

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Különböző meszező anyagok hatása a szója termesztésére

Belső konzulens: dr. Gulyás Miklós egyetemi
docens

Intézetvezető: Csákiné Prof. Dr. Michéli
Erika egyetemi tanár, intézetigazgató,
tanszékvezető

Készítette: Vajkovics Balázs
DISD23

Talajtani szakmérnöki képzés
képzés típusa: levelező

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1.Bevezetés	4
2. Szakirodalmi áttekintés.....	6
2.1. A talaj fogalma	6
2.2. A talaj alkotóelemei.....	7
2.2.1. A talaj ásványi alkotórészei.....	7
2.2.2. A talaj szerves anyagai	8
2.3. A talaj fizikai tulajdonságai.....	9
2.3.1. Szemcseösszetétel (fizikai talajféleség).....	9
2.3.2. Talaj szerkezet	10
2.3.3. Porozitás viszonyok.....	10
2.4. A talaj kémiai tulajdonságai	10
2.5. Talajtermékenység, növényi tápanyagok a talajban	12
2.5.1. Nitrogén.....	13
2.5.2. Foszfor a talajban.....	14
2.5.3. Kálium a talajban.....	16
2.5.4. Kén a talajban	18
2.5.5. Kalcium a talajban	18
2.6. A trágyázás hatása a talajokra	19
2.7. Talajjavítás módszerei	22
2.7.1. Fizikai talajjavítás.....	22
2.7.2. Kémiai talajjavítás	23
2.7.3. Biológiai talajjavítás	24
2.7.4. Savanyú, nem szikes talajok javítása.....	24
2.7.5. Javítóanyagok és a javításhoz szükséges anyagok kiszámítása.....	25
2.7.6. A meszezés hatása	25
2.8. Általános tudnivalók a szójáról	27
3. Anyag és módszer.....	30
3.1. Kutatási célok, kutatási kérdések és hipotézisek	30
3.2. A vizsgálat helyszíne és körülményei	31
3.3. Kutatás módszerek és a minta bemutatása	35
3.3.1. Talajmintavétel ideje, helye, eszköze	35
3.3.2. Talajvizsgálati módszerek ismertetése	36

3.3.3. Szója gümőszám vizsgálat.....	42
3.3.4. Terméseredmény vizsgálata	45
3.4. Eredmények	46
3.4.1. Talajvizsgálati eredmények vetés előtt és betakarítást követően	46
3.4.2. A talaj kémhatása, hidrolitos aciditás vetés előtt és betakarítást követően	47
3.4.3. Karbonát tartalom és szükséglet meghatározása	49
3.4.4. A talaj puffer rendszerének vizsgálata.....	52
3.4.5. Szója gyökérgümő szám.....	56
3.4.6. A talajjavító anyagok terméseredményre gyakorolt hatása.....	56
4. Következtetések, javaslatok.....	58
5. Összefoglalás.....	62
Irodalomjegyzék	65
Ábrajegyzék.....	72
Táblázatjegyzék.....	73

1.Bevezetés

A föld teljes területének 3,2%-a, ezen belül a szárazföldi területeknek mindössze a 11%-nyi része alkalmas művelésre, anélkül, hogy figyelembe vennék az aszály a termőréteg vastagsága, túlzott mennyiségű csapadék és más korlátozó tényezőt (VÁRALLYAY, 2002).

A rendelkezésre álló szántóterületek jelentős részén nincsenek meg a szántóföldi termesztés optimális feltételei. Az alkalmazott növénytermesztési technológiák esetében nagy figyelmet kell fordítani a környezet védelmére, a gazdaságos és fenntartható termelés feltételrendszerének biztosítására mindamelllett, hogy minőségi élelmiszert és takarmányt állítsanak elő és ökológiailag is életképesek (PEPÓ, 2019).

A mezőgazdaság legfontosabb termelőeszköze a talaj. Jelentősége sokrétű rendeltetésében rejlik. Egyrészt alapvető közege a primer növényi biomassza termelésnek, másrészt elsődleges tápanyagforrása a bioszférának. Kiemelkedő tulajdonsága a termékenység, mely meghatározza, hogy milyen mennyiségben és időben tud felvehető tápanyagot, vizet és levegőt biztosítani a növények számára. Képes arra, hogy a növények és mikroorganizmusok talajökológiai igényeit kielégítse. Mindezek biztosításához alapvető feltétel, hogy képes legyen a hő, a víz és növényi tápanyagok raktározására és azok esetleges visszapótlása nélkül is (pl. aszály, tápanyag utánpótlás hiánya) rendelkezésre tudja bocsájtani a növények számára (VÁRALLYAY, 2004).

A talaj alkotórészeinek mintegy 95%-a ásványi anyag. A talaj összetétele, fizikai és kémiai tulajdonságai hatással vannak a talaj fizikai és kémiai viselkedésére, a tápanyag- és vízgazdálkodására és jelentős hatást gyakorolnak a talaj élővilágára is. Csoportosításuk a talajban ellátott szerepük alapján történik. Talajtani szempontból a legjelentősebbek a kloridok, szulfidok, szulfátok, nitrátok, foszfátok, borátok, karbonátok, oxidok, hidroxidok, szilikátok (STEFANOVITS, 2010).

A talajok termékenysége azonban viszonylagos fogalom. A termékenység fenntartása, illetve fokozása az egyes mezőgazdasági technológiák, termelési technikák függvényében változhat (VIETS, 1977).

Vizsgálatomat Pecöl településen végeztem, mely Vas vármegyében a Sárvári járásban helyezkedik el. A vállalkozás, melynél a kísérletemet beállíthattam a Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezet, mely elsősorban növénytermesztéssel foglalkozik a települést övező szántóföldi területeken.

A szövetkezet biztosította a vizsgálathoz szükséges anyagokat, eszközöket. A talajmintákat is az ő tulajdonukban lévő parcellákból vettem, 2023-ban vetés előtt és betakarítást követően.

A mintavétellel pontosabb képet szerettem volna kapni az adott parcellák talajtani tulajdonságairól, mely eredmények alapján meghatározható a további talajkezelési eljárások menete, a tápanyag utánpótlás mértéke, talajjavítás szükségessége. A talajtani ismeretek alapján meghatározható az adott területre mely kultúrákat célszerű vetni.

Kutatásom alapvető célja a felhasznált talajjavító készítmények növényekre gyakorolt biológiai hatásának vizsgálata, a talajban és a növényeken bekövetkezett változások megállapítása és ellenőrzése.

Kísérletemmel az volt a célom, hogy egy átfogó felmérést készítssek a terület tápanyag-ellátottságáról, a talaj minőségéről. Összehasonlítsam a kijuttatott talajjavító anyagok hatását a talajra és a szója termésmennyiségére.

A talajminták alapján meghatároztam az egyes parcellák talajnedvesség tartalmát, a talajok Aranyféle kötöttségi számát, a kémhatását, Hidrolitos aciditás értékét, nitrát tartalmát, AL oldható foszfor és kálium tartalmát, humusz % értékét és a nitrát feltáródást.

Egyszóval cél volt, hogy lássuk, milyen állapotban vannak a talajok. A kapott eredmények tükrében lehet meghatározni rövid és hosszú távon a terület talajainak tápanyag visszapótlását, szerves anyag pótlásának, meszezésének szükségességét és a művelési módok megválasztását.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A talaj fogalma

A földkéreg legkülső szilárd burkát nevezzük talajnak. Meghatározó tulajdonsága a termékenység. Termőhelyet szolgáltat a növényeknek, melyeket optimális időben és szükséges mennyiségben lát el vízzel és tápanyagokkal. Ezáltal hozzájárul az elsődleges biomassa megtermeléséhez. A talaj a természeti környezet alapelemeként az anyagok biológiai körforgását biztosítja. A földfelszínre jutó energia- és anyagáramlásokat felveszi, tárolja és részben át is alakítja őket. Amennyiben az anyagok körforgása zavartalanul folyik, akkor a termőföld, mint természeti erőforrás, az élővilággal szoros kölcsönhatásban megújul. Az anyagforgalomban fellépő zavar, vagy a talaj megsemmisülése oda vezet, hogy a talaj, mint erőforrás már nem újítható meg (STEFANOVITS, 2010).

A talaj termelőeszközként a termékenységgel ad alapot a növénytermesztésnek. Alapja azoknak a tevékenységeknek, melyek a nagyobb termés elérésére törekednek. Ezek közé tartozik a talajművelés, trágyázás, a tápanyag utánpótlás, öntözés, vegyszeres gyomirtás. Hatásukat csak a talaj aktív közreműködésével tudják elérni. Általuk a talaj is változáson megy keresztül, mely lehet kedvező, vagy kedvezőtlen, illetve ideiglenes, vagy tartós (STEFANOVITS, 1992).

A talaj fogalma nem csak a területi kiterjedést foglalja magába, hanem ide tartoznak mélységi sajátosságai is. A talaj része a felszín és a talajképző kőzet közötti rész, mely kapcsolatban van a rajta növő növénytakaróval. Ha talajról beszélünk, mindig egy talajszelvényt veszünk figyelembe, melynek vizsgálatakor a rétegződését, az egyes rétegek tulajdonságait is megfigyeljük. A talajszelvényt elemzésekor fűrt, vagy ásott szelvény, illetve természetes feltárásban tanulmányozhatjuk (STEFANOVITS, 2010).

A talajművelés hosszú távú feladata, hogy védje a talaj felszínét, szerkezetét, kedvezően befolyásolja a nedvesség és levegő forgalmát és a biológiai tevékenységét. Ezek jellemzik összességében a talaj fizikai és biológiai erőnlétét, kultúrállapotát (SCHMIDT, 2011).

2.2. A talaj alkotóelemei

2.2.1. A talaj ásványi alkotórészei

A talaj alkotórészeinek mintegy 95%-a ásványi anyag, mely az egyes talajok ásványi részeinek jelentőségét bizonyítja. Összetételükben, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaiban jelentős eltéréseket mutatnak. Ezek a sajátosságok hatással vannak a talaj kémiai és fizikai viselkedésére, a tápanyag- és vízgazdálkodására és jelentős hatást gyakorolnak a talaj élővilágára is. A természetben előforduló ásványoknak csak egy részét képezik a talajban előforduló ásványok. Csoportosításuk a talajban ellátott szerepük alapján történik. Talajtani szempontból a legjelentősebbek a kloridok, szulfidok, szulfátok, nitrátok, foszfátok, borátok, karbonátok, oxidok, hidroxidok, szilikátok (STEFANOVITS, 2010).

A kloridok közül a kálisó telepek alapanyagában előforduló szilvin (KCl) a talajba káliumtrágyaként kerül. A szulfátokkal elsősorban a gipsz ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) formájában találkozunk, melyet Magyarországon, Perkupán bányásznak és szennyezett talajjavításra használják. A nitrátok a talaj szerves anyag bomlásának következtében és a só felhalmozódással összekapcsolódva a só kivirágzásokban jelennek meg (STEFANOVITS, 1992; STEFANOVITS, 2010).

Az oxidok, oxidhidrátok, vagy hidroxidok csoportjába tartozó ásványok közül a talajban sok, gyakran és általában nagy mennyiségben fordul elő. Az alumínium, a vas, a mangán, a titán, a szilícium oxidjai és oxidhidrátjai tartoznak ebbe a csoportba. Széles skálát alkotnak a vas oxidjai és oxidhidrátjai, mivel az egyes ásványok a víztartalom mellett, a kristálytani felépítésben és a vas vegyértéke szerint is különböznek (STEFANOVITS, 2010).

Az szilikát ásványoknak a földkéreg felépítésében meghatározó szerepe van, mintegy 75%-át alkotják. Az összes ásványfajta csaknem 1/3-át a szilikátok osztályába soroljuk. A szilikátok SiO_4 tetraéder vázból épülnek fel. A szerkezet alapja komplex, $[\text{SiO}_4]^{4-}$ csoport melyek központi kationja kovalens és ionos kapcsolódással kötik magukhoz az oxigének (KOCH-SZTRÓKAY, 1967).

A rétegszilikátok csoportjába tartozó agyagásványok a talajokba nagy számban fordulnak elő. Keletkezésük alapján egy részük a kőzetekből visszamaradt agyagos üledék, márga, pala anyagából keletkezik, míg más részük az elsődleges ásványok mállása folyamán jön létre. Az agyagásványok talajra jellemző ásványok, mivel a mállás és a talajképződés elválaszthatatlan (STEFANOVITS, 2010).

