



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Georgikon Campus
Agrármérnök mester szak

Termés adatok és meteorológiai elemek kapcsolata

Belső konzulens:	Dr. Simon-Gáspár Brigitta egyetemi adjunktus
Készítette:	Orosz Bence B90AN3 nappali tagozat
Intézet/Tanszék:	Növénytermesztési-tudományok Intézet Agronómia Tanszék

Készthely

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	2
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1 A szójatermesztés általános ismeretei, a növény környezeti igényei	3
2.2. Változó éghajlat	4
2.2.1. Léghőmérséklet és várható alakulása	4
2.2.2. A csapadék és várható alakulása	6
3. Anyag és módszer	9
3.1. A kísérlet bemutatása.....	9
3.2. A levélfelület meghatározására alkalmazott módszer	9
3.2. Az adatok statisztikai értékelése	10
4. Eredmények és értékelésük.....	11
4.1. A vizsgált tenyészidőszakok időjárásának alakulása.....	11
4.2. A termés mennyiségi- és minőségi tulajdonságainak alakulása a vizsgálati időszakokban.....	14
4.3. A levélfelület alakulása a vizsgálati időszakokban és kapcsolata a termésmennyiséggel	17
4.4. A termésadatok és a meteorológiai elemek kapcsolata.....	18
4.4.1. A termésadatok és meteorológiai elemek kapcsolata	18
4.4.2. A termés olajtartalmának kapcsolata a meteorológiai elemekkel.....	19
4.4.3. A termés fehérjetartalmának kapcsolata a meteorológiai elemekkel.....	21
4.5. Eredmények megvitatása.....	23
5. Következtetések és javaslatok	24
6. Összefoglalás.....	25
7. Irodalomjegyzék	27
8. Köszönetnyilvánítás.....	30

1. Bevezetés és célkitűzések

A szója a világelelmzésben fontos szerepet tölt be, elsősorban olajnövényként. Magyarországon fehérjenövényként jelentős. Ez a Kelet-Ázsiából származó növény ökológiai igényeit tekintve érzékeny növénynek számít, a termésmennyiségét nagymértékben befolyásolja a hő- és vízellátottság. E növényre tehát valószínűleg a klímaváltozás is nagy hatással lehet, befolyásolhatja a termesztési körzeteit, termésének mennyiségét és beltartalmi jellemzőit. Annak érdekében, hogy fel tudjunk készülni a jövő kihívásaira, fontos megértenünk a szója termésének mennyiségi- és minőségi jellemzőinek kapcsolatát a meteorológiai változókka.

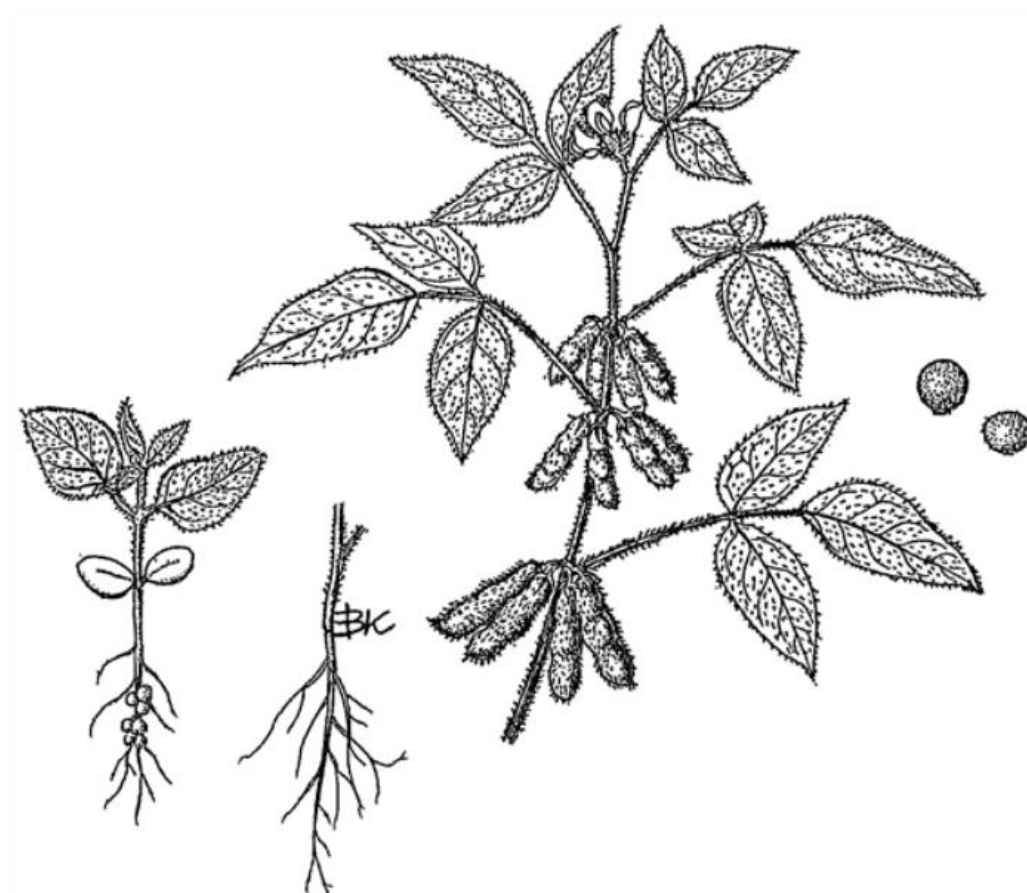
Kísérletünkben célul tűztük két szója fajta (Sinara és Sigalia) termésjellemezőinek vizsgálatát három, egymást követő tenyészidőszakban (2017-2019). A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem keszthelyi Georgikon Campusának Agrometeorológiai Kutatóállomásán állítottuk be, minden évben egy nagyjából 1250 m²-es kisparcellán. Az állományban figyelemmel követtük a levélfelület alakulását, valamint a betakarítás időszakában a termés mennyiségét, ezermagtömegét, a termés olaj-és fehérjetartalmát, fajtánként 5-5 ismétlésben. Célunk volt meghatározni az egyes termés elemek alakulását a különböző évjáratokban. A meteorológiai adatokat a Kutatóállomáson elhelyezett QLC-50 típusú automata mérőállomás mérései alapján detektáltuk.

További célunk volt vizsgálni a levélfelület maximuma és a termésmennyiség, valamint a termésmennyiség és a beltartalmi mutatók közötti összefüggést is. A kutatásban szerettük volna feltárni, mely meteorológiai elemek (napi átlagos-, valamint minimum léghőmérséklet tenyészidőszakbeli összege, átlagos relatív légnedvesség, tenyészidőszak csapadékosszege) befolyásolják leginkább a termés mennyiségét, az olaj-, valamint fehérjetartalmát. Bár 3 év adataiból messzemenő következtetéseket nem tudunk levonni, de a vizsgálat további ismétlésével, több évjárat és adat bevonásával jobban megismerhető válik ez a fontos takarmány- és élelmisznövény viselkedése.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A szójatermesztés általános ismeretei, a növény környezeti igényei

A szója (*Glycine max* L.) a hüvelyesek (*Fabales*) renden belül a pillangósvirágúak (*Fabaceae*) családjába tartó egynyári növény (1.ábra). Vetésterülete alapján a legnagyobb területen termesztett olyan növény a világon, amely nem gabonanövény. A szójамag, illetve a szójadara forgalma a világkereskedelemben jelentős helyet foglal el (Ivány et al., 1994). Termesztett növényink között a szója tartalmazza a legtöbb esszenciális aminosavat. Felhasználják takarmányozási és élelmiszeripari célra, de tömegtakarmányként (zöldtakarmány, széni, szilázs) is hasznosítható (Pepó, 2022).



1. ábra Szója (*Glycine max* L.) sematikus ábrája (Antal, 2005)

A szója Kelet-Ázsiából származó növény, annak is 20-45° közötti területén volt elterjedt (Pepó, 2022). Európában való megjelenése és elterjedése Haberlandt Frigyesnek köszönhető, aki Magyarországon 20 szójaváltozattal kezdte meg vizsgálatait, melyeket a Kínából, Japánból, Mongóliából, a Kaukázusból és Tuniszból küldtek neki (Izsáki et al., 2005).

A II. világháború alatt megnőtt a szója iránti igény világszerte, azonban az 1960-as évek ez jelentősen visszaesett. 1970-ben a világpiaci körülmények miatt újra fellendült a szója iránti igény (Pepó, 2022). A legnagyobb termelők: Mohács, Baja és Kalocsa térsége, de jelentős volt Keszthely, Szentlőrinc, Sárvár és Kapuvár környéke is (Antal et al., 2005).

A szója ökológiai érzékenysége nagy, meleg- és csapadékigényes növény. Csírázásának optimumhőmérséklete 15-20 °C, a fiatal növény fejlődéséhez 12-17 °C-ra van szükség (Pepó, 2022). A generatív fázisban (virágzástól magtelítődésig) párás időjárást és 20-25 °C léghőmérsékletet igényel. Azonban a 30 °C feletti hőmérséklet kedvezőtlen a növény számára, ilyen körülmények között tenyészidőszaka 10-20 nappal is lerövidülhet, ezáltal romlanak a termés mennyiségi és minőségi mutatói (Pepó, 2022). A magas hőmérsékletek mellett a viszonylag alacsony léghőmérséklet is kedvezőtlen számára, tartós, 15-20 °C mellett szintén romlanak a szója termés-értékei. Hőösszegigénye éréscsoporttól és fajtától függően 2000-3200 °C (Pepó, 2022).

Vízszükségletét tekintve a szója a virágzás kezdetéig szárazságtűrő, a virágzást követően megnő a vízigénye. Emellett a csapadék eloszlására is érzékeny növény (Pepó, 2022). A szója esetében a generatív fázisban, vagyis virágzáskor és a hüvelykötés idején hullott csapadék vagy öntözés az eredményes termesztés záloga. Tenyészidőszakbeli csapadékigénye 300-350 mm, továbbá a június-augusztus első fele közötti időszakban fontos, hogy legalább 160-180 mm-nyi csapadék eloszlása egyenletes legyen (Radics, 1994). A helyes öntözéssel elérhető termésnövekedés mértéke 30-60 % is lehet, évjárástól függően. Öntözés esetén a fehérjetartalom csökkenésével és az olajtartalom növekedésével kell számolnunk (Pepó, 2022).

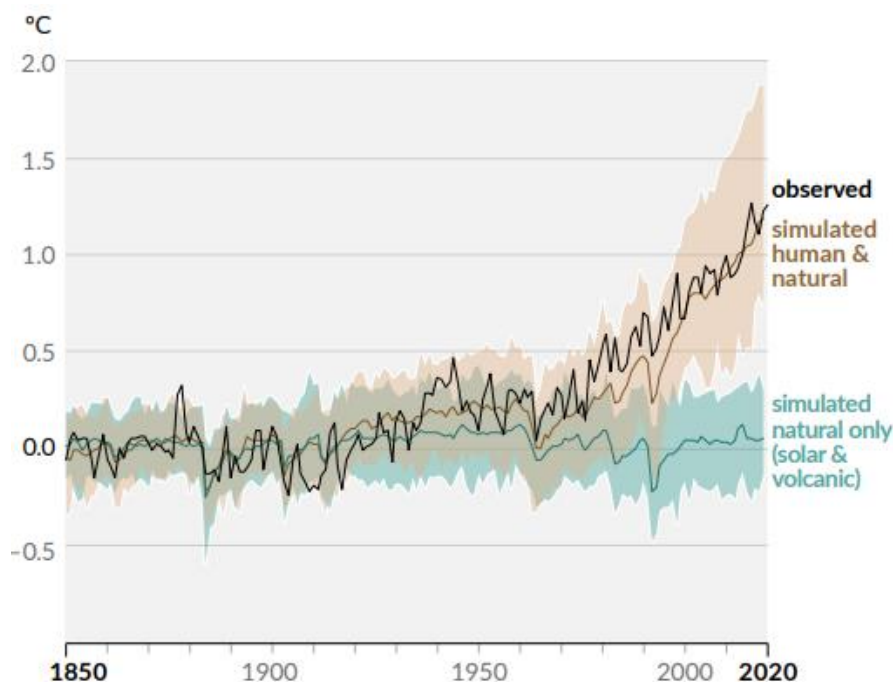
A szója a talajjal és annak kultúrállapotával szemben is érzékeny növény. Talajtípus tekintetében a mélyrétegű, jó víz- és tápanyaggazdálkodású, kiegyenlített hőgazdálkodású talajok a legkedvezőbbek számára (Pepó, 2022). Mélyre hatoló (1,5-2 m), orsó alakú főgyökér rendszere dúsan elágazik, ezért igényli a mélyművelést. Tápanyagigénye magas, melyet műtrágyával biztosítunk (Pepó, 2022).

2.2. Változó éghajlat

2.2.1. Léghőmérséklet és várható alakulása

A globális klímaváltozás, melyhez az antropogén eredetű üvegházhatású gázok kibocsátása is nagymértékben hozzájárul, nagy figyelmet kapott az elmúlt néhány évtizedben (El Kenawy et al., 2019). Ezt a folyamatot a látható és érzékelhető jelenségek mellett (gleccserek olvadása, vegetációs időszak változása) világszerte számos meteorológiai állomás mérési adatai is alátámasztják (Hansen

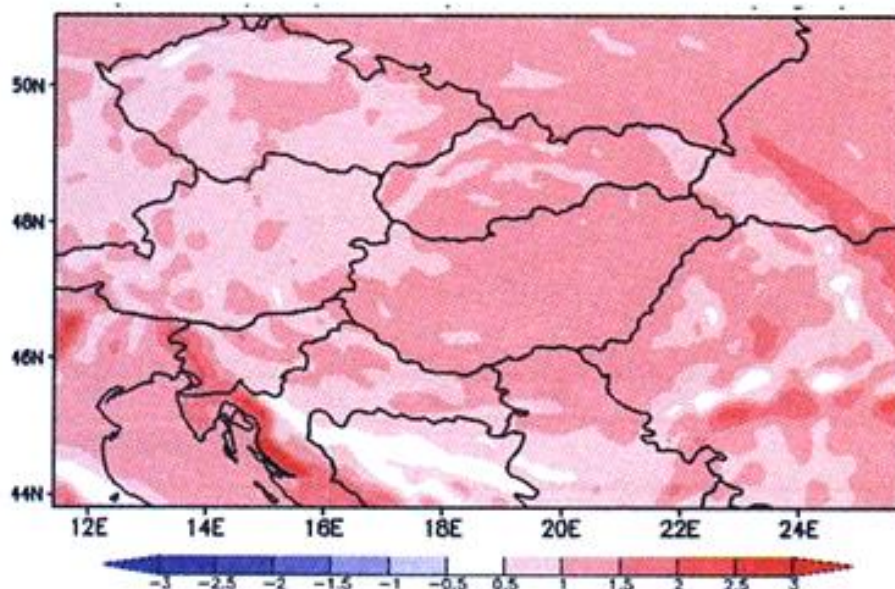
et al., 2010). A 2021-es IPCC jelentés szerint a globális felszíni hőmérséklet 1970 óta gyorsabban nőtt, mint bármely más 50 éves periódusban, legalábbis az elmúlt 2000 évben (2. ábra).



2. ábra A globális felszíni hőmérséklet változásai az elmúlt 170 évben (fekete vonal) az 1850–1900-as évekhez viszonyítva, összehasonlítva a CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) éghajlatmodell szimulációival, ahol barna szín jelzi a hőmérsékleti válaszreakciót az emberi és természetes tényezők hatását együttesen, a zöld vonal csak a természetes tényezőket (nap- és vulkáni tevékenység) veszi figyelembe (forrás: IPCC, 2021)

Az átlaghőmérséklet emelkedése mellett a hőmérsékleti szélsőségek előfordulásának gyakoriságának és mértékének növekedésével is számolnunk kell a jövőben (Li et al., 2019). Kjellström et al. (2018) szerint, ha a globális hőmérséklet emelkedés eléri vagy meghaladja a 2°C-ot, akkor Európa legtöbb régiójában ezzel együtt a szélsőséges időjárási események gyakoriságának további növekedése is megtörténik.

A Kárpát-medencére vonatkozó előrejelzéseket Bartholy et al. (2010) munkájában olvashatunk. A szerzők által a CECILIA európai uniós projekt keretében, regionális klímamodellek segítségével végzett vizsgálatok alapján 2021-2050 közötti időszakra várható változások az A1B scenárió alapján Magyarországon 1,1 °C a várható melegedés mértéke éves átlagban (3. ábra).

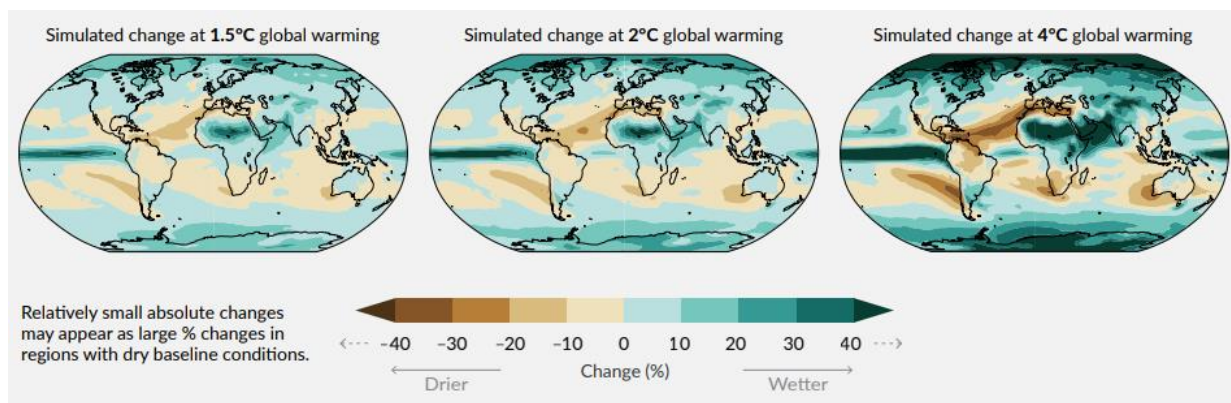


3. ábra Az éves átlaghőmérséklet változása a 2021-2050-es időszakban (1960-1990-es referencia időszakhoz viszonyítva) a RegCM regionális modell eredményei alapján (AIB scenárió) (Forrás: Bartholy et al., 2010)

Mezőgazdasági szempontból nemcsak az éves hőmérsékleti átlagok, hanem a tenyészidőszakbeli (tehát évszakos) változások is fontosak, ha nem a legfontosabbak. Bartholy et al. (2010) munkája szerint nyáron és ősszel kisebb a várható változás az éves átlaghoz képest (0,7 °C illetve 0,8 °C). Ezzel szemben tavasszal az évinél jóval nagyobb (1,6 °C), míg télen hasonló mértékű (1,1 °C) változás várható. Az évszakok esetében a hőmérséklet változása magával vonja azt is, hogy a nyári napok száma várhatóan 16%-kal (évi átlagban 9 nappal) növekedhet, illetve a fagyos napok száma mintegy 21%-kal (éves átlagban 15 nappal) csökkenni fog Magyarország területén.

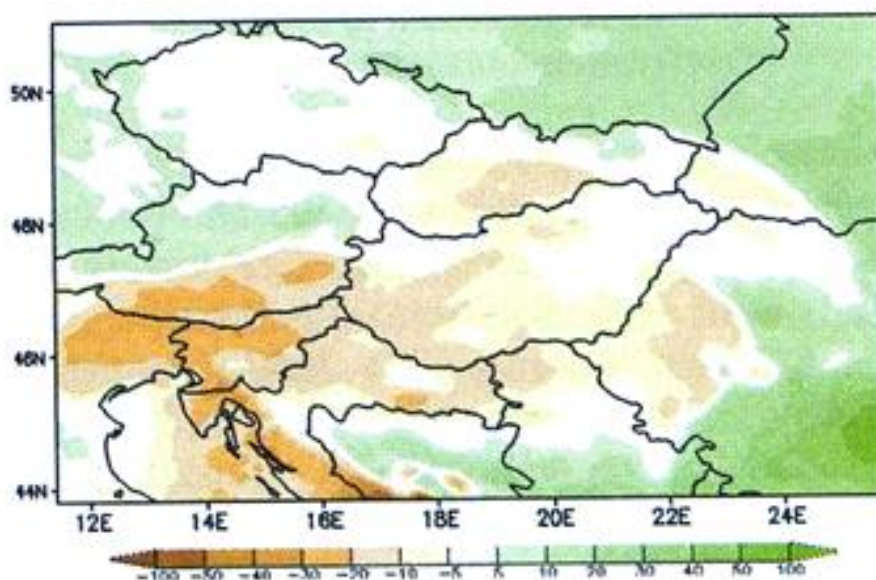
2.2.2. A csapadék és várható alakulása

Az IPCC (2021) jelentése szerint a heves csapadékesemények gyakorisága és intenzitása az 1950-es évek óta nőtt a legtöbb szárazföldi területen. Az ember által előidézett éghajlatváltozás egyes régiókban hozzájárult a mezőgazdasági és ökológiai aszályok növekedéséhez. A jelentés szerint nagyon valószínű, hogy a heves csapadék események felerősödnek és gyakoribbá válnak a legtöbb régióban további globális hőmérséklet emelkedéssel. Globális szinten a szélsőséges napi csapadékesemények az előrejelzések szerint körülbelül 7%-kal fokozódnak minden 1°C-os hőmérséklet emelkedést követően. Az előrejelzések szerint a csapadék mennyisége növekedni fog a magas szélességi körökön, a Csendes-óceán egyenlítői részén és a monszun régiók egyes részein, de csökken a szubtrópikusok egyes részein és a trópusok egyes területein (4. ábra).



4. ábra Éves átlagos csapadékváltozás (%) 1850–1900-hoz viszonyítva 1,5 °C (balra), 2 °C-os (középen) és a 4 °C-os (jobbra) hőmérséklet emelkedés esetén (Forrás: IPCC, 2021)

Bartholy et al. (2010) modellfuttatásai szerint Magyarországon várhatóan 7%-os csökkenés várható a csapadékmennyiség tekintetében, mely a délnyugati országrészben lesz a legjelentősebb (5. ábra). Várhatóan a szárazodás a nyári hónapokban lesz a legkisebb, átlagosan 2% körül alakul, míg tavasszal lesz a legnagyobb, átlagosan 10%-kal. Összességében a csapadékos napok száma várhatóan 5-20 %-kal fog csökkenni, míg a nagy csapadéku napok számában növekedés várható, ez várhatóan az alacsonyan fekvő területeket érinti majd nagyobb mértékben. A hegyvidéki, délnyugati, valamint Dráva menti területeken a csapadékos napok számának kismértékű csökkenésére számíthatunk. Nagy valószínűséggel 5-15%-kal fog növekedni az egymás utáni csapadékmentes napok száma az egész ország területén, mindamellet, hogy ez Nyugat- és Közép-Magyarországon lesz majd a legjelentősebb.



5. ábra Az éves csapadékösszeg változása a 2021-2050-es időszakban (1960-1990 időszakhoz viszonyítva), a RegCM regionális modell eredményei alapján (AIB szcenárió) (Forrás: Bartholy et al., 2010)

A fent leírt folyamatok hatására megváltozó ökológiai feltételekhez a mezőgazdaságnak is szükséges lesz alkalmazkodnia. Ehhez olyan átfogó kutatásokra van szükség, amelyek a környezeti, elsősorban meteorológiai elemek hatását közvetlenül figyelembe veszik a növénytermesztés egyes lépései során. Kiemelten fontos az érzékeny pontok feltárása, azonosítása, ezzel a nemesítők munkájának segítése. Mindemellett fontos az olyan jó agrotechnikai gyakorlat kialakítása, amely a csapadék helybentartását, talajban történő eltárolását segíti elő. A klímamodellek előrejelzései alapján kiemelten fontos a szántóföldi növények stressztűrésére irányuló kutatása, a folyamatok jobb megértése és a terméselőrejelzés pontosítása.

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérlet bemutatása

Kísérletünket a 2017-es, 2018-as, valamint a 2019-es tenyészidőszakban a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem keszthelyi Georgikon Campusának Agrometeorológiai Kutatóállomásán (NY17°15', É 46°47', 143 m) állítottuk be. A vizsgálatba bevont területen minden tenyészidőszakban nagyjából 1250 m²-en történt két szójafajta (Sinara és Sigalia) vetése. Talajadottság tekintetében Ramann-féle barnaerdő talaj található a területen, melynek tápanyagellátottságát a szója növény számára optimális mennyiségű műtrágyával a Georgikon Tanüzem látta el, a talajelőkészítést és a vetés szintén a Tanüzem végezte el. A szóját minden év április második felében, duplagabona sortávra vetettük. A betakarítást megelőzően a termésadatokhoz kézzel, a parcellák közepéről randomizált 2 m²-es területeken gyűjtöttük mintát, mindkét szójafajta esetében, 5-5 ismétlésben.

Az Agrometeorológiai Kutatóállomás meteorológiai adatainak gyűjtését a kutatóállomáson elhelyezett QLC-50 típusú automata mérőállomás végzi. Az állomás által gyűjtött napi adatok az <https://odp.met.hu> weboldalon ingyenesen hozzáférhetőek és legújíthatók. Kísérletünk során vizsgáltuk a napi átlag-, minimum- és maximum hőmérséklet, a relatív légnedvesség, valamint a csapadékmennyiség alakulását. A QLC-50 típusú automata mérőállomások által mért adatok az szinoptikus főállomásokra hagyományos telefonvonalak segítségével jutnak el, ahol lokális kommunikációs és adatfeldolgozó program végzi az adatgyűjtést. Az adatok ezután ISDN vonalakon keresztül az OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) budapesti kommunikációs számítógépébe jutnak el, és végső soron az ORACLE központi adatbázisába kerülnek. A dolgozatban a szója tenyészidőszakában mért adatokat (április közepétől szeptember közepéig) használtuk fel.

Vizsgálataink során a növények levélfelületét a teljes tenyészidőszakban figyelemmel kísértük, azonban a dolgozatban a maximális levélfelület értékeit használtuk fel. A betakarítást követően, mely minden tenyészidőszakban szeptember közepén volt esedékes, meghatároztuk a termés tulajdonságait mindkét fajtára. Termésadatok tekintetében az ezermagtömeget, a termés mennyiségének és minőségének alakulását vizsgáltuk, úgymint a fehérje- és olajtartalmat. A termés fehérje- és olajtartalmát Inframatic 9200 NIR Grain Analyzer segítségével határoztuk meg.

3.2. A levélfelület meghatározására alkalmazott módszer

Vizsgálataink során a levélterületet hetente mértük, szója fajtánként 5-5 mintanövényen (ismétlésben). A mérés során a szója összetett hármass levelét piros karton előtt fotóztuk, majd a

fotózást követően minden levél területét szegmentálás módszerével határoztuk meg az SGDIP program használatával (Soós, 2010).

A szegmentálással a képet részekre bontjuk, ami által érhető el az, hogy a különböző jelentésű képrészeket egymástól függetlenül tudjuk kezelni. Az eljárás fő célja esetünkben az objektumok elkülönítése a számunkra érdektelen képrészekről, vagyis a háttértől. A szegmentálás eredményeként olyan adatokat állíthatunk elő, amelyek segítségével meg tudjuk állapítani, hogy a képtartalmat hogyan kell értelmezni. Az eljárás azonban csak lokális értelmezésű sajátságok kinyerésén alapul, ezáltal az eredmény is csak alaptulajdonságokra (fényességre, texturális jellemzőkre) vonatkozik.

Azonban a szegmentálás bizonyos értelemben osztályozásnak is felfogható, hiszen tulajdonképpen hasonlósági értéken alapuló hovatartozást vizsgál. A leglényegesebb különbség az, hogy az egy osztályba sorolásnak egyéb feltételek teljesülése mellett a geometriai értelemben vett szomszédosság is feltétele. Az eljárás alkalmazásakor foltokhoz, illetve élekhez jutunk, attól függően, hogy a figyelembe vett sajátságok hasonlósági, illetve különbözőségi jellemzőket mérnek-e. Ideális esetben ezek a kép objektumainak felületeit, illetve határoló vonalait jelölik ki (Berke et al., 1996).

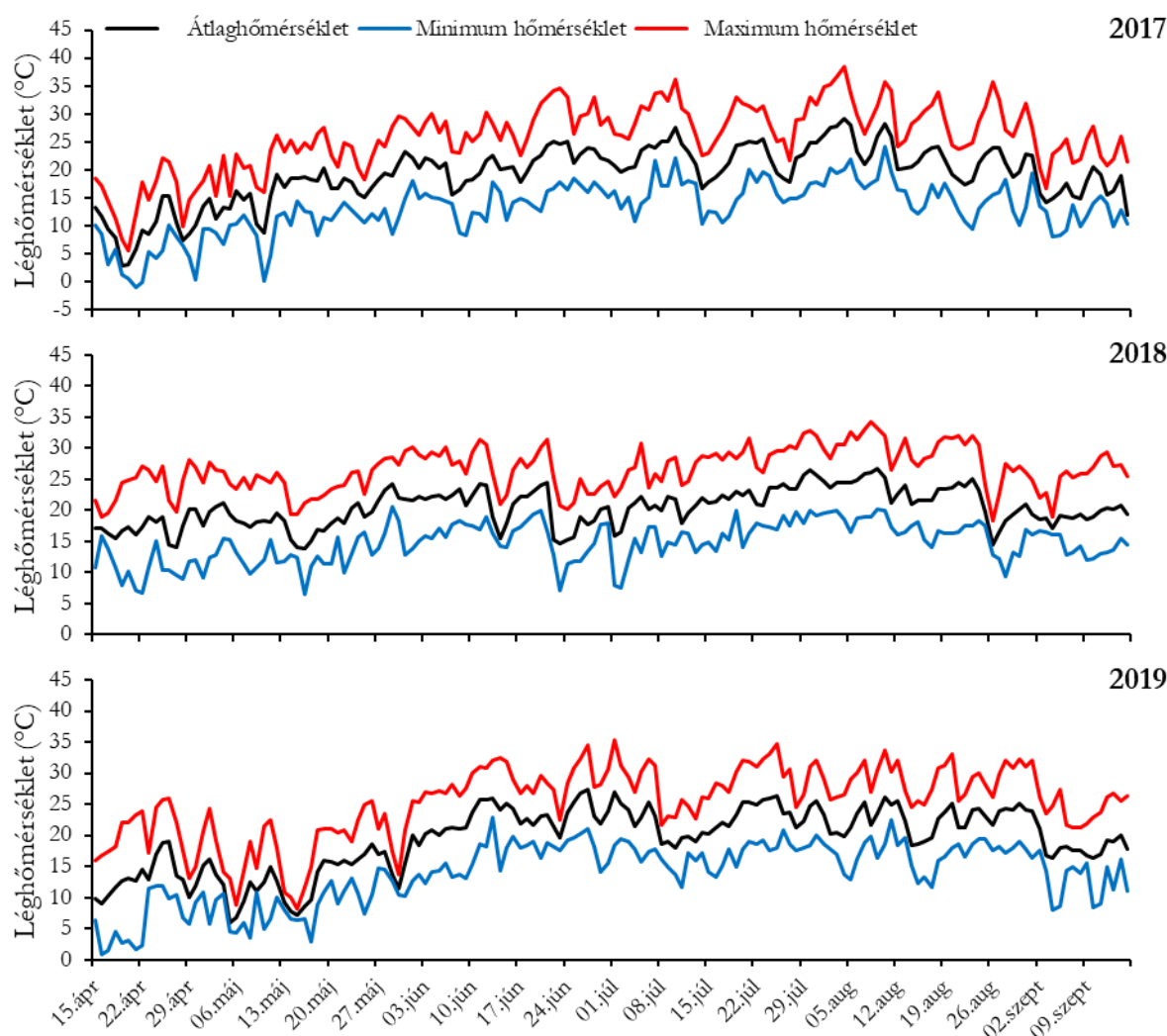
3.2. Az adatok statisztikai értékelése

Az kísérlet során mért levélfelület- és termés adatokat Microsoft Excel segítségével összesítettük. A fajták és az évjáratok közti különbözőségek kimutatásához kétutat varianciaanalízist használtunk (SPSS 17.0 program; IBM Corp., New York, USA).

4. Eredmények és értékelésük

4.1. A vizsgált tenyészidőszakok időjárásának alakulása

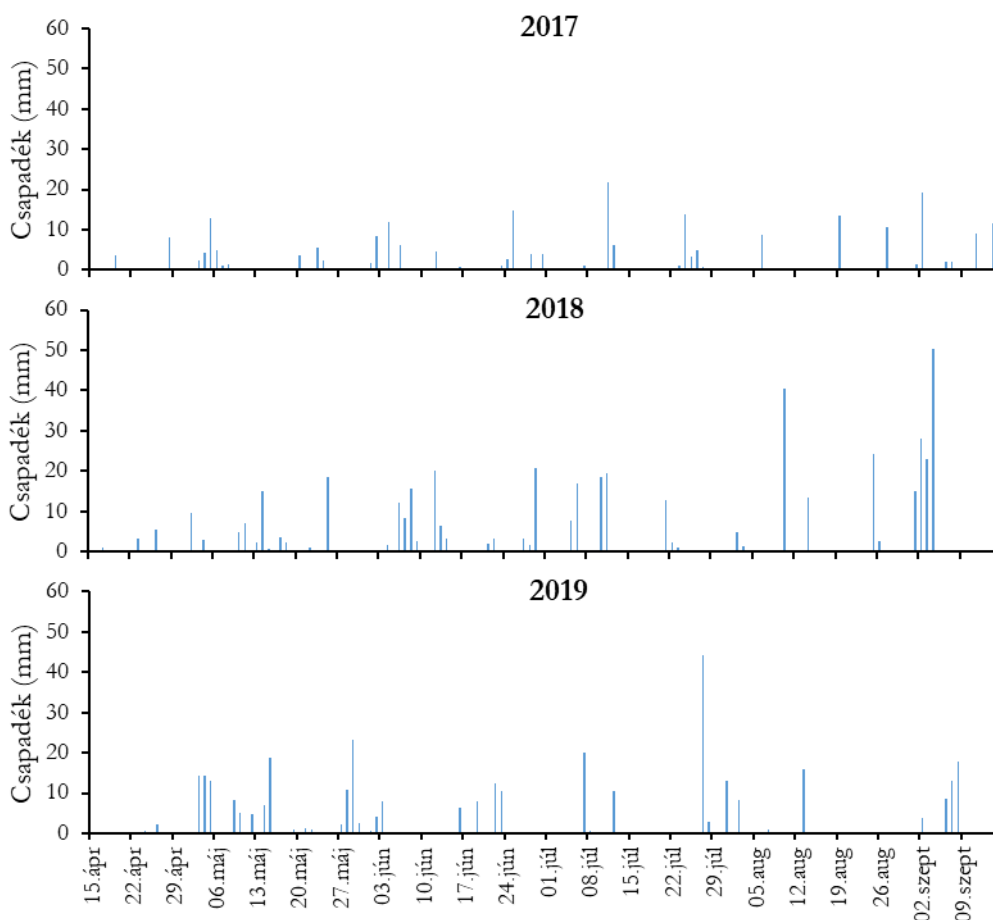
A három vizsgált tenyészidőszak napi hőmérsékleteinek alakulását (átlag, maximum és minimum) az 6. ábra mutatja. 2017-ben a napi átlaghőmérséklet április 15. és szeptember 15. között, vagyis a szója tenyészidejében (vetéstől az aratásig) $19,2 \pm 5,1$ °C volt. Ez az érték 2018-ban $20,4 \pm 3,0$ °C, 2019-ben pedig $19,4 \pm 5,1$ °C volt. Minimum hőmérséklet esetében 2018-ban volt a legmagasabb ($14,8 \pm 3,3$ °C), míg 2017-be és 2019-ben hasonlóan alakultak ezek az értékek ($13,0 \pm 4,7$ °C és $13,9 \pm 5,0$ °C). A maximum hőmérséklet értékeit megvizsgálva megállapítható, hogy a 2018-as tenyészidőszakban mutatott legmagasabb értéket (átlagosan $26,6 \pm 3,5$ °C), míg 2017 és 2019 kissé alacsonyabb maximum hőmérsékletekkel volt jellemezhető ($25,8 \pm 6,0$ °C és $25,3 \pm 5,8$ °C).



6. ábra A napi átlagos-, minimum-, és maximum léghőmérséklet (°C) alakulása a vizsgált tenyészidőszakokban (április 15 – szeptember 15) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson (az adatok forrása: <https://odp.met.hu>)

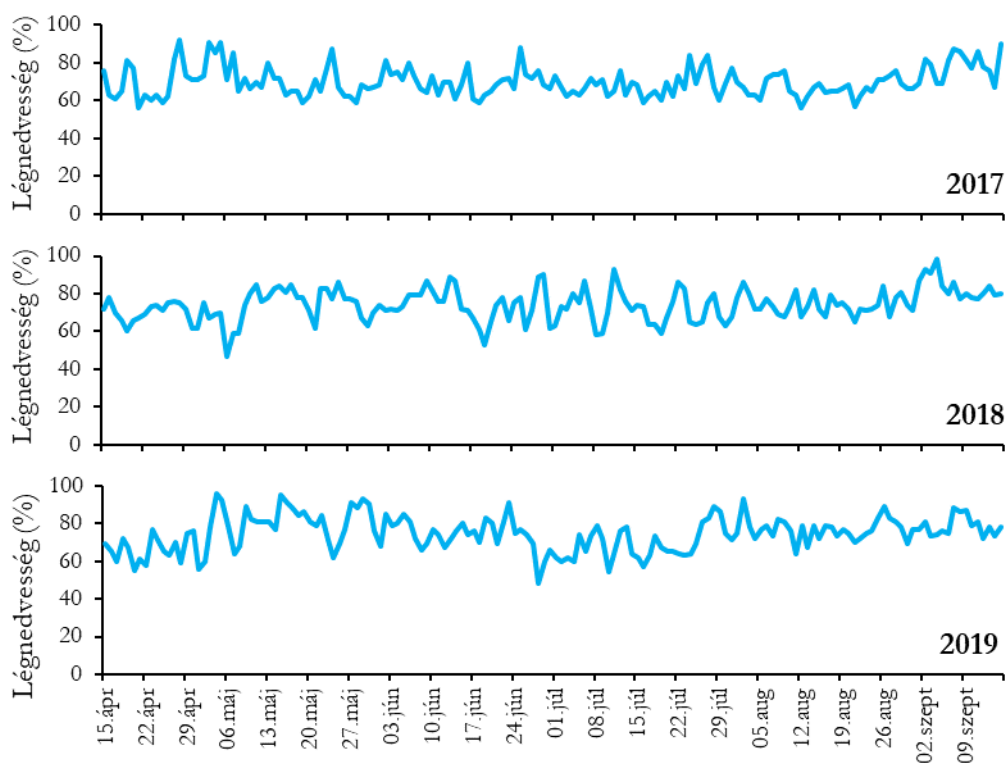
A szója növény szempontjából fontos az „extrém magas” (esetünkben 30 °C) maximum hőmérsékletű napok száma, ezért vizsgálataink során ezt is fontosnak tartottuk megvizsgálni. A 30 °C maximum feletti napok száma 2018-ban volt a legalacsonyabb (29 nap), míg 2017 és 2019 ebben a tekintetben hasonlóan alakultak (38 és 39 nap). Külön kiemelném, hogy míg 2018-ban és 2019-ben nem mért az állomás 34 °C-nál magasabb hőmérsékletet, addig 2017-ben 3 napon is magasabb volt a maximum hőmérséklet ennél az értéknél (legmagasabb maximum érték 38,5 °C).

A szántóföldi körülmények között termesztett növényekre ható másik fontos meteorológiai elem a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége és eloszlásának gyakorisága. A dolgozatban szereplő vizsgálat tenyészidőszakbeli csapadékjellemzőit az 7. ábra mutatja. A vizsgálatba vont tenyészidőszakok közül a 2018-as év volt a legcsapadékosabb (462,2 mm), míg a legszárazabb 2017 tenyészidőszaka volt (254,9 mm). A 2019-es év a csapadékmennyiség tekintetében a másik két év között helyezkedett el, ebben a tenyészidőszakban 343,9 mm csapadék hullott. Csapadékos napok számában hasonló volt a három év, 2017-ben 55 napon, 2018-ban 54 napon, míg 2019-ben 52 napon hullott csapadék.



7. ábra A relatív légnedvesség (%) alakulása a vizsgált tenyészidőszakokban (április 15 – szeptember 15) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson (az adatok forrása: <https://odp.met.hu>)

A hőmérséklet- és csapadékviszonyok mellett a szója szempontjából fontos lehet a légnedvesség vizsgálata is, ezért ezt a meteorológiai elemet is bevontuk a kutatásba. A három tenyészidőszak tekintetében nem volt markáns különbség a relatív légnedvesség tekintetében, ahogy azt a 8. ábrán is láthatjuk. A legszárazabb 2017-ben 69,9 %, 2018-ban 74,1%, míg 2019-ben 74,5 % volt a relatív légnedvesség tenyészidőszakbeli átlaga.

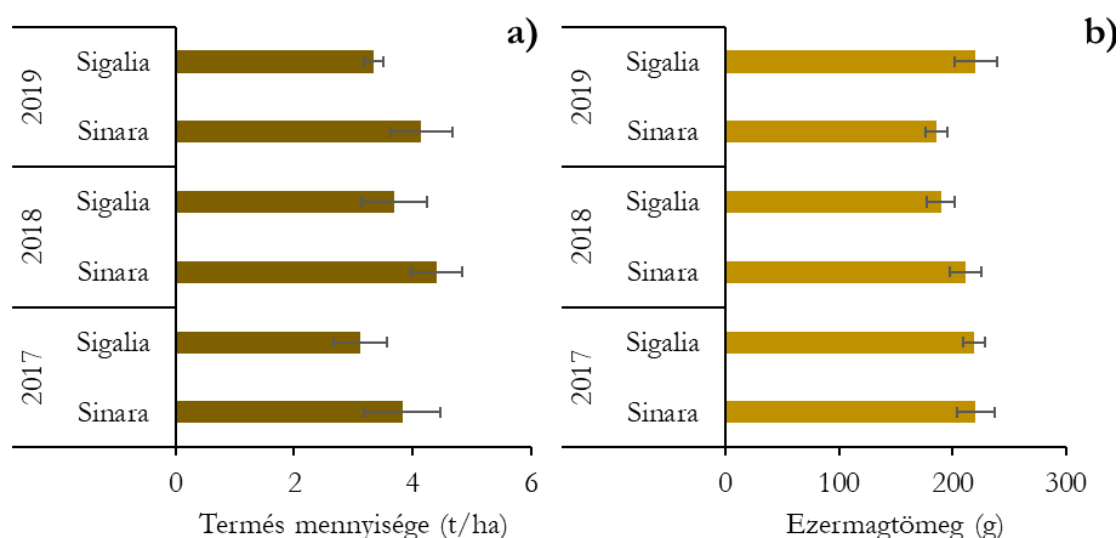


8. ábra A relatív légnedvesség (%) alakulása a vizsgált tenyészidőszakokban (április 15 – szeptember 15)
Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson (az adatok forrása: <https://odp.met.hu>)

Összességében a vizsgálatba vont meteorológiai elemek elemzése után elmondható, hogy a 2017-es év mérsékeltén meleg és száraz, a 2018-as év meleg és nedves, a 2019-es év a másik két évhez viszonyítva mérsékeltén meleg és mérsékeltén nedves volt.

4.2. A termés mennyiségi- és minőségi tulajdonságainak alakulása a vizsgálati időszakokban

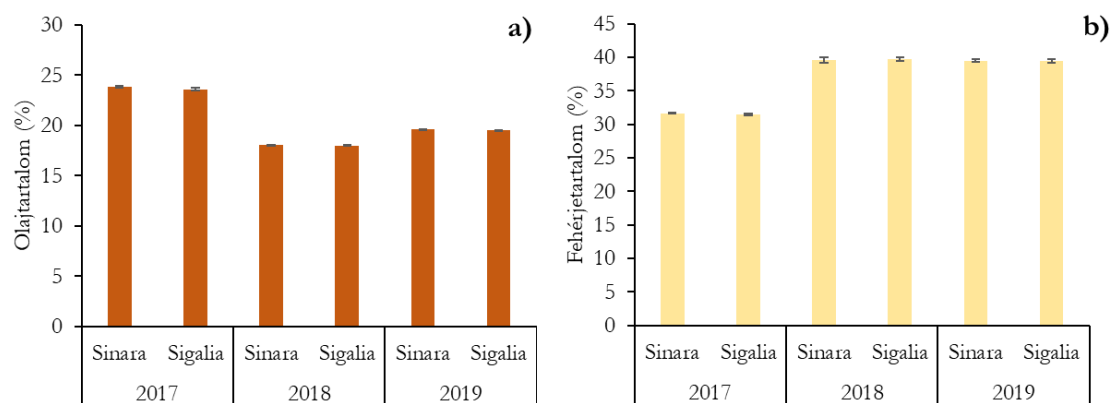
A három év termésmennyiség adatait a *9a ábra* mutatja. Mindhárom tenyészedőszakban jellemző, hogy a Sigalia fajta alacsonyabb termésátlagokat a Sinara fajtához képest (16,3–18,5 %-kal). A Sinara és Sigalia fajtára is igaz, hogy a legmagasabb termésátlagokat a meleg és nedves 2018-as évben mutatták (4,4 és 3,7 t/ha). A varianciaanalízis alapján elmondható, hogy a fajtának ($p < 0,001$) és az évjáratnak szignifikáns ($p = 0,011$) hatása volt, a kereszthatás azonban nem volt szignifikáns ($p = 0,518$) a termésmennyiség tekintetében (*1. táblázat*).



9. ábra A (a) termésmennyiség (t/ha) és (b) ezermagtömeg (g) alakulása a vizsgált tenyészedőszakokban (2017, 2018, 2019), két szójafajta esetében (Sinara és Sigalia) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

Az ezermagtömeg (*9b ábra*) tekintetében 2017-ben és 2018-ban a Sigalia, míg 2019-ben a Sinara adott magasabb értékeket. A különbség 2019 tenyészedőszakában volt látványos, ahol 15,9%-kal volt magasabb az ezermagtömeg a Sinara fajtánál. A varianciaanalízis alapján évjáratnak volt szignifikáns ($p < 0,001$) hatása, míg a fajta ($p = 0,429$) és a kereszthatás ($p = 0,679$) nem volt szignifikáns az ezermagtömeg esetében (*1. táblázat*).

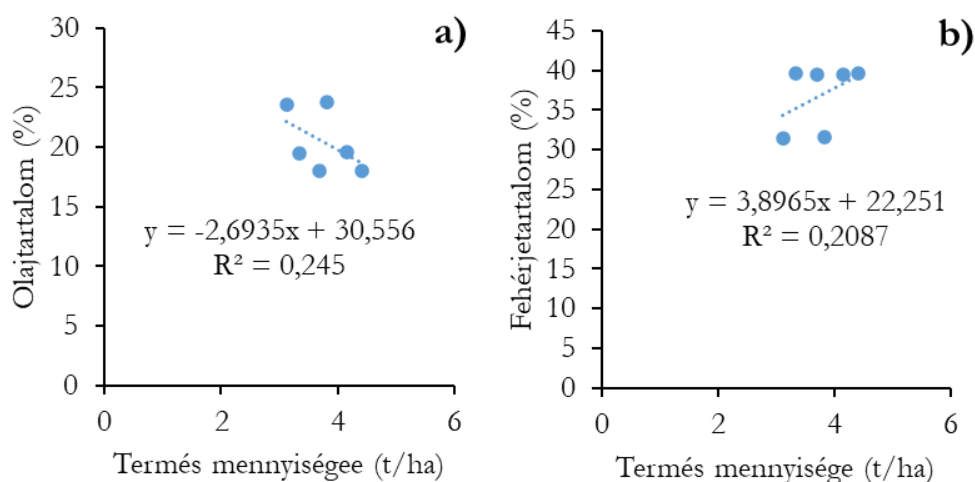
Az olaj- és a fehérjetartalom tekintetében nem tért el nagymértékben a két vizsgált szójafajta (*10a és b ábra*). Ezen beltartalmi tulajdonságok esetében érhető leginkább tetten az időjárás, elsősorban a csapadék hatása. Szója esetében az olaj-, valamint a fehérjetartalom egymás rovására nő, illetve csökken. Míg a száraz 2017-es évben magasabb olaj ($23,8 \pm 0,08\%$ és $23,6 \pm 0,15\%$), és alacsonyabb fehérjetartalom ($31,6 \pm 0,05\%$ és $31,5 \pm 0,11\%$) volt a jellemző, addig a csapadékosabb 2018-ban és 2019-ben ezen tendencia fordítottja volt az igaz.



10. ábra Az (a) olajtartalom (%) és (b) fehérjetartalom (%) alakulása a vizsgált tenyészedőszakokban (2017, 2018, 2019), két szójafajta esetében (Sinara és Sigalia) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

A varianciaanalízis alapján elmondható, hogy mind a fajtának ($p=0,003$), mind az évjáratnak szignifikáns ($p<0,001$) hatása volt, azonban a kereszthatás az olajtartalom tekintetében nem volt szignifikáns ($p=0,081$) (1. táblázat). Fehérjetartalom esetében kissé másképp alakultak a varianciaanalízis eredményei: csak az évjárat esetében találtunk szignifikáns különbséget ($p<0,001$), míg a fajta ($p=0,612$) és a kereszthatás ($p=0,464$) nem volt szignifikáns (1. táblázat).

Végül megvizsgáltuk a termés mennyiség és a beltartalmi tulajdonságok kapcsolatát is fajtától függetlenül, melyet a 11. ábra szemléltet. Az ábrán jól látható összefüggés, hogy a termés mennyiségének növekedésével csökken az olaj, valamint nő a fehérjetartalom. A kapcsolat nem mondható szorosnak ($R^2=0,245$ és $R^2=0,2087$), így az összefüggés valószínűsíthetően csupán tendencia jellegű.



11. ábra Az (a) olajtartalom (%) és (b) fehérjetartalom (%), valamint a termés mennyisége (t/ha) közötti kapcsolat a vizsgálati időszakokban (2017, 2018, 2019), két szójafajta esetében (Sinara és Sigalia) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

1. táblázat Kétutas varianciaanalízis, a fajta és az évjárat hatása a termés mennyiségére, az ezermagtömegre, az olaj- és fehérjetartalomra (*Error* a csoporton belüli eltérés négyzetösszege, *Total* az alapadatok négyzetösszege, *Corrected Total* az alapadatok eltérésnégyzet-összege, *F* a próbastatisztika értéke)

	Négyzetösszeg	Szabadsági fok	Átlag	F	Szignifikancia
Termésmennyiség^a					
<i>Fajta</i>	51924,1	1	51924,1	32,7	0,000
<i>Évjárat</i>	17583,9	2	8791,9	5,5	0,011
<i>Fajta*Évjárat</i>	2145,2	2	1072,6	0,7	0,518
<i>Error</i>	38113,8	24	1588,1		
<i>Total</i>	4442877,8	30			
<i>Corrected Total</i>	109766,9	29			
Ezermagtömeg^b					
<i>Fajta</i>	116,7	1	116,7	0,6	0,429
<i>Évjárat</i>	6222,2	2	3111,1	17,3	0,000
<i>Fajta*Évjárat</i>	141,5	2	70,8	0,4	0,679
<i>Error</i>	4323,1	24	180,1		
<i>Total</i>	1304089,3	30			
<i>Corrected Total</i>	10803,5	29			
Olajtartalom^c					
<i>Fajta</i>	0,081	1	0,081	11,1	0,003
<i>Évjárat</i>	173,5	2	86,8	11825,1	0,000
<i>Fajta*Évjárat</i>	0,041	2	0,021	2,8	0,081
<i>Error</i>	0,176	24	0,007		
<i>Total</i>	12701,1	30			
<i>Corrected Total</i>	173,8	29			
Fehérjetartalom^d					
<i>Fajta</i>	0,012	1	0,012	0,264	0,612
<i>Évjárat</i>	426,8	2	213,4	4698,7	0,000
<i>Fajta*Évjárat</i>	0,072	2	0,036	0,793	0,464
<i>Error</i>	1,1	24	0,045		
<i>Total</i>	41261,5	30			
<i>Corrected Total</i>	427,9	29			

a. $R^2 = 0,653$ (Korrigált $R^2 = 0,580$)

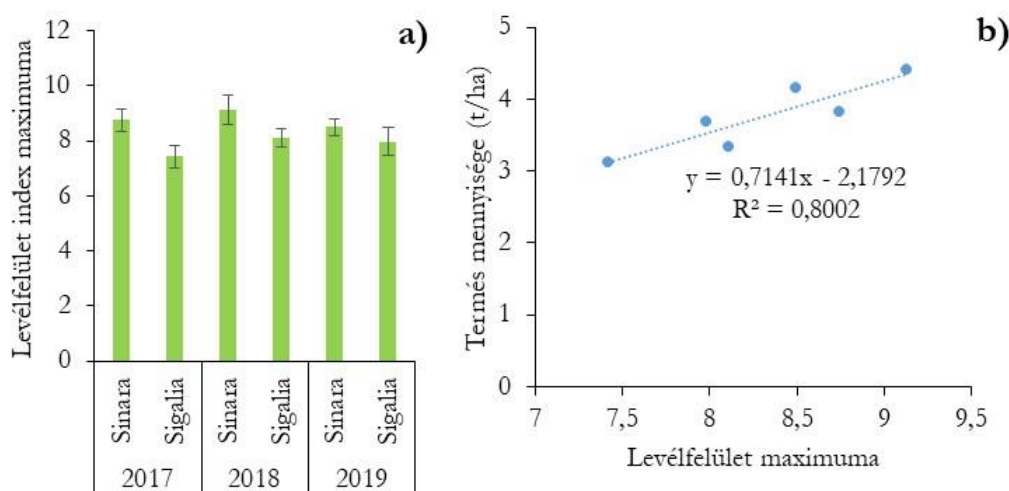
b. $R^2 = 0,600$ (Korrigált $R^2 = 0,516$)

c. $R^2 = 0,999$ (Korrigált $R^2 = 0,999$)

d. $R^2 = 0,997$ (Korrigált $R^2 = 0,997$)

4.3. A levélfelület alakulása a vizsgálati időszakokban és kapcsolata a termésmennyiséggel

A levélfelület maximuma tekintetében (12a ábra) a termésmennyiségnél megfigyeltékhez hasonlóan a Sinara teljesített jobban a Sigaliahoz képest (15,1 és 6,1 %-kal). A legnagyobb maximális levélfelületet a meleg és nedves 2018-as tenyészidőszakban ($9,1 \pm 0,5$ és $8,1 \pm 0,3$), a legalacsonyabbakat pedig Sinara esetében a mérsékelt nedves és mérsékelt száraz 2019-ben ($8,5 \pm 0,3$), Sigalia esetében a mérsékelt meleg és száraz 2017-ben ($7,4 \pm 0,4$) mértük. A varianciaanalízis alapján elmondható, hogy a fajtának ($p < 0,001$) és az évjáratnak szignifikáns ($p = 0,022$) hatása volt, a kereszthatás azonban nem volt szignifikáns ($p = 0,110$) (2. táblázat).



12. ábra A (a) levélfelület alakulása, valamint a levélfelület és a termés mennyiségének (t/ha) összefüggései a vizsgált tenyészidőszakokban (2017, 2018, 2019), két szójafajta esetében (Sinara és Sigalia) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

A 12b ábrán a termés mennyisége és a levélfelület maximuma közötti kapcsolatot vizsgáltuk, fajtától függetlenül. Jól látható, hogy a maximális levélfelület növekedésével a termésadatok is emelkedtek. A kapcsolat szorosnak mondható, az R^2 értéke 0,8002 volt. A levélfelület maximuma tehát jó mutatója lehet a termésmennyiségnek, így vizsgálata fontos lehet a termés előrejelzése szempontjából.

2. táblázat Kétutas varianciaanalízis, a fajta és az évjárat hatása a termés mennyiségére, az ezermagtömegre, az olaj- és fehérjetartalomra (*Error* a csoporton belüli eltérés négyzetösszege, *Total* az alapadatok négyzetösszege, *Corrected Total* az alapadatok eltérésnégyzet-összege, *F* a próbastatisztika értéke)

	Négyzetösszeg	Szabadsági fok	Átlag	F	Szignifikancia
Termésmennyiség^a					
<i>Fajta</i>	6,8	1	6,8	39,6	0,000
<i>Évjárat</i>	1,5	2	0,769	4,5	0,022
<i>Fajta*Évjárat</i>	0,835	2	0,418	2,4	0,110
<i>Error</i>	4,1	24	0,172		
<i>Total</i>	2086,8	30			
<i>Corrected Total</i>	13,3	29			

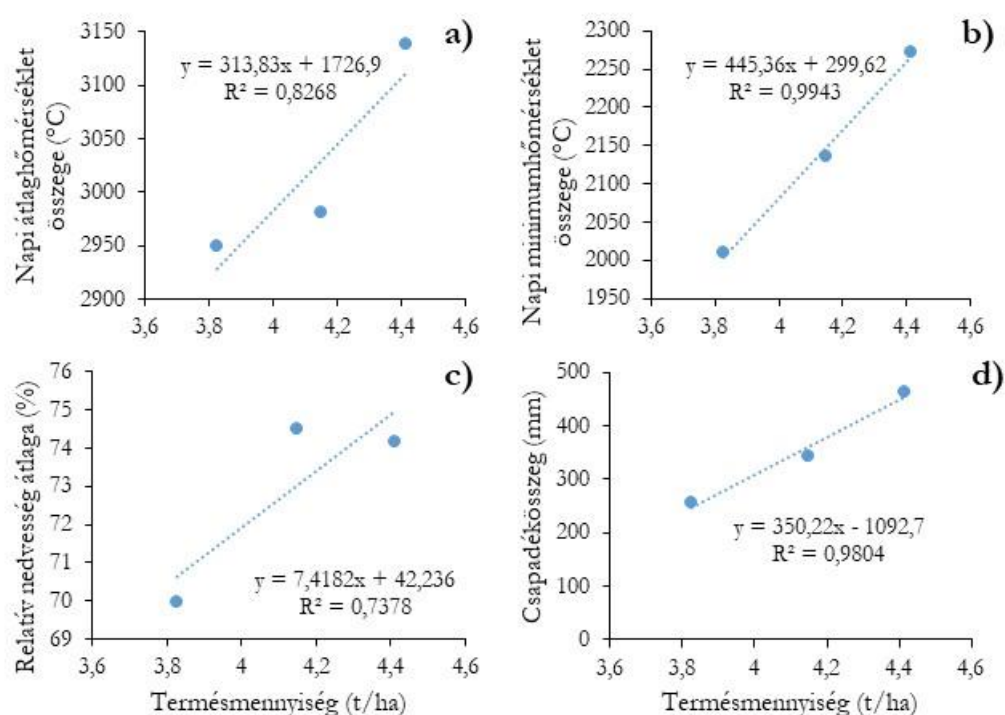
a. $R^2 = 0,690$ (Korrigált $R^2 = 0,626$)

4.4. A termésadatok és a meteorológiai elemek kapcsolata

A meteorológiai elemek és a szója fajták termésadatainak összefüggés-vizsgálatakor a tenyészidőszakra (április 15 – szeptember 15) vonatkozó napi átlaghőmérsékletek, valamint minimumhőmérsékletek összegét, a relatív légnedvesség átlagát, illetve a csapadékösszeget vontuk be az elemzésünkbe. A napi maximum hőmérsékletet az elemzésből végül kivettük, ugyanis nem találtunk szoros és egyértelmű kapcsolatot közte és a termés mennyiség-i és minőségi mutatói között. Mivel egy meteorológiai állomás adatait használtuk, így a vizsgálatba vont két szójafajtát külön-külön volt szükséges elemezni.

4.4.1. A termésadatok és meteorológiai elemek kapcsolata

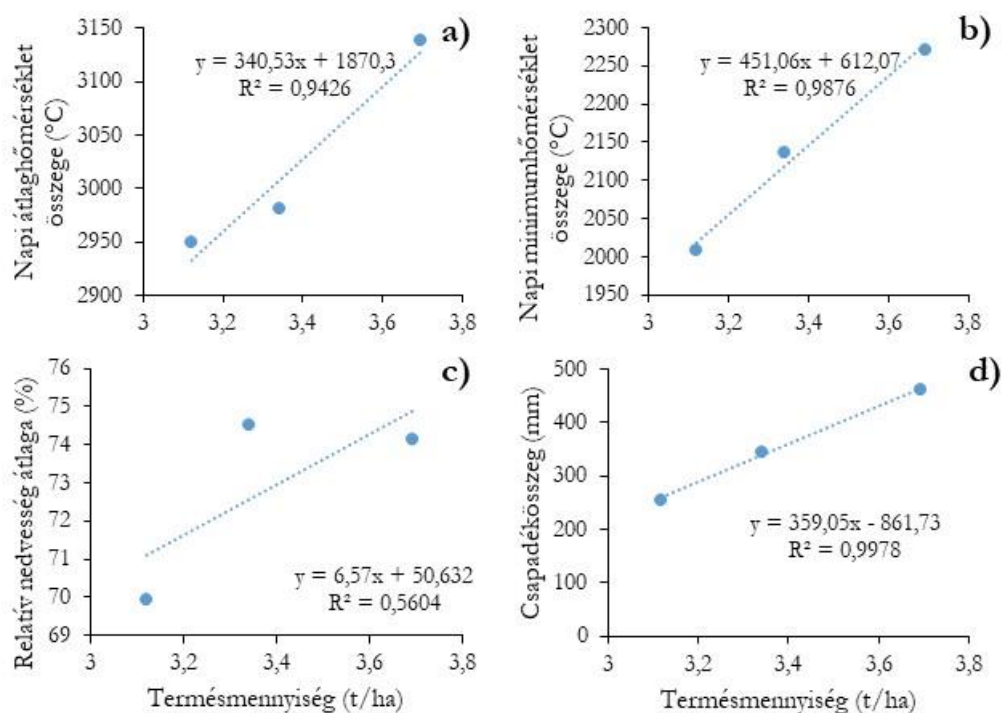
A Sinara és Sigalia szójafajták termésmennyiségének és a meteorológiai elemek kapcsolatát a 13-14. ábrákon mutatjuk be. A legszorosabb kapcsolatokat mindkét fajta esetében a csapadékösszeg ($R^2=0,9804 - 0,9978$) és a minimumhőmérséklet összege ($R^2=0,9876 - 0,9943$) esetében figyeltünk meg.



13. ábra A Sinara szójafajta termésmennyiségének (t/ha) és a különböző meteorológiai elemek kapcsolata (napi átlag- és minimumhőmérsékletek tenyészidőszaki összege, °C; relatív légnedvesség tenyészidőszaki átlaga, %; tenyészidőszakbeli csapadékösszeg, mm) a vizsgált tenyészidőszakokban (2017, 2018, 2019) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

Az átlaghőmérséklet összeg esetében némiképp gyengébb, de még mindig nagyon szoros kapcsolatot találtunk a termés mennyiségével, a két fajta termésadatai hasonló szorossággal voltak

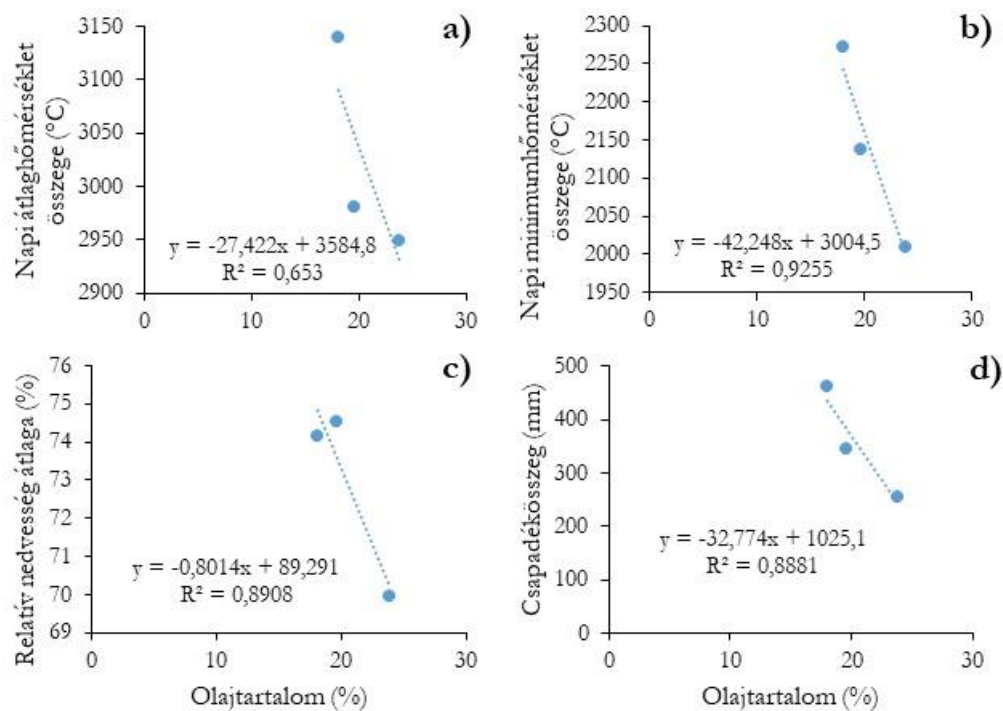
jellemezhetőek ($R^2=0,8268 - 0,94256$). A leggyengébb kapcsolatot a relatív nedvesség tekintetében találtunk, ahol a Sinara fajta esetében szorosabb kapcsolatot találtunk ($R^2=0,7378$) a Sigalia fajtához képest ($R^2=0,5604$). Összességében elmondható, hogy a hőmérsékleti összegek, valamint a relatív légnedvesség és a csapadékösszeg emelkedése a termésmennyiség emelkedésével járt az általunk vizsgált, három tenyészidőszakban.



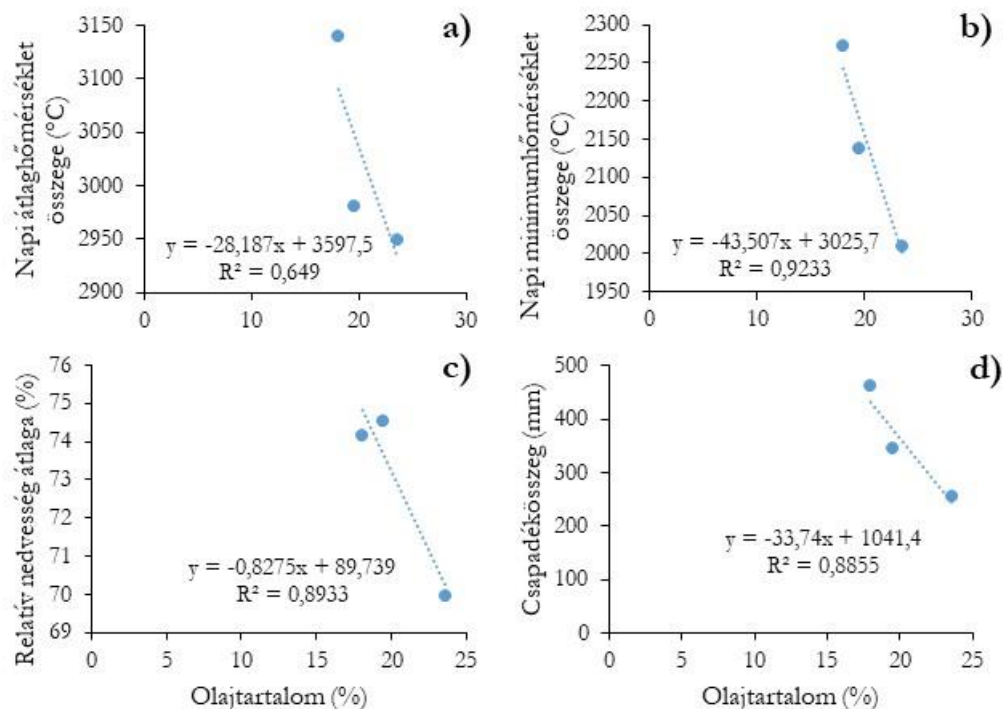
14. ábra A Sigalia szójafajta termésmennyiségének (t/ha) és a különböző meteorológiai elemek kapcsolata (napi átlag- és minimumhőmérsékletek tenyészidőszaki összege, °C; relatív légnedvesség tenyészidőszaki átlaga, %; tenyészidőszakbeli csapadékösszeg, mm) a vizsgált tenyészidőszakokban (2017, 2018, 2019) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

4.4.2. A termés olajtartalmának kapcsolata a meteorológiai elemekkel

A Sinara és Sigalia szójafajták olajtartalma és a meteorológiai elemek kapcsolatát a 15-16. ábrákon mutatjuk be. Mindkét fajta esetében egyértelműen látható, hogy míg a vizsgálatba vont meteorológiai elemek, a hőmérsékleti összegek, csapadék és légnedvesség emelkedésével termésmennyiség nő, addig az olajtartalmat ez negatívan befolyásolja. Mind a Sinara, mind a Sigalia fajta esetében elmondható, hogy az olajtartalom a minimumhőmérsékleti összeggel mutatta a legszorosabb kapcsolatot ($R^2=0,9255 - 0,9233$).



15. ábra A Sinara szójafajta olajtartalma (%) és a különböző meteorológiai elemek kapcsolata (napi átlag- és minimumhőmérsékletek tenyészidőszaki összege, °C; relatív légnedvesség tenyészidőszaki átlaga, %; tenyészidőszakbeli csapadékösszeg, mm) a vizsgált tenyészidőszakokban (2017, 2018, 2019) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

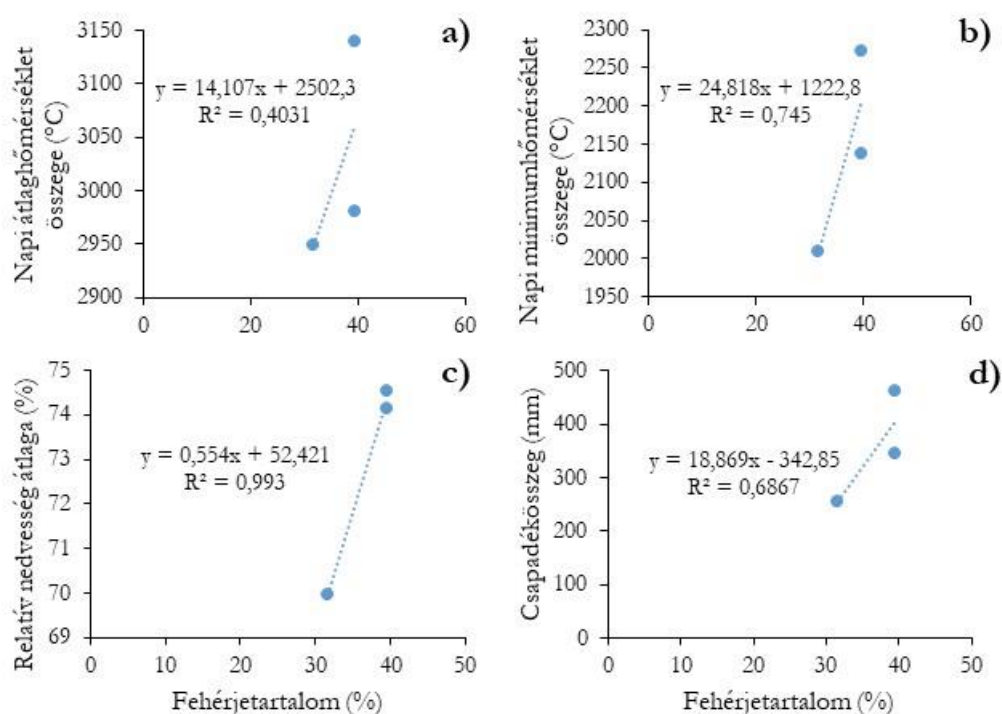


16. ábra A Sigalia szójafajta olajtartalma (%) és a különböző meteorológiai elemek kapcsolata (napi átlag- és minimumhőmérsékletek tenyészidőszaki összege, °C; relatív légnedvesség tenyészidőszaki átlaga, %; tenyészidőszakbeli csapadékösszeg, mm) a vizsgált tenyészidőszakokban (2017, 2018, 2019) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

Leggyengébb kapcsolat az olajtartalom és az átlaghőmérsékleti összeg esetében volt látható ($R^2=0,649 - 0,653$), azonban ez a kapcsolat nem tekinthető gyengének (15-16. ábrák). Fontos megjegyezni, hogy a relatív nedvesség kissé szorosabb kapcsolatot mutatott a termés olajtartalmával ($R^2=0,8908 - 0,8933$), mint a csapadékösszeg ($R^2=0,8855 - 0,8855$).

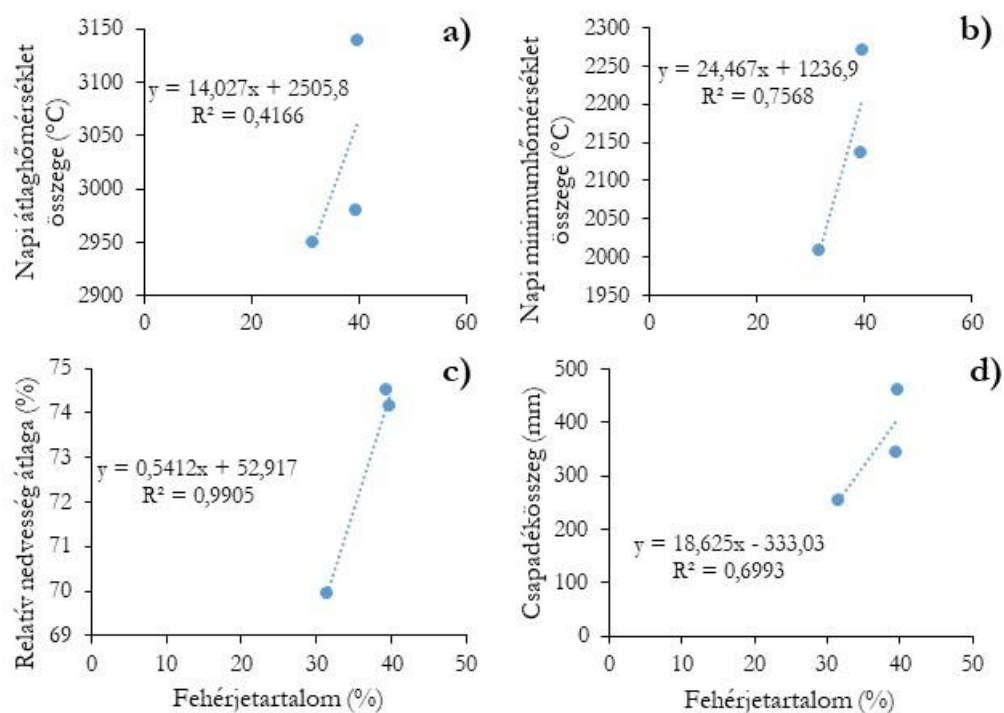
4.4.3. A termés fehérjetartalmának kapcsolata a meteorológiai elemekkel

A termés fehérjetartalmának kapcsolatát a különböző meteorológiai elemekkel a 17-18. ábrákon láthatjuk, fajtánként külön-külön. Míg az olajtartalom esetében negatív kapcsolatot láthattunk a meteorológiai elemek és olajtartalom között, addig a fehérjetartalomra ennek fordítottja igaz.



17. ábra A Sinara szójafajta fehérjetartalma (%) és a különböző meteorológiai elemek kapcsolata (napi átlag- és minimumhőmérsékletek tenyészidőszaki összege, °C; relatív légnedvesség tenyészidőszaki átlaga, %; tenyészidőszakbeli csapadékösszeg, mm) a vizsgált tenyészidőszakokban (2017, 2018, 2019) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

A vizsgálatba vont meteorológiai elemek, úgymint az átlag- és a minimum hőmérséklet, relatív nedvesség és a csapadék növekedésével a termés fehérjetartalma is nő – hasonlóan a termésadatoknál tapasztaltakhoz, bár a kapcsolat a fehérjetartalom esetében kevésbé szoros. A legszorosabb összefüggést a fehérjetartalom esetében légnedvességnél kaptunk ($R^2=0,9905 - 0,993$). Itt is megfigyelhető, hogy a minimumhőmérséklet összege ($R^2=0,7568 - 0,745$) szorosabb kapcsolatban van a fehérjetartalommal, mind a csapadékösszeg ($R^2=0,6867 - 0,6993$) és a napi átlaghőmérsékletek összege ($R^2=0,4031 - 0,4166$).



18. ábra A Sigalia szójafajta fehérjetartalma (%) és a különböző meteorológiai elemek kapcsolata (napi átlag- és minimumhőmérsékletek tenyészidőszaki összege, °C; relatív légnedvesség tenyészidőszaki átlaga, %; tenyészidőszakbeli csapadékösszeg, mm) a vizsgált tenyészidőszakokban (2017, 2018, 2019) Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson

4.5. Eredmények megvitatása

Számos publikáció található a szakirodalomban, mely kimondja, hogy a szója termelését a jövőben a szárazság korlátozhatja, mint a klímaváltozás egyik súlyos következménye. Szója esetében a növénynövekedés élettani folyamataihoz szükséges időjárási viszonyok pontos feltérképezésével a mai napig kevesen foglalkoznak (Kumar et al., 2017).

Phippen & Phippen (2012) Nyugat-Illinois Egyetem Mezőgazdasági Laboratóriuma Macomb közelében (40°27'38" É, 90°40'27" Ny) hozzánk hasonlóan két vizsgálati évben, 2009-ben és 2010-ben 4,4 t/ha 3,6 t/ha termésmennyiséget detektáltak, 166.9 és 141.7 g ezermagtömeggel. Vizsgálataikban mind az olaj-, mind a fehérjetartalom 19-20% körül mozgott. A kísérleti területükön a jelen vizsgálathoz képest nagyobb tenyészidőszakbeli csapadékösszegek mellett (641 és 969,6 mm) magasabb léghőmérsékleti viszonyok uralkodtak. Piper és Boote (1999) eredményei szerint a szója fehérjekoncentrációja magas hőmérséklet (>25 °C) hatására megnő. Dornbos & Mullen (1991) igazolta, hogy a szója magtelítődés időszakában bekövetkező vízhiány, valamint a magas léghőmérsékleti stressz nagymértékben csökkenti a hozamot. Montoya et al. (2017), valamint Lich et al., (2013) szerint a mérsékelt vízhiány vegetatív fázisban nem befolyásolta nagymértékben a szója termésmennyiségét. Foroud et al. (1993) tanulmányában leírta, hogy a szója a generatív fázisban a legérzékenyebb a vízhiányra, és ezt később Karam et al. (2005) tanulmánya is igazolta. Alhaj Hamoud et al. (2019) 40%-os termésveszteséget regisztráltak, amikor a magtelítődés időszakában szárazságstressznek volt kitéve az állomány, összehasonlítva más fenológiai fázisokkal. Wang & Frei (2011) és Sheteiwy et al. (2021) szintén leírták, hogy a megtelítődés alatti szárazságstressz elősegíti a nagyobb fehérjetartalom kialakulását a magokban, míg Nguyen et al. (2016) kimutatták, hogy az olajtartalom növekedése a termésben gátolt stressz esetén. Yang et al. (2009) kutatása szerint a maximális levélterület is jól tükrözi a környezeti feltételek hatásait.

Zhang et al. (2018) leírták, hogy a klímaváltozás által érintett területeken a terméshozamok változása várható. Amennyiben a víz rendelkezésre állása a jövőben csökken, a magas vízmegtartó képességgel rendelkező talajok előnyösebbek lehetnek a szójatermesztés szempontjából, hiszen ezek jobban csökkentik a szárazság hatását, miközben fenntartják a terméshozamot. Más területeken elérhető megoldás az öntözés. Azonban Kang et al. (2009) felhívta a figyelmet, ha nő az öntözött területek aránya, az élelmiszer- és a környezetminőség romlása következhet be.

5. Következtetések és javaslatok

A vizsgálataink alapján elmondható, hogy az általunk vizsgált meteorológiai adatok, úgymint a tenyészedőszakra jellemző napi átlagos léghőmérséklet, annak összege, napi minimumhőmérséklet, illetve annak összege, a napi maximum hőmérséklet, napi relatív légnedvesség, valamint a csapadékösszeg szoros kapcsolatban állak a szója termésmennyiségével és a termés beltartalmi mutatóival. Alapvető agroökológiai feltételek vizsgálatán túl – amelyek meghatározzák a szója bizonyos területen történő termesztésének feltételeit –, ezen változók figyelembevételével, akár több évre visszamenőleg becsülhető lehet a területen elérhető termésmennyiség- és minőség. Ehhez azonban hozzá tartozik az is, hogy a meteorológiai elemeken túl számos más tényező is hat a szója termesztetőségére, úgymint a talaj tulajdonságai, annak tápanyagellátottsága és az agrotechnika.

Természetesen 3 tenyészedőszak eredményeiből nem lehet messzemenő következtetéseket levonni, érdemes lenne további évek adatait is a vizsgálatba vonni, illetve a jövőben kifejezetten erre a területre irányultan vizsgálni a szója terméselemeinek viselkedését a meteorológiai változók függvényében. Továbbá érdekes lehet, hogy a klímaváltozás okozta, folyamatosan változó időjárás hogyan hat a szója termesztetőségére, a termés mennyiségi- és minőségi mutatóira.

A gyakorlatban gazdálkodók számára értékes adat lehet, hogy a termés mennyisége és fehérjetartalma növelhető, ha a szójaállományokat öntözzük, ezt igaz, csak a 3 tenyészedőszakban és két szójafajta esetében, de számszerűsítettük.

6. Összefoglalás

Vizsgálatainkban három tenyészidőszakban (2017, 2018, 2019) vizsgáltuk két szójafajta (Sinara és Sigalia) terméslelmeinek alakulását kisparcellás kísérletben. A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem keszthelyi Georgikon Campusának Agrometeorológiai Kutatóállomásán állítottuk be. A meteorológiai adatokat (napi átlag-, minimum- és maximum hőmérséklet, a relatív légnedvesség, valamint a csapadékmennyiség) a Kutatóállomáson elhelyezett QLC-50 típusú automata mérőállomás mérései alapján gyűjtöttük, melyeket a <https://odp.met.hu> honlapról töltöttünk le. A tenyészidőszakok során (április – szeptember) a maximális levélfelületet határoztuk meg, betakarításkor a termés mennyiségét, ezermagtömeget, olaj-, valamint fehérjetartalmat, 5-5 ismétlésben.

A meteorológiai adatok elemzése alapján a 2017-es tenyészidőszak mérsékeltlen meleg és száraz (csapadék 254 mm), a 2018-as év meleg és nedves (462,2 mm csapadék), 2019 pedig mérsékeltlen meleg és mérsékeltlen nedves volt (343,9 mm csapadék), mely tükröződött a termés alakulásában. A legnagyobb termésmennyiséget 2018-ban detektáltuk, összességében a Sinara fajta jobban teljesített a Sigaliához képest. Ezermagtömeg tekintetében 2017-ban és 2018-ban a Sigalia, 2019-ben a Sinara hozott magasabb értékeket. Az olaj, valamint fehérjetartalom egymással ellentétesen mozogtak: a meleg és száraz 2017-ben magasabb olaj-, alacsonyabb fehérjetartalom, míg 2018-ban és 2019-ben alacsonyabb olaj- és magasabb fehérjetartalom volt a jellemző. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a termésmennyiség növekedésével csökken az olaj, valamint nő a fehérjetartalom. A maximális levélfelület a meleg és nedves 2018-ban volt a legmagasabb, a fajták közül minden évben a Sinara fajtának voltak magasabbak ezen értékei. A varianciaanalízis alapján a fajta hatását a termésmennyiség, az olajtartalom és maximális levélfelület esetén tudtuk kimutatni. Az évjárat hatását azonban minden vizsgált növényi és termés változó esetében igazoltuk. Mindemellett a kereszthatás egyik esetben sem volt szignifikáns.

Eredményeink alapján a maximális levélfelület szoros kapcsolatban áll a termés mennyiségével ($R^2=0,8002$), ez alapján elmondható, hogy a levélfelület alakulása jól előre jelezheti a várható termés mennyiségét.

A meteorológiai változók és az egyes terméslelmelek kapcsolatának vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a termés mennyisége a napi minimumhőmérséklet tenyészidőszaki összegével, valamint a csapadékmennyiséggel volt a legszorosabb kapcsolatban, míg a relatív légnedvességgel volt a leglazább a kapcsolat. Olajtartalom esetében szintén a minimumhőmérséklettel való kapcsolat volt a legerősebb, valamint az átlaghőmérséklet összeggel és a relatív nedvességgel a kapcsolat kissé erősebb volt, mint a csapadékkal. Ezen meteorológiai változók növekedésével az olajtartalom

fordítottan arányos. A fehérjetartalom és meteorológiai változók vizsgálatakor, az előző két terméstulajdonságtól eltérően nagyon erős kapcsolatot találtunk a relatív nedvességgel ($R^2 < 0,9$), a minimumhőmérséklet összege és a csapadék R^2 értékei pedig viszonylag alacsonyak voltak ($R^2 = 0,6-0,7$). Eredményeink, bár csak 3 évet vontunk vizsgálatainkban, jól mutatják, hogy a szója növény rendkívül érzékeny a meteorológiai változók alakulására. Ezen kísérletsorozatot érdemes lenne a jövőben folytatni, hogy több adat álljon rendelkezésre, melyet a statisztikai értékelésekkor fel lehet használni.

7. Irodalomjegyzék

1. Alhaj Hamoud, Y., Shaghaleh, H., Sheteiwy, M.S., Guo, X., Elshaikh, N.A., Khan, N. et al. (2019): Impact of alternative wetting and soil drying and soil clay content on the morphological and physiological traits of rice roots and their relationships to yield and nutrient use-efficiency. *Agricultural Water Management*, 223, 105706.
2. Antal J. (2005): *Növénytermesztés tan 2. Mezőgazda Kiadó*, pp. 135-150.
3. Izsáki, Z., Kismányoky, T., Pepó, P., Késmárki, I. (2005): *Növénytermesztés tan 2. Mezőgazda Kiadó, Budapest*.
4. Bartholy J., Pongrácz R., Torma Cs. (2010): A Kárpát-medencében 2021-2050-re várható regionális éghajlatváltozás RegCM-szimulációk alapján. *Klíma-21 Füzetek*, 60, 3-13.
5. Berke J., Hegedűs Gy. Cs., Kelemen D., Szabó J. (1996): *Digitális Képfeldolgozás és alkalmazásai. Pictron Kft. pp. 81-84.*
6. Dornbos, D.L., Mullen, R.E. (1991): Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth rate. *Can. J. Plant Sci.*, 71, 373–383.
7. El Kenawy A.M, Lopez-Moreno J.I., McCabe M.F., Robaa S.M., Domínguez-Castro F., Peña-Gallardo M., Trigo R.M., Hereher M.E (2019): Daily temperature extremes over Egypt: Spatial patterns, temporal trends, and driving forces. *Atmos. Res.*, 226, 219–239.
8. Foroud N., Mundel H.H., Saindon G., Entz T. (1993): Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield components. *Irrigation Science*, 13, 149–155.
9. Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., Lo, K. (2010): Global surface temperature change. *Rev. Geophys.*, 48, RG4004.
10. IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32.
11. Ivány, K., Kismányoky, T., Ragasits, I. (1994): *Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest*
12. Kang Y., Khan S., Ma X. (2009): Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review. *Progress in Natural Science*, 19(12), 1665-1674.

13. Karam F., Maasad R., Sfeir T., Mounzer O., Rouphael Y. (2005): Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, 75, 226–244.
14. Kjellström, E., Nikulin, G., Strandberg, G., Christensen, O.B., Jacob, J., Keuler, K., Lenderink, L., van Meijgaard, E., Schär, C., Somot, S., Sørland, S.L., Teichmann, C., Vautard, R. (2018): European climate change at global mean temperature increases of 1.5 and 2 °C above pre-industrial conditions as simulated by the EURO-CORDEX regional climate models. *Earth Syst. Dynam.*, 9, 459–478.
15. Kumar M., Govindasamy V., Rane J., Singh A.K., Choudhary R.L., Raina S.K., George P., Aher L.K., Singh N.P. (2017): Canopy temperature depression (CTD) and canopy greenness associated with variation in seed yield of soybean genotypes grown in semi-arid environment. *South African Journal of Botany*, 113, 230–238.
16. Li, L., Yao, N., Li, Y., Liu, D.L., Wang, B., Ayantobo, O.O. (2019): Future projections of extreme temperature events in different sub-regions of China. *Atmos. Res.*, 217, 150–164.
17. Lich M.A., Wright D., Lenssen, A.W. (2013): Soybean Response to Drought, Agriculture. Iowa State University Extension and Outreach, Ames, Iowa (USA).
18. Montoya F., García C., Pintos F., Otero A. (2017): Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 193, 30-45.
19. Nguyen, Q.T., Kisialab, A., Andreas, P., Emery, R.J.N., Narine, S. (2016): Soybean seed development: fatty acid and phytohormone metabolism and their interactions. *Current Genomics*, 17, 241–260.
20. Pepó, P. (2022): Integrált növénytermesztés. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 135-142.
21. Phippen, W.B., Phippen, M.E. (2012): Soybean seed yield and quality as a response to field pennycress residue. *Crop Science*, 52(6), 2767-2773.
22. Piper, E.L., Boote, K.J. (1999). Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentrations. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 76, 1233–1241.
23. Radics, L. (1994): Szántóföldi növénytermesztéstan. Szója. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kertészeti Kar, Budapest.
24. Sheteiwy, M.S., Abd Elgawad, H., Xiong, Y.C., Macovei, A., Brestic, M., Skalicky, M., Shaghaleh, H., Alhaj Hamoud, Y., El-Sawah, A.M. (2021): Inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* and mycorrhiza confers tolerance to drought stress and improve seed yield and quality of soybean plant. *Physiologia Plantarum*, 172(4), 2153-2169.

25. Soós G. (2010): Digitális képfeldolgozás alapú alkalmazás fejlesztése mezőgazdasági kísérletek értékeléséhez, Szakdolgozat, Gábor Dénes Főiskola
26. Wang, Y., Frei, M. (2011): Stressed food – the impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141, 271–286.
27. Yang Y., Timlin D.J., Fleisher D.H., Kim S.H., Quebedeaux B., Reddy V.R. (2009): Simulating leaf area of corn plants at contrasting water status. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149, 1161–1167.
28. Zhang B., Feng G., Ahuja L.R., Kong X., Ouyang Y., Adeli A., Jenkins J.N. (2018): Soybean crop-water production functions in a humid region across years and soils determined with APEX model. *Agricultural Water Management*, 204, 180-191.

8. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom konzulensemnek, Dr. Simon-Gáspár Brigittának, a Növénytermesztéstudományok Intézet Agronómia Tanszék egyetemi adjunktusának, aki tanácsaival, útmutatásával nagymértékben hozzájárult szakdolgozatom elkészüléséhez.

Köszönettel tartozom családomnak, akik tanulmányaim során végig támogattak, és a tőlük telhető legjobb módon segítették a dolgozatom elkészítését.

Továbbá köszönettel tartozom az Agronómia Tanszék munkatársainak, köztük Dr. Anda Angéla professzor asszonynak, Simon Szabina és Soós Gábor tanársegédnek, akik tevőlegesen is hozzájárultak a kísérlet tervezéséhez és megvalósításához. További köszönettel tartozom hallgató társaimnak is, akikkel közösen végeztünk számos mérési feladatot, adatfeldolgozást.

Külön köszönet Dr. Lepossa Anitának és Halász Adriennek a NIR készülék rendelkezésre bocsájtását, valamint a mérésekben való segítségnyújtást.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Orosz Bence
A Hallgató Neptun kódja: B90AN3
A dolgozat címe: Termés adatok és meteorológiai elemek kapcsolata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Agronómia Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant 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 tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: Keszthely, 2023. május 7.



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

A Orosz Bence (hallgató Neptun azonosítója: B90AN3) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

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

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Keszthely, 2023. május 8.



Belső konzulens