban szenvedők étrendjébe is jól beilleszthető. Ezek alapján elmondható, hogy a szójában található fitokemikáliák, mint például az izoflavonok, a szaponinok és a fitoszterolok jelentősek az egészségvédő hatásuk miatt. Az izoflavonok a fiziológiai egészségi állapothoz kapcsolódnak, csökkentik a koleszterinszintet és a karcinogenitást, valamint a csontok egészségét megőrzi (Hammond et al., 2003).

2.4 A szója gazdasági jelentősége és felhasználása

2.4.1 Takarmányozásban betöltött szerep

A szóját hazánkban legfőképpen az állatok takarmányozására használják fel. A szójaolaj kinyerését követően a visszamaradó szójadara az állattenyésztésben nélkülözhetetlen fehérjehordozó takarmány. Az állattenyésztés intenzívebbé válása során a szója felhasználása nagy mértékben megnövekedett. Hazánkban elsősorban takarmánynövényként tartják számon magas fehérjetartalma miatt, ennek legfőbb oka, hogy a szójában található aminosav összetétel az állati aminosav garnitúrához hasonlít, ebből kifolyólag az állatok számára megfelelő mennyiségű és minőségű fehérjeforrásként hasznosítható. Különböző hőkezelési eljárásokon keresztül csökkentik a szójában lévő antinutritív anyagok és a lektinek hatását, így válik az állatok számára fogyaszthatóvá. A takarmányban a szóját leggyakrabban szójaliszt formájában etetik. A sertés, a szarvasmarha és a baromfi takarmányában széles körben alkalmazott (Dei, 2011).

Az EU a szója termesztését számos támogatással ösztönzi, például zöldséggel vagy az ökológiai gazdálkodás támogatásával (NAK 2018, NAK 2022). Jelenleg a fehérje növénytermesztés támogatásáról szóló 17/2023 (IV. 19) AM. rendelet hatályos, amelyben 15 962 772 euró a 2023-2026-os év támogatási keretösszege (*http8*). A támogatások ellenére a szója vetésterülete továbbra is nagyon alacsony ahhoz képest, mint amennyit az állatok takarmányozása igényelne. A szója helyettesítéséhez alternatív fehérjeforrás lehet más növényi fehérje, például az édes csillagfűrt vagy a takarmányborsó. Egyéb helyettesítő termékek közé sorolhatjuk az ipari melléktermékeket, a levélfehérjét, az akvakultúra eredetű fehérjeforrásokat vagy a mikrobiális fehérjét. Ennek ellenére csak kis mértékben helyettesíthető a szója az esszenciális aminosavak optimális összetétele miatt. Továbbá, az egyes alternatívák azért sem orvosolnák a fehérje hiányát, mert mindegyik előállításuk rendkívül költséges. A levélprotein, amely lucernából vagy fűből vonható ki, komoly potenciált jelenthetne, ha a fehérje kinyerése költséghatékony lenne, illetve a tápláléértéke meg lenne határozva. A rovarfehérje előállításuk szintén költséges. Az akvakultúra

eredetű fehérje (alga, békalencse, tengeri kukac) előállítása drága a magas szárítási költségek miatt, illetve a tápláléérték meghatározására szintén szükséges. Az élesztő, mint mikrobiális fehérjeforrás ígéretes lehetne, azonban az összetétel a fajok, a táptalaj és a feldolgozás függvényében változik, így optimalizálásra és standardizálásra van szükség. Végezetül a szintetikus aminosavaknak szintén a magas ár szab korlátot. Ezek alapján elmondható, hogy a szója biztosítja a legolcsóbb és tápláléértékben a legjobb takarmányt (Popp et al., 2018).

2.4.2 Táplálkozásban betöltött szerepe

A fogyasztói igények megnövekedtek az egészségesebb és táplálóbb élelmiszerek iránt, így az élelmiszergyártók a diétás és egészséges élelmiszerek sokaságát hozták forgalomba, amelyek közül a szója kiemelt helyet foglal el. Azonban az európai országokban a szójatermékek bevétele meglehetősen alacsony az ázsiai országok fogyasztásához képest (Keinan-Boker et al., 2002).

Az ázsiai országok lakossága a szóját fermentált és nem fermentált formában fogyasztja. A nem fermentált élelmiszerek közé tartozik a friss, zöld szójabab, a szójababcsíra, a szójamag, a szójatej, a yuba, a tofu és a pirított szójafehérjepor. Az erjesztett szójából készült élelmiszerek közé sorolható a miso, a natto, a szójaszós és a tempeh (Wilson, 1995). A nem fermentált ételekre jellemző, hogy a szóját hőkezelik, illetve nyersen fogyasztva csíráztatják és salátaként fogyasztják. Ezt követően lehet a natúr szójababból csírárt, salátát, vagy a megfelelő műveletek után szójaitalt, tofut készíteni. A fermentált eljárások esetében pedig a szóját mikroorganizmusok erjesztik, így rendelkeznek a sajátos ízvilággal. A Távol-Keleten mindezek évszázadok óta ismert fehérjeforrások, amelyeket tradicionális eljárással készítenek el, addig a nyugati népek ezeket az ételeket és készítési technológiájukat alig ismerik. Indiában a szójababot hegyvidéki teraszokon termesztik. Az erjesztett termék ebben az esetben a kinema, amely ragacsos textúrájú, ám ízletes nemzeti étel (Tamang, 2015).

Az Egyesült Államokban a megtermelt szója több, mint 50%-át az amerikai olajipar dolgozza fel, 42%-át exportálják, míg a maradék mennyiséget vetőmagtermesztés használja fel, illetve takarmányként hasznosítják dolgozzák fel (Medic et al., 2014).

Az élelmiszeriparban a húsipar, sütőipar és édesipar is felhasználja. A húsiparban vagdalt húsoknál szójalisztet alkalmaznak, ugyanis a térfogat növekedése és a főzési veszteség csökkenése érhető el. A sütőiparban is szívesen alkalmazzák, ugyanis a liszthez adva kis mennyiségben is csökkenti a dagasztás és a fermentáció idejét, a tészta rugalmasságát, illetve a nedvesség-visszatartó képességet, amely a tartósságnak is kedvez. A szójalecitint a sütőiparban a tojás részbeni

helyettesítésére alkalmazzák. Az édesiparban a szójatermékek használata révén jobb vízmegkötő képességre, jobb állagra és hosszabb eltarthatóságára lehet számítani (Popp et al., 2018). Mindezekből fakadóan megállapítható, hogy a szója mind a humán élelmezés, mind az állattenyésztés szempontjából kiemelt jelentőséggel rendelkezik.

2.4.3 Egyéb felhasználás

A szójababból biodízel is előállítható. Ez egy olyan tüzelőanyag, amelyet megújuló energiaforrásokból, növényi olajokból vagy állati zsírokból állítanak elő. Az Egyesült Államokban is felhasználják a szóját biodízel gyártására, ugyanis a kőolajszármazékok káros hatással bírnak a környezetre, míg a biodízel környezetbarát. (Guzeler & Yldrm, 2016)

Széleskörű felhasználhatóságát bizonyítja, hogy a kozmetikai iparban is felhasználható. A szója magjában található fitoszterolok felelnek a bőr hatékony ápolásáért. Antioxidáns és gyulladáscsökkentő hatása révén fényvédő krémek készítésénél is felhasználják. Továbbá aromaterápiában, illetve rögzítőszerként különböző illóolajok hatástartalmának meghosszabbítására is alkalmas (Shidhaye et al., 2012).

A szója terápiás célokra is egyaránt felhasználható, így a kínai gyógyászatban láz, fejfájás, álmatlanság és nyugtalanság enyhítésére is használják. A szója olajnak pedig a bőrre számos jótékony tulajdonsága van, regeneráló hatást fejt ki (Shidhaye et al., 2012).

2.5 A szója növényteni jellemzése

2.5.1 Morfológiai leírás

A szója morfológiáját tekintve főgyökér rendszerrel rendelkeznek. Az erős orsógyökér másod- és harmadrendű elágazásokra tagolódik, amelyekből oldalágak erednek. A szár a fajtától függően elágazó, dudvás szár. Az elágazás, illetve a bokrosodás mértéke főként az állománysűrűségtől függ. Levelei hármasan összetettek. A levelek alakja zömökebb vagy tojásdad alakú. A növény hajtásait, lombzatát és a hüvelyeket szőr borítja. Virágzata fajtánként változó lazább vagy tömött fürtvirágzat, 3-12 fehér vagy lila jellegzetes pillangós virág. Öntermékenyülő növény. Termése a hüvelytermés, amelyben 2-4 mag fejlődik. A mag gömbölyded vagy ovális alakú, a mérete, a maghéj és a magköldök színe fajtajelleg (Izsáki & Kruppa, 2021).

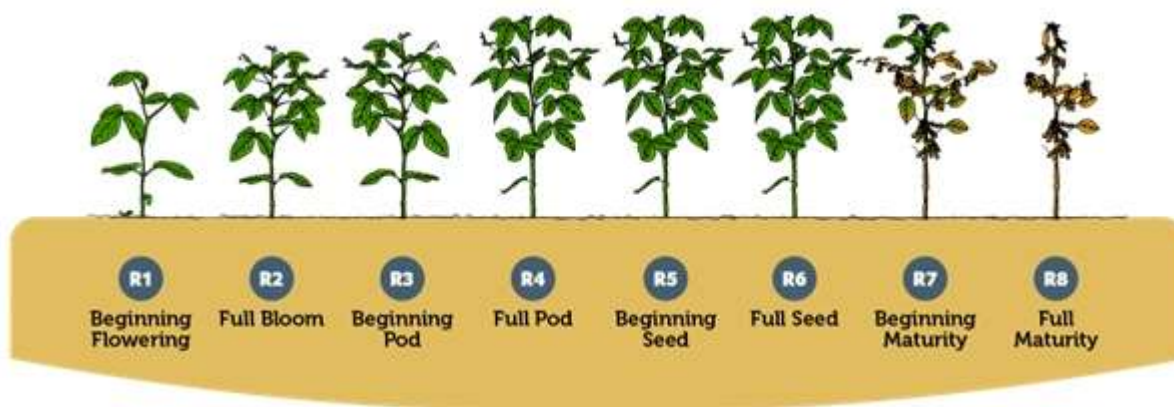
2.5.2 A szója egyedfejlődése

Az eredményes szójatermesztéshez szükséges a fejlődési fázisok és a növekedési jellemzők ismerete annak érdekében, hogy azonosítani lehessen a hozzá tartozó környezeti és technológiai igényeket. A szója vegetatív fejlődés szakaszait (VE-V₄-V_n) szemlélteti a 3. ábra. A képeket a kísérletem során készítettem.



3. ábra: A szója vegetatív fejlődésének fázisai 2023-ban (Forrás: Saját képek)

A képeken rendre látható: VE szakasz a kelés, sziklevelek megjelenése a talaj felszínén. VC szakaszban az első lomblevél, az első egyszerű primer levél (első nódusz) fejlődik ki. V1-ben az első összetett levél az első kisimult összetett lomblevél (második nódusz) jelenik meg. V2-ben két összetett levél és a második kisimult összetett lomblevél (harmadik nódusz), V3-ban három összetett levél és a negyedik kinyílt összetett lomblevél (ötödik nódusz), míg V₄- V_(n)-ben n-ik összetett levél fejlődik ki és a vegetatív növekedés folytatódik. Az összetett levelek számát a fajta és a környezeti viszonyok határozzák meg (Balikó, 2015). A generatív szakasz egyes fázisait a 4. ábra mutatja be ([http4](#)).



4. ábra: A szója generatív szakaszai (Forrás: Internetes forrás, 2020 ([http9](#)))

R1-ben a virágzás megkezdődik, ez történik, amikor bármelyik nóduszon legalább egy kinyílt virág van. R2-ben teljes virágzás látható a felső két nódusz egyikén pedig egy kinyílt virág található meg. R3 a hüvelykötés kezdete, ekkor a felső négy nódusz egyikén 5 mm hosszú hüvely

látható. R4 során a hüvelyek fejlődése történik, a felső négy nódusz egyikén 2 cm hosszú hüvely van. R5-ben a magtelés veszi kezdetét, a hüvelyben kb. 3 mm nagyságú magok vannak. R6 során a kifejlett magok a hüvelyt teljesen kitöltik. R7 az érés kezdete, ekkor jelenik meg az első barna hüvely. R8-ban a teljes érés látható, ilyenkor már a hüvelyek 95 %-a barna színű (Balikó, 2015).

A szója fotoperiódusra érzékeny, rövidnappalos növény, amely alapján egy adott fajta észak-dél irányú földrajzi adaptálhatósága meghatározott. A megvilágítás hossza és az éjszakai sötét szakasz tartama meghatározza a vegetatív szakaszból a generatív szakaszba történő átfordulást. Tehát az egyes fejlődési fázisokra a megvilágításnak nagy jelentősége van. A megvilágítási időtartam fokozatos csökkenése a virágzás és a termésképzés idejének csökkenését eredményezi. A fotoperiódusos érzékenység figyelembevételével észak-dél irányú érés csoportokat alakítottak ki a szélességi köröknek megfelelően. Egy-egy érés csoport 100-150 km-es sávban adaptálható eredményesen. Magyarországon 90-150 napos tenésziidejű fajták alkalmasak a termesztésre, amelyek október közepéig beérnek (Izsáki & Kruppa, 2021). Hazánkban a Nemzeti Fajtajegyzék szerint 52 db fajtát tartunk számon, amelyek közül 12 db igen korai, 23 db korai és 17 db kései érésű államilag elismert fajták vannak (*http10*).

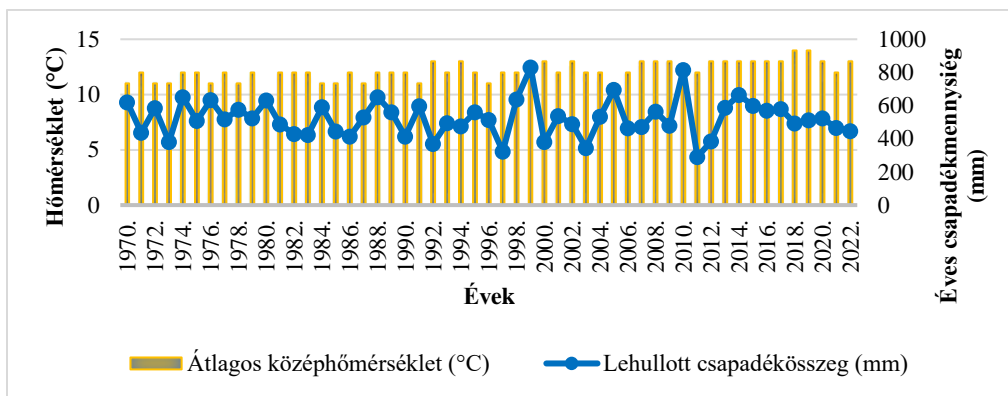
2.5.3 A szójamag sajátossága

A szója szimbiózisban él a *Rhizobium japonicum* baktérium fajjal. Kedvező hatást fejt ki azáltal, hogy nitrogénben gazdagítja a talajt. Elősegíti talaj jobb termékenységét (Anderson et al., 2019). Ez a baktérium a hazai talajokban nem honos, így kezelni szükséges a vetőmagot, amely oltott és csávázott formában kerül forgalomba. A kölcsönhatás révén képes a növény a légköri nitrogén megkötésére. A nitrogén-fixálás bonyolult biokémiai folyamat, amely révén a gyökérgümőkben élő baktériumok megkötik és ammóniává redukálják a levegő nitrogénjét (Balikó, 2015).

A növény számára ebben az állapotban válik használható nitrogénforrássá, amely nagy része a szóját táplálja, azonban egy része a talajban „visszamarad” és az utónövényben is hasznosul, így javítja a talaj tápanyagfeltételeit (Shome et al., 2022).

2.5.4 A szója éghajlatigénye és a klíma napjainkban

Az éghajlatváltozásból fakadóan a Föld átlaghőmérséklete folyamatos ütemben melegszik. A klímaváltozás hatása hazánkban is érzékelhető. A 5. ábra adatai alapján elmondható, hogy Magyarország átlaghőmérséklete egyre melegebbé és szárazabbá a válik.



5. ábra: Magyarország hőmérséklet és csapadékváltozása 1970-2022. között (Forrás: Saját szerkesztés KSH 1970-2022 adatok alapján ([http11](http://11)))

A csapadék láthatóan egyre kevesebb mennyiségben jelentkezik, míg az átlagos középhőmérséklet egyre melegebben alakul. 1970-ben az országunk átlaghőmérséklete 11 °C volt és ebben az évben 621 mm csapadék hullott. A 2000-es évekig ez a trend volt megfigyelhető. Ezt követően ingadozások figyelhetők meg a csapadék mennyiségében, a 2022. év nagyon száraz évnak bizonyult. Az átlagos középhőmérséklet fokozatos emelkedése figyelhető meg, azonban a csapadék mennyisége nem követi ezt a növekedő ütemet. Magasabb hőmérséklethez alacsonyabb csapadékmennyiség társul.

Ez a tény a szója termesztésében problémákat vethet fel, amely a növény ökológiai igényével magyarázható. Daryanto et al. (2015) szerint a globális felmelegedésből fakadó hőmérséklet növekedés, valamint az aszály, káros a szójatermesztésre. Balikó et al. (2005) alapján a szója igényes az éghajlatra, különösen a csapadék mennyiségére és eloszlására, valamint a hőmérsékletre. A szója növekedése és fejlődése során 500 mm csapadékot igényel, amelyből 300 mm a virágzás és a termésérés ideje alatt szükséges (Dolijanovic et al. 2013). Ezért azokon a termőhelyeken, ahol a csapadék mennyisége nem elegendő, ott öntözni szükséges. A teljes virágzástól az érés kezdetéig körülbelül 250-280 mm csapadékot igényel (Balikó, 2015). Mandic et al. (2017) szerint a maghozam a májusi, júniusi és júliusi csapadékmennyiségtől függ.

Az egyenletes keléshez szükséges 12 °C talajhőmérséklet. Ahmed et al. (2010) szerint a vízhiány növeli a lombkorona gyökér arányt, ami a vízhasznosításra kedvező hatású. Nyáron az egyenletes meleget, virágzáskor és magteléskor pedig csapadékot és páradús levegőt igényel. A legkritikusabb a termékenyülési időszak, mert hatással van a virágzásra és a hüvelytelítődésre (Hatfield et al., 2011). Hazánkban az egyre gyakoribb hőségnapok, a virágzás ideje alatt, komoly kiesést okozhatnak a termésben, ugyanis virág- és hüvelylrúgás alakulhat ki (Balikó et al. 2005).

Sacita et al. (2018) alapján a szárazságstressz befolyásolja a növénymagasságot, a hüvelyek számát, a termésmennyiséget, valamint az olaj- és a fehérje mennyiségét is. Aszály esetében a növény nem tudja hatékonyan elosztani a szénhidrátot a levelek és a hüvelyek között, ami a magvak méretét és mennyiségét is csökkenti (Ghassemi-Golezani et al. 2010).

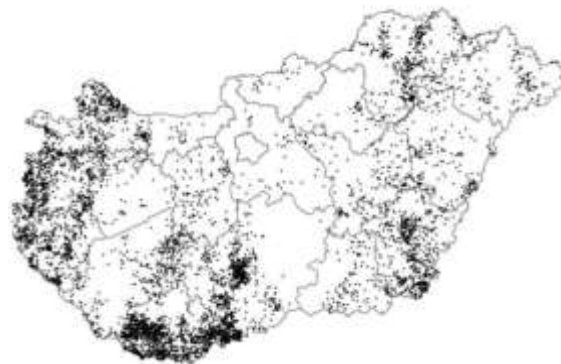
A hőségnapok akkor következnek be, amikor a napi maximum hőmérséklet 30 °C vagy annál több. Ez az utóbbi 50 év átlagában 23 napot jelent, azonban 2022 kritikusan száraz év volt, ekkor a KSH adatai alapján 48 hőségnap jelentkezett az országban (*http11*).

2.5.5 Talajigény

Hazánkban a szója eredményesen termeszthető, jó kultúrállapotban lévő réti csernozjom, barna erdőtalaj, illetve öntéstalajokon. A talaj típusára, illetve a kémhatásra kevésbé érzékeny. Gyengén savas (pH 5-6), közömbös és enyhén lúgos talajokon is termeszthető (Balikó, 2015). Érdekeség gyanánt említhető, hogy Chagbe et al., (2020) trópusi talajon termeszettek szóját és különböző talajművelések hatásait vizsgálták. A kísérlet során azt tapasztalták, hogy a talajművelési gyakorlatok befolyásolják a szója növénymagasságát, az elágazások- és a hüvelyek számát, valamint a szemtermést is egyaránt. Megállapították, hogy szervesstrágyával jelentősen növelhető a termésmennyiség még a trópusi talajon is, ahol nagymértékű a tápanyag kimosódása a talajból.

2.5.6 Magyarország szójatermő területei

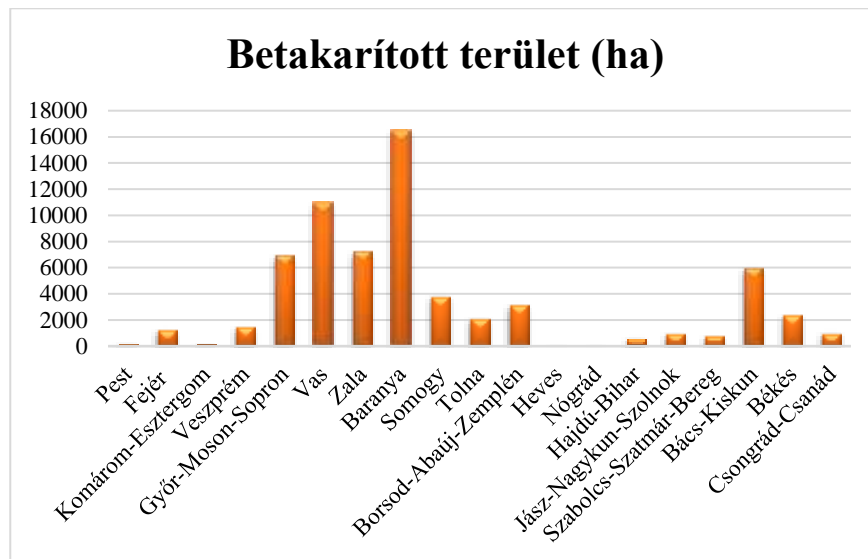
Hazánk legjobb szójatermő területei azok, ahol öntözés nélkül is termeszthető a szója. Ezeket a területeket a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra: Magyarország szójatermesztő területei (Forrás: Internetes forrás, 2016) (*http12*)

Ide sorolható az Alpokalja nyúlványai, Délkelet - Dunántúl, Duna- Tisza közén a Bácskai löszhát az Északi- hegyvidéken a Sajó- Hernád völgye, valamint a Nagyalföldön a Békés-Csanádi löszhát (*http12*).

A KSH adatai alapján elmondható, hogy hazánk legnagyobb szójatermő területeit Nyugat és Dél - Dunántúl öleli fel (*http13*). Nyugat – Dunántúlhoz sorolható Győr – Moson – Sopron, Vas és Zala megye, Dél – Dunántúlhoz pedig Baranya, Somogy és Tolna megye. Ezt a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra: Magyarország megyéinek szójaterületei (Forrás: KSH, 2022 (*http13*))

Jelentősebb termőterülettel rendelkezik a Dél – Alföld is, ahova Bács - Kiskun, Békés és Csongrád – Csanád megyét értjük. Ezzel szemben az Észak – Alföldön Hajdú – Bihar, Jász – Nagykun – Szolnok és Szabolcs – Szatmár – Bereg megyében a szójatermő területek kevésbé gyakoriak.

2.5.7 Előveteményigény

A szója elővetemény tekintetében odafigyelést igényel. Növénykórtani problémákból fakadóan a napraforgó-szója-repce vetésciklus érdemes kerülni. Ennek az oka a közös betegségek kialakulásának a veszélye. Ide sorolható a fehérpenészes szároshadás (*Sclerotinia sclerotiorum*), hamuszürke szároshadás (*Macrophomina phaseolina*) és a *Fusarium* fajok. Napraforgó árvalakész (*Helianthus annuus*) jelentős kultúrgyom lehet. Szintén a rossz elővetemények között említhetjük a hüvelyeseket, illetve a pillangós virágú szálaskultúrákat (Balikó, 2015). A szóját általában gabonaféléket és kukoricát követően termesztik. Gawęda et al., (2020) kutatásai során több évig

monokultúrában termesztették a szójababot. Megállapították, hogy monokultúrában szignifikánsan magasabb hozam érhető el 5%-kal, mint vetésforgó alkalmazása esetén, ez azonban növényvédelmi kérdéseket vethet fel. A szója Praczyk et al. (2012) szerint azokon a területeken, ahol még nem termesztették, két évig sikeresen termesztethető önmaga után.

2.6 Termesztési technológia

2.6.1 Talajművelés

A talajművelés szempontjából szem előtt kell tartani a klímaváltozás hatásait. Számos tanulmány számol be az éghajlatváltozásból fakadó kevesebb csapadékról, az aszályos időszakokról és arról, hogy ezekhez a mezőgazdaságban hogyan és miként szükséges alkalmazkodni (Aydinalp & Cresser, 2008; Arora, 2019).

A talajművelés hatással van a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaira egyaránt, továbbá nagy mértékben befolyásolja a talaj szerkezetét, porozitását és a vízmegőrző képességét. Ezeken kívül jelentős hatással rendelkezik a szervesanyag-tartalomra, a talajban élő mikroorganizmusok tevékenységére és a gyomok kelésére is egyaránt (Cook, 2006). Ezek alapján olyan alapművelési módok alkalmazása szükséges, amelyek a környezetre gyakorolt negatív hatásokat csökkentik és a gazdaságos terméshozam fenntartható. Kutatások bizonyítják, hogy az alapművelések és a termésparaméterek egymással szoros összefüggésben vannak (Hosseini et al., 2016). Buczek et al. (2022) szerint a magvak fehérje tartalmát a művelési módok befolyásolják. A hagyományos művelés és a csökkentett talajművelési módok magasabb fehérje tartalmat eredményeztek, mint a direktvetés. A hagyományos talajművelés során szignifikánsan magasabb fehérjetartalmat állapítottak meg, mint direktvetés esetében.

Talajművelés esetében beszélhetünk a hagyományos és csökkentett talajművelési módokról. A hagyományos talajművelés alatt a talaj forgatását értjük. Ezzel szemben a csökkentett talajművelés olyan eljárásokat foglal magába, amely során a növényi szármadaradványok a talajfelszínén maradnak az erózió csökkentése és a nedvességmegőrzés céljából (Bertgold & Sailus; 2020). Tulajdonképpen minimális talajbolygatás történik különböző talajművelő eszközökkel. Ide sorolhatjuk a direktvetést vagy a sávos művelést is. A csökkentett talajművelési eljárások elfogadottsága alacsony Európában, Ázsiában és Afrikában a világ más részeihez képest (Kassam et al., 2019), a szója nagy részét hagyományos művelési módban termesztik (Kertész & Madarász, 2014).

A direktvetés új talajművelési irányzatnak számít, aminek legfőbb jellemzője, hogy a talaj bolygatatlan marad a vetéstől a betakarításig (Birkás, 2017). László (2007) alapján a direktvetéssel az Amerikai Egyesült Államokban az 1920-as években már próbálkoztak (Allen & Fenster, 1986). Magyarországon az első tartamkísérletek 1962-ben kezdődtek meg az ország több pontjában (Győrffy & Szabó, 1969). Azokon a területeken, ahol a csapadék alacsony, nagyon fontos a talaj olyan jellegű előkészítése, amely során a nedvesség megőrizhető a talajban. Pittelkow et al. (2015) alapján a direktvetés egyenlőtlen csapadékeloszlású, száraz éghajlaton teljesít a legjobban. Liebhard et al. (2022) kutatásaik alapján megállapították, hogy direktvetésben és kultivátorozás esetében a szója csírázása és a növekedése átmeneti késésben volt a szántáshoz képest. Ennek vélhetően az oka a magasabb talajtömörödési állapot a talajfelszín közelében. A direktvetés magasabb termésátlaggal rendelkezett, mint a szántás, annak ellenére, hogy a szántásban gyorsabban csírázott és fejlődött a szója. A kísérleteik során azt is megállapították, hogy a szántásnál és a kultivátorozásnál több nedvességet veszít a talaj párolgás következtében, mint a direktvetés.

A szója talajelőkészítése tárcsával tarlóhántással kezdődik, amelyet hengerrel zárunk, annak érdekében, hogy ne száradjon ki a talaj. Ezt a műveletet a felgyomosodás és az árvakelések ellen az őszi alapművelés elvégzéséig meg kell ismételni. Az alapművelés a szója esetében történhet forgatással vagy forgatás nélkül egyaránt (Balikó, 2015).

A talajművelési eljárások közül a forgatás csak szántással lehetséges. A szántás lazítja, keveri és porhanyítja a talajt és előnyeként tartható számon, hogy növényvédelmi tekintetben a gyomokat lefordítja és a kórokozók kitartó képleteit visszatartja (Birkás, 2017). A szántás elmunkálására a szántással egy menetben kerül sor, hogy ne tömörítse a talajt. A mai talajművelési szemlélet nagy jelentőséget tulajdonít a talaj biológiai aktivitásának, és a termékenységének a fenntartásának. Ebből kifolyólag olyan alapművelési módokat szükséges alkalmazni, amely során a szántások számát és mélységét csökkentik és eke helyett olyan eszközöket alkalmaznak, amik a talaj forgatása nélkül lazítják azt (Filoda et al. 2016; Gawęda et al., 2020). A talaj felső rétegének a pusztulása, illetve a biológiai sokféleség csökkenése miatt mérlegelni érdemes a szántás felhagyását (Anderson, 2004; Chokor et al., 2008).

Cavalari et al. (2023) különböző forgatásos talajművelési gyakorlatokat vizsgáltak és megállapították, hogy a direktvetés a talaj szervesanyag-tartalmára kedvezően hatott a szántáshoz viszonyítva. Ennek ellenére a magasabb térfogatsűrűség és talajjellenállási értékek alapján jelentős

talajtömörödést állapítottak meg. Ezzel szemben, ha a direktvetést megszakították és szántást vagy lazítást végeztek a szervesanyagtartalom egyenletesen oszlott el a talajszelvényben, illetve a lazító hatás még további négy évig is észrevehető volt. Megfigyelték, hogy a talajtömörödés miatt időszakos mélyművelést alkalmaznak, akkor a CO₂- kibocsátás is a felére csökkenthető. Gyomszabályzás tekintetében azonban a szántás bizonyult a kedvezőbbnek.

A forgatás nélküli talajművelési eljárások közé sorolhatjuk a talajlazítást, a kultivátoros művelést, a tárcsázást. A szója esetében mindegyik eljárással elvégezhető az alpművelés (Balikó, 2015).

A talajművelési módok között tömörödöttségi különbségeket is meg lehet állapítani. A talajtömörödés fizikai és mesterségesen kialakuló folyamatok eredménye. A fizikai tömörödésen értjük a talaj természetes megszilárdulását saját tömegének hatására. Ezzel szemben a mesterséges talajtömörödés a mezőgazdasági gépek mozgásából ered, különösen nedves talajállapot esetében (Lamandé et al., 2018; Jamali et al., 2021; Shahgholi et al., 2023). Ebből fakadóan a menetszám csökkentését szem előtt szükséges tartani. A tömörödés enyhítésére egyik esetben erős, mélyre hatoló gyökerű takaró növény vetését ajánlják (Jabro et al., 202, Torres et al., 2022), más esetben pedig a talajművelési eljárások lazítás, kultivátorozás és a szántás váltva alkalmazását (Martínez et al.; 2012, Qiang et al., 2022), amelyet rotációs művelésnek neveznek (Wang et al., 2022).

A lazítás a talajvédelmi eljárások közé sorolható, ugyanis 40-45 cm-es rétegben lazítja a talajt és 25-30%-ban talajtakarást is biztosít. Az eljárás során a mélyebb rétegekben a tömör vagy összeállt állapotának az enyhítése történik, a lazítás révén olyan talajfelszín alakul ki, amely elősegíti a gyomok kelését (Birkás et al., 2021). Wang et al. (2019) alapján a lazításban mélyebbre hatolnak le a gyökerek, amely révén a szárazságtűrés fokozható. Középmély lazítással a talaj művelt rétegének fizikai állapota a vegetációs idő végéig befolyásolható. Pozitívumként tartható számon, hogy forgatás nélkül szünteti meg a talaj tömörödött állapotát, így a szántáshoz képest mérsékelt a talajnedvesség veszteség és a talaj normál víztartalma fenntartható (Birkás, 2017).

A kultivátoros művelés mélysége a kultivátor felépítésétől függ, így sekély, középmély és mély kultivátoros alpművelések ismertek. Az eljárás révén a talaj lazítása és porhanyítása megy végbe (Birkás, 2017). Előnyeként említhető, hogy az mérsékelt víz- és szénveszteséggel alkalmazható (Bogunovic et al., 2019). Yin et al. (2021) azt tapasztalták, hogy a kultivátoros kezelés a direktvetéshez képest elősegítette a csapadék talajba szivárgását a középső és a mélyebb rétegekben. A kultivátorozás a gyökérszélességet és a gyökér aktivitás arányát is jelentősen növelte,

ugyanis az eljárás révén vízszintes és függőleges gyökérnövekedés is lehetővé válik. A kísérlet során a kukorica termésmennyiségét vizsgálták és megállapították, hogy 11%-kal nagyobb termés alakult ki a kultivátorozás során, mint a direktvetés esetében. A kultivátoros művelés hatékony talajtakarást biztosít, azonban Kende et al. (2017) kultivátorral művelt talajok esetében nagyobb mértékű gyomosságot tapasztaltak.

A tárcsás művelés Magyarországon a 19. század végén jelent meg és fokozatosan beépült a hazai művelési módok közé. 1964-1988 között gazdaságos módszerként tartották számon. 1989-ben már kedvezőtlen talajviszonyokat fedeztek fel, ám ettől függetlenül alkalmazták (Birkás, 1998). A tárcsázás során a talaj felső rétegének fizikai állapota változtatható. Keveri, porhanyítja és lazítja a talajt, azonban felszínalakító és forgató hatása kis mértékű (Birkás, 2017). Kedvezőtlen talajnedvességi viszonyok között agronómiai és energetikai szempontból alkalmazása hátrányos, ugyanis nedves talajon tömöríti a talajt, a tömör réteg vastagodása pedig tárcsatalpat alakít ki. Ebből kifolyólag a víz talajba történő szivárgása korlátozottá válik (Birkás et al. 1997). A tárcsázás Birkás et al., (2002) kísérleteik alapján talajtömörítő hatással rendelkezik, amely a felszíni és a mélyebb rétegekben is megmutatkoznak. Nedves és száraz években is egyaránt a kutatás során a tárcsázást és a lazítást hasonlították össze. Gyomok tekintetében megállapították, hogy a tárcsázás esetében nagyobb mértékű gyomborítottság tapasztalható, mint a lazításnál.

A legfontosabb szempont, hogy az alapművelés révén a talaj tömörödött részei megszűnjenek, annak érdekében, hogy a szója főgyökere a csírázás kezdetén képes legyen a talaj mélyebb rétegeibe lehatolni. Thu et al. (2014) megállapították, hogy ha elegendő víz van a talajban, akkor a gyökerek a talaj felső részében oszlanak el. Ha pedig nem, akkor a gyökerek mélyebbre nőnek. Éppen ezért fontos a megfelelő művelési mélységet megválasztani és a megfelelő vízmegőrzést biztosítani a talajban. A fejlődés első két hetében a főgyökér még „fonál” szerű, amely elérheti a 20 cm-t is. Éppen ezért fontos, hogy ne legyenek tömörödött rétegek vízszintes és függőleges irányban sem. Ebből kifolyólag a szántás művelési mélysége érje el a 30 cm-t, a lazítás optimális körülmények között ennél mélyebben is történhet. A magágykészítés tavasszal történik kombinátor segítségével. 8-10 cm-es egyenletes felszínű magágy szükséges a gyors és az egyöntetű kelés elérésére (Balikó, 2015).

2.6.2 Tápanyagellátás

A szója nitrogénből viszonylag keveset igényel, ugyanis a szükségeltének kb. 20-70%-át a légköri nitrogénmegkötésből fedezni tudja. Istállótrágya nem szükséges, ugyanis a gyomosodás és

a túlzott nitrogén ellátás következtében, az erős vegetatív növekedésből fakadóan, a növény megdőlhet. Éppen ezért annyi nitrogént szükséges kijuttatni, mint amennyi és amikor éppen szükséges. Legnagyobb szerepe csak az alacsony szervesanyagtartalmú területeken van és ott is az előző évi visszamaradt szármaradványok lebontásában a pentozán hatás elkerülése miatt. A szója foszfor és kálium igénye elég nagy, ezért ezeket össze kell kijuttatni és bekeverni a talajba (Balikó, 2015).

Kádár (2008) több éves kutatásai során kimutatta, hogy a szója megfelelő tápanyagellátottsága nagy hatással van a növény biológiájára, a termés mennyiségére és minőségére, valamint a gyomokkal és a betegségekkel való ellenállóképességre. Kádár (2008) megállapításai a következők voltak: a nitrogén (N) és a foszfor (P) túltrágyázás gátolja a szója fejlődését, és kedvez a gyomok szaporodásának. A foszfor túlkínálata szintén serkenti a gyomok megjelenését, míg a nitrogén túltrágyázás elhúzódó érést okoz. A kálium (K) esetében azt tapasztalták, hogy nem befolyásolta a termést. Növényvédelmi szempontból is megállapításokat tett: a megfelelő NPK ellátottságú szója parcellák későbbi érést eredményeztek, azonban a *Macrophominával* szemben ellenállóvá váltak. Ezzel szemben a N-hiányosak hamarabb száradtak el. Megfelelő tápanyagellátással a szója betegségekre való fogékonysága befolyásolható.

2.6.3 Vetés

A szója csírázásához legalább 8-10 °C szükséges, ezért nem szabad korán vetni. Európában széles tartományba esik a szója vetésideje, amely április közepétől május közepéig tarthat (Dima et al., 2016). A május elseje utáni vetések a maghozam lineáris csökkenését eredményezhetik (Egli, & Bruening 2000; Borowska & Prusiński, 2021) A gyors és egyenletes kelés érdekében az optimális vetésidő hazánkban április közepén van, amely a gyakorlatban április 15-20 között történik. A vetés sortávolsága lehet gabonasortáv (12 cm ,24 cm) 50 cm vagy 70 cm. A biológiai igény és a sorközművelés lehetőségének a fenntartása szempontjából a legkedvezőbb a 45-50 cm-es sortávolság. A vetés mélysége 3-5 cm között alakul (Balikó, 2015). A szükséges vetőmag mennyisége a vetés módjától és a fajtahoz igazított növényeszámtól függ. A kisebb testű fajtákat sűrűbbre, a nagyobb testű fajtákat ritkábbra kell vetni. Ebből kifolyólag a javasolt csíraszám a legkorábbi érésűeknél 650 ezer/ha, a korai érésűeknél 550 ezer/ha, a közép érésűeknél 500 ezer/ha és a kései érésűek esetében 450 ezer/ha ([http14](http://14)).

2.6.4 Növényvédelem és növényápolás

A növényvédelem az egyik legfontosabb elem, amely alatt a gyomirtást, valamint a kártevők és- a kórokozók elleni védelmet értjük. Vollmann et al. (2010) alapján a gyomok nagy mértékben csökkentik a termésmennyiséget, ugyanis versenyeznek a kultúrnövényekkel a vízért és a tápanyagokért. A megfelelően gyommentes állomány kialakításához a vegyszeres gyomirtás a legelterjedtebb gyakorlati módszer. Oerke (2006) szerint kémiai és mechanikai kezelések mellett mezőgazdasági gyakorlatokkal, mint a vetésforgó alkalmazása vagy a talajművelési eljárások alkalmazásával szabályozható a gyomosság. Gawęda et al. (2020) alapján a szója érzékeny a gyomokra vegetáció első fázisában, valamint az érés végén is (Li et al., 2018; Ali et al., 2020). Gewada et al. (2016) a szántás során több, mint 60%-kal tapasztaltak kevesebb gyomot, mint a direktvetés esetében. Gyomirtási módszerek lehetnek a preemergens, vagyis a vetés után, kelés előtti kezelések, valamint a posztemergens kezelések, amelyek esetében a kultúrnövény és a gyomnövények is már kikelt állapotban vannak. A magról kelő egy- és kétszikűek ellen célszerű vetés után minél hamarabb elvégezni a gyomirtást. A megfelelő időzítés azért fontos, mert a gyomnövények a szikleveles vagy a pár lombleveles állapotukban a legérzékenyebbek (Balikó, 2015).

A hazai szakirodalom alapján a szója legfontosabb gyomnövényei közé sorolhatóak az egyéves egyszikűek. Ebbe csoportba tartozik a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), a disznóparéj fajok (*Amaranthus spp.*), a fehér libatop (*Chenopodium album*), a napraforgó árvakelés (*Helianthus annuus*), a csattanó maszlag (*Datura stramonium*), a selyemmályva (*Abutilon theophrasti*), a szerbtövis fajok (*Xanthium spp.*), keserűfű- félék (*Polygonum spp.*). Hosseini et al. (2016) a szőrös disznóparéjt, a csattanó maszlagot, a bojtortján szerbtövist és a fehér libatopot fedezték fel a szójában a leggyakoribb gyomfajokként. A kísérletem során ezeket én is nagyobb számban tapasztaltam. Az egyéves kétszikűek között említhető a kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli*), a muhar- félék (*Setaria spp.*) és a vadköles (*Panicum miliaceum*). Az évelő kétszikűek közé tartozik az apró szulák (*Convolvulus arvensis*) és a mezei acat (*Cirsium arvense*). Az évelő egyszikűek körébe sorolható a fenyércirok (*Sorghum halepense*) és a tarackbúza (*Elymus repens*), amelyek szintén megjelenhetnek a szója állományában (Balikó, 2015; Blazsek et al., 2015).

A növényvédelemben a legnagyobb kihívást a gyomok elleni védekezés jelenti. Oerke (2006) szerint a szójatermés mennyiségét 37%-ban veszélyeztetik a gyomok, míg a kórokozók és az állati kártevők csupán 11-11%-ban, a vírusok pedig csak 1%-ban okoznak kárt a termésben.

Ezek alapján a kártevők és kórokozók alkalmi jelleggel, fogékony fajták esetében, illetve szélsőséges körülmények között okoznak problémát (Balikó, 2015; Kövics et al., 2020).

A növényápolás munkái között a mechanikai gyomirtást értjük. Előnye, hogy nem vet fel környezetvédelmi problémákat és nem segíti elő gyomirtószer-rezisztens gyomok kifejlődését (Heap, 2014; Stefanic et al., 2022). A sorközművelő kultivátor által végzett művelet során a talaj felső kérgé megtörik, így a felső réteg fellazul. Csökken a kipárolgás, a nedvességvesztés, tehát több víz marad a talajban. Tömörödött talajokon elősegíti a talaj felmelegedését. Általában két alkalommal végzik, az elsőt akkor amikor az összetett levelek kifejlődtek, a másikat pedig akkor, amikor a sorok záródtak (Balikó, 2015).

A szója kórokozói között vírusos, baktériumos és gombás fertőzéseket értünk. A vírusos betegségek közül a szójamozaik (*Soybean mosaic potyvirus*) és a vírusos rügyszáradás (*Tobacco ringspot virus*) okozhat komoly problémát. A jelentősebb baktériumos betegségek között említhető a szója baktériumos hólyagos foltosság (*Xanthomonas campestris* pv. *glycines*, *Xanthomonas phaseoli* var. *sojense*) és a baktériumos barna levélfoltosság. A gombás betegségek csíranövény pusztulást okozhatnak, amelyekért a *Fusarium*-fajok, a rhizoktónia (*Rhizoctonia solani*), a fehérpenészes rothadás (*Sclerotinia sclerotinum*), és a *Phytophthora*-fajok felelősek. A szójára állományban a szójaperonoszpóra (*Peronospora manshurica*), a fehérpenészes szárrothadás (*Sclerotinia sclerotinum*) a hamuszürke szárkorhadás (*Macrophomina phaseolina*), a szója fuzáriózis (*Fusarium oxysporum*) és a szeptóriás barna levélfoltosság (*Septoria glycines*) lehet a legnagyobb veszéllyel. A leghatékonyabban a kórokozók ellen csávázással, az agrotechnikai szabályok betartásával, fungicides állománykezeléssel, szármagok aláforgatásával, a megfelelő vetésidő és állománysűrűség megválasztásával, valamint az NPK trágyázással lehet védekezni (Pepó, 2019).

A kártevők közül a kései vetésből fakadóan fiatalkori kártevők pattanóbogarak (*Agriotes* spp.) és a barkók (*Sitona* spp.) említhetőek. A pattanóbogarak a csírázó magokat és a fiatal növényt is megtámadhatják, addig a barkók a lombot karéjazzák. A legtöbb esetben a termést károsító rágó vagy szívó kártevők kártétele okozhat problémát. A legjelentősebbek közé tartozik a közönséges takácsatka (*Tetranychus urticae*), amely kifehéredő foltokat okoz a leveleken (Ábrahám, 2003). A vándorpoloska (*Nezara viridula*) több növényi részt szívogat, a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) a generatív részeket károsítja, a bogáncslepke (*Vanessa cardui*) pedig

olyan vándorlepke faj, amely a lombozatban okozhat problémát (Borbélyné Hunyadi & Dexler, 2016).

2.6.5 Betakarítás, tárolás

A betakarítás ideje rendszerint szeptemberben és októberben történik. A betakarítás veszteségei legtöbbször a gabonakombájnok vágóasztalánál keletkeznek. Éppen ezért erre a célra speciális, flexibilis kaszával felszerelt, változtatható asztalhosszúságú, illetve gyűjtőcsiga nélküli kereszt és hosszszállítószalagos vágóasztalokat alkalmaznak. Ezek rugalmas felfüggesztésűek, ezért kereszt és hosszirányban képesek követni a talajfelszín egyenetlenségeit, és akár 2-3 cm-es tarlóval aratja le a növényt (Hajdú, 2015).

A szója akkor tekinthető érettnek, amikor a magvak a csúcsi fürt hüvelyekben teljesen kifejlődtek és színűek a fajtára jellemzőek, valamint a levelek mind lehullottak. A mag ebben az állapotban általában 14-18% vizet tartalmaz, ekkor a legkisebb veszteséggel aratható. Csapadékos őszi időjárás esetében előfordulhat, hogy az érés elhúzódik és deszikkálásra van szükség. A deszikkálás állományszárítást jelent, amely során érésgyorsító kijuttatása történik (Orosz, 2021). A szója tárolása 14% alatti hőmérsékleten biztonságosan tárolható, ezért ha a betakarításkori nedvességtartalma 14%-nál magasabb, mindenképpen szárítani szükséges (Balikó, 2015).

2.7 A növényi stressz

A szántóföldön termesztett növények egyidejűleg számos környezeti hatásnak vannak kitéve. Abiotikus stressztényező lehet a szárazság, a hideg, a fagy, a sótartalom vagy a tápanyaghiány. Kedvezőtlen biotikus stresszhatással bír a növényre a kártevők és a különböző betegségek jelenléte is. Példának okán a vízstressz előidézhethet membránkárosodást, befolyásolhatja a molekuláris jelátvitelt és a hormonaktivációt. Ennek következtében a növekedésre, fejlődésre vagy a termésmennyiségre negatív hatással rendelkeznek (Ghassemi–Golezani et al., 2013). A szójabab termésmennyisége szárazságstressz hatására, akár 40%-kal is csökkenhet (Manavalan et al., 2009). Basal & Szabó (2020) különböző szójafajtákban vizsgálták az aszálystressz hatását és arra a következtetésre jutottak, hogy a fajták eltérően reagálnak az aszályra. Megállapították, hogy az aszály nagy mértékben befolyásolja a szója fiziológiáját, termésmennyiségét és a termésminőségét is.

A növényi pigmentek között a klorofill az, amely a növény zöld színét adja. A bioszféra és a légkör között a klorofill molekulák elősegítik a napsugárzás által elnyelt energia kémiai energiává

történő átalakítását, így biztosítva az anyag és- energiaáram cseréjét (Croft et al., 2020). Croft (2017) szerint a levelek klorofill tartalma a növény élettani állapotát reprezentálja, amelyet nagy mértékben befolyásol a nitrogén mennyisége és a környezet különböző hatásai

A magasabb rendű növények két típusú klorofill molekulát tartalmaznak a klorofill *a* és klorofill *b* molekulát. A klorofill *a* kékeszöld, a klorofill *b* sárgászöld színű. A növények leveleiben egyéb pigmentek is elnyelik a fényt- köztük a karotinoidok vagy az antocianinok -, addig a növények fotoszintézisét a klorofill által begyűjtött fény mozgatja. A két klorofillmolekula két kiemelkedő abszorpciós csúcsot mutat, csak az egyik a kék sávban, míg a másik a piros spektrumtartományban. A két csúcs középpontja a klorofill *a* tekintetében 430 nm és 662 nm közötti, míg a klorofill *b* tekintetében 453 nm és 642 nm között van. A kék spektrumtartományban a levelek más pigmentjei jelentős abszorpciót mutatnak, addig a 600-700 nm-es vörös spektrumtartományban a klorofill abszorpciója dominál (Zhang et al., 2022).

2.8 Szakirodalmi áttekintés főbb megállapításai

- A szója ma már a több évezredek óta termesztett növények közé tartozik. A legjelentősebb termesztői a világon Brazília, USA, Argentína, Kína és India. Európában a legfőbb termesztője Ukrajna. A világon és hazánkban is egyaránt termelésének a volumene növekvő tendenciát mutat.
- A szója kedvező tulajdonságait, népszerűségét és sok oldalú felhasználhatóságát a beltartalmi értéke szolgáltatja. 35-40% fehérje, 19% olaj- és 35% szénhidrát-tartalommal rendelkezik. A fehérjék értékét a fehérje aminosav összetétele határozza meg. A szójában megtalálhatóak olyan élettanilag jelentős, esszenciális aminosavak, amelyek az élő szervezet számára nélkülözhetetlenek. Olajtartalom szempontjából esszenciális zsírsavak - linol- és linolénsav - építik fel. A fő összetevők mellett jelentős vitamin- és ásványi anyag tartalommal is rendelkezik a szója.
- A szója széles körben felhasználható, fehérje- és olajnövényként is termesztendő. Hazánkban azonban a szóját elsősorban takarmánynövényként tarják számon a magas fehérje tartalma miatt. Az aminosav összetétel az állati aminosav-garnitúrához nagyon hasonló, így az az állatok számára megfelelő mennyiségű és minőségű fehérjeforrásként hasznosítható a takarmányozásban. Számos alternatív fehérjeforrás lehet alkalmas a szója helyettesítésére (alga, levélfehérje, mikrobiális fehérje), azonban ezeknek az esszenciális aminosav-tartalma nem egyezik meg a szójával vagy pedig a fehérje előállításuk költséges.

- A fogyasztói igények az egészséges életmódot és táplálékot preferálják, így a szóját egyre gyakrabban illesztik be a diétás étrendbe. Míg az Európai Unióban a szója fogyasztása meglehetősen alacsony, addig az ázsiai országok lakosságának étrendjébe és kultúrájába már több ezer évvel ezelőtt beépült. Fermentált és nem fermentált formában számos módon fogyasztható.
- Az elmúlt 50 év időjárás és hőmérséklet változásából megállapítható, hogy a globális éghajlatváltozás hazánkat is sújtja. Mint ismert, a szója olyan növény, amely adott fejlődési fázisában igényes a hőmérsékletre és a csapadékra. A kezdeti fejlődéséhez szükséges 12°C, a virágzáshoz és a terméséréshez pedig az egyenletes meleg. A legkritikusabb időszaknak a virágzás és a termésérés köthető, ugyanis megfelelő csapadék és légköri nedvesség hiányában hüvelyelrűgás és alacsonyabb termésmennyiség alakulhat ki.
- Az alpművelési módok számos módon befolyásolják a talajt. Az egyes alpművelési technológiák hatással vannak a talaj tömörödésére, szervesanyagtartalmára, vízmegőrző képességére és a talaj szerkezetére egyaránt. A szója termesztető forgatás és forgatás nélküli talajművelési rendszerekben egyaránt. A direktvetés új irányzatnak számít, azonban alkalmas a szója termesztésére. Az időjárás kihívásaiból fakadóan olyan talajművelési eljárást szükséges alkalmazni, amely a szója számára a legkedvezőbb feltételeket teremti meg a kritikus időszakban.
- A szántóföldi növények jelentős abiotikus stressztényezőknek vannak kitéve. Kedvezőtlen hatások közé lehet sorolni a tápanyaghiányt, a fagyot és a szárazságot. A növényi stressz hatással lehet a növények növekedésére, fejlődésére vagy a termésmennyiségére. A levelek klorofill tartalmát nitrogén mennyisége és a környezeti hatások nagy mértékben befolyásolják. A klorofill olyan növényi pigment, amelynek szerepe van a fényelnyelésben és a növény számára a működéshez szükséges energia előállításában. A levelek klorofill tartalma szoros összefüggésben van a növény élettani állapotával.

3. Anyag és módszer

3.1 Szántóföldi kísérlet körülményeinek a bemutatása

A kutatás helyszíne Hatvan-Józsefmajor volt. A 8. *ábra* alapján látható, hogy északi oldalról a kísérleti területet a Józsefmajori Tangazdaság határolja.



8. *ábra*: A kísérlet helyszíne (Forrás: MePAR, 2024) (<http15>)

A kutatás elvégzéséhez szükséges vizsgálatokat a tangazdaság területéhez tartozó, öt hektáros táblájában végeztem el. A kísérlet 2022. októberében, az alapművelést követő mérésekkel, kezdődött el és 2023. szeptemberi betakarítást követő mérésekkel zárult.

3.1.1 Földrajzi elhelyezkedés

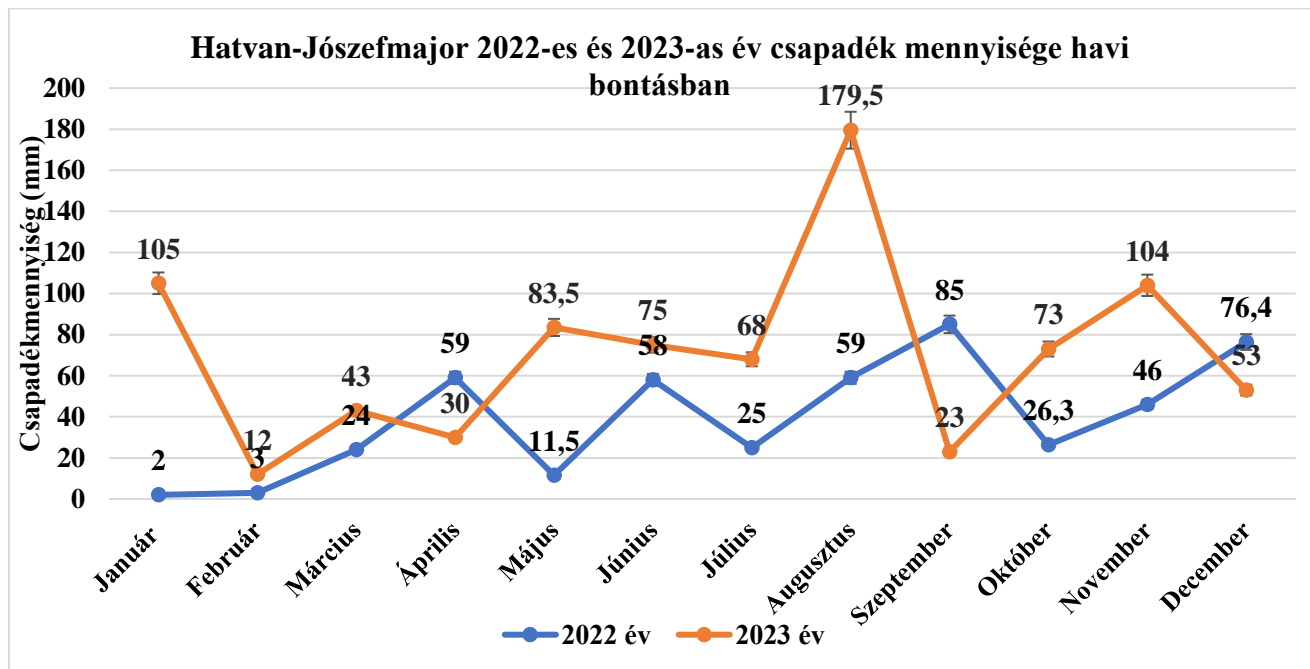
Józsefmajor a Hatvani-sík északi peremén helyezkedik el. A terület GPS koordinátái a következők: N 47°41,219'-269'-E 19°36,187'-462' (Birkás et al., 2009). A tengerszint feletti magasság 97 és 209 m közötti. A Hatvani-sík az Alföld egyik kistája, része az Észak-alföldi hordalékkúp síkságnak. Az Északi-középhegység hegylábfelszínétől tereplépcső választja el. A terület DK-i része alacsonyabb fekvésű, enyhén tagolt síkság, nyugati része alacsonyabb dombok által tagolt, míg északi része közepes magasságú tagolt síkság. Kartal, Verség, Heréd és Fenyőharaszt-puszta találhatóak a környezetében. A kistáj 66,5 %-a szántó, amely 46 876 ha területet jelent (Dövényi, 2010).

3.1.2 Környezeti adottságok

A kistáj mérsékelten meleg, száraz éghajlattal rendelkezik. Környezeti adottságai a következőképpen alakulnak. Az évi napfénytartam 1950-2000 óra, a napsütéses órák száma a nyári időszakban 780, míg télen 180. Az éves csapadék 520-560 mm. Az évi középhőmérséklet 10-10,3 °C, amely a vegetációs időszak alatt 17,0- 17,5 °C között alakul. Az évi abszolút hőmérsékleti

maximumok átlaga: 34,0 °C. A terület ariditási indexe 1,25-1,33, a szélirány ÉNY-i és DK-i. Az átlagos szélesség 2,2-3 m/s (Dövényi, 2010).

Az 9. ábra alapján elmondható, hogy 2022-es és 2023-as év a csapadék mennyiségében és eloszlásában is rendkívül különbözzen alakult. 2022-ben 475,2 mm, míg 2023-ban 849 mm csapadék hullott. Az éves átlagos csapadékmennyiséget figyelembe véve 2022-ben az átlagosnál 65 mm-nél kevesebb, míg 2023-ban pedig 310 mm-re esett több eső.



9. ábra: A csapadék mennyisége 2022-ben és 2023-ban (Forrás: Saját szerkesztés a Józsefmajori Tangazdaság mérési adatai alapján)

A két év között kirívó különbség látható a csapadék éves mennyiségében és eloszlásában. Mint ismert, a 2022-es év rendkívül aszályos volt. 2022-ben januárban és februárban igen kevés csapadék esett, mindössze 2 mm, illetve 3mm. A tenyészidő alatt a májusi és júliusi hónapok is viszonylag alacsony csapadékmennyiséggel zárultak. 2023-ban ennek ellenére már januárban jelentős eső hullott. Az augusztusi hónapban kiugróan magas a csapadék mennyisége, ennek ellenére elmondható, hogy a 2023-as év csapadék szempontjából kedvezően alakult. A tenyészidőszak ideje alatt a szója fejlődéséhez megfelelő mennyiség eső hullott.

Az alpművelési munkák már 2022. őszén elkezdődtek, ami lényeges abból a szempontból, hogy a talaj szerkezete és vízbefogadó képessége milyen állapottal fog rendelkezni. Ezek olyan lényeges paraméterek, amelyek egy növény kezdeti fejlődési állapotát nagy mértékben

befolyásolják. A szója tenyészideje 2023-ban az áprilisi vetéssel kezdődött meg és a szeptemberi betakarításig tartott. Ez idő alatt látható, hogy a kezdeti fejlődéshez megfelelő csapadék állt rendelkezésre az április és a májusi hónapokban. A szójának a kritikus fejlődési időszaka a virágzás és hüvelykötés, amikor kifejezetten igényes a csapadék mennyiségére. Ennek az időszaka június-augusztus között terjed. Elmondható, hogy 2023. júniusa és júliusa is igen csapadékosan alakult, ami biztosította a páradús mikroklímát a kötődéshez. Az érés idejében száraz meleget igényel a szója, azonban augusztusban rendkívül sok csapadék hullott, összesen 179,5 mm, szeptemberben pedig ennél jóval kevesebb, csak 23 mm.

3.1.3 Talajadottságok

A táj talajtípusa mészkő és agyag rétegen képződött, amely agyagos-kavicsos rétegbe megy át. Erre folyóvízi homok és kavics, majd pedig lösz rakódott. A táj változatos kültakarója ennek köszönhető. A terület fő talajtípusai közé tartoznak csernozjom barna erdőtalajok, réti csernozjom, humuszos homoktalajok és a szikes talajok. A kistáj fő vízfolyása a Zagyva. A talajvíz mélysége 2-4 m, amelynek kémiai jellege kalcium-hidrogén-karbonátos, keménysége pedig 20-30°nk között van (Dövényi, 2010).

3.2 A kísérlet kezelése

3.2.1 A természetstechnológia leírása

A kísérlet előveteménye őszi árpa (*Hordeum vulgare*) volt, amelyet 2022. júniusában takarítottak be. Az alpművelési munkálatok elvégzése előtt kétszer került sor növényvédelmi munkákra, az egyikre 2022. augusztusában, a másikra pedig 2022. novemberében. Mindkét esetben kémiai gyomirtás történt 5 l/ha-os dózisban Glyphosate nevű gyomirtó szerrel. Az alpművelési munka elvégzése 2022. októberében történt, amikor a szántás, lazítás, tárcsázás és a kultivátoros művelések kerültek elvégzésre.

Tavasszal (2023. márciusa) *Veronica* ellen kémia gyomirtást végeztek a területen Marsh 480SI szerrel 4 l/ha dózisban. A műtrágyaszórás vetés előtt történt, amikor N 27%, Ca 5% és Mg 3%-ot tartalmazó pétisót juttattak ki 200 kg/ha-os mennyiségben. A vetés 2023. áprilisában zajlott, igen korai Aliz szója fajta vetésére került sor 100 kg/ha mennyiségben. A növényvédelmi eljárások tekintetében egy preemergens kezelést (Wing P 5 l/ha dózisban) áprilisban és egy postemergens kezelést (Benta 480SI 2 l/ha-os mennyiségben) júniusban végeztek el. A napraforgó árvakelések

nagyon felszaporodtak a területen, ezért a nyár folyamán kétszer is mechanikai gyomirtást (kapálást) kellett véghez vinni júniusban és júliusban is.

Szeptemberben szükséghelyzeti engedéllyel deszikkálásra került sor a Dessicash nevű szerrel 2 l/ha-os mennyiségben. A szója betakarítása 2023. szeptember végén történt.

3.2.2 A kísérleti elrendezés

A kísérlet négy ismétlésben került beállításra 2002-ben Birkás Márta által. Egy ismétlésben hat különböző kezelés volt alkalmazva. Az elvégzett kezelések a következők: sekély tárcsás (12-15 cm), sekély- és közép mély kultivátoros (15 cm és 25 cm) művelés, direktvetés, szántás felszín elmunkálással (32-33 cm) és lazítás (40 cm). Így 13 méter szélességű és 167 méter hosszúságú parcellák lettek létrehozva, amelyet a 10. ábra mutat be. A kísérlet során a vizsgálandó növény a szója volt.



10. ábra: A kísérlet beállításának sematikus ábrázolása (Forrás: Birkás Márta, 2002)

A kísérlet mérendő és monitorozandó paraméterek közé sorolhatjuk a talajellenállás, talajnedvesség mérését, az agroszerkezet mintavételt, a földigiliszta egyedszám meghatározását, gyomborítottság (borítottsági % és fajok meghatározása) becslését, SPAD értéket, LAI, CO₂-kibocsátás elvégzését. A méréshez szükséges eszközök közé sorolhatjuk a penetrométert, a talajnedvességmérőt, az ásót, a LAI és a SPAD műszereket, valamint a CO₂-mérő műszert.

A kutatáshoz szükséges mérések elvégzése havi rendszerességgel történt. A mérések minden hónapban ugyanazokkal a műszerekkel kerültek elvégzésre.

A kutatási témában a fő hangsúlyt LAI és a SPAD műszerek kapták. Mindkét eszköz használatával a növényi stresszt mértéke állapítható meg. Ezeket a műszereket a vegetációs időszakban június, július és augusztus hónapokban használtam. Ez az időszak az egyik legkritikusabb a szója számára, ugyanis ez idő alatt történik a virágzás és a termésérés. Az időjárás tekintetében pedig általában a legmelegebb és a legszárazabb hónapokat jelenti.

3.3 A vizsgált paraméterek

3.3.1 SPAD– Soil Plant Analysis Development

A legszélesebb körben használt, kézi hordozható műszer a roncsolásmentes mérésre a SPAD klorofillmérő (Konica–Minolta, Inc., Osaka, Japán). A kísérletem során használt eszközt az *11. ábra* mutatja be.



11. ábra: A kísérlet során használt SPAD eszköz (Forrás: Saját kép, 2023)

Az eszköz meghatározza a jelenlévő klorofill relatív mennyiségét a levél abszorbanciájának mérésével két hullámhosszúságú tartományban. A SPAD két LED fényforrással van felszerelve, amelyek középpontjában két abszorpciós tartomány áll. Az egyik 650 nm-es klorofill abszorpciós csúcs, a másik pedig 940 nm-es nem klorofill abszorpciós csúcs. A műszer két LED fényforrással egymás után bocsát ki fényt a levélen keresztül. Két szilícium fotodióda detektor az áteresztett fényt a vörös és infravörös tartományban méri. A 650 nm-es (vörös) és 940 nm-es (infravörös) LED fény, amelyek a szilícium fotodiódák által lett mérve, elektromos árammá alakul át, amit a mikroprocesszor képes érzékelni. Ezt követően a processzor az elektromos jelet SPAD-leolvasásokká alakítja át (Zhang et al., 2022). A SPAD értékek és a levél klorofill tartalma közötti összefüggést elemezték és lineáris összefüggést állapítottak meg a pigmentkoncentráció és a felszívódás közötti kapcsolatban (Wood et al., 1993; Wang et al., 2004; Monostori et al., 2016).

Az eszköz működésének a lényege, hogy a vörös és infravörös hullámhosszakat bocsátja át a levélen. A klorofill képes elnyelni a vörös fényt, míg az infravöröst nem így az referenciaként szolgál. A SPAD- indexet a műszer a vörös és az infravörös hullámhosszok optikai sűrűségének különbségéből számolja ki. Tehát a levélnek a szöveti fényáteresztő képessége adja meg ezeken a hullámhosszokon az értéket (Haripriya & Byju, 2008; Maráczi, 2014)

A kísérlet során SPAD 501 eszközt használtam a mérések elvégzéséhez. A mérés során a műszer 10 levélkének az átlagából képezte a SPAD értéket. Ezt a mérést minden parcellában három ismétlésben végeztem el.

3.3.2 LAI- Leaf area index

A Leaf Area Index vagy másnéven levélfelületi index úgy kerül meghatározásra, mint a levélszövet teljes egyoldali területe egységnyi talajfelszínre, egy négyzetméterre vetítve. Dimenzió nélküli szám, amelynek értéke 0 és 18 között lehet (Watson, 1947).

A LAI számítás elve a Lambert- Beer törvényen alapul. A levélfelületi index kiszámítható:

$$LAI = \frac{T}{t},$$

ahol T jelenti a növényfelület nagyságát (m^2), t pedig a növényállomány alatti terület nagyságát (m^2).

A levélfelület közvetlen mérésén kívül a növényzetre eső és a lombzat alatt mért fényintenzitás arányából is kiszámolható:

$$LAI = \frac{-1}{k} * (LN \frac{I}{I_0}),$$

ahol k= extinkciós koefficiens, amely a levelek Naphoz viszonyított szögállását jellemzi. A gyepek esetében a k=0.8, I= a lombzat alatt mért fényintenzitás átlaga. Négy mérés a lombzat alatt esetében, $I=(I_1+I_2+I_3+I_4) / 4$ [$\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$], I_0 =a növényzetre eső a növényállomány felett mért fényintenzitás [$\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$](Koncz 2015)].

A LAI fogalmát a mezőgazdaságban és az ökológiában használták a növények fejlődésének, terméshozamának mérésére és összehasonlítására, továbbá alkalmas az öntözés ütemezésének megtervezésére és a kutatás fejlesztés gyakorlatában is (Lang et al., 1985).

Optimális körülmények között az egyedül álló növények annál több fényt képesek hasznosítani, minél nagyobb a levélfelülettel rendelkeznek. Ezzel szemben a levélfelület növelésével állományban csak egy bizonyos ideig növekszik a fényhasznosítás, ugyanis a szomszédos növények árnyékoló hatása gátló tényezőként fog hatni (Balázs et al., 2004; Riczu & Tamás, 2012) A LAI lomblevelek alatt és a lomblevelek felett határozható meg. A levélnetnek szerepe van a sugárzás elnyelésében, szórásában és a csapadék felfogásában is. Szerepe van a növények víz- és szénanyagcseréjében, ezáltal fontos mérhető paramétere a növényeknek (Bréda, 2003; Yan et al., 2019).

A mérések elvégzéséhez LAI DECAGON Devices ACCUPAR LP-80 típusú eszközt használtam *12. ábra*.



12. ábra: LAI használata a szójában (Forrás: *Édes Szintia*, 2023)

A műszer használata során három mérést kellett a növény magassága felett, három mérést pedig a lomblevelek alatt tenni. Ezt a mérést minden parcellában három ismétlésben végeztem el.

A műszer a visszavert és az áteresztett fényt veszi figyelembe. Az egészséges zöld növényzetről visszaverődő sugárzásnak nagyon eltérő spektruma van. A reflexió mértéke minden hullámhosszon a különféle levélpigmentek koncentrációjától függ, ilyen például a klorofill és a lombszövet szerkezete.

3.3.3 Terméssparaméterek mérései

A kísérlet végén a termésparaméterek alapján termésmennyiség becslésére került sor. Elsőként a növényesűrűséget határoztam meg. Ez úgy történt, hogy 1x1 méteres területen megszámoltam szója növények darabszámát. Ezt minden ismétlésben és minden alapművelési módban meghatároztam. Ezt követően a hüvelyszám meghatározására került sor. Ebben az esetben ezen az 1 m²-es területen megtalálható szója növényeken számoltam meg a hüvelyeket. A módszert minden ismétlésben és minden alapművelési módban elvégeztem. Továbbá, a hüvelyekben lévő magszámot is meghatároztam. Ezt úgy tettem meg, hogy az 1 m² területen lévő összes növény hüvelyét felnyitottam és megszámoltam a benne található magokat. Ezt az eljárást is minden ismétlésben és minden alapművelési módban elvégeztem.

A mérések végén került sor a betakarításra, minden parcellát külön-külön takarították be. Ezt követően a megegyező kezelések termésparamétereit összeadtuk és átlagoltuk. Ebből határoztuk meg a kezelésenkénti termésmennyiséget. Végezetül az akkreditiált Kaposvári Laboratóriumban a beltartalmi vizsgálat elvégzésére került sor.

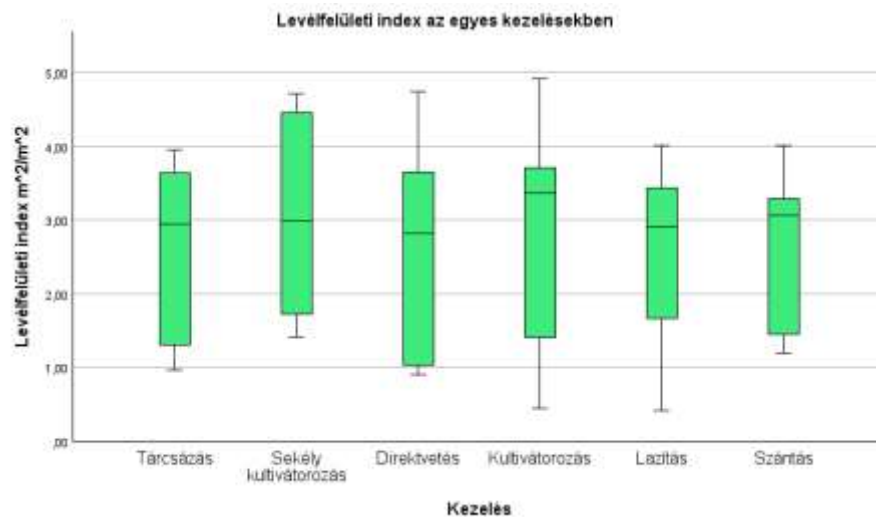
3.3.4 Statisztikai elemzés

Az elemzésem során az IBM SPSS Statistics 29 szoftvert és a Microsoft Office Excel programot használtam. A vizsgálatok közé tartoztak a leíró statisztikák, az adatok normál eloszlásának ellenőrzése és az adatok varianciájának vizsgálata. Ezen túlmenően egytényezős varianciaanalízist (ANOVA), Tukey-HSD post hoc tesztet és korrelációs vizsgálatot is végeztem, ezek alapján értékelem az eredményeket.

4. Eredmények és értékelésük

4.1 A levélfelületi index mérésének az eredményei

A különböző talajművelési módok levélfelületi indexének statisztikai elemzése során megállapítottam, hogy nem található szignifikáns különbség [$F(5,48) = 0,538, p = 0,746$] a LAI és az egyes kezelések között (13. ábra). Az alpművelések közül a legmagasabb érték $4,884 \pm 7,542$ a direktvetésnél figyelhető meg. A legalacsonyabb értékkel $2,603 \pm 1,067$ tekintetében a szántás rendelkezik.



13. ábra: LAI az egyes kezelésekben (Forrás: Saját szerkesztés)

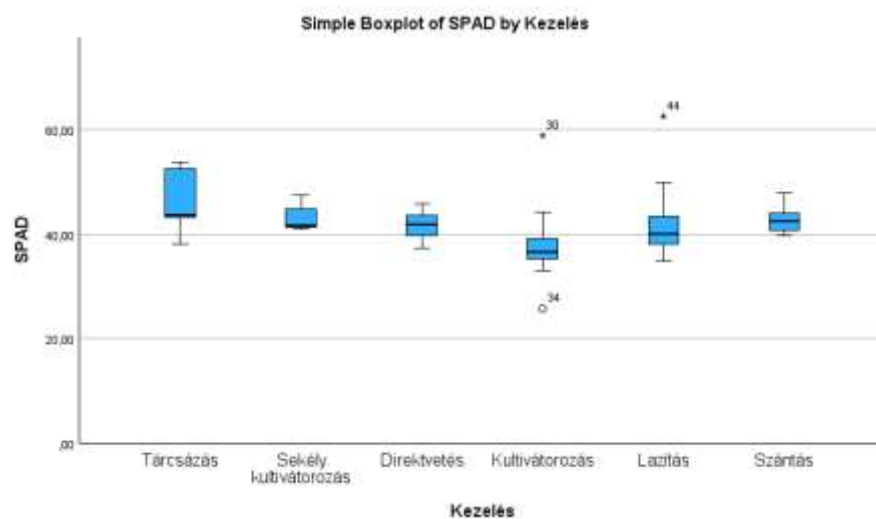
A konfidencia intervallum vizsgálata során a direktvetés esetében az alsó határ $-0,913$ körül alakult, a felső határ pedig $10,681$. Ezzel szemben a tárcsázás nem mozgott ilyen széles tartományban, így az alsó határ $1,702$, a felső határ pedig $3,506$ értéken alakult.

A legnagyobb különbség minimum ($0,90$) és maximum ($24,75$) tekintetében a direktvetés esetében figyelhető meg. A legkisebb különbség pedig a szántásnál volt megfigyelhető, ahol a minimum $1,2$ a maximum pedig $4,02$ volt. A legnagyobb minimum értékkel a sekély kultivátoros művelés ($1,41$) rendelkezik, ezt követi a szántás ($1,2$), tárcsázás ($0,96$) és a direktvetés ($0,90$). A kultivátorozás és a direktvetés közel azonos minimum értékkel rendelkezik. Ezzel szemben a legkisebb maximum érték a tárcsázáshoz köthető, ahol a maximum $3,95$ volt. Ennél jóval nagyobb maximum értékekkel rendelkezik a lazítás ($16,7$) és a szántás ($24,75$).

Az elemzés nem mutatott szignifikanciát, illetve a LAI mérések eredményeiben homogén részcsoportok sem voltak megfigyelhetőek. Közel azonos szám adatok előfordulása jelent meg a statisztikai elemzés során.

4.2 A SPAD mérésének az eredményei

A statisztikai elemzés során megállapítható, hogy nem figyelhető meg szignifikáns különbség [$F(5,48) = 1,667$, $p = 0,161$] a SPAD és a különböző talajművelési módok között. A 14. ábra a SPAD műszer mérési eredményeit mutatja be. Az ábrán is jól látható, hogy a kultivátorozás esetében egy extrém magas és egy kiugró érték, míg a lazítás esetében egy extrém érték látható. A különböző kezelések SPAD értékei $42,667 \pm 6,094$ alakultak. A legnagyobb átlaggal 46,500 a tárcsázás rendelkezik, ahol a szórás 5,677. Ezzel szemben a legkisebb az átlag 38,617 a kultivátorozás esetében, míg a szórás ezzel szemben 9,125. Az adatok közeli egymáshoz, vagyis egymáshoz közel helyezkednek el, azonban mérsékelt szórás figyelhető meg.



14. ábra: SPAD mérési eredményei kezelésenként (Forrás: Saját szerkesztés)

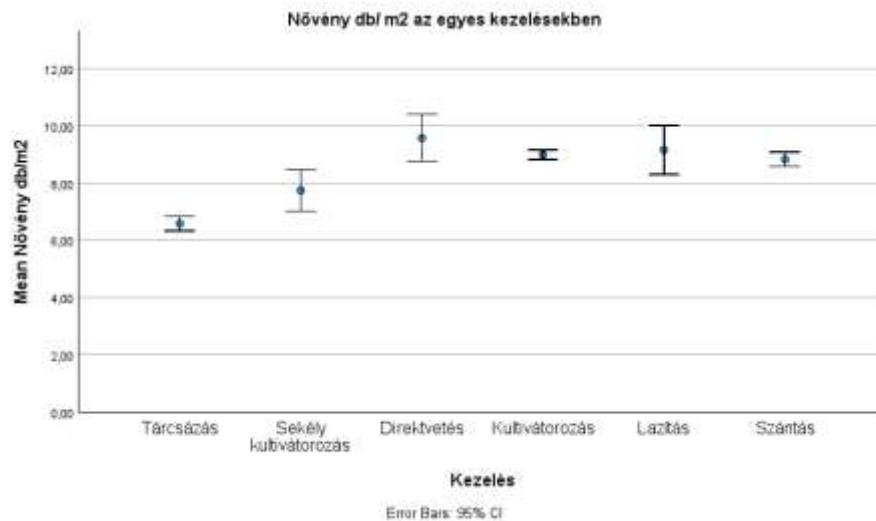
A kultivátorozás esetében a konfidencia intervallum az alsó határa 31,603, a felső határa pedig 45,631 körül alakult. Ezzel szemben a sekély kultivátorozás nem mozgott ilyen széles tartományban. Az alsó határ 41,288 volt, a felső pedig 45,324 értékeken alakult.

A minimum (40,90) és maximum (47,55) értékek közötti legkisebb eltérést a sekély kultivátoros kezeléseknél tapasztaltam. A legnagyobb különbség pedig a kultivátorozás esetében volt, ahol a minimum 25,75 a maximum pedig 58,90 volt. A SPAD esetében a legnagyobb minimum értékkel a sekély kultivátoros művelés (40,90) rendelkezik, ezt követi a szántás (39,85), a tárcsázás (38,05), direktvetés (37,25), lazítás (34,95) majd a kultivátorozás (25,75). A legkisebb maximum érték a direktvetéshez (45,95) köthető.

A SPAD mérések esetében szintén nem figyelhető meg szignifikáns különbség. Ennek értelmében homogén részhalmazok, trendek sem láthatóak az adatok között.

4.3 Növény db/m² mennyiség eredményei

A statisztikai elemzés során szignifikáns különbséget [F (5,48) = 19,005, p <0,01] tapasztaltam a négyzetméterenkénti növényszám és a különböző talajművelési eljárások esetében. A növény db/m² mennyisége a direktvetés esetében volt a legmagasabb, ahol $9,583 \pm 1,068$ lett az eredmény. Ezt követte a lazítás ($9,1667 \pm 1,111$) és a kultivátoros művelés ($9,000 \pm 0,216$). Mindezeket a 15. ábra szemlélteti. A legkisebb m²-kénti növény számmal a tárcsázás rendelkezik, ahol $6,583 \pm 0,331$ alakult az eredmény.



15. ábra: Növény db/ m² mérésének az eredményei (Forrás: Saját szerkesztés)

A statisztikai elemzés konfidencia intervallum alapján elmondható, hogy az értékek a lazítás esetében voltak a legszélesebb tartományban, ahol az alsó érték 8,313, a felső érték pedig 10,020. A kultivátoros művelés esetében az adatok keskeny sávban mozogtak, vagyis nagyon kevés volt az eltérés a mért adatokban. Így az alsó határ 8,833, a felső határ pedig 9,166.

A legnagyobb minimum értéket (8,75) a direktvetés és a kultivátorozás érték el. Ezek után következett a szántás, ahol a minim érték (8,5) volt, majd a lazítás (7,75), a sekély kultivátorozás (6,50) végül pedig a tárcsázás (6,25) zárta a sort. A legkisebb maximum értéke (7,00) a tárcsázásnak volt. Ezt követte a sekély kultivátoros művelés (8,5). A kultivátorozás és a szántás azonos maximum értékkel (9,25) rendelkezik. A két legnagyobb maximum érték pedig a direktvetéshez (11,00) és a lazításhoz (10,25) tartozott.

A növény db/m² mérése során a különböző kezelések függvényében trendeket figyelhetünk meg. Ennek alapján három trend alakult ki az eltérő talajművelési eljárások között. Az első homogén részhalmazi egységbe sorolható a tárcsás művelés, a másodikba sekély kultivátoros

művelés. A harmadik csoportba pedig azok a kezelések tartoznak, amelyekben a legtöbb növény volt tapasztalható négyzetméterenként. Ezek rendre: szántás, kultivátorozás, lazítás és a direktvetés.

A különböző művelési eljárások és a négyzetméterenkénti növényszám összehasonlítására szolgál a Post Hoc Test - Tukey HSD. Ennek alapján elmondható, hogy az egyes kezelések és a növény db/m² között összefüggéseket lehet megfigyelni. A különbségeket a 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: Különböző talajművelési eljárások összehasonlítása növény db/m² függvényében a Post Hoc Test alapján (Forrás: Saját szerkesztés)

Növény db/ m ²	Tárcsázás	Sekély kultivátorozás	Direktvetés	Kultivátorozás	Lazítás	Szántás
Tárcsázás						
Sekély kultivátorozás	1,167*					
Direktvetés	3,000*	1,833*				
Kultivátorozás	2,417*	1,250*	-0,583			
Lazítás	2,583*	1,417*	-0,417	0,167		
Szántás	2,250*	1,083*	-0,750	-0,167	-0,333	

A *-gal jelzett értékek a szignifikanciát fejezik ki. Az ábra alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség figyelhető meg a sekély kultivátoros művelés és a tárcsázás között. A sekély kultivátoros művelés magasabb növényszámot mutatott, mint a tárcsázás. A direktvetés és a tárcsázás, valamint a direktvetés és a sekély kultivátorozás között szintén szignifikáns különbség vehető észre. Ennek ellenére a növényszám nagyobb értéket mutat a direktvetés és a tárcsázás között. Vagyis a két művelési mód között az eltérés jóval nagyobb, mint a direktvetés és a sekély kultivátorozás esetében. További szignifikáns különbségek figyelhetők meg a kultivátorozás és a tárcsázás, a kultivátorozás és a sekély kultivátorozás, a lazítás és a tárcsázás, a lazítás és a sekély kultivátorozás, szántás és a tárcsázás, valamint a szántás és a sekély kultivátorozás között is.

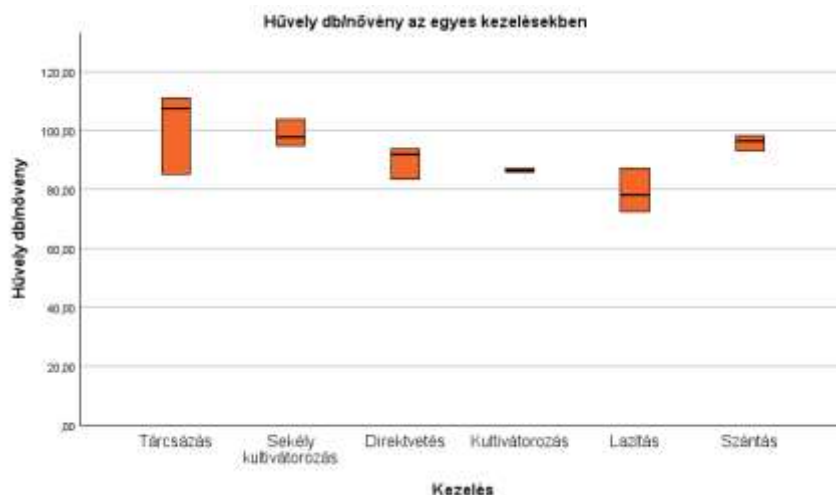
A kultivátorozás, a lazítás és a szántás is jóval kevesebb növényszámot eredményezett, mint a direktvetés. A lazításban négyzetméterenként több növény fordult elő, mint a kultivátorozás

esetében. Ezzel szemben a szántásban kevesebb növényszám volt tapasztalható, mint a kultivátorozásban és a lazításban is.

Az ábra alapján elmondható, hogy a tárcsázás és a sekély kultivátorozás esetében az összes művelési eljárással szemben szignifikáns különbség figyelhető meg. Ennek értelmében a tárcsázás és a sekély kultivátorozás eredményezte a legkevesebb növényszámot a többi kezeléshez képest. Ha pedig a tárcsázást és a sekély kultivátorozást hasonlítjuk össze, akkor a tárcsázás során kevesebb növény volt mérhető.

4.4 A növényeken lévő hüvelyszám mennyiségének eredményei

A növényeken megtalálható átlagos hüvelyszám mérésében a statisztikai elemzés szignifikáns különbséget [$F(5,48) = 16,004$, $p < 0,01$] mutatott ki. Ennek alapján elmondható, hogy a különböző kezelések hüvelyszám tekintetében $91,942 \pm 9,464$ értékeken alakultak. A tárcsázás, rendelkezett a legtöbb növényen lévő hüvelyszámmal, amely $101,188 \pm 12,054$ lett. Ezt követte a sekély kultivátoros művelés, ahol $98,958 \pm 3,949$ volt. A szántásnál $95,938 \pm 2,185$, a direktvetésnél $89,615 \pm 4,764$, kultivátorozásnál $86,576 \pm 4,765$, míg a lazításnál $79,384 \pm 6,508$ értékek voltak kimutathatóak. A különböző kezelések közötti különbségeket a 16. ábra tükrözi.



16. ábra: Hüvelyszám/növény az egyes kezelésekben (Forrás: Saját szerkesztés)

A konfidencia intervallum alapján megállapítható, hogy a tárcsázás esetében mozgott a növényenkénti hüvelyszám a legszélesebb tartományban. Ebben az esetben az alsó határ 91,922 volt, míg a felső határ 110,453. A kultivátoros művelés ezzel szemben több egymáshoz közeli értékeket foglalt magába, itt az alsó határ 86,096, a felső határ pedig 87,056 értékeken alakult.

A legmagasabb minimum (94,98) értékkel a sekély kultivátoros művelés rendelkezett, a legalacsonyabbal pedig a lazítás. A maximum értékek közül a legalacsonyabb (87,38) a kultivátorozásnak volt, a legmagasabb (111,00) pedig a tárcsázáshoz tartozott.

Az egyes kezelések között különböző trendeket figyelhetünk meg a növényeken lévő hüvelyszám alapján. Ennek értelmében négy részhalmaz alakult ki. Az első csoportba sorolható a lazítás és a kultivátorozás. Ezekben a kezelésekben volt a legkisebb a növényenkénti hüvelyszám. A másodikba a direktvetés, a harmadikba pedig a szántás. A negyedik csoport rendelkezik a legmagasabb növényenkénti hüvelyszámmal, ide tartozik a sekély kultivátorozás és a tárcsázás.

A különböző talajművelési eljárások és a növényenkénti hüvelyszám közötti összefüggések a Post Hoc Test alapján kerültek kiértékelésre. A megfigyelhető különbségeket a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat: Talajművelési eljárások összehasonlítása a hüvely db/ növény függvényében a Post Hoc Tests alapján *(Forrás: Saját szerkesztés)*

Hüvely db/ növény	Tárcsázás	Sekély kultivátorozás	Direktvetés	Kultivátorozás	Lazítás	Szántás
Tárcsázás						
Sekély kultivátorozás	-2,236					
Direktvetés	-11,573*	-9,337*				
Kultivátorozás	-14,612*	-12,375*	-3,039			
Lazítás	-21,803*	-19,567*	-10,230*	-7,191		
Szántás	-5,249	-3,013	6,323	9,362*	16,554*	

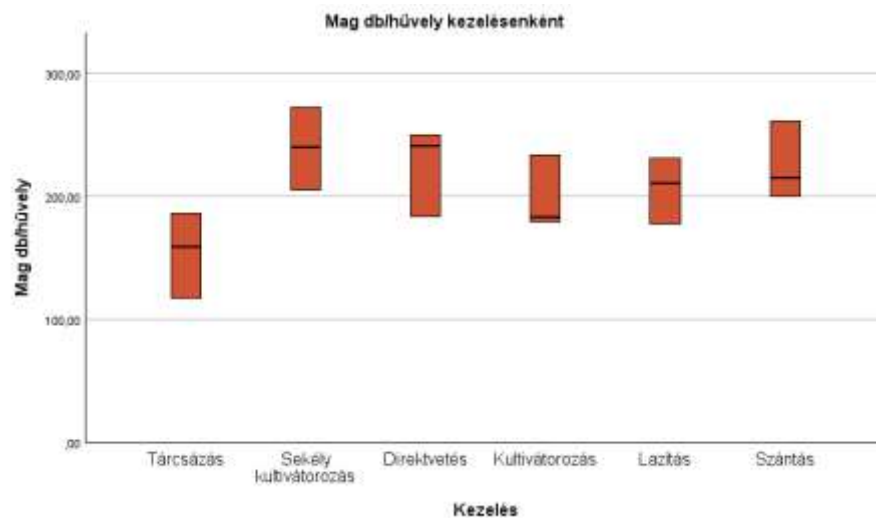
A táblázat alapján megállapítható, hogy szignifikáns különbség figyelhető meg a direktvetés és a tárcsázás, valamint a direktvetés és a sekély kultivátorozás között. Kevesebb hüvelyszám alakult ki a direktvetésben, mint a tárcsázásban vagy a sekély kultivátorozásban. Hasonló tény állapítható meg a kultivátorozás és a tárcsázás, továbbá a kultivátorozás és a sekély kultivátorozás között. Szintén kevesebb a hüvelyszám a kultivátorozásban, mint a két sekély művelési módban. Szignifikáns a különbség a lazítás és a tárcsázás, a lazítás és a sekély kultivátorozás, valamint a lazítás és a direktvetés között. Kevesebb hüvelyszám alakult ki a

lazításban, mint az előbb említett egyes művelési módokban. A szántás és a kultivátorozás, valamint a szántás és a lazítás esetében szignifikáns különbség állapítható meg. Ebben az esetben viszont a megfigyelt hüvelyszám a szántásban nagyobb, mint a kultivátorozásban vagy a lazításban.

Ezek alapján elmondható, hogy a tárcsázás és a sekély kultivátorozás eredményezte a legtöbb hüvelyszámot az egyes kezelések között. Összehasonlítva a tárcsázást a sekély kultivátorozással, a tárcsázásban több hüvelyszám volt megfigyelhető. A művelési módok közül a lazításban volt megfigyelhető a legkevesebb hüvelyszám.

4.5 A hüvelyekben lévő magszám mennyiségének eredményei

A statisztikai elemzés alapján a hüvelyekben lévő magszám és a különböző talajeljárások között szignifikáns különbséget [$F(5,48) = 10,404, p < 0,01$] tapasztaltam. Az alpművelési módok $208,292 \pm 38,626$ értékeken alakult. Ez alapján a legmagasabb magszámmal a sekély kultivátoros művelés $239,50 \pm 29,238$ rendelkezett. A második legnagyobb érték a szántáshoz $225,75 \pm 27,562$ a harmadik pedig a direktvetéshez $224,75 \pm 31,196$ köthető. A lazításnál $206,667 \pm 23,607$, a kultivátorozás esetében $198,917 \pm 26,169$ értékeket tapasztaltam. A legkisebb magszám a tárcsázáshoz kötődik, ahol $154,167 \pm 30,228$ értékeken alakult. A 17. ábra a hüvelyekben lévő magszám alakulását mutatja be az egyes kezelésekben.



17. ábra: Mag db/hüvely kezelésenként (Forrás: Saját szerkesztés)

A magszám esetében a konfidencia intervallum a következőképpen alakult: a tárcsázás mérési adatai estek a legszélesebb tartományba, ahol az alsó érték 130,932, a felső érték pedig 177,402 volt. A lazítás esetében voltak a mérési adatok egymáshoz a legközelebb. Itt az alsó határ 188,520, a felső határ 224,813 volt.

A legmagasabb minimum érték (205,25) a sekély kultivátoros műveléshez köthető, a legalacsonyabb (117,00) pedig a tárcsázáshoz. A maximum esetében pedig pont fordítva alakul a sorrend, legalacsonyabb maximummal a tárcsás művelés (186,25) rendelkezik, a legmagasabbal pedig a sekély kultivátoros művelés (272,75).

A hüvelyben lévő magszám és az egyes kezelések függvényében ebben az esetben is trendeket figyelhetünk meg a statisztikai elemzés révén. Az első csoportba sorolható a tárcsás művelés, ahol a legkevesebb magszám volt tapasztalható a hüvelyekben. A második csoportba estek azok a kezelések, ahol a hüvelyenkénti magszám közepesen alakultak ide sorolható: a kultivátorozás, direktvetés, lazítás és a szántás. Értelemszerűen a harmadik csoportba került a legnagyobb magszámmal rendelkező kezelés, ami ebben az esetben a sekély kultivátoros művelés. A Post Hoc Test alapján az egyes kezelések különbségei jól kimutathatóak. Ezt mutatja be a 3. táblázat.

3. táblázat: A hüvelyekben lévő magmennyiség és az egyes kezelések összehasonlítása a Post Hoc Tests alapján *(Forrás: Saját szerkesztés)*

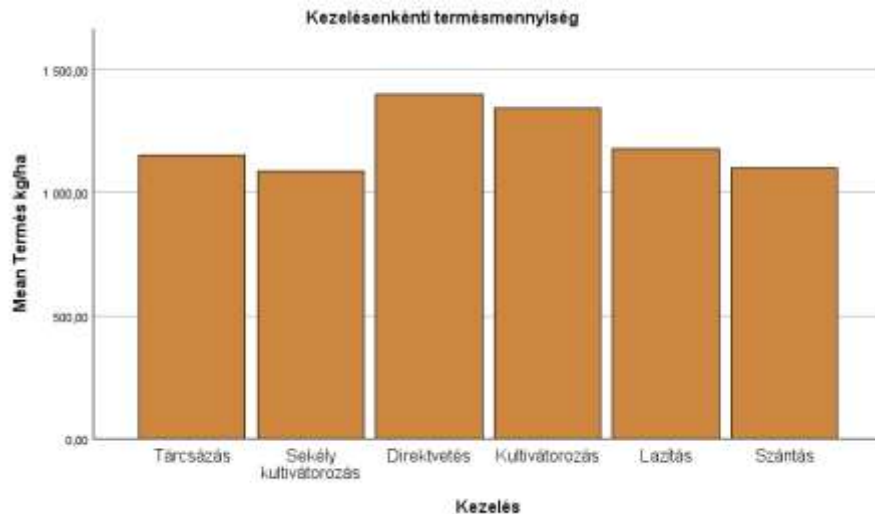
Mag db/ hüvely	Tárcsázás	Sekély kultivátorozás	Direktvetés	Kultivátorozás	Lazítás	Szántás
Tárcsázás						
Sekély kultivátorozás	85,333*					
Direktvetés	70,583*	-14,750				
Kultivátorozás	44,750*	-40,583*	-25,833			
Lazítás	52,500*	-32,833	-18,083	7,750		
Szántás	71,583*	-13,750	1,000	26,833	19,083	

A hüvelyben lévő magszám esetében szignifikáns különbség figyelhető meg a tárcsázás és a különböző művelési módok között. A sekély kultivátorozás és a tárcsázás, a direktvetés és a tárcsázás, a kultivátorozás és a tárcsázás, a lazítás és a tárcsázás, valamint a szántás és a tárcsázás eseteiben a tárcsázás jellemezhető a legkevesebb hüvelyenkénti magszámmal. A kultivátorozás és a sekély kultivátorozásban szintén szignifikáns különbség figyelhető meg. Ebben az esetben a kultivátorozásban alakult ki kevesebb magszám.

Mindezek alapján megállapítható, hogy a tárcsázás eredményezte a legkevesebb magot hüvelyenként, a sekély kultivátorozás pedig a legtöbbet.

4.6 A termésmennyiség eredményei

A statisztikai elemzés a termésmennyiség a különböző kezelések között szignifikáns különbséget [$F(5,48) = 8,067 \cdot 10^{31}$, $p < 0,01$] mutatott. A különböző művelési eljárások és a termésátlagok alakulása a 18. ábra alapján olvasható.



18. ábra: A különböző kezelések termésmennyisége (Forrás: Saját szerkesztés)

Az oszlopdiagram jól tükrözi, hogy a legmagasabb termésátlaggal a direktetés rendelkezik, ahol a betakarított termés 1402,03 kg/ha lett. A második helyet a kultivátorozás foglalja el 1342,22 kg/ha-os mennyiségével, a harmadik legnagyobb termésátlaggal pedig a lazítás rendelkezik 1179,28 kg/ha eredményével. A tárcsázás esetében 1151,76 kg/ha, a szántásnál pedig 1102,28 kg/ha lett a betakarított termés. A legalacsonyabb termésátlaggal sekély kultivátorozás rendelkezik. Ebben az esetben 1088,14 kg/ha volt a termés.

A különböző művelési eljárások közötti különbségeket a Post Hoc Test mutatta ki, mindezt a 4. táblázat szemlélteti.

4. táblázat: A talajművelési eljárások és a termés mennyiség összehasonlítása a Post Hoc Test alapján (Forrás: Saját szerkesztés)

Termés kg/ha	Tárcsázás	Sekély kultivátorozás	Direktvetés	Kultivátorozás	Lazítás	Szántás
Tárcsázás						
Sekély kultivátorozás	-63,620*					
Direktvetés	250,270*	313,890*				
Kultivátorozás	190,460*	254,080*	-59,810*			
Lazítás	27,570*	91,190*	-222,700*	-162,890*		
Szántás	-49,480*	14,140*	-299,750*	-239,940*	-77,050*	

Szignifikáns különbség mutatható ki az összes talajművelési eljárás között. A direktvetés mutatja a legnagyobb értékeket a többi kezeléshez képest, így ezek alapján a legnagyobb termésátlaggal rendelkezik. Az ábra alapján megfigyelhető, hogy a kultivátorozás és a direktvetés összehasonlítása során tapasztalható a legkisebb különbség a termésátlagban. Ezek alapján megállapítható, hogy a kultivátorozás adta a második legnagyobb termést. A lazítás szignifikánsan több termést adott, mint a tárcsázás vagy a sekély kultivátorozás. A szántás a lazításhoz képest, a lazítás pedig a direktvetéssel és a kultivátorozással összehasonlítva kevesebb termésmennyiséget produkált. Mindezek alapján a lazítás jellemezhető a harmadik legnagyobb termésátlaggal. További szignifikáns különbség mutatható ki a sekély kultivátorozás és a tárcsázás, valamint a szántás és a tárcsázás eseteiben, ahol a tárcsázás nagyobb termésmennyiséggel jellemezhető. A tárcsázás a direktvetéshez, kultivátorozáshoz és a lazításhoz képest kevesebb termésátlagot produkált. Így ezek alapján a tárcsázás adta a negyedik legnagyobb termést. Szignifikáns különbség mutatható ki a szántás és a sekély kultivátorozás között, ebben az esetben a szántás rendelkezik a nagyobb termés eredménnyel. A szántás a tárcsázáshoz, direktvetéshez, kultivátorozáshoz és a lazításhoz képest kevesebbet termelt. A sekély kultivátorozás pedig az összes kezeléshez képest kevesebb termést produkált. Ezek alapján elmondható, hogy a sekély kultivátorozás során volt tapasztalható a legkisebb termésmennyiség.

A statisztikai elemzés során korrelációk állapíthatóak meg az egyes termésparaméterek között. Szignifikáns a különbség a növényen lévő hüvelyszám és a négyzetméterenkénti

növényszám esetében. Fordított arányosság tapasztalható, vagyis minél sűrűbb az állomány, annál kevesebb hüvelyszám figyelhető meg.

Szignifikáns különbség mutatkozott a hüvelyben lévő magszám és a négyzetméterenkénti növényszám esetében. Ennek során egyenes arányosság látható, így ha egységnyi területen több növény volt megfigyelhető, akkor a hüvelyben is több mag alakult ki.

A termésmennyiség és a négyzetméterenkénti növényszám esetében szintén szignifikáns a különbség. Ebben az esetben egyenes arányosság tapasztalható, így ennek értelmében minél több növény volt 1 m²-nyi területen, annál nagyobb termésmennyiség alakult ki.

Szignifikáns a különbség a termésmennyiség és a növényen lévő hüvelyszám esetében. Itt fordított arányosság látható, vagyis a kevesebb hüvelyszám nagyobb tömegű termést adott.

5. Következtetések és javaslatok

A kutatásom mérési eredményei alapján megállapítható, hogy a kísérleti kezelések nem voltak hatással a LAI és a SPAD értékekre. Ennek oka, hogy a 2022-es év rendkívül csapadékszegény, aszályos év volt. Ezzel szemben 2023-ban több mint 50%-kal több csapadék hullott, valamint eloszlásban is különbözött az előző évtől. Ebből kifolyólag a növényi stressz jelenléte nem volt megfigyelhető az egyes kezelésekben, annak ellenére, hogy a talajművelési eljárások különböző hatással bírnak a talajra. Az egyes alpművelési módok és a SPAD mérések eredményeiben Wang et al. (2022) hasonlóképpen nem talált szignifikáns különbséget. Ezzel szemben Buczek et al. (2022) szignifikáns különbséget tapasztaltak a SPAD és a LAI esetében, a szántás során. Nagyobb értékeket figyeltek meg, mint a direktvetés vagy a csökkentett művelési módok között.

A kutatásomban az egyes talajművelési eljárások jelentős hatást gyakorolnak a növényesűrűsége, a növényenkénti hüvelyszámra és a hüvelyenkénti magszámra. A növényesűrűség a direktvetésben volt a legnagyobb, a tárcsázás rendelkezett a legnagyobb növényenkénti hüvelyszámmal, míg a sekély kultivátorozásban volt megfigyelhető a legtöbb hüvelyben lévő mag. A talajművelési eljárások és az egyes paraméterek közötti összefüggések tekintetében hasonló megállapításra jutott Chagbe et al. (2020) is. Ezzel szemben Gewada et al. (2016) szerint a művelési eljárások a növényesűrűsége van hatással, azonban a növényenkénti hüvelyek számára és a hüvelyekben lévő magok számára nem. Lasisi & Aluko (2009) és Adamič & Leskovšek (2021) is a szántásban állapítottak meg több hüvelyszámot. Gawęda et al. (2020) szintén a szántásban tapasztaltak magasabb növényesűrűséget, növényenkénti hüvelyszámot és hüvelyenkénti magszámot.

A kutatásom mérési eredményei alapján megállapítottam, hogy a talajművelési rendszerek a termésmennyiséget nagy mértékben befolyásolják. Szignifikáns különbségek figyelhetők meg az egyes kezelések és a terméseredmények között. A direktvetés adta a legnagyobb termésátlagot, a legkevesebbet pedig a sekély kultivátorozás. A szakirodalom változatos eredményeket mutat, amely alapján Hosseini et al. (2016) szintén a direktvetésben tapasztalt magasabb termésátlagot. Ezzel szemben Buczek et al. (2022) a legmagasabb termést a szántás során kapta. Jug et al. (2011) kutatásai pedig azt bizonyították, hogy a legalacsonyabb a szója termése a talajművelés nélküli rendszerekben, a legmagasabbak pedig a szántásban.

Ezek alapján elmondható, hogy megfelelő csapadék mennyisége és eloszlása mellett sem elhanyagolható a megfelelő talajművelési módszerek megválasztása. Mivel a klímaváltozás hazánkat is sújtja, fel kell készülni arra, hogy két egyforma év ritkán következik egymás után, ezért a megfelelő talajművelési eljárás révén biztosítani szükséges a klímaváltozáshoz igazodó talajállapotot.

A kutatásom eredményei alapján megállapítottam, hogy a sekély művelés, mint a tárcsázást vagy a sekély kultivátorozás, a legkedvezőtlenebb a szója számára. A terméseredmények alapján a direktvetés, illetve a mélyebb talajlazítási módok bizonyultak hasznosabbaknak még annak ellenére is, hogy a 2023. év meglehetősen csapadékos volt. Mindezekből fakadóan javasolnám a gazdáknak a nedvességmegőrző talajművelés gyakorlatának alkalmazását, amely révén a megfelelő talajszerkezet kialakítható, így a talaj vízmegőrző képessége fenntartható, illetve a csapadék beszivárgása is megvalósulhat.

6. Összefoglalás

A diplomamunkám témája a szója, amelynek termesztése napjainkban egyre nagyobb kihívások elé néz, tekintettel az időjárás változékonyságára. A szóját a keleti kultúrákban kiemelt jelentőségű élelmiszerként tartják nyilván. A mai trend alapján a diétás értendbe is jól beilleszthető, a kitűnő beltartalmi értékének köszönhetően. Ezekon kívül az állatok takarmányozásában jelentős szerepet tölt be, mint fehérjeforrás.

Hazánkban szójatermesztő területek alakultak ki, ahol az éves csapadék mennyisége elegendő ahhoz, hogy öntözés nélkül is megvalósítható a szója termesztése. Ahogy már a dolgozatomban említettem hazánk éghajlata változik, a csapadék mennyiségében és eloszlásában, az átlag hőmérséklet pedig emelkedik. Ezek a tényezők indokolják, hogy olyan termesztési technológiát, talajművelést alkalmazzunk, amelyek legjobban igazodnak a szója igényeihez és az időjárás kihívásaival szemben hatékony.

A kísérletem során hat különböző alapművelési módot hasonlítottam össze és vizsgáltam, hogy melyik művelési mód lehet a legalkalmasabb a szója termesztésére. A művelési eljárások közé sorolható a szántás, a lazítás, a sekély kultivátorozás, a tárcsázás, a kultivátorozás és a direktvetés. Tekintettel az egyes kezelések talajra gyakorolt eltérő hatásaira, célul tűztem ki, hogy megállapítsam azt, hogy melyik talajművelési eljárás a legkedvezőbb a szója vegetatív és generatív fejlődésére és a termés alakulására.

Az eltérő talajművelési eljárások közötti különbségek kimutatására a LAI és a SPAD műszereket használtam, ezen eszközök segítségével kerestem a növényi stressz jelenlétét. A kutatásomban szignifikáns különbségek nem mutatkoztak a növényi stressz esetében az egyes kezelések között, azonban termésparaméterekben jelentős eltérések vehetőek észre. A direktvetés adta a legnagyobb termésmennyiséget, ezt követte a kultivátorozás és a lazítás. Bebizonyosodott, hogy nincs két egyforma év, hol egy szárazabb, hol pedig egy csapadékosabb év váltja egymást. Ezek alapján megállapítható, hogy olyan művelési módot kell alkalmazni, amely hatékonyan őrzi meg a talajnedvességet és biztosítja a megfelelő talajszerkezetet a nedvesség befogadására és elvezetésére. A globális felmelegedés hazánkat is érinti, ezért sokkal fentarthatóbb talajművelési eljárásokat szükséges alkalmaznunk.

7. Irodalomjegyzék

1. Ábrahám R. (2003): A közönséges takácsatka (*Tetranychus urticae* Koch) kártétele szóján, és a kémiai védekezés lehetőségei. *Növényvédelem*, 39 (8), pp. 349-355.
2. Adamič, S., & Leskovšek, R. (2021). Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth, yield, and nodulation in the early transition period from conventional tillage to conservation and no-tillage systems. *Agronomy*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy11122477>
3. Ahmed, S. U., Senge, M., Ito, K., Adomako, J. T. (2010): The effect of deficit irrigation on root/shoot ratio, water use efficiency and yield efficiency of soybean. – *Journal of Rainwater Catchment Systems* 15(2): pp. 39-45.
4. Ali, L.; Jo, H.; Song, J.T.; Lee, J.-D. (2020): The Prospect of Bentazone-Tolerant Soybean for Conventional Cultivation. *Agronomy*, 10, 1650.
5. Allen R., Fenster C.R., 1986. Stubble-mulch equipment for soil and water conservation in the Great Plains. *J. Soil and Water Conservation*. 41. pp. 11–16.
6. Anderson, R.L (2004): Impact of subsurface tillage on weed dynamics in the Central Grein Plains. *Weed Tech.*, 18, pp. 186–192.
7. Anderson, E. J., Ali, M. L., Beavis, W. D., Chen, P., Clemente, T. E., Diers, B. W., Graef, G. L., Grassini, P., Hyten, D. L., McHale, L. K., Nelson, R. L., Parrott, W. A., Patil, G. B., Stupar, R. M., & Tilmon, K. J. (2019). Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] breeding: History, improvement, production and future opportunities. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes* (Vol. 7). https://doi.org/10.1007/978-3-030-23400-3_12
8. Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2(2). <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
9. Aydinalp, C., & Cresser, M. S. (2008). Agriculture Land use change (including biomass burning) The Effects of Global Climate Change on Agriculture. *Agric. & Environ. Sci*, 3(5).
10. Badar Ul Ain, H. (2022). Pre-History and History of legumes to 1900. *DIET FACTOR, Journal of Nutritional & Food Sciences*. <https://doi.org/10.54393/df.v3i1.35>
11. Balázs S., Ackerl I., Bittsánszky J., Farkas J., Fehér B.né- Filius I., Gyúró J., Hódosy S., Kapeller K., Nagy J., Szabó L., Szalay F., Tarjányi F., Terbe I., Velich I., Zatykó F., Zatykó L. (2004): Zöldségtermesztők kézikönyve Elektronikus tankönyv az Oktatási Minisztérium Felsőoktatási Tankönyv és Szakkönyvtámogatás keretében. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. pp. 229-231
12. Balikó S. (szerk.) (2015): Szójatermesztés korszerűen. Szeged: S-Press 5 Kft. pp. 5-112.
13. Balikó S., Bódis L., Kralovánszky U. P. (2005): A szója termesztése. Budapest: Mezőgazda Kiadó pp. 5-180.
14. Basal, O., & Szabó, A. (2020). Physiology, yield and quality of soybean as affected by drought stress. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 8(3). <https://doi.org/10.35495/AJAB.2019.11.505>

15. Bertgold J., Sailus M. (2020): Conservation tillage systems in the Southeast: Production, profitability and stewardship. National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture. pp. 9-16. www.sare.org/conservation-tillage-in-the-southeast (Megtekintve: 2024. 04. 04.)
16. Bertheau, Y.; Daviso, J. (2011). Soybean in the European Union, Status and Perspective. In *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*. InTech. <https://doi.org/10.5772/18896> 3-21.
17. Birkás M., Szalai T., Nyárai H.F., Fenyves T., Percze A. (1997): Kukorica direktvetéses tartamkísérletek eredményei barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 46. pp. 413–430.
18. Birkás M. (1998): Disking-disk tillage. *Mezőgazd. Techn.*, 39: pp. 12-14, pp. 30-32.
19. Birkás, M., Szalai, T., Gyuricza, C., Gecse, M., Bordás, K. (2002). Effects of disk tillage on soil condition, crop yield and weed infestation. *Rostlinna Výroba*, 48(1). <https://doi.org/10.17221/4201-pse>
20. Birkás, M., Stingli, A., Farkas, C., Bottlik, L. (2009). Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. *Növénytermelés*, 58(3), 5-26.
21. Birkás M. (szerk.) (2017): Földművelés és földhasználat. Budapest: Mezőgazda Kiadó. pp. 80-182.
22. Birkás M. (2017): Talajművelési ABC. Budapest: Mezőgazda Kiadó. pp. 41-206
23. Birkás M., Balla I., Gyuricza Cs., Kende Z., Kovács G. P., Percze A. (2021). Hátráltató és előrevívő tényezők a hazai talajművelésben. *Agrokémia és Talajtan*, 70(2). <https://doi.org/10.1556/0088.2021.00102>
24. Blazsek K.- Pinke Gy. - Reisinger P.- Magyar G.- Magyar L. (2015): Szemelvények a szója gyomnövényzetének és gyomszabályzásnak hazai szakirodalmából, *Növényvédelem* 51 (7), 327-335.
25. Bódis L.- Kralovánszky U. P. (1988): A szója: Élelmiszer és takarmány. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó pp. 5-185.
26. Bogunovic I., Kovács G.P., Dekemati I., Kisic I., Balla I., Birkás M., 2019. Long-term effect of soil conservation tillage on soil water content, penetration resistance, crumb ratio and crusted area. *Plant, Soil Environ.* 65. (9) pp. 442–448.
27. Borbélyné Hunyadi É.-Drexler D. (2016): Ökológiai szójatermesztés Európában. Az európai és a hazai szójatermesztés fejlődése. ÖMKi, Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet Közhasznú Nonprofit Kft. forrás: <https://drive.google.com/file/d/1yT0LOncW02PgVHtnk-HQYQm2zP0M4dm-/view> (Megtekintés dátuma: 2024. 04. 11.)
28. Borowska, M., Prusiński, J. (2021). Effect of soybean cultivars sowing dates on seed yield and its correlation with yield parameters. *Plant, Soil and Environment*, 67(6). <https://doi.org/10.17221/73/2021-PSE>
29. Bréda, N. J. J. (2003). Ground-based measurements of leaf area index: A review of methods, instruments and current controversies. In *Journal of Experimental Botany* (Vol. 54, Issue 392). <https://doi.org/10.1093/jxb/erg263>
30. Buczek, J., Bobrecka-Jamro, D., Jańczak-Pieniażek, M. (2022). Photosynthesis, Yield and Quality of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under Different Soil-Tillage Systems. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14094903>

31. Bueno, R. D., Borges, L. L., Good God, P. I. V., Piovesan, N. D., Teixeira, A. I., Cruz, C. D., De Barros, E. G. (2018). Quantification of anti-nutritional factors and their correlations with protein and oil in soybeans. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 90(1). <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820140465>
32. Cavalaris, C., Gentos, T., & Karamoutis, C. (2023). Rotational Tillage Practices to Deal with Soil Compaction in Carbon Farming. *Soil Systems*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/soilsystems7040090>
33. Chagbe, K., Ali, A., & Ugese, F. D. (2020). Effect of Soil Management Practices on Growth and Grain Yields of Soyabean in Makurdi, Benue State, Nigeria. *International Journal of Innovative Agriculture & Biology Research*, 8(2).
34. Chokor, J.U.; Ikuenobe, C.E.; Akaclu, I.A. (2008): The Effect of tillage and herbicides (rimsulfuron and codal gold) on weed regeneration. *Inter. J. Soil Sci.*, 3, pp. 164–168. DOI: [10.3923/ijss.2008.164.168](https://doi.org/10.3923/ijss.2008.164.168)
35. Cook RJ. 2006. Toward cropping systems that enhance productivity and sustainability. *Proceeding Proc Natl Acad Sci USA* 103(49): pp. 18389-18394.
36. Croft, H., Chen, J. M., Luo, X., Bartlett, P., Chen, B., & Staebler, R. M. (2017). Leaf chlorophyll content as a proxy for leaf photosynthetic capacity. *Global Change Biology*, 23(9). <https://doi.org/10.1111/gcb.13599>
37. Croft, H., Chen, J. M., Wang, R., Mo, G., Luo, S., Luo, X., He, L., Gonsamo, A., Arabian, J., Zhang, Y., Simic-Milas, A., Noland, T. L., He, Y., Homolová, L., Malenovský, Z., Yi, Q., Beringer, J., Amiri, R., Hutley, L., Bonal, D. (2020). The global distribution of leaf chlorophyll content. *Remote Sensing of Environment*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111479>
38. Daryanto, S., Wang, L., Jacinthe, P. A. (2015): Global synthesis of drought effects on food legume production. – *PLoS ONE* 10(6): e0127401. DOI: [10.1371/journal.pone.0127401](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127401)
39. Dei, H. K. (2011). Soybean as a Feed Ingredient for Livestock and Poultry. In *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*. InTech. <https://doi.org/10.5772/17601>
40. Dima D.C. (2016): Soybean demonstration platforms: the bond between breeding, technology and farming in Central and Eastern Europe. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10: pp. 10–17.
41. Dixit, Ajay. K., Antony, J. I. X., Sharma, Navin. K., Tiwari, Rakesh. K. (2011). Soybean constituents and their functional benefits. *Research Signpost*, 661(2).
42. Dolijanovic Z., Kovacevic D., Oljaca S., Jovovic Z., Stipesevic B., Jug D. (2013): The multi-year soybean grain yield depending on weather conditions. In: *Proceedings of the 48th Croatian and 8th International Symposium on Agriculture*, Dubrovnik, pp. 422–477.
43. Dövényi Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere, MTA, Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. pp. 195-199.
44. Egli D.B., Bruening W.P. (2000): Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings. *Agronomy Journal*, 92: pp. 532–537.
45. Filoda, G.; Mrówczyński, M.; Matyjaszczyk, E.; Kierzek, R.; Nawracała, J.; Bubniewicz, P.; Fiedler, Ż.; Kornobis, F.; Matysiak, K.; Pruszyński, G.; et al. (2016): *Metodyka Integrowanej Ochrony i*

- Produkcji Soi Dla Doradców; Instytut Ochrony Roślin—Państwowy Instytut Badawczy: Poznań, Poland. (In Polish) pp. 19-25.
46. Gawęda, D., Cierpiała, R., Harasim, E., Haliniarz, M. (2016). Effect of tillage systems on yield, weed infestation and seed quality elements of soybean. *Acta Agrophysica.*, 23(2), pp. 175-187.
 47. Gawęda, D., Haliniarz, M., Bronowicka-Mielniczuk, U., & Łukasz, J. (2020). Weed infestation and health of the soybean crop depending on cropping system and tillage system. *Agriculture (Switzerland)*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/agriculture10060208>
 48. Gawęda, D., Nowak, A., Haliniarz, M., & Woźniak, A. (2020). Yield and Economic Effectiveness of Soybean Grown Under Different Cropping Systems. *International Journal of Plant Production*, 14(3). <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00098-1>
 49. Ghassemi-Golezani, K., Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Mohammadi, A. (2010): Response of pinto bean cultivars to water deficit at reproductive stages. – *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8(2): pp. 801-804.
 50. Ghassemi–Golezani, K., Bakhshy, J., Zehtab-Salmasi, S., Moghaddam, M. (2013). Changes in leaf characteristics and grain yield of soybean (*Glycine max* L.) in response to shading and water stress. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 3(2). <https://doi.org/10.12692/ijb/3.2.71-79>
 51. Guzeler, N., Yldrm, C. (2016). The Utilization and Processing of Soybean and Soybean Products. *Ziraat Fakultesi Dergisi, Uludag Universitesi*, 30. pp. 550-551.
 52. Gyuricza Cs., Farkas Cs., Baráth C., Birkás, M., Murányi, A. (1998): Penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon. *Növénytermelés*, 47(2): pp. 199-212.
 53. Gyórfy B., Szabó J. L., (1969): A zero, minimum és normál tillage vizsgálata tartamkísérletekben. In: *I'SÓ, I.: Kukoricatermesztési Kísérletek 1965–1968*. Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 143–155.
 54. Hammond E.G., Murphy P.A., Johnson L.A. (2003): SOY (SOYA) BEANS, Properties and Analysis Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), pp. 5389-5392.
 55. Hajdú J. (2015): A szójáról mindenkinek: A szójatermelés gépesítésének legfontosabb sarokpontjai, *Mezőgazdasági Technika* pp. 30-33.
 56. Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., Thomson, A. M., Wolfe, D. (2011): Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy Journal* 103(2): pp. 351-370.
 57. Haripriya A. M., Byju G. (2008): Chlorophyll meter and leaf colour chart to estimate chlorophyll content, leaf colour, and yield of cassava. *Photosynthetica* 46(4), pp. 511-516.
 58. Heap, I. (2014): Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Manag. Sci.* 70, pp. 1306–1315.
 59. Hosseini, S. Z., Firouzi, S., Aminpanah, H., Sadeghnejhad, H. R. (2016). Effect of tillage system on yield and weed populations of soybean (*Glycin max* L.). *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 88(1). <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620140590>
 60. Izsáki Z.- Kruppa J. (szerk.) (2021): Szántóföldi növények vetőmagtermesztése 2.: Vetőmagtermesztési technológia: Gabonafélék, hüvelyesek, gyökér- és gumós növények. Gödöllő: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem. pp. 172-183.

61. Jug, I., Jug, D., Sabo, M., Stipešević, B., & Stošić, M. (2011). Winter wheat yield and yield components as affected by soil tillage systems. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(1). <https://doi.org/10.3906/tar-0909-376>
62. Kádár I. (2008): Kölcsönhatások vizsgálata a növénytáplálási kutatásokban. In: Simon L. (szerk.): Talajvédelmi különszám. Budapest. Magyar Tudományos Akadémia. pp. 265-274. (Megtekintés dátuma: 2024. 04. 03. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://zeus.nyf.hu/~tkgt/Honlap%202010%20jan%206/public_html/konyvek/TV%20cikkek/2-11%20kadar.pdf
63. Karr-Lilienthal, L. K., Kadzere, C. T., Grieshop, C. M., Fahey, G. C. (2005). Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. *Livestock Production Science*, 97(1). <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.01.015>
64. Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2019). Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76(1), pp. 29–51. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>.
65. Keinan-Boker, L., Peeters, P., Mulligan, A., Navarro, C., Slimani, N., Mattisson, I., Lundin, E., McTaggart, A., Allen, N., Overvad, K., Tjønneland, A., Clavel-Chapelon, F., Linseisen, J., Haftenberger, M., Lagiou, P., Kalapothaki, V., Evangelista, A., Frasca, G., Bueno-de-Mesquita, H., Riboli, E. (2002). Soy product consumption in 10 European countries: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public Health Nutrition*, 5(6b), pp. 1217–1226. <https://doi.org/10.1079/PHN2002400>
66. Kertész Á., Madarász B. (2014). Conservation Agriculture in Europe. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(1). [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30016-2](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30016-2)
67. Kende Z., Sallai A., Kassai K., Mikó P., Perce A., Birkás M., 2017. The effects of tillage induced soil disturbance on weed infestation of winter wheat. *Polish J. Environ. Studies*. 26. pp. 1131–1138.
68. Koncz P. (2015): *Produkcio mérések*. SZIE jegyzet, Gödöllő, 7p.
69. Kövics Gy., Tarcali G., Csüllög K., Rác D., Bíró Gy., Csótó A., Szarukán I., Nagy A., Szanyi Sz., Szilágyi A., Kovács G., Radócz L. (2020): A szója integrált védelme: Technológia, *Növényvédelem*. 81 (N. S. 56): 6. pp. 251-271.
70. Kurnik E.- Szabó L. (1987): Magyarország kultúrflórája. A szója *Glycine max (L.) MERRILL*. Budapest: Akadémiai Kiadó. pp. 5- 243.
71. Jabro, J. D., Allen, B. L., Rand, T., Dangi, S. R., Campbell, J. W. (2021). Effect of previous crop roots on soil compaction in 2 yr rotations under a no-tillage system. *Land*, 10(2), pp. 202.
72. Jamali, H., Nachimuthu, G., Palmer, B., Hodgson, D., Hundt, A., Nunn, C., Braunack, M. (2021). Soil compaction in a new light: Know the cost of doing nothing—A cotton case study. *Soil and Tillage Research*, 213, 105158.
73. Lamandé, M., Greve, M. H., Schjønning, P. (2018). Risk assessment of soil compaction in Europe—Rubber tracks or wheels on machinery. *Catena*, 167, pp. 353-362.

74. Lang A. R. G. Xiang Y., Norman J. M. (1985): Crop structure and the penetration of direct sunlight. *Agric. For. Meteorol.* 35, pp. 83–101.
75. Lasisi, D., Aluko, O. B. (2009). Effects of tillage methods on soybean growth and yield in a tropical sandy loam soil. *International Agrophysics*, 23(2).
76. László P. (2007): A direktvetés és a bakhátas gazdálkodási rendszerek hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára [PhD értekezés] Gödöllő: Növénytudományi Doktori Iskola. pp. 21-28.
77. Li, H.; Wang, P.; Weber, J.F.; Gerhards, R. (2018): Early Identification of Herbicide Stress in Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Using Chlorophyll Fluorescence Imaging Technology *Sensors* 18, pp. 21.
78. Liebhard, G., Klik, A., Neugschwandtner, R. W., Nolz, R. (2022). Effects of tillage systems on soil water distribution, crop development, and evaporation and transpiration rates of soybean. *Agricultural Water Management*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107719>
79. Manavalan LP, Guttikonda SK, Tran LSP and Nguyen HT, 2009. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. *Plant Cell Physiol.* 50: pp. 1260–1276.
80. Mandić V., Bijelić Z., Krnjaja V., Simić A., Ruzić-Muslić D., Dragičević V., Petricević V. (2017): The rainfall use efficiency and soybean grain yield under rainfed conditions in Vojvodina. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 33: pp. 475–486.
81. Maráczki K. (2014): Extra örökzöld lomblevelű díszcserjék új télállósági zónákba sorolása hidegtűrési és ökofiziológiai vizsgálatok alapján. Doktori (PhD) értekezés tézisei, Pannon Egyetem, Keszthely, 20p.
82. Martínez, I. G., Prat, C., Ovalle, C., del Pozo, A., Stolpe, N., & Zagal, E. (2012). Subsoiling improves conservation tillage in cereal production of severely degraded Alfisols under Mediterranean climate. *Geoderma*, 189, pp. 10-17.
83. Medic, J., Atkinson, C., Hurburgh, C. R. (2014). Current Knowledge in Soybean Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(3), pp. 363–384. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2407-9>
84. Monostori, I., Árendás, T., Hoffman, B., Galiba, G., Gierczik, K., Szira, F., & Vágújfalvi, A. (2016). Relationship between SPAD value and grain yield can be affected by cultivar, environment and soil nitrogen content in wheat. *Euphytica*, 211(1), pp. 103–112. <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1741-z>
85. Oerke E. C. (2006): Crop losses to pests. *J Agri Sci* 144(01), pp. 31–43.
86. Orosz Sz. (2021): Az olajlen termesztéstechnológiája és növényvédelme. *Növényvédelem*.82 [N. S. 57]:9. pp. 378-393.
87. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK) (2018): Zöldítés a gyakorlatban, Gazdálkodói segédlet. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/2285-zoldites-a-gyakorlatban-gazdalkodoi-segedlet/file (Megtekintve: 2024. 03. 12.)
88. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK) (2022): Szemes és szálás fehérjenövény termesztés, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nak.hu/ek-2022/letoltheto-utmutatok/4240-szemes-es-szalas-feherjetaarmany-noveny-termesztes/file (Megtekintve 2024. 03. 12.)
89. Pepó P. (szerk.) (2019): Alapnövények. Integrált növénytermesztés 2. Budapest: Mezőgazda Lap és Könyvkiadó. pp. 137-150.

90. Pittelkow, C.M.; Linquist, B.A.; Lundy, M.E.; Liang, X.; Van Groenigen, K.J.; Lee, J.; Van Gestel, N.; Six, J.; Venterea, R.T.; Van Kessel, C. (2015): When does no-till yield more? *A global meta-analysis. Field Crops Res.* 183, pp. 156–168.
91. Popp J., Harangi-Rákos M., Oláh J. (2018) Állattenyésztés és takarmányozás, Fehérjetakarmány függőség az EU-ban: Status QUO? 2018. 67.4. pp. 209- 224
92. Praczyk, T., Nawracała, J., Balcer, G., Bubniewicz, P., Filoda, G. (2012). *Metodyka integrowanej ochrony soi dla producentów*. Poznań: Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy.
93. Qiang, X., Sun, J., Ning, H. (2022). Impact of subsoiling on cultivated horizon construction and grain yield of winter wheat in the north China plain. *Agriculture*, 12(2), pp. 236.
94. Riczu P.- Tamás J. (2012): Alma és körtefák levélfelületi indexeinek számítási lehetőségei. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények*, 2012/50, pp. 229-233.
95. Sacita, A. S., June, T., Impron. (2018): Soybean adaptation to water stress on vegetative and generative phases. *Agrotech Journal ATJ* 3(2): pp. 42-52.
96. Shahgholi, G., Moinfar, A., Khoramifard, A., Maciej, S., Szymanek, M. (2023). Investigating the Effect of Tractor's Tire Parameters on Soil Compaction Using Statistical and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Methods. *Agriculture*, 13(2), 2, pp. 59.
97. Shidhaye S., Malke S., Mandal S., Sakhare N. Kadam V.: (2012). Soy - A Hidden Treasure For Therapeutic, Cosmetic And Pharmaceutical Use. *The Internet Journal of Alternative Medicine*, 7(2). <https://doi.org/10.5580/374>
98. Shome, S., Barman, A., Solaiman, Z. M. (2022). Rhizobium and Phosphate Solubilizing Bacteria Influence the Soil Nutrient Availability, Growth, Yield, and Quality of Soybean. *Agriculture (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/agriculture12081136>
99. Shurtleff W., Aoyagi A. (2015): History of soybeans and soyfoods in eastern Europe, (including all of Russia) (1783-2015): Extensively annotated bibliography and sourcebook, *Soyinfo Center*, Lafayette. pp. 5-10.
100. Stefanic, E., Rasic, S., Lucic, P., Tolic, S., Zima, D., Antunovic, S., Japundžić-Palenkić, B., Stefanic, I. (2022). Weed Community in Soybean Responses to Agricultural Management Systems. *Agronomy*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy12112846>
101. Tamang, J. P. (2015). Naturally fermented ethnic soybean foods of India. In *Journal of Ethnic Foods* (Vol. 2, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.jef.2015.02.003>
102. Tikász I. E., Molnár Zs. (2020): A szójatermesztés színvonala és jövedelmezősége Magyarországon, NAIK Nemzeti Agrárgazdasági és Innovációs Központ, Agrárgazdasági Kutatóintézet. - chrome-extension://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/https://magyarszoja.hu/wp-content/uploads/2020/02/A_szojatermesztes_ekonomiaja_-_Tikasz_Ildiko_Edit_-_Molnar_Zsuzsa.pdf Megtekintés dátuma: 2024. 02. 20.
103. Torres, J. L. R., Leal Júnior, A. L. B., Barreto, A. C., Carvalho, F. J., de Assis, R. L., Loss, A., Lemes E. M., Silva Vieira, D. M. (2022). Mechanical and Biological Soil Decompaction for No-Tillage Maize Production. *Agronomy*, 12(10), pp. 2310.

104. Thu, N. B. A., Nguyen, Q. T., Hoang, X. L. T., Thao, N. P., Tran, L. S. P. (2014): Evaluation of drought tolerance of the Vietnamese soybean cultivars provides potential resources for soybean production and genetic engineering. *BioMed Research International* 2014: 809736.
105. Vollmann J., Wagentristsl, H., Hartl W., 2010. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *Eur. J. Agron.*, 32, pp. 243-248.
106. Wang G, Bronson KF, Thorp KR, Mon J, Badaruddin M (2014): Multiple leaf measurements improve effectiveness of chlorophyll meter for durum wheat nitrogen management. *Crop Sci* 54:pp. 817–826. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.03.0160>
107. Wang, M., Li, D., Zhang, M., Fu, C., Jin, X., Zhang, Y., Huang, B., Ren, C. (2022). Effects of Different Tillage Measures on Soil Temperature and Humidity and Photosynthetic Capacity of Soybean. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3338395>
108. Wang, R., Ma, L., Lv, W., Li, J. (2022). Rotational tillage: A sustainable management technique for wheat production in the semiarid *Loess Plateau*. *Agriculture*, 12(10), pp. 1582.
109. Wang S., Guo L., Zhou P.C., Wang X., Shen Y., Han H., Ning T., Han K. (2019). Effect of subsoiling depth on soil physical properties and summer maize (*Zea mays* L.) yield. *Plant Soil Environ.* 65. pp. 131–137.
110. Watson DJ. (1947): Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*11, pp. 41–76.
111. Wilson, L.A. (1995): Soy Foods. In: Erickson, D.R., Ed., Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization, AOCS Press, Champaign, IL and United Soybean Board, St. Louis, pp. 428-459.
112. Wood C.W., Reeves D.W., Himelrick D.G. (1993) Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. *Proc Agron Soc New Zeal* 23, pp. 1–9
113. Yan, G., Hu, R., Luo, J., Weiss, M., Jiang, H., Mu, X., Xie, D., Zhang, W. (2019). Review of indirect optical measurements of leaf area index: Recent advances, challenges, and perspectives. In *Agricultural and Forest Meteorology* (Vol. 265). <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.033>
114. Yin, B., Hu, Z., Wang, Y., Zhao, J., Pan, Z., Zhen, W. (2021). Effects of optimized subsoiling tillage on field water conservation and summer maize (*Zea mays* L.) yield in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106732>
115. Zhang, R., Yang, P., Liu, S., Wang, C., Liu, J. (2022). Evaluation of the Methods for Estimating Leaf Chlorophyll Content with SPAD Chlorophyll Meters. *Remote Sensing*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/rs14205144>.

Internetes források jegyzéke

- http1: <https://www.worldometers.info/world-population/china-population/> Kína népessége. (Megtekintve 2024. 04. 13.)
- http2: <https://www.worldometers.info/world-population/india-population/> India népessége. (Megtekintve 2024. 04. 13.)
- http3: <https://www.statista.com/statistics/263926/soybean-production-in-selected-countries-since-1980/> Szója termésátlagok a világon Statista 2024. (Megtekintve 2024. 02. 27.)
- http4: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/soybean-production-by-country> Szójatermesztő országok a világon. (Megtekintve 2024. 04. 13.)
- http5: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0022.html KSH Magyarország termésátlagai. (Megtekintve 2024. 04. 13.)
- http6: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100425.atv> Magyarország alaptörvénye. Megtekintve 2024. 04. 13.
- http7: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20151013STO97392/hat-dolog-amit-erdemes-tudni-a-genmodositott-elelmiszerekről> GMO az EU-ban. (Megtekintve 2024. 04. 13.)
- http 8: <https://njt.hu/jogszabaly/2023-17-20-7R> Termeléshez között támogatások. (Megtekintve 2024. 03. 12.)
- http 9: https://twitter.com/rainbow_plant/status/1276529304218845185 A szója reproduktív fejlődési szakasza. (Megtekintve 2024. 04. 13.)
- http 10: <https://portal.nebih.gov.hu/-/nemzeti-fajtajegyzek> Nemzeti Fajtajegyzék. (Megtekintve 2024. 03. 16.)
- http 11: https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0037.html KSH Magyarország időjárási adatai. (Megtekintve 2024. 03. 20.)
- http 12.: <https://szojaextruder.hu/a-magyar-szojatermesztes-elott-allo-lehetosegek/> Szójatermő területek. (Megtekintve 2024. 04. 16.)
- http 13: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0080.html Szójatermesztés megyénként KSH adatai alapján. (Megtekintés: 2024. 04. 13.)
- http 14: <https://magyarszoja.hu/tudastar/szoja/vetomag/#> Magyar Szója és Fehérjenövény Egyesület Fajtabemutatói, szójafajták vetőmag mennyisége. (Megtekintve 2024. 03. 25.)
- http 15: <https://mepar.mvh.allamkinestar.gov.hu/#/viewer> MePAR, (Megtekintve 2024. 03.25.)

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: A szója termésmennyiségének alakulása a legjelentősebb szójatermő országokban 2012-2023. között (Forrás: Statista, 2024) (http3)	5
2. ábra: Magyarország szójatermelése 1980-2019. között (Forrás: Tikász & Molnár, 2020)	6
3. ábra: A szója vegetatív fejlődésének fázisai 2023-ban (Forrás: Saját képek)	11
4. ábra: A szója generatív szakaszai (Forrás: Internetes forrás, 2020 (http9)	11
5. ábra: Magyarország hőmérséklet és csapadékváltozása 1970-2022. között (Forrás: Saját szerkesztés KSH 1970-2022 adatok alapján) (http11)	13
6. ábra: Magyarország szójatermesztő területei (Forrás: Internetes forrás, 2016) (http12)	14
7. ábra: Magyarország megyéinek szójaterületei (Forrás: KSH, 2022 (http13)).....	15
8. ábra: A kísérlet helyszíne (Forrás: MePAR, 2024) (http15).....	26
9. ábra: A csapadék mennyisége 2022-ben és 2023-ban (Forrás: Saját szerkesztés a Józsefmajori Tangazdaság mérési adatai alapján)	27
10. ábra: A kísérlet beállításának sematikus ábrázolása (Forrás: Birkás Márta, 2002).....	29
11. ábra: A kísérlet során használt SPAD eszköz (Forrás: Saját kép, 2023)	30
12. ábra: LAI használata a szójában (Forrás: Édes Szintia, 2023)	32
13. ábra: LAI az egyes kezelésekben (Forrás: Saját szerkesztés)	34
14. ábra: SPAD mérési eredményei kezelésként (Forrás: Saját szerkesztés)	35
15. ábra: Növény db/ m ² mérésének az eredményei (Forrás: Saját szerkesztés).....	36
16. ábra: Hüvely db/növény az egyes kezelésekben (Forrás: Saját szerkesztés)	38
17. ábra: Mag db/hüvely kezelésként (Forrás: Saját szerkesztés)	40
18. ábra: A különböző kezelések termésmennyisége (Forrás: Saját szerkesztés)	42
1. táblázat: Különböző talajművelési eljárások összehasonlítása növény db/m ² függvényében a Post Hoc Test alapján (Forrás: Saját szerkesztés)	37
2. táblázat: Talajművelési eljárások összehasonlítása a hüvely db/ növény függvényében a Post Hoc Tests alapján (Forrás: Saját szerkesztés)	39
3. táblázat: A hüvelyekben lévő magmennyiség és az egyes kezelések összehasonlítása a Post Hoc Tests alapján (Forrás: Saját szerkesztés)	41
4. táblázat: A talajművelési eljárások és a termésmennyiség összehasonlítása a Post Hoc Test alapján (Forrás: Saját szerkesztés)	43

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni mindazoknak, akik a dolgozatom elkészítésében valamilyen formában hozzájárultak.

Elsősorban külön köszönetet szeretnék mondani a konzulensemnek, Dr. Kende Zoltánnak, aki szakmai tanácsával és a statisztikai elemzés során nyújtott segítségével támogatta a diplomamunkám elkészítését.

Köszönöm a társkonzulensemnek, Bozóki Boglárkának, aki a türelmét és a segítőkészségét biztosította a felkészülés teljes ideje alatt. Külön köszönöm a terepi mérések megszervezését és lebonyolítását.

Végezetül szeretném megköszönni a szüleimnek, akik folyamatosan támogattak és megfelelő mennyiségű szabadidőt biztosítottak a diplomamunkám megírásához.

10. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: DILLEN ADRIENN TILNDE
A Hallgató Neptun kódja: BSMSTK
A dolgozat címe: TALAJMŰVELÉSI ELJÁRÁSOK GÖSZTEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE
ÉS HATÁSUK VISELKEDÉSE A FŐVETÉSI SZÜKSÉGRE
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: NGYÜENYTERHESEDÉSI-TUDOMÁNYOK INTÉZETE
A konzulens tanszékének a neve: AGRONÓMIAI 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 záróvizsga-bizottság 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 könyvtári repozitori rendszerébe. 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 könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 03.03.2024 év 04 hó 17 nap

Dillen Adrienn Tilnde
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

DIKEN ADRIENN Tünde (név) (hallgató Neptun azonosítója: 2SMSTK)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: GÖDÖLLŐ 2024. év APRILIS hó 18. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő alá húzandó.

² A megfelelő alá húzandó.