2.2.2. A talaj szerves anyagai

A talaj összes tömegének a szerves komponensek a 2-5%-át teszik ki. Alapvető fontossággal bírnak a kémiai reakciók szempontjából. A talaj fizikai és kémiai tulajdonságait még ásványi talajokban is jelentős mértékben befolyásolják a szerves anyagok. A legegyszerűbb csoportosítás szerint beszélhetünk huminanyagokról és nem huminanyagokról, azaz élő- és holt szerves anyagokról. Az élő szerves anyag a talajban előforduló élő makro- és mikroszervezetek testének anyaga. A holt szerves anyagok egyfelől a talajon élő növénytakaró maradványainak valamelyest lebomlott anyagából állnak, másfelől olyan szerves anyagok, amik a mikrobiológiai bontás útján alakultak át, illetve újra képződtek. Ebből láthatjuk, hogy a humusz alkotja a talaj szerves anyagát, mely nem egységes. Számos különböző kémiai összetételű és fizikai tulajdonságú szerves anyag keveréke. A nem huminanyagok, mint a szénhidrátok, aminosavak, fehérjék, viaszok és zsírok, kis molekulatömegű szerves savak, viszonylag rövid élettartalmúak, mivel a talaj mikroorganizmusai rövid idő alatt mineralizálják őket. A huminanyagok komplex struktúrák (STEFANOVITS, 1992; PAPP – ROLF, 2005).

A talaj nitrogénkészletéhez, a benne előforduló 32 féle aminovegyület a nitrogén tartalmával szorosan hozzájárul. A szerves anyagok talajban végbemenő mineralizációjának fontos köztes termékei. Jelentősen befolyásolják annak ioncsere-kapacitását, vízfelvételét, illetve a fémmegkötő képességét is. A huminanyagok lúgos oldhatóságuk figyelembevételével három frakcióra választhatók szét, oldhatatlan humin, illetve oldható extraktum részre, mely tovább bontható csapadék huminsav és oldott komponensek, fulvosav szegmensre (CSATHÓ, 1994).

A humuszanyagok annak ellenére, hogy viszonylag kis mennyiségben vannak jelen a talajban alapvető szerepük van a talajszerkezet kialakításában, a talaj tápanyag gazdálkodásában és a hő- és vízgazdálkodás szabályozásában. A humusz egy stabil, porózus szerkezet kialakításával előnyösebbé teszi a talaj vízgazdálkodását, mérsékli a tömörödési hajlamot és visszafogja a felület elporosodását. A humusz tápanyagforrásként elsősorban nitrogén készletek fenntartásában jelentős. A tápanyag megőrző szerepének jelentőségét az adja, hogy a nagyfokú abszorbeáló képessége folytán képes megkötni a különféle tápanyagokat, mint többek között a kalcium, foszfor, magnézium, kén, réz, cink (FÜLEKY – FILEP, 2010).

A humuszanyagok vízfelvételét összehasonlítva az agyagásványok vízmegkötő képességével azt látjuk, hogy többszörösen meghaladja azt. Ezáltal a talaj humusztartalma a

vízmegekötő képességet nem csak közvetve, hanem közvetlenül is jelentősen befolyásolja. Azáltal, hogy a humuszban gazdag talajok sötétebb színűek befolyással lehetnek a talajok hő gazdálkodására is. Mivel jobban elnyelik a nap sugarait, hozzájárulnak a talaj felmelegedéséhez. Viszont ezzel ellentétben, hogy a nagy szerves anyag tartalmú talajok hő kisugárzása gyors. Így fordulhat elő, hogy a láptalajok esetében nagyobb veszélyt jelent az átfagyás, mint az ásványi talajoknál. Jellemző még, hogy a szerves anyagban gazdag talajok, mivel a víztartó képességük nagyobb, a víz a nagy hő kapacitása révén jelentősen csökkenti a hőmérséklet ingadozását (FÜLEKY – FILEP, 2010).

2.3. A talaj fizikai tulajdonságai

A talaj térben és időben váltakozó, három, illetve négyfázisú polidiszperz rendszer. Mind horizontálisan (pl. foltosság), mind vertikálisan (pl. rétegzettség) változatos megjelenésű. Adott tulajdonságai eltérő sebességgel és mértékben változnak időben. A szilárd, a folyékony és a gáz halmazállapotú fázis, illetve a biológiai fázis állandó, dinamikus kölcsönhatásban van egymással, ez által befolyásolva a talajfolyamatokat. A polidiszperzitása abban mutatkozik meg, hogy eltérő kémiai és ásványi összetételű, más méretű, alakú és térbeli elrendezéssel bíró részecskék halmaza. Mindez lehetővé teszi, hogy egy időben jelen lehessen a víz, a levegő és a felvehető formában lévő tápanyagok, melyek így biztosítják a talaj élővilágának, a természetes növénytakarónak és a termesztett növénykultúráknak a talajökológiai feltételeket (VÁRALLYAY, 2002).

A talaj három alapvető fizikai tulajdonsága a szemcseösszetétele, a szerkezete és a porozitás viszonyai (VÁRALLYAY, 2002).

2.3.1. Szemcseösszetétel (fizikai talajféleség)

A talajt alkotó elemi szemcsék alapvető jellemzői a méret szerinti megoszlásuk, az alakjuk, a térbeli elhelyezkedésük az ásványtani és kémiai összetételük és. Az elemi szemcsék mérete lényeges hatással van a fajlagos felület nagyságára. Meghatározója a talaj szilárd és folyékony fázisa közti kölcsönhatásoknak, a víz, az elemek és anyagok megkötésének, felszabadításának, adszorpció és deszorpció folyamatainak. A fajlagos felület másik meghatározója a szemcsék alakja, mely többnyire különböző vastagságú lemez. A gyakorlatban elsősorban nem a különböző méretű elemi részecskék pontos arányára van szükség, hanem a talaj fizikai féleségének a meghatározására. Ez a

gyakorlatban jól használható jellemző, a talaj szerves és ásványi alkotórészeinek méret szerinti, arányát fejezi ki (VÁRALLYAY, 2002).

2.3.2. Talaj szerkezet

A talaj szilárd fázisát alkotó ásványi részecskék a rájuk ható különböző erők és folyamatok következtében kisebb-nagyobb halmazokká, agregátumokká tapadnak össze. Ez adja az egyes talajok jellegzetes talajstruktúráját. 0,002 mm-nél nagyobb szemcsék a szerkezeti egységek vázát alkotják, míg a kisebbek, a szerves és ásványi kolloidok a vázrészek összeragasztásában vesznek részt. A pórustér a szemcsék és aggregátumok közötti eltérő nagyságú és alakú hézagok rendszere. A szerkezeti egységek elkülönülésében, összetapadásában és a makroaggregátumok létrejöttében a másodlagos fizikai hatásoknak jelentős szerepük van. Ide tartozik a duzzadás-zsugorodás, az átfagyás és az olvadás, a gyökérszét nyomásából és a víz felvételéből adódó változás, illetve a talajművelő eszközök hatása (FILEP, 2010).

2.3.3. Porozitás viszonyok

A szerkezeti elemek között kialakuló pórusrendszer alapvető jellemzője a pórusok összterfoglata, ez az összes porozitás, fontos tulajdonsága a méret szerinti megoszlása, amit differenciált porozitásnak nevezünk és végül nem elhanyagolható jellemző a térbeli elrendeződése, alakja, azaz architektúrája. Legtágabb értelemben vett pórusnak tekintjük az egy egységnyi talajnak azt a hányadát, melyet nem a szilárd és a biológiai fázis foglal el. Ide tartozik a talajrepedés, az gyökér és állat járatok, a szilárd fázis elemei között kialakuló és a szerkezeti elemek belsejében keletkező pórusok, a talajszemcsék felületi részén szorpciós erőkkel megkötött filmszerű vízhártya, a kicserélhető kationok hidrat burka és a táguló rétegrácsú agyagásványok rétegrácsai közé beépülő víz által kiszorított tér (VÁRALLYAY, 2002).

2.4. A talaj kémiai tulajdonságai

Meghatározó feltételei a vízben oldható sómennyiség és minőség, a kolloidkémiai reakciók, a kémhatás és a redoxi folyamatok a talaj kémiai tulajdonságainak. Mindezen tulajdonságok jelentős mértékben befolyásolják a talaj szerkezetét, a vízzel szembeni viselkedését, a talajba került anyagok további sorsát (FILEP – FÜLEKY, 2010).

A talajvízben kisebb-nagyobb mértékben oldható anyagokat minden esetben találhatunk. Ezek jellemző tulajdonsága a mozgékonyaságuk, a víz általi szállíthatóságuk, a talajra gyakorolt hatásuk, mely nagymértékben különbözik egymástól. Az *oldható só* készletet tömegszázalékban, vagy a vizes talajkivonat elektromos vezetőképességével jellemezhetjük (FILEP – FÜLEKY, 2010).

Talajkolloidok méret határa 0,002 mm-es. Mind szerves, mind szervetlen talajalkotók képviseltetik magukat ebben a kategóriában. A humuszanyagok és az agyagásványok az ásvány szemcséiknek a mérete miatt, ebbe a kategóriába tartoznak. A kolloid méretű részecskékből felépült kolloid rendszerek, a homogén és heterogén rendszerek között foglalnak helyet. Olyan két- vagy többfázisú rendszerként határozhatjuk meg őket, melyek valamennyi anyagának a mérete a tér bármely irányában 1-500 nm között van (STEFANOVITS, 1992).

A kolloid micellák felületén folyamatos átmenet van a szilárd és folyékony fázis között. Ez a határréteg a szilárd és a folyékony fázistól is eltérő tulajdonságokat mutat. A határréteg a felületi erők hatására alakul ki a fázisok felületén. Ez a felület lehet poláros és apoláros (STEFANOVITS, 1992).

A talajkolloidok képesek nagy mennyiségben ionok és molekulák megkötésére. Ez a határfelületi reakció, mely során létrejövő folyamatok egyike a fizikai adszorpció. Ekkor gyenge van der Waals-erők kötik az adszorptívumot a felülethez. Az ioncsere-adszorpció során elektrosztatikus kölcsönhatás következik be. A kémiai adszorpció esetében kémiai kötés jön létre a részecskék és a határfelület között (FILEP – FÜLEKY, 2010).

Az adszorbeált kationok a Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ ionok minden talajban megtalálhatóak. A talaj tulajdonságai nagymértékben függenek a koaguláció mértékétől, a szilárd fázisban megkötött kationok minőségi és mennyiségi megoszlásától (FILEP – FÜLEKY, 2010).

Csökkenő adszorpciós sorrendben a talajban előforduló anionok a következők HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- . Az adszorpció jelenségét megszabja az elektrosztatikus vonzás, a diszperziós hatás és a kölcsönös polarizáció. Ezek összesen adják az adszorpciós energiát, mely egyaránt érvényes a kationokra és az anionokra is (STEFANOVITS, 1992).

A talaj savanyúsága, közömbössége vagy lúgossága, azaz kémhatása a folyadékban lévő H^+ ionok koncentrációjától függ. Időben és térben is egyaránt változik a talaj folyékony fázisának kémhatása, a talaj nedvességi állapotától és a növényzet életfolyamatai során keletkezett anyagoktól függően. Ezért van, hogy a talaj bevizsgálásakor a mintát légszáraz

talajból veszik és desztillált vízzel, vagy KCl oldattal készített szuszpenzió kémhatását mérik (FILEP – FÜLEKY, 2010).

A talajok redoxipotenciálját mindenekelőtt a talaj levegőellátottsága határozza meg. Száraz talajban magasabb, míg nedves talajban alacsonyabb a redoxipotenciál. A pufferoló hatása a talajnak a bekerülő anyagok megkötését, átalakítását, közömbösítését foglalja magába. A talajok jellemző tulajdonsága a sav-bázis pufferképességük, illetve a tápelem és toxikus anyag megkötő képességük (FILEP – FÜLEKY, 2010).

A reakciók időbeni lefolyása jelentős eltéréseket mutat a talajban. Vannak reakciók melyek percekig (ioncsere-reakció), órákig tartanak (oldott anyag adszorpciója), míg mások akár hónapokon, éveken, évtizedeken, századokon (kőzetek, ásványok mállása) keresztül folytatódhatnak (FILEP – FÜLEKY, 2010).

2.5. Talajtermékenység, növényi tápanyagok a talajban

A talaj a mezőgazdaság alapvető termelőeszköze. Jelentősége sokrétű rendeltetésében rejlik. Egyrészt alapvető közege a primer növényi biomassza termelésnek, másrészt elsődleges tápanyagforrása a bioszférának. Kiemelkedő tulajdonsága a termékenység, mely meghatározza, hogy milyen mennyiségben és időben tud felvehető tápanyagot, vizet és levegőt biztosítani a növények számára. Képes arra, hogy a növények és mikroorganizmusok talajökológiai igényeit kielégítse. Mindezek biztosításához alapvető feltétel, hogy képes legyen a hő, a víz és növényi tápanyagok raktározására és azok esetleges visszapótlása nélkül is (pl. aszály, tápanyag utánpótlás hiánya) rendelkezésre tudja bocsájtani a növények számára (VÁRALLYAY, 2004).

A talajok termékenysége azonban viszonylagos fogalom. A termékenység fenntartása, illetve fokozása az egyes mezőgazdasági technológiák, termelési technikák függvényében változhat (VIETS, 1977).

A biogén elemek közül megközelítőleg nyolcvan darab az, ami nélkülözhetetlen az élőlények számára. A növények hamujából eddig mindössze negyvenet sikerült kimutatni. Elsődleges biogén elemek, melyek 99%-át alkotják a sejtek tömegének a makro elemek. Ide tartozik a szén C, a hidrogén H, az oxigén O, a nitrogén N, a kén S, és a foszfor P. A nyomelemek, melyek 1-0,005% körüli értékben épülnek be a sejtekbe, a kálium K, kalcium Ca, magnézium Mg, vas Fe, nátrium Na, és a klór Cl. A növényekben rendkívül kis mennyiségben jelen lévő mikroelemek közé sorolható a réz Cu, a kobalt Co, a mangán Mn, a cink Zn, a bór B, a jód I, a molibdén Mo, és a szelén Se, melyek az anyagcsere zavartalan

működéséhez nélkülözhetetlenek. Egy növényi test átlagos összetétele szerint 47% szenet, 44% oxigént, 7% hidrogént, 0,5-2% nitrogént tartalmaz (LOCH, 1992).

A talajok tápanyag utánpótlásának meghatározásában a három alapvető elem a nitrogén a foszfor és a kálium, mellettük jelentős még a kén és a kalcium. A következő fejezetekben ezeknek a tápelemeknek a jelentőségét ismertetem.

2.5.1. Nitrogén

A talaj nitrogénkészletének legnagyobb része a feltalajban található, szerves kötésekben, humuszanyagokban, növényi maradványokban és az elhalt szervezetekben. Különféle vegyületekbe és ásványokba akár 6000 kg/ha nitrogén is lehet a talajban, melynek mindössze az 0,1%-a felvehető a növények számára adott időben. A felvett nitrogén biztosítja legnagyobb részben a növények asszimilatív növekedését. A felhasznált műtrágyák jelentős része nitrogén alapú, míg egyéb mikro és makro elemek pótlása kisebb hangsúlyt kap. A növények számára nitrát és ammónium formában felvehető, ezen formák könnyen kimosódnak a talajból (BALSKO – ZSIGRAY, 2003).

A talajban található nitrogén többsége biológiai folyamatok részeként kerül a talajba. A legnagyobb része, 90-95%-a szerves kötésben van. A szervesetlen nitrogén jelentős hányada ammónium kötésben van jelen a talajban, mintegy 2-10% közötti értékekben. A nitrátok mennyisége viszonylag kevés, viszont a humuszanyagok kötött nitrogén tartalma nem elhanyagolható. Ásványi talajokban az összes nitrogén tartalom 0,02-0,04% közötti értéken mozog (MENGEL – KIRKBY, 2001).

A talajban így kialakuló összes nitrogén tartalom meghatározásánál az üzemi talajtérképezésben a következő határértékeket alkalmazzák. Amennyiben kevesebb, mint 0,05% a nitrogéntartalom igen szegény talajokról beszélünk, ha 0,05-0,10% közé esik akkor nitrogénnel gyengén ellátott a talaj, abban az esetben, ha ez az érték 0,10 és 0,25% közé esik a talaj közepesen ellátott, míg 0,25% fölötti nitrogén tartalom esetén jól ellátott talajról beszélhetünk (STEFANOVITS, 1992)

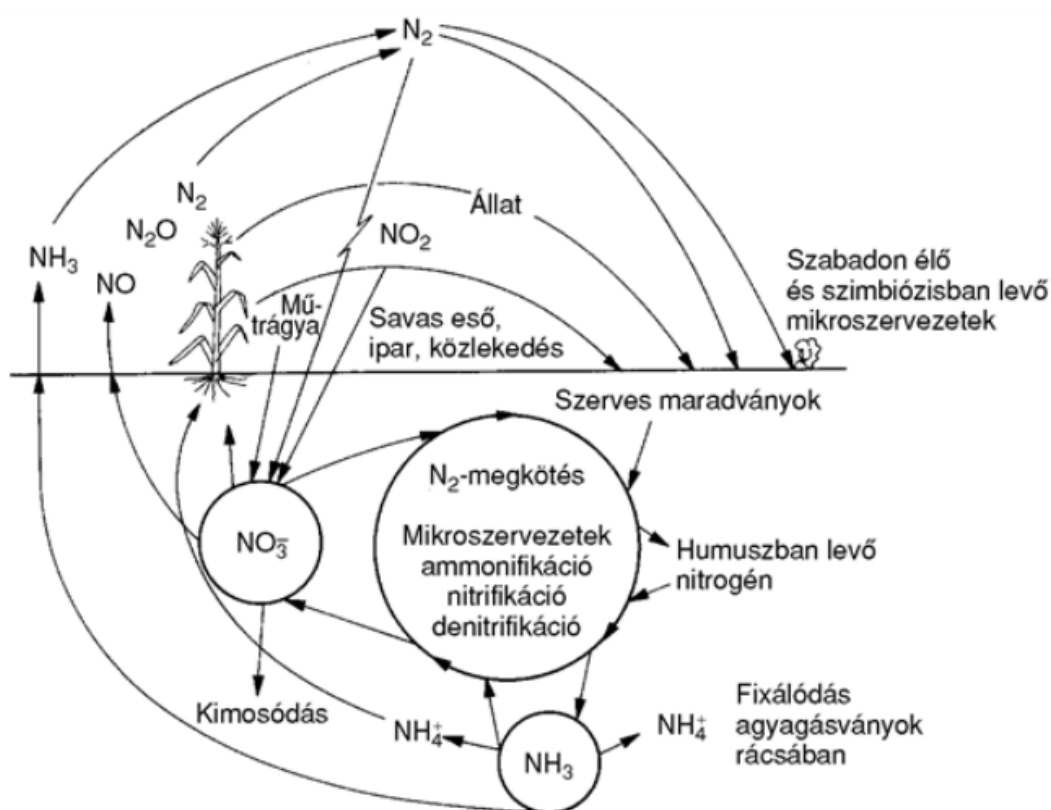
Egy teljes év leforgása alatt az összes nitrogén tartalom megközelítőleg 3%-a ásványosodik és ezáltal elérhetővé válik a növények számára (STEFANOVITS, 1992).

A nitrogén alapvető alkotóeleme a klorofilnak, mellette az aminosavakban és a nukleotidokban is jelen van. Az enzimek alkotóelemeként pótolhatatlan az anyagszere folyamatokban. Így a termés mennyiségét is nagymértékben befolyásolja. A talaj összes nitrogéntartalmának csekély része, mindössze 3-4%-a van a növények számára felvehető

szervetlen formában, nitrát-nitrogén ($\text{NO}_3\text{-N}$) és ammónium-nitrogén ($\text{NH}_4\text{-N}$) formájában. A legnagyobb rész, 95% szerves kötésben fordul elő (KISMÁNYOKY, 1993).

A növények nitrogén ellátásában a légköri nitrogénnek is fontos szerepe van. A levegő nitrogénjét közvetlenül nem, csak a mikroszervezetek közreműködésével tudják hasznosítani (KISMÁNYOKY, 1993).

A szerves és szervetlen kötésben lévő nitrogén a természetben állandó körforgásban van. Az atmoszférából a növényeken keresztül a talajba kerül és onnan vissza az atmoszférába. A körfolyamatot az 1. ábra szemlélteti (FÜLEKY, 2010).



1. ábra Nitrogén körforgása

Forrás: FÜLEKY (2010)

2.5.2. Foszfor a talajban

A foszfor a talaj második leggyakrabban előforduló tápelem. Átlagosan 500-800 mg/kg mennyiségben fordul elő, azaz egy hektár szántott rétegre ez körülbelül 1120 kg-ot jelent (BALSKO – ZSIGRAY, 2003).

A talajok foszfor tartalma három részre osztható. A *tartalékkészletek* a növények számára fel nem vehető formában jelenlévő foszfort takarják. Ezek csak lassú fizikai, kémiai

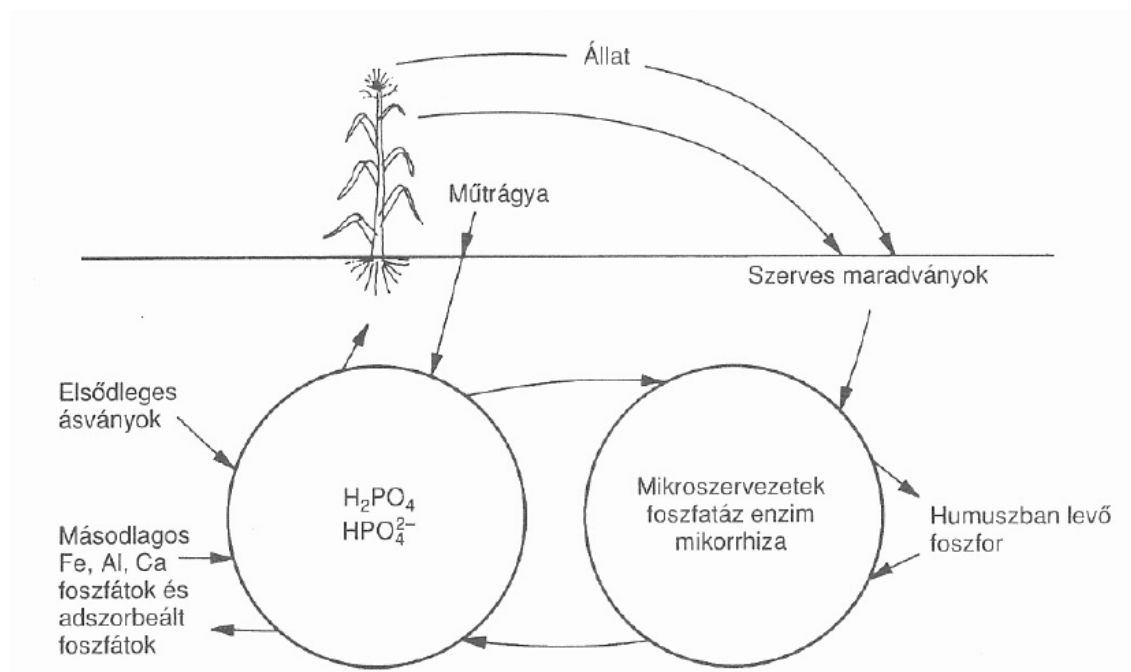
mállás során teszik szabaddá a foszfort. A *mobilizálódni képes* foszforkészletek a növények számára potenciálisan hozzáférhetőek. Ide tartoznak az oldható szerves foszfor vegyületek és az abszorbeált foszfor. A növény által *közvetlenül felvehető* foszfor a talajoldat foszfortartalmát tekintik. A potenciálisan hozzáférhető készletek és a talajoldat foszfortartalma között dinamikus egyensúly áll fent. Ahogy a növény foszfort vesz fel, a talajoldat foszfortartalma csökken. Ennek pótlása a potenciálisan hozzáférhető készletek mobilizációja során valósul meg. A talaj foszfor szolgáltató képessége, azaz a potenciálisan hozzáférhető, mobilizációra képes felvehető foszfor képződésének a sebessége meghatározó tényező a növényi foszforfelvételben (MENGEL – KIRKBY, 1987).

A foszfor nélkülözhetetlen tápanyag a növények számára. Szerves és szervetlen formában is megtalálható bennük. A szervetlen formák közé tartozik az ortofoszforsav, kalcium- magnézium- és kálium sói formájában, melyek nélkül az anyagcsere folyamatok többsége nem mehetne végbe. A szerves kötésű foszfor szerepe a növényekben elsősorban a nukleinsavakban jelentős, melyek a fehérjeszintézisben, az osztódásban és növekedésben, és az örökletes tulajdonságok átadásában alapvető fontosságúak. A foszforproteinek a fehérjeanyagok foszforsav vegyületei. Ide tartozik számos fehérjeenzim, melyek a biokémiai reakciók katalizátorai (NAGY, 1993).

A foszfor talajban mind szerves, mind ásványi kötésben előfordul. A foszfortartalmú vegyületek három nagy csoportba sorolhatók. Az első a kalcium-, vas- és alumínium-foszfátok, második a vas- és alumínium-hidroxidok, valamint az agyagásványok és humuszanyagok és a kalcium-karbonát felületén megkötött foszfátionok. Harmadik csoport a szerves foszforvegyületek. A foszfor szerves kötésből a nitrogénhez hasonlóan mikrobiológiai folyamatok által szabadul föl (STEFANOVITS, 1992).

A mállás és kilúgzás során eleinte a foszfor felvehetősége növekszik, majd a savanyodás során az alumínium reagálva és a vasoxidba bezárva a felvétele minimalizálódik (FÜLEKY, 2010).

A foszfor körforgás szintén hasonló a nitrogén körfolyamathoz, de a mikrobiális szervetlen foszfátasszimiláció és a szerves foszfátok mikroorganizmusok által történő bontása során nem következik be oxidációs szám változás. A folyamatot a 2. ábra mutatja be. A foszforból a mikrobák szervezete jelentős mennyiséget tartalmaz, illetve a talaj szerves anyagában is a második legnagyobb mennyiségben jelenlévő tápelem a foszfor (FÜLEKY, 2010).



2. ábra A foszfor körforgalma

Forrás: FÜLEKY (2010)

A talajban található foszforvegyületek százalékos aránya alapján a talajok besorolása a következő. Foszforban igen szegény talajok a 0,05-0,1% P_2O_5 tartalmúak. A 0,1-0,15% P_2O_5 tartalom közöttiek a gyengén ellátott talajok, 0,15-0,2% P_2O_5 között pedig közepesen ellátott talajokról beszélünk. A 0,2-0,3% közötti értéknél P_2O_5 tartalommal jól ellátott talajokat találunk, míg a 0,3%-nál magasabb P_2O_5 tartalom esetén igen gazdag talajokról beszélhetünk. A talajok foszfor tartalmának csak minimális aránya van a növények számára felvehető, oldható formában. A növények zavartalan tápanyagfelvételének feltétele, hogy folyamatosan pótlódik és megújul a számukra hozzáférhető foszfor mennyisége (STEFANOVITS, 1992).

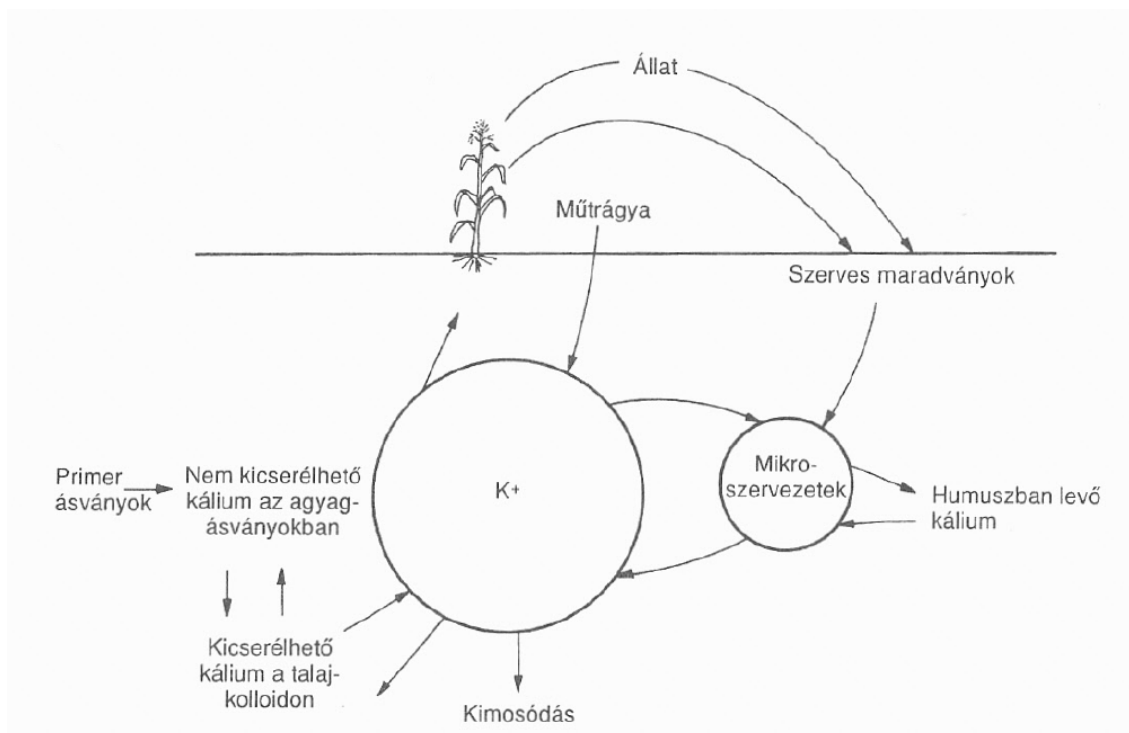
2.5.3. Kálium a talajban

A kálium a növényekben, a legnagyobb mennyiségben a fiatal szövetekben található, jellemzően azokon a helyeken, ahol az anyagcsere és a sejtosztódás intenzíven megy végbe. A növényi sejtnedvben és a kolloidokban szervesetlen ionok formájában van jelen. Mivel 80-90%-os arányban a vegetatív részekben halmozódik fel, a növényi maradványokkal visszajut

a talajba (szár, levél, szalma, istállótrágya), vagy el sem kerül a természetes helyéről (gyökér) (NAGY, 1993).

A kálium eredete a földpátokkal köthető össze, mely a földkéreg egyik leggyakoribb ásványa. E mellett a biotitból és muszkovitból is származhat. A mikroorganizmusok által kötött és a mikroorganizmusok bimoszlatömege együttesen 3000 kg/ha káliumot tartalmaz (BALSKO – ZSIGRAY, 2003).

A kőzetek általában sok káliumot tartalmaznak. 0,2-3,3%-ra tehető a talaj összes káliumtartalma, míg a talajoldaté 1-100 mg/liter. 2-6 kg kálium/ha/év jut a talajba a csapadékkal. Természetes körülmények között a káliumellátás nem korlátozó tényező a növények fejlődésében. A természetes kálium körforgalmat a 3. ábra szemlélteti (FÜLEKY, 2010).



3. ábra A kálium körforgalma a talajban

Forrás: FÜLEKY (2010)

A talajban jelenlévő hatalmas mennyiség ellenére a növények számára felvehető kálium csekély mértékű. Ez abból adódik, hogy a humuszanyagok kálium szolgáltató képessége kicsi, és a földpátok lassú oldódása sem szolgáltat jelentős mennyiséget. A növénytermesztésben a kálium a termésbiztonságot szolgálja, azaz a káliummal jól ellátott

növények fagytűrése nagyobb. Ezen túlmenően a szárszilárdságban is nagy szerepe van, azaz a növények kevésbé hajlamosak a megdőlésre (FÜLEKY, 2010).

A hazai szakirodalom a talaj kálium tőkéjének meghatározásánál a királyvízben oldható kálium mennyiségét veszi figyelembe, ez alapján osztályoz. 0,1%-nál kevesebb K_2O az igen szegény talajokra jellemző. 0,1-0,15% K_2O tartalomnál a talajok gyengén ellátottak, a 0,15-0,2% K_2O érték közepesen ellátott talajokat jelöl, míg a 0,2-0,3% K_2O jól ellátott talajokra jellemző. A 0,3% K_2O feletti értékkel rendelkező területek káliummal gazdagon ellátottak (STEFANOVITS, 1992).

A talaj kötöttsége és a benne lévő agyagásványok minősége az a két talajtulajdonság, mely jelentős mértékben befolyásolja a növények számára hozzáférhető kálium mennyiségét. E mellett szerepe van még a szerves anyag tartalmának és a kijuttatott műtrágyák mennyiségének (GOURLEY, 1999).

2.5.4. Kén a talajban

A mállási folyamatok során a primer ásványok kéntartalma szulfáttá alakul, amit a növények fel tudnak venni és szerves kötésbe építik be. Ilyenek a fehérjék ciszteinjai és metioninjai. A talajba jutó kén jelentős része a műtrágyákból, a különféle peszticidekből, öntözővízből és az atmoszférából származik. A hazai nehézipar is hozzájárult a nagy mennyiségű légköri kiülepedéshez és talajba jutáshoz. A nehézipar visszaszorulásával mára ennek mértéke csekély, így célszerű mesterségesen műtrágyákkal pótolni főleg keresztes virágú növények vetése előtt (BALSKO – ZSIGRAY, 2003).

2.5.5. Kalcium a talajban

A kalcium primer forrása a kalcit az argonit, a dolomit és a gipsz. A $CaCO_3$ fő alkotórésze a mészkőnek, a márgának és a meszes homokkőnek. A kalciumásványok valamivel gyorsabban málnak, mint a többi talajásvány. Ebből kifolyólag a kimosódási veszteség is nagyobb, ami éves szinten hektárra vetítve elérheti a 387 kilogrammot. Az arid területeken a talaj kalcium tartalma 5 % is lehet, míg trópusi területeken 0,01 % körüli. A mérsékelt égövön található talajok jellemzően 1-2 % kalciumot tartalmaznak. A mérsékelt égövi, savanyú talajoknál sokkal hamarabb szükségessé válik a meszezés. Így a talaj pH-ja a semleges körüli értéken tartható, míg kisebb része a növények kalcium igényét szolgálja. A mérsékelt égövi talajok kicserélhető bázis-tartalmának 75-85 %-át a kalcium teszi ki. A szántott rétegben 200-1000 kg/ha kicserélhető kalcium van. Ha a pH csökken, a talajban lévő

kicserélhető kalcium mennyisége is csökken. Abban az esetben, ha a pH értéke emelkedik, a kicserélhető kalcium mennyisége is emelkedik. Amennyiben nagyon magas a talajban jelenlévő kalcium mennyisége, akkor kicsapódhat CaCO_3 formába, és pufferolja a talaj pH-ját (BALSKO – ZSIGRAY, 2003).

2.6. A trágyázás hatása a talajokra

A talaj tápanyagkészletének feltöltetésére használt szerves és istállótrágya mellett XX. században előtérbe került a műtrágyák használata, melynek előállítására egy külön iparág épült ki. Mára a műtrágyák mellett egyre nagyobb szerepet kapnak a zöldtrágya növények, a biológiai készítmények. A műtrágyák használata fokozza a termés mennyiségét és a minőségét is egy bizonyos fokig. A termés mellett a többi zöld növényi rész tömegét is növeli a plusz tápanyag kijuttatás, így a biomassza tömege is nagyobb. A talajba több szerves anyag kerül visszaforgatásra (NÉMETH et al. 2024).

A tápanyagellátás talajszerkezetre gyakorolt hatása részben a növények gyökérzetén keresztül érvényesül. Mivel az egyes növények gyökérzetük jellegétől és a területen visszahagyott szerves anyag minőségétől függően különbözően befolyásolhatják a talaj szerkezetét, ebből adódóan a különböző földművelési rendszerek is egymástól eltérő hatást gyakorolhatnak arra (TÓTH – KISMÁNYOKY, 2001).

Martonvásáron végzett 60 éves tartamkísérlet kukorica, búza vetésforgó parcelláinak műtrágyás, istállótrágyás és kombinált kezelése alapján megállapítható, hogy a rendszeres trágyázás hosszú távú hatással is bír. Mindez kimutatható a szubsztrát-hasznosítási mintázatban, a citráthasznosítás képességében, a szubsztrátindukált respirációban, valamint a cukrok és aminosavak hasznosításának arányában is. A gyökerek mikorrhizás kolonizációja elsősorban a növény tápanyag-ellátottságával mutatott szoros összefüggést. Nitrogén műtrágya használata esetén lehet tapasztalni a legjelentősebb változásokat, melyek szoros összefüggésben vannak a talaj savanyodásával. Mindezt alátámasztja, hogy a talaj-mikrobióta katabolikus aktivitásában, míg a mikorrhiza és a növény szimbiotikus kapcsolatára a kiegyensúlyozott növénytáplálás volt hatással (FÜZY et al., 2023).

A műtrágyák közül elsősorban az ammóniumnitrát, a karbamid savanyítja a talaj, ezért célszerű az egyébként is elsavanyodásra hajlamos területeken ezek használatát kerülni. A megfelelő műtrágya kiválasztása az első lépés, mellette a megfelelő dózis és az időben való kijuttatás megtervezése hasonlóan nagy jelentőséggel bír (TÓTH – KISMÁNYOKY, 2001).

A szerves trágyák használata a talajnak és a növénynek is kedvezőbb. A kellően érett, gyom és idegen anyag mentes trágya növeli a talaj szerves anyag és tápanyag tartalmát. E mellett jó hatást gyakorol a talaj szerkezetére és a vízgazdálkodására is (GYŐRI, 1984).

A talaj típusától függően a szerves trágya több éven keresztül pozitív hatást gyakorol a talajra, a növényekre. Ez az időszak homoktalajon 2-3 évi áll fenn, magas agyagtartalmú talajokon akár 5 évig is megfigyelhető a jótékony befolyás (NÉMETH et al., 2005).

A hazai talaj termékenységét gátló tényezőket az *1. táblázatba* foglalom össze. A *4. ábra* pedig szemlélteti a hazai talajdegradációs régiókat. Magyarország összterületéből %-os arányukat zárójelben közlöm a főbb tényezők után. A magas homoktartalom (8%) emberi beavatkozással nehezen megváltoztatható. Célszerű a termesztésre szánt kultúrát igazítani a talajhoz és nem fordítva eljárni. A savanyú kémhatás (12,8%) meszezéssel és megfelelő kultúra megválasztásával javítható, a termékenység és a termelés hatásfoka nagy mértékben növelhető (PUSZTAI, 1977).

Szikesedés (8,1%) megfelelő vízrendezéssel, kis sótartalmú öntözővízzel történő öntözéssel, és gipszezéssel a talaj termékenysége javítható. Szikesedés a mélyben (2,6%) csak kis mértékben jelenik meg hazánkban. A nagy agyagtartalom (6,8%), a talajművelést nehezíti és egyben költségessé is teszi. Láposodás, mocsarasodás (1,7%), kis területen jellemző, megfelelő vízelvezetéssel, lecsapolással enyhíthető ezen folyamat (SZABOLCSI – VÁRALLYAY, 1978).

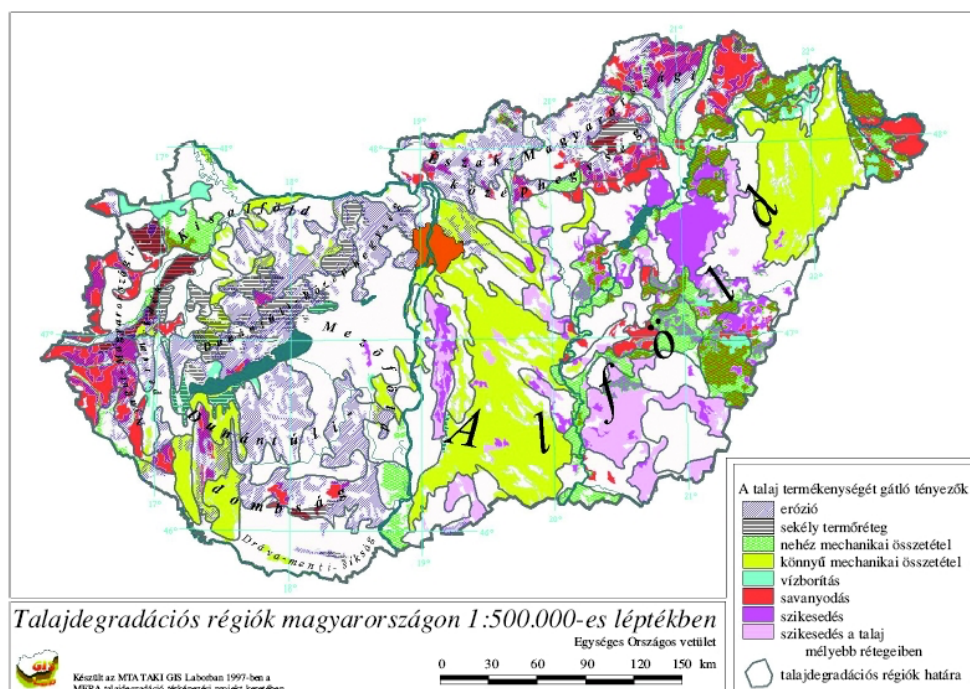
Erózió (15,6%), hazánk domborzati adottságai kedvezőnek mondhatóak növénytermesztési szempontból, mégis ezen tényező jelentkezik legnagyobb mértékben, mint talajtermékenységet gátló tényező. A megfelelő kultúra megválasztásával, a növénytűrősséggel és a szintvonalakra merőleges műveléssel könnyen csökkenthető az erózió mértéke. Felszínnél tömör kőzet (2,3%) sekély vagy művelés nélküli talajművelés javasolt, de célszerűbb legelő vagy kaszáló művelési ágban tartani a mezőgazdasági területet. Nem károsított (42,1%), törekedni kell rá, hogy ezen arány ne romoljon (SZABOLCSI – VÁRALLYAY, 1978).

1. táblázat A talaj termékenységét gátló tényezők Magyarországon

A talaj termékenységét gátló főbb tényezők	Terület 1000 ha- ban	Mező- és erdő terület, a gazdaságilag művelt területek %-ában	Magyarország összterületének %-ában
Nagy homoktartalom	746	8,9	8,0
Savanyú kémhatás	1200	14,3	12,8
ebből: erodált	348	4,2	3,7
felszín közeli tömör kőzet	67	0,8	0,7
Szikesedés	757	9,0	8,1
Szikesedés a mélyebb talajrétegekben	245	2,9	2,6
Nagy agyagtartalom	630	7,5	6,8
Láposodás, mocsarasodás	161	1,9	1,7
Erózió	1455	17,4	15,6
ebből: savanyú kémhatású	348	4,2	3,7
Felszín közeli tömör kőzet	217	2,6	2,3
ebből: savanyú kémhatású	67	0,8	0,7
Összesen	4996*	59,5*	53,5*

*A savanyú kémhatású erodált területek, illetve a felszín közeli savanyú kémhatású tömör kőzet csak az egyik tényezőnél számításba véve (1:500 000 méretarányú adatbázis statisztikai adatai)

Forrás: (NÉMETH et al. 2005)



4. ábra Talajok termékenységét gátló tényezők

Forrás: (NÉMETH et al. 2005)

2.7. Talajjavítás módszerei

A talajjavítás, más néven melioráció egy mesterséges folyamat, melynek során a talaj kémiai, fizikai, biológiai, vagy vízszabályozási tulajdonságait alakítjuk át, változtatjuk meg a talajtermékenység érdekében (FILEP, 2012).

Ezen tevékenységek egy hagyományos talajművelési, illetve agrotechnikai beavatkozásoknál lényegesen nagyobb léptékűek (SZABOLCSI – VÁRALLYAY, 1978).

A korábban részletezett, a talaj termékenységét negatívan befolyásoló tényezők közé tartozik a savanyú kémhatás, a szikesedés, a túlzottan nagy agyagtartalom, a túlzott vízhatás, úgy, mint a láposodás, mocsarasodás, a nagy homoktartalom, a felszínhez közeli összefüggő tömör képződmények illetve a talajpusztulás. Amennyiben a felsorolt tulajdonságok jelenlévő aránya jelentősen megváltozik, a talaj fizikai, kémiai, biológiai, tulajdonságára negatív hatást gyakorol. Így a növénytermesztés sikerességét és eredményességét is negatívan befolyásolja. Egyes esetekben, ezen negatív tulajdonságok társulva jelentkeznek és szélsőséges talajok alakulnak ki (STEFANOVITS, 1963).

2.7.1. Fizikai talajjavítás

A fizikai, vagy mechanikai talajjavítás során a talajhibákat mechanikai úton szüntetjük meg. Ilyenek a mélyforgatás, az altalajlazítás, a lecsapolás, a réteges homokjavítás (SZABÓ-KOZÁR – KIRÁLY, 2006).

Az altalajlazítás a tömörödött talajréteg forgatás nélküli lazítása. Kialakulását rendszerint a helytelen, mindig azonos mélységben történő művelés okozza. Az 5. ábrán egy altalajlazító munkagép acélkései láthatóak, melyek robotlábakra hasonlítanak. Az acélkések a talajban, munka közben, gyors ütemben fel-le mozognak. A drénezés során a talajban és felszínén felhalmozott víz elvezetése a cél, melyet a talajba ágyazott csőrendszerrel érünk el. Költséges beruházás, de több évtizedre megoldódik a vízelvezetés problémája. A lecsapolás során a felszíni vízfelesleget megfelelő csatornarendszerrel vezetjük el. A mélyforgatás célja a felszínhez közeli tömörödött réteg átforgatása és levegősebbé tétele. Nem alkalmazható azokon a területeken, ahol szikes, glejes, vagy köves talaj kerülne a felszínre. Ezen eljárás költsége, főképp tömörödött homoktalajoknál alkalmazzák és ültetvénytelepítés előtt (STEFANOVITS et al., 1968).



5. ábra Alatlajlazító munkagép acélkései

Forrás: PAPP (1997)

A homokbuckák kiegyenlítését homokrónázásnak nevezzük. Ennek célja, hogy a művelés egyáltalán lehetséges legyen az adott területen. Egerszegi-féle réteges homokjavítás: a talaj 40-60 cm-es mélységben 1-3 cm egybefüggő trágyaréteggel való töltése (FILEP, 2012).

2.7.2. Kémiai talajjavítás

A talajok genetikailag meghatározott, természetes és az antropogén tevékenységgel előidézett, másodlagos savanyúságát és az ugyanezen okokra visszavezethető szikességét speciális beavatkozásokkal, ún. kémiai talajjavítási eljárásokkal lehet csökkenteni, vagy megszüntetni (PAPP, 1997).

A meszezés során a nagymértékű savanyúság és telítettség megszüntetése vagy, csökkentése, illetve, a kolloidok Ca-telítettségének biztosítása céljából CaCO_3 tartalmú anyagokat juttatnak a talajba. Ilyen anyag lehet a mészkőpor, a lápi mész, a cukorgyári, papírgyári méssziszap. A nem fenntartó, azaz melioratív meszezéshez akár 5-20 t/ha méssz hatóanyagra is szükség van (SZABOLCSI – VÁRALLYAY, 1978).

A digózás során kalciumkarbonát tartalmú altalajt terítenek a savanyú talajra, és ezt a szántott rétegbe bemunkálják. A művelet során 200-500 m³ lösz terítenek a talaj felszínére. Jelenleg ez a módszer csak kis területen alkalmazott (STEFANOVITS, 1963).

A gipszezést a lúgos kémhatású szikes talajok javítására lehet alkalmazni. Lúgos közegben ($\text{pH} > 7,5$) a CaCO_3 oldódása gátolt, míg a gipszből ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a kémhatástól függetlenül Ca^{2+} kerül a talajokba (SZABOLCSI – VÁRALLYAY, 1978).

Kombinált eljárások alkalmazása is szükségessé válhat egyes területeken. Ilyen lehet a meszezést, vagy digózást gipszezéssel együtt alkalmazása azért, hogy a mérsékelt lúgos feltalajú szikeseken a CaCO_3 oldódása és talaj javulása biztosított legyen (SZABOLCSI – VÁRALLYAY, 1978).

Lignitporos javítás során a lignitport a Duna-Tisza közti szikes, sós, szoloncsák, gyepterületek javítására használták. Az eljárás során 60-350 t/ha lignitport juttattak a talajra (PAPP, 1997).

2.7.3. Biológiai talajjavítás

Biológiai talajjavításnak minősül minden olyan beavatkozás, melynek a célszerűen kiválasztott növények termesztésével is elősegíti a talaj javulását. Célszerű a homokterületeket takaró zöldtrágyanövénnyel bevetni, vagy a kötött területekre mélyre hatoló gyökérzettel rendelkező növényeket telepíteni (STEFANOVITS et al., 1968).

Napjainkban a folyékony és szilárd halmazállapotú biológiai, gomba, baktérium készítmények is elterjedőben vannak, melyeknek hatékonysága megkérdőjelezhető véleményem szerint (SZABOLCSI – VÁRALLYAY, 1978).

2.7.4. Savanyú, nem szikes talajok javítása

A savanyú talajoknak nagy a proton mennyiségük, mely kihatással van a fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaikra. Savanyú közegben korlátozott a humuszanyagok koagulációja. Tartós morzsás szerkezet, nem, vagy csak kis mértékben figyelhető meg, ugyanis a szerves ásványi komponenseket összekapcsoló, stabilizáló Ca-hidak száma kicsi. Ebből kifolyólag a talaj tömődött, azaz a víz- levegő arány nem megfelelő (FILEP – FÜLEKY, 2010).

5,5-ös pH alatt nő a szabad alumínium és magnézium ionok mennyisége. Ezek a növények számára toxikusak lehetnek és korlátozzák a foszfor, kalcium, magnézium és vas felvehetőségét (BUZÁS et al. 1988).

Savanyú talajoknál a biológiai élet aktivitása is csökken, a mineralizáció vontatottabb, a nitrifikáció visszaszorul, és kismértékű ammónium felhalmozódás figyelhető meg (FILEP – FÜLEKY, 2010).

2.7.5. Javítóanyagok és a javításhoz szükséges anyagok kiszámítása

Savanyú talajok javítása a szántóföldi növénytermesztésben szinte minden esetben mészalapú anyaggal, mészalapú készítménnyel történik. A hazai, talajjavításhoz szükséges mészsádag számítás alapja az (y_1) hidrolitos aciditás és a kötöttségi szám (K_A) (KÁDÁR, 1998).

A Kreybig módszer tapasztalati összefüggésen alapszik. Az y_1 értékét megszorozzuk a kötöttségi szám K_A első tízes helyi értékű számjeggyével, így megkapjuk az egy kataszteri hold terület felső 20 cm-es rétegének javításához szükséges CaCO_3 mennyiségét mázsába. Amennyiben ezt a számot 1 ha-ra szeretnénk alkalmazni, akkor a kapott értéket megszorozzuk 1,74-gyel. Mivel a képlet a tiszta CaCO_3 -ot adja meg így a kijuttatásnál figyelembe kell venni a meszező anyag CaCO_3 -tartalmát (BUZÁS et al., 1988).

A talaj adszorbeált H-ion tartalmából kiinduló számítás. Elméletileg jól értelmezhető, mivel 100 g, vagy 1000 g talajban levő H-ionok mennyiségéből, illetve annak könnyen mobilizálható hányadosából kell kiindulni. Mivel 1 mgeé H-ion közömbösítéséhez, helyettesítéséhez 0,5 mól, azaz 1 mgeé CaCO_3 (50 mg CaCO_3) szükséges, ha ismerjük a talaj relatív H-tartalmát, és a javítandó talajréteg tömegét, a mészdózis egyszerűen kiszámítható (FILEP – RÉDLY, 1988).

$$\text{CaCO}_3/\text{ha} = (H \times A \times M \times p \times E) / 100000$$

H=talajban levő mobilis protonok mennyisége mgeé/100 g

A= m²-ben a javítandó terület nagysága

M= javítandó réteg vastagsága méterben

p= talaj térfogattömege t/m³

E=javítóanyag egyenértéke CaCO_3 esetén E=50

A x M x p = az adott talajréteg tömege tonnában (FILEP – RÉDLY, 1988).

2.7.6. A meszezés hatása

A meszezés hatással van a talaj fizikai, kémiai és biológiai folyamataira. A meszezőanyag folyamatos oldódása megváltoztatja a szilárd és folyékony fázisok közti egyensúlyt. A talajoldatban megnő a Ca-ionok koncentrációja, és ebből kifolyólag megváltozik az egyes vegyületek oldódása (FILEP – FÜLEKY, 2010).

Példa erre, ha nő az adszorbeált Ca-ionok részaránya, azaz csökken a talaj telítettsége, vagy ha csökken a talaj potenciális és aktív savanyúsága (csökken az y -érték és nő a pH). Egyes toxikus fémek oldhatósága csökken (Al^{3+} és Mn^{2+}), így a növényeken

kevésbé vagy nem jelentkeznek fitotoxikus tünetek. Előfordulhat, hogy a mikroelemek felvehetősége is csökken (B, Cu, Zn) (BUZÁS et al., 1986).

A nagyadagú meszezésből kifolyólag a növényeken mikroelem hiánytünetek figyelhetőek meg, de ha cukorgyári mésziszapot használunk, akkor talajjavításra abban található annyi mikroelem, ami ellensúlyozza a felmerülő lekötődést (FILEP – RÉDLY, 1988).

A nagyadagú meszezés hatással van a talaj fizikai és biológiai tulajdonságaira. A Ca telítettségének növekedésével érvényre jut a Ca-ionok koagulációs és szerkezetstabilizáló hatása (BUZÁS et al., 1986).

Példa erre, ha a talaj levegő és vízháztartása javul, egyben a szerkezete is javul. Hosszú folyamat során a szerves anyagok minősége is javul. Csökken a talaj ellenállása a művelő eszközökkel szemben, és a talajcserepedés jelei is enyhébbek (FILEP – FÜLEKY, 2010).

A javuló víz és levegőgazdálkodás, valamint a kedvezőbb kémhatásból kifolyólag a mikroorganizmusok is könnyebben teret hódítanak. Ezen változásokból kifolyólag megváltozik a talaj tápanyagforgalma. Intenzívebbé válik a nitrifikáció, fokozódik a tápanyagok feltáródása, és jobb lesz a kijuttatott tápanyagok hasznosulása, így a növénytermesztés is sikeresebben folytatható (FILEP – FÜLEKY, 2010).

A meszezés a termésre közvetett hatást gyakorol. A meszezés pozitív hatása az adott talaj fizikai és kémiai tulajdonságaitól, a talaj pH-jának javítás utáni értékétől, s a termesztett növény pH-igényétől függ. A termesztett növényeink mész és pH-igénye, toleranciája eltérő. A lucerna és a cukorrépa kedveli a meszet és érzékenyek a savanyúságra. A kukorica a borsó a napraforgó és a búza kevésbé érzékeny a savanyúságra. A burgonya a rozs a zab a savanyúságot jól tolerálja (BUZÁS et al., 1986).

A terméstöbblet leginkább a savanyúságot kedvelő növényeknél figyelhető meg, míg egy savanyúságot tűrő, vagy kedvelő növény esetében a túlzott meszezés termésdepressziót okozhat. Gabonaféléknél a meszezés 0,5-1,5 t/ha terméstöbbletet indukálhat, míg a lucernánál 30-40%-os terméstöbblet realizálható (STEFANOVITS et al., 1968).

Tartamhatás, mivel az antropogén és természeti tényezők továbbra is hatnak az adott talajokra, a talajjavítás nem tekinthető véglegesnek. A savanyúságot tompító Ca-ionok mennyisége idővel csökken a kilúgozás és a növényi kalcium felvétel miatt. Egy melioratív meszezés hatása akár 6-15 évig is mutatkozhat. A legintenzívebb hatás kifejtés a 3 évben mutatkozik a tapasztalatok alapján. Célszerű a nagymennyiségű meszező anyagot

megosztva, körülbelül 4 éves kijuttatási periódusokra megosztani, így még jobban nyújtható a visszasavanyodás ideje (FILEP, 1999).

Savanyú talajok komplex javítása során a meszező anyag kijuttatását célszerű egybekötni a szerves trágya kijuttatásával. Amennyiben a talaj magas agyagtartalmú és tömörödött, az 50-60 cm-es talajlazítás segítheti a talaj levegőzőttségét, vízáteresztő képességét, és visszaszorulnak a reduktív folyamatok. A lazítás hatása átlagosan 2-4 évig megfigyelhető. Az időszakos vízborítást és túlnedvesedést célszerű drénezéssel elvezetni. A felsoroltakon túlmenően az eróziós és deflációs hatásokat is meg kell akadályozni annak érdekében, hogy a kijuttatott javító anyagot a szél és a víz hatásai ne szállítsák el a célfelületről (STEFANOVITS, 1992).

2.8. Általános tudnivalók a szójáról

A hazai termelők közel 67 ezer hektáron termeltek szóját az előző évben. Ennél nagyobb területen is megérné termelni, mivel a nagy területen termesztett szántóföldi kultúráknál takarékosabb. A takarékoságát alátámasztja, hogy nem igényel nitrogén hatóanyag tartalmú műtrágyát, mivel képes azt önmagának előállítani. Ehhez szakszerű agrotechnikára és minőségi, körültekintő oltással, megfelelően tárolt vetőmagra van szükség. 5 fokkal magasabb a hő stressz küszöb értéke, mint a kukoricának, vagy a napraforgónak. A 2022-es aszályos évben a termés mennyiség visszaesése 24%-os volt. Jól megválasztott érésidejű szóját nem szükséges szárítani (SAROK, 2023).

A szója növekedését, fejlődésének ütemét az éghajlati tényezők közül a víz és a hőmérséklet együttes hatása befolyásolja. A hazánkban termesztett fajták általában 2100-2500°C közötti hőösszeget igényelnek. A tenyészidő során 300-350 mm csapadékra van szüksége az optimális növekedéshez. Leginkább vízigényes időszak a virágzás, hüvelykötés, megtelítődés időszaka. Öntözni akkor szükséges, ha ebben az időszakban a természetes csapadék mennyisége nem éri el a 160-180 mm-t (BALIKÓ, 2018).

A szója kevésbé idényes a talajtípusra. A terület kiválasztásánál az üde fekvésű, mélyrétegű, jó vízgazdálkodású, tápanyagban gazdag, középkötött talajt válasszunk. Leggyakoribb előveteménye a kukorica. Figyelemmel kell lenni a kukoricabogár fertőzőttségre és területen maradó növényvédő szermaradékokra. Kerüljük a mezotrion, tembotrion, szulkotrion, izoxaflutol, metszulfuron-metil, aminopiridid és klopipiridid tartalmú gyomirtószerekkel kezelt területekre való vetést. Jó előveteményei a kalászosok,

elfogadható a kukorica. A napraforgó, a repce és más hüvelyes, pillangós után nem kerülhet a vetésforgóba (HOFFMANN, 2011).

A tarló gyommentesen tartása elengedhetetlen, az őszi mélyszántás elmunkálása is fontos feladat. A talajnedvesség megőrzése mellett sima, jól elmunkált vetőágyat szükséges készíteni. Így biztosított az egyenletes kelés. Vetés pneumatikus, szemenkénti vetőgéppel, 45-50 cm-es sortávolságra, vagy dupla gabona sortávra, 3-5 cm vetési mélységgel megfelelő. Csírázáshoz sok vizet igényel, ezért fontos a vízmegőrző talajművelés (BALIKÓ, 2018).

Tápanyagigényes növény, nagy fajlagos tápanyagtartalommal. 1 t terméssel járó tápanyagfelvétel (kg/t) az 2. táblázatban foglalom össze. Külön nitrogén trágyát nem szükséges kijuttatni.

2. táblázat Szója 1 tonna terméssel járó tápanyagfelvétel (kg/t)

N	CaO	P ₂ O ₅	MgO	K ₂ O
62	42	37	9	51

Forrás: HOFFMANN, 2011

A szójamagot a vetés előtt *Rhizobium japonicum* baktériummal szükséges oltani. Azokon a területeken, ahol még nem volt szójatermesztés az oltást mindenképp el kell végezni, de a rendszeresen szója termő területeken is 2-3 évente javasolt újra oltott vetőmagot használni. Az oltás révén a baktériumok hozzájárulnak a jó talajélet kialakulásához (BALIKÓ, 2018).

Az optimális vetési idő április 15 és április 30. közötti időszakban van hazánkban. A hűvösebb északi területeken ettől későbbi időpontot kell választani és meg kell várni, hogy a talaj tartósan elérje a 8°C-t (HOFFMANN, 2011).

Javasolt vetendő csíra mennyisége 550 000 – 650 000 db/ha mely a szója vetőmag minőségi és ezermagtömeg (120-200g) adatainak ismeretében átlagosan 90-100 kg / ha vetőmagmennyiséget jelent (BALIKÓ, 2018).

A szója növényvédelmének sarkalatos pontja a gyomirtás. A tervezése, végrehajtása nagy szakmai hozzáértést és gyakorlatot igényel (BALIKÓ, 2018).

A szója legveszélyesebb gyomnövényei a kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli*), a muharfélék (*Setaria* spp.) és a köles (*Panicum miliaceum*) (HOFFMANN, 2011).

Hazánkban is a hagyományos GMO mentes technológia alkalmazása van érvényben. A felhasználható szerek száma egyre szűkül. A sorközművelés a gyomszabályozás mellett jótékony hatást gyakorol a növényállományra. A kultivátor kése megtöri a talajréteget, csökkenti a talajnedvesség veszteségét, segíti a levegőzést, gyorsítja a felmelegedést. A sorközművelést első alkalommal a szója összetett levelének megjelenésekor kell elvégezni, másodjára pedig a sorok záródásakor. A betegségek és kártevők elleni védekezést szintén nehezíti az engedélyezett készítmények szűk köre és az engedélyezési eljárás (BALIKÓ, 2018).

A betakarítást a növények leveleinek lehullása után kell megkezdeni. A szemnedvesség 14-16% között optimális. pergő fajtáknál már 16-17%-os szemnedvességnél megkezdhetjük a betakarítást. A betakarítás történhet átalakított gabonakombájnnal. A pontos beállítás fontos a szója sérülékenysége miatt. Magtörés esetén a tápanyagok hamar romlásnak indulnak a tárolás során, így csökken a használati érték. Amennyiben szárításra van szükség 12%-os nedvességtartalom elérése a cél. Maximum 770°C-on szítható, mert a magas hőmérséklet lebontja az antinutritív anyagokat is (HOFFMANN, 2011).

3. Anyag és módszer

3.1. Kutatási célok, kutatási kérdések és hipotézisek

Kutatásom alapvető célja a felhasznált talajjavító készítmények növényekre gyakorolt biológiai hatásának vizsgálata, a talajban és a növényeken bekövetkezett változások megállapítása és ellenőrzése.

Viszonylag kevés információ áll rendelkezésre a meszezésnek a szója gyökereire gyakorolt hatásairól. A kísérletem során tanulmányoztam a szója hajtásainak, gyökereinek a növekedésére és a gümőképződésre gyakorolt hatását a különböző meszező anyagoknak. Ezen felül megfigyeltem a különböző készítmények talajra gyakorolt hatását is.

Kísérletemmel az volt a célom, hogy egy átfogó felmérést készítsek a terület tápanyag-ellátottságáról, a talaj minőségéről. Egyszóval cél volt, hogy lássuk, milyen állapotban vannak a talajok és a kezelések következtében milyen változáson mennek keresztül.

A kapott eredmények tükrében lehet meghatározni rövid és hosszú távon a terület talajainak tápanyag visszapótlását, szerves anyag pótlásának, meszezésének szükségességét és a művelési módok megválasztását.

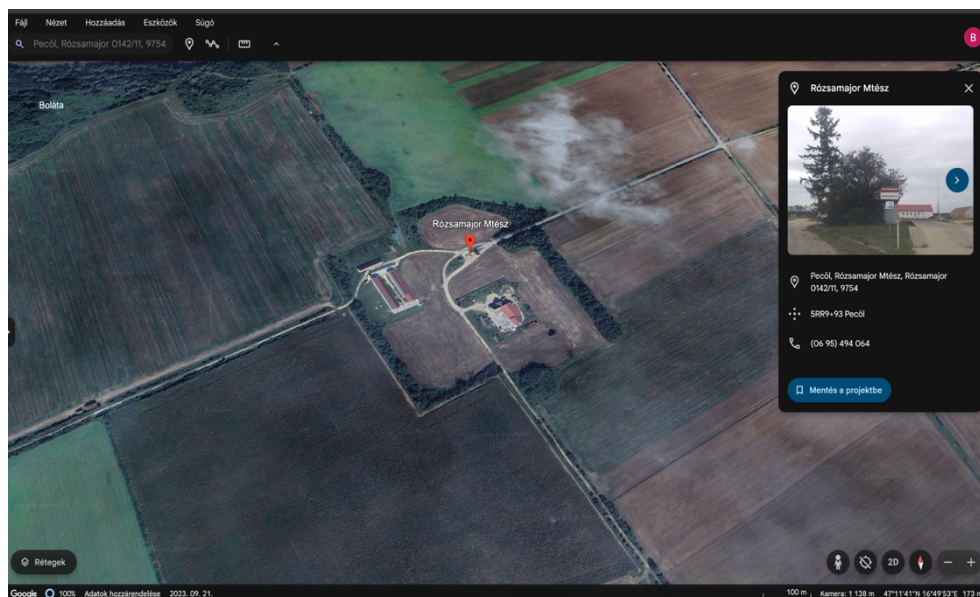
Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a meszező anyagok gyakorolnak-e pozitív hatást a szója gyökereire, gümőképződésére, elérhető terméseredményére, milyen irányban befolyásolják a talaj fizikai, kémiai tulajdonságait.

Az eredmények segítenek eldönteni, hogy a szója termesztését megelőzően szükséges-e, és ha igen akkor milyen anyaggal érdemes a talaj minőségét javítani.

3.2. A vizsgálat helyszíne és körülményei

Vizsgálatomat Pecöl településen végeztem, mely Vas vármegyében a Sárvári járásban helyezkedik el, Sárvártól tíz kilométerre, délnyugatra, Szombathelytől 18 km-re, keletre a Gyöngyös-patak mellett. A település a Sopron – Vasi-síkság középtájhoz tartozó Rábai teraszos sík kistájban fekszik, amely a Nyugat-magyarországi peremvidék nagytájhoz tartozik.

A vállalkozás, melynél a kísérletemet beállíthattam a Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezet (6. ábra), mely elsősorban gabonafélék, hüvelyes növények és olajos magvak termesztésével foglalkozik a települést övező szántóföldi területeken.



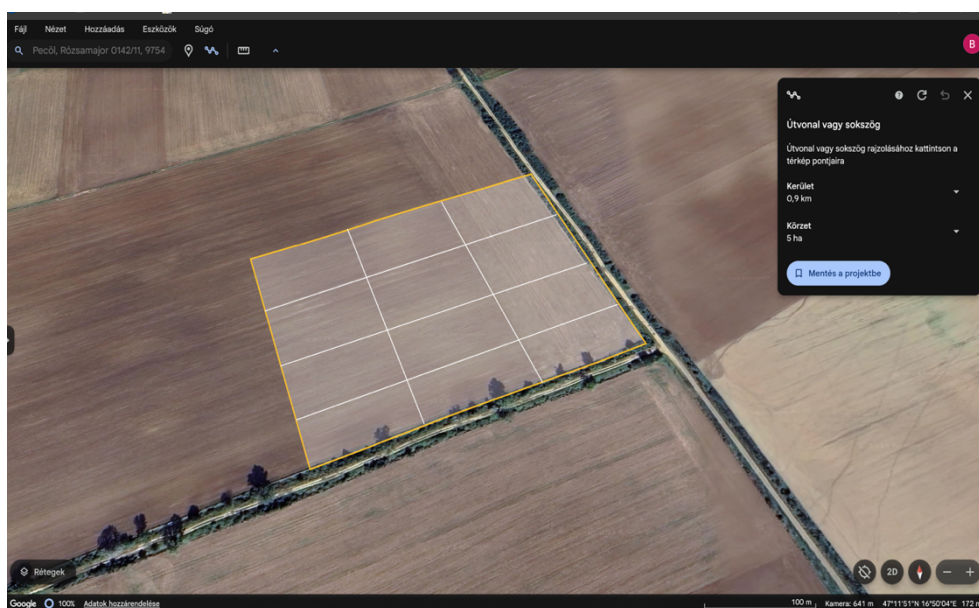
6. ábra Pecöl, Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezet

A kísérleti tábla teljes nagysága 5 hektár volt. A kísérletek beállításánál kisparcellás vizsgálati módszert alkalmaztam, három ismétléssel (7., 8. ábra). A talajmintákat a meszező anyag kijuttatása előtt és a betakarítás után vettem. A parcellák 5 dkg, 3 ismétlésben vett talajmintáiból átlagot készítettem.

A tenyészidő folyamán a szója folyamatosan monitorozva volt. Egy alkalommal mértem fel a virágzás idején, a gyökereken megtalálható gümők számát. A betakarításkor a szója hozama is be lett mérve.



7. ábra Kísérleti blokk pontos helye, Pecöl, Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és
Értékesítő Szövetkezet



8. ábra Kísérleti parcellák hármas ismétlésének az elhelyezkedése, Pecöl, Rózsamajor
Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezet

Szántóföldi vizsgálatom során céлом volt, hogy a talajjavító kezelések hatását pontosan és részletesen meg tudjam állapítani.

A tábla blokk, melyen a kísérlet be lett állítva összesen 5 hektár nagyságú. A blokk egyöntetű talajtani adottságokkal rendelkezett. A szegélyhatás elkerülése érdekében a táblán belül a szélektől 5 méterre, ezen a területen lett kijelölve egy 220 m x 220 m-es, 4,84 hektár nagyságú terület, melyen 55 m x 73 m nagyságú téglalap alakú kisparcellákat alakítottam ki. A négy kezelést három ismételtsben végeztem el. A kisparcellák véletlen blokk elrendezésben lettek kezelve. A blokk elrendezést a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat A kísérleti kisparcellák véletlen blokkos elrendezése, Pecöl 2023

1	2	3
2	3	4
3	4	1
4	1	2

Jelmagyarázat:

1. kezelés: kontroll
2. kezelés: Physiomax
3. kezelés: Kalcifert
4. kezelés: Terracalco

Az 1. kezelés a kontroll terület, melyen nem juttatunk ki semmilyen plusz talajjavító anyagot. Csak azok a készítmények lettek itt felhasználva, melyek mind a négy kezelésben egyformán a szója termesztéstechnológiájának megfelelően szükségesek voltak.

A 2. kezelésben alkalmazott Physiomax talajkondicionáló hatóanyaga CaCO_3 76% + MgO 3%. Alapanyaga foszfor + mescal formula 2,5-5 mm-es nagyságú granulátum. Használata során a savanyú talajok kémhatása emelkedik. A magas mészigényű szója semleges, vagy lúgos kémhatású talajon is meghálálja kijuttatását. A Physio+ biostimulátor tartalma amino-purin láncokból áll, ezért az élettani folyamatok katalizálásán keresztül hatékony tápanyagfelvételt, szállítást és beépülést eredményez. Mészben szegény talajok javítására fejlesztették ki. A kalcium tartalmat a MESCAL biztosítja, mely segítségével hatékony a talajszerkezet és a tápanyagfelvétel javításában. A PHYSIO+ tartalma segíti a kalcium hasznosulását, illetve beindítja a növény intenzív gyökérnövekedését és működését. Felhasználása 300 kg/ha mennyiségben ajánlott a kultúra alá sekély rétegben bedolgozva (http1).

A 3. kezelésben Kalcifert meszező és talaj kondicionál szer került kijuttatásra. A Kalcifert egy 2-5 mm nagyságú szemcsékből álló készítmény, mely őrölt mészkőből készült nitrogén kiegészítéssel. Az összes nitrogéntartalma 7% (m/m), az összes kalcium tartalom (CaCO_3) 75% (m/m). Az ajánlott dózis 200-300 kg/ha között változik növénykultúrák függvényében. Erősen savanyú, 4-5,5 pH értékű talajok esetében 300-600 kg/ha között lehet a kijuttatott mennyiség. A talajban felhalmozódott hidrogénionokkal a nagy finomságú mész gyorsan reakcióba tud lépni. A gyökérzónában így gyorsan bekövetkezik a pH érték javulása. Amellett, hogy a növények számára könnyen felvehetővé válnak a talajban megtalálható tápelemek, a talaj szerkezetét is javítja, javul a talaj hő és vízháztartása (http2).

A 4. kezelésben Terracalco lett felhasználva. A talajjavításra kifejlesztett Terracalco nagy tisztaságú, gyorsan oldódó, szemcsés termék. Segíti a kijuttatott műtrágyák hatékonyabb hasznosulását. Csökkenti a kedvezőtlen körülményekre való érzékenységet a növényeknek azáltal, hogy javítja a talajszerkezetet és a vízháztartást. A kalcium-oxid (CaO) tartalma minimum 95%. Szemcsemérete 2-8 mm. Tárcsás műtrágyaszóróval ki lehet juttatni a területre. A differenciált, hely specifikus kijuttatásra is alkalmas (http3).

Mindhárom készítményből 300 kg/ha mennyiséget juttattam ki a parcellákra.

A meszező anyag kijuttatását a 9. ábrán mutatom be.



9. ábra A meszező anyag kijuttatása, Pecöl 2023

3.3. Kutatás módszerek és a minta bemutatása

3.3.1. Talajmintavétel ideje, helye, eszköze

A talajminták vételére először 2022 őszén került sor azt követően, hogy az elővetemény búza, termése betakarításra került és a területről lekerültek a növényi maradványok. A második mintavétel a szója betakarítását követően 2023. szeptemberében volt. A talaj művelhető állapotban volt, se túl nedves, se túl száraz nem volt. A vizsgálandó terület mérete nem haladja meg az 5 hektárt, mely úgy lett kiválasztva, hogy a teljes blokk egy azonos művelésben legyen és a területén a talaj viszonylag homogén.

A talajmintákat a kijelölt 5 hektáros blokk 12 darab parcellájából gyűjtöttem a meszező anyagok kijuttatása előtt és a betakarítást követően. A kísérletek ismétlésének parcellái ki lettek jelölve. Mind a 12 parcellából a két átló mentén kiválasztott helyről, egységes mélységből (a művelt rétegből) négy-négy mintát vettem, ezeket alaposan összekevertem, így alakult ki egy-egy parcella talajmintája. A laborba 0,2 kg-nyi tömegű átlagminta került be a vizsgálatra mind a 12 parcellából.

A talajmintavételt és a talajszelvényt a *10-11. ábra* mutatja be.

A talajminta vevő eszköz kézi szonda volt. Az általános talajmintavevő szonda oldalán található egy hosszanti nyílás, az ablak, melyen keresztül a vett talajminta könnyen eltávolítható. Tartozéka egy hajtókar mely, megkönnyíti a mintavételt. A talajmintavevő szonda könnyű króm-molibdén acél ötvözetű anyagból készült. Strapabíró, erős kivitelű, a mintavétel során nem görbül, vagy hajlik el és nem csavarodik. A mintavevő átmérője megközelítőleg 2,2 cm, hossza 84 cm. A talaj felső 0-25 cm-es mélységét lehet ezzel a talajminta vevő eszközzel szondázni. Egy leszúrással megközelítőleg 50 gramm földet lehet kinyerni. Így az általam vett parcellánként négy minta összesen 200 grammnyi talajmintát jelentett.



10. ábra Talajmintavétel, Pecöl 2023



11. ábra Talajszelvény, Pecöl 2023

3.3.2. Talajvizsgáló módszerek ismertetése

A 12 parcellából vett mintákat a HL-LAB Talajvizsgáló laboratóriumában vizsgáltam be. A vizsgálataimban segítségemre volt az ott dolgozó laboráns kolléga. A

vizsgálatok menete a laborban előírt eljárások szerint és FILEP (1995) által leírt talajvizsgálati módszerek szerint folyt.

Talajnedvesség mérés

A talajok vízgazdálkodása szoros összefüggésben van a termékenységükkel. Jellemzi őket a bennük tárolható víz mennyisége mellett, annak növények általi felvehetősége és a nedvesség térbeli és időbeli változása. A vizsgált talajminták grammokban kifejezett nedvességtartalmát 100 g talajra vonatkoztatva tömeg %-ban határoztam meg. A laboratóriumban a talajmintáknak gravimetriás eljárásban először megmértem a nedves tömegét, azt követően szárítószekrényben 105-110°C-on történő, 24 órás kiszáraitását követően ismét megmértem a száraz talaj tömegét. A nedvességtartalmát ezen két érték különbsége alapján állapítottam meg a következő képlet alapján. A húsz parcella talajából vett minták vizsgálatánál két mérést végeztem, melyből átlagértéket számoltam.

$$N_{t\%} = \frac{G_n - G_{sz}}{G_{sz}} \times 100$$

$N_{t\%}$ = nedvességtartalom tömeg %-ban

G_n = nedves talaj tömege

G_{sz} = száraz talaj tömege

Aranyféle kötöttségi szám meghatározása

Az Aranyféle kötöttségi szám a talajok fizikai féleségének a meghatározására szolgál.

A vizsgálathoz egy porcelán mozsárba 100 g légszáraz porított talajt mértem egy-egy mintából. Kevergetés közben a talajmintához bürettából desztillált vizet adagoltam, a dörzsölővel a vizet a talajjal folyamatosan eldolgoztam. A vizet addig adagoltam, míg a minta el nem érte azt a konzisztenciát, hogy a fonálpróbát el tudjam végezni.

A 100 gramm talajoz, az épp nem folyós pép állapot eléréséhez szükséges adagolt víz mennyisége milliliterben adja az Aranyféle kötöttségi szám értékét. A képlet:

$$K_A = \frac{V}{m} \times 100$$

K_A = Aranyféle kötöttségi szám

V = fogyott víz mennyisége milliliterben

m = bemért talaj grammban

A fizikai talajféleségek Aranyféle kötöttségi szám szerint besorolását a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat A fizikai talajféleségek besorolása az Aranyféle kötöttségi szám szerint

Fizikai talajféleségek	K _A
Durva homok	<25
Homok	25-30
Homokos vályog	31-37
Vályog	38-42
Agyagos vályog	43-50
Agyag	51-60
Nehéz agyag	61-80

Forrás: STEFANOVITS (1999)

A talaj pH meghatározása

A talaj kémhatása, a lúgos, közömbös, vagy savas voltukat jelenti, mely az oldatban lévő H⁺ ionok koncentrációjától függ. A gramm ion/l-ben megadott H⁺ ion koncentrációk számértéke nagyon kicsi, emiatt annak a mínusz eggyel szorzott tízes alapú logaritmusát használjuk a kémhatása kifejezésekor.

$$\text{pH} = - (1) \times \log (\text{H}^+) = 1/\log (\text{H}^+) \\ (\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}}$$

A talaj pH alatt a talaj folyékony fázisának a kémhatását értjük. A minták bemérése során mindkét módszer szerint megmértem a talajminták pH értékét. Egy-egy üveg pohárban a légszáraz talajt mind 2,5-szeres mennyiségű desztillált vízzel, mind 2,5-szeres mennyiségű KCl – oldattal felengedve, jól összekavarva 1:2,5 arányú szuszpenziót készítettem. A szuszpenziót 20 percig állni hagytam. Ezt követően mértem meg a talajminták pH értékét. A szakirodalmi források szerint a KCl-os minta savanyúbb lesz, mint a desztillált vízzel hígított. Erősen savanyú talajoknál különösen nagy eltérés adódhat. A szuszpenzió kémhatása alapján az 5. táblázat szerinti csoportokba soroljuk a talajokat.

5. táblázat A talaj szuszpenzió kémhatása szerint besorolás

erősen savanyú	pH < 4,5	savanyú
savanyú	pH = 4,5 - 5,5	
gyengén savanyú	pH = 5,5 – 6,8	
közömbös (semleges)	pH = 6,8 – 7,2	semleges
gyengén lúgos	pH = 7,2 – 8,5	lúgos
lúgos	pH = 8,5 – 9,0	
erősen lúgos	pH > 9,0	

Forrás: FÜLEKY-FILEP (2010)

Hidrolitos aciditás meghatározása

Ez a mérőszám a talajsavanyúság és a mészigény megítélésére szolgál. A hidrolitos aciditást rendszerint akkor szoktuk meghatározni, ha a talaj kémhatása (desztillált vizes közegben) < 5,8-nál, vagy jelentős különbség található a desztillált vizes és a KCl-os szuszpenzióban meghatározott értékek között.

A savanyú talajt Ca-acetáttal, hidrolitosan bomló sóoldattal kezeljük. A só kationját a talaj megköti. Az anionból így keletkező rosszul disszociáló gyenge savat acidimetriásan mérjük, és ebből tudjuk kiszámítani az y_1 értéket a hidrolitos aciditást. A mérést követően ez a paraméter azt mutatja meg, hogy a talajszemcsék, kolloidok felületén megkötve mennyi savanyúságot okozó H^+ ion találunk. A kapott értékből tudjuk megállapítani, hogy szükséges-e meszező anyagok kijuttatása a területre.

Amennyiben az y_1 értéke 8-nál nagyobb mindenképp szükséges a terület meszezése, 4-8 érték között feltételesen, csak a savanyúságra érzékeny növény termesztése esetén szükséges a talaj javítása, 4 alatti értéknél pedig nincs szükség mész kijuttatására.

Mész javítóanyag (hatóanyagban) FILEP meghatározása alapján (1999):

$$CaCO_3 \text{ t/ha} = (y_1 * KA \text{ (Arany féle kötöttség)/100}) * 1,74$$

A vizsgálat során a légszáraz talajmintákból 40 grammot mértem be egy 250 cm³-es rázóedénybe. Hozzáadtam 100 cm³, 0,5 mol/ dm³-es kalcium-acetát oldatot. Ezt követően körforgó rázógépen egy órán keresztül rázattam. Egy óra elteltével a szuszpenziót leszűrtem és fenolftalein indikátor mellett 0,1 mol/ dm³ koncentrációjú nátrium-hidroxid mérőoldatot

adtam hozzá. A reakcióegyenlet ismeretében a titrálásra fogyott értékből az alábbi képlet alapján tudjuk kiszámolni a hidrolitos aciditás értékét.

$$y_1 = \frac{V_{NaOH} \times c_{NaOH}}{0,1} \times 2,5 [cm^3]$$

Nitrát meghatározás Felföldy szerint

A nitrát-nitrogén meghatározása FELFÖLDY (1987) szerint történt. A módszer elve, hogy a nitrát- ion kénsavas közegben nátrium-szaliciláttal sárga színt alkot, ami 0,02-5,0 mg/liter⁻¹ NO₃ koncentrációk között alkalmas mennyiségi meghatározásra.

A módszer főbb lépései: 10 gramm talajt és 50 ml desztillált víz elegyét egy órára rázógépbbe helyeztük, ekkor a nagyobb szemcsék és talajalkotó részek az edény szélén koncentráálódtak. Ezután 8 percig centrifugáltuk. Az ekkor keletkezőt elegyből 10 ml kristályosító tálba tettük és adtunk hozzá 2 ml 0,5 %-os töménységű nátrium-szalicilátot és bepároltuk. Miután elpárolgott a maradék víz 2 ml tömény kénsavat adtunk hozzá és mikor kihűlt hozzátettünk még 15 ml Seignette sót és 15 ml desztillált vizet. Hűlés után a sárga színű oldatot 410 nm-on fotometráltuk.

AL oldható P₂O₅ tartalom meghatározása

A talajból az ammónium-laktát (AL) oldattal kivonható különböző foszfor tartalmú vegyületek mennyiségét jelenti P₂O₅ alakban. A talaj összes foszfor mennyiségéből a növények csak a számukra hozzáférhető foszfort tudják felhasználni. Ennek a bemérése, az AL ammónium-laktát módszerrel becslése történik. A foszfor esetében a mésztartalom befolyásolhatja az értékelést.

Ha a foszfortartalom < 150 mg/kg-nál - foszforban szegény a talaj,
150 és 200 mg/kg között - közepesen ellátott,
200 és 300 mg/kg között - jól ellátott,
> 300-nál - foszforban gazdagon ellátott a talaj.

Összességében, a termesztett növénytől és a talaj típusától függetlenül jónak mondható P₂O₅ tartalom 150-160 mg/kg közötti érték (SZAKÁL et al., 2014).

AL oldható K₂O tartalom meghatározása

A talajból az ammónium-laktát (AL) oldattal kivonható különböző kálium tartalmú vegyületek mennyiségét jelenti K₂O alakban. A talaj összes kálium mennyiségéből a növények csak a számukra hozzáférhető káliumot tudják hasznosítani. Ennek a bemérése, becslése történik az AL ammónium-laktát módszerrel. A kálium esetében az Arany féle kötöttség befolyásolhatja az értékelést.

Ha a kálium < 100 mg/kg-nál - káliumban szegény a talaj,

100 és 200 mg/kg között - közepesen ellátott,

200 és 300 mg/kg között - jól ellátott,

> 300-nál - káliumban gazdagon ellátott a talaj.

Összességében a termesztett növénytől és a talaj típusától függetlenül a jónak mondható K₂O tartalom 180-200 mg/kg közötti érték (SZAKÁL et al., 2014).

Humusz % meghatározása

A szokványos laboratóriumi vizsgálatokkal a talaj humusztartalmának vizsgálatakor a valódi humuszanyagokon kívül bemérésre kerül a talajban megtalálható összes lebomlott szerves anyag. Ez alól kivételt képeznek azok a szerves maradványok, melyek szemmel jól láthatóak a vizsgálat megkezdése előtt a mintából eltávolításra kerülnek.

A szerves vegyületek könnyen oxidálhatóak, mely tulajdonságuk adja a mennyiségi meghatározásuk alapját. Az oxidáció során elfogyasztott oxidálószer mennyiségéből tudjuk kiszámolni a szerves kötésű C tartalmat. A széntartalomból következtethetünk a humusz mennyiségére. A talaj szerves anyagainak 58%-át vesszük C-tartalomnak. Így a mért szerves szenet $100/58 = 1,724$ -el kell megszorozni, hogy megkapjuk az összes szerves anyag tartalmat tömeg %-ban.

$$Hu\% = \text{szerves } C\% \times 1,724$$

A talajok humusztartalom szerint felosztását a 6. táblázatban foglalom össze.

6. táblázat A humusztartalom szerint talajminősítés

humuszban szegény talaj	< 2%
közepes humusztartalmú talaj	2 – 4%
humuszban gazdag talaj	> 4%

Forrás: FÜLEKY-FILEP (2010)

Nitrát feltáródás vizsgálata

A röviden, nitrát tartalomnak nevezett adat, NO_3^- ion formájában a talajban előforduló nitrogén mennyiségével egyenlő, melyet 1 M KCl - oldattal lehet a talajból kivonni (SZAKÁL et al., 2014).

A talaj ásványi nitrogén tartalmának meghatározására is lehetséges. Az ásványi nitrogén formák azok, melyeket a növény közvetlenül tud hasznosítani. Ezek közé tartozik az ammónia, a nitrit és a nitrát. Közülük a legfontosabb a nitrát, NO_3^- mivel legnagyobb mennyiségben ez található meg a talajban. Az ammónia és a nitrit mennyisége a természetben elhanyagolható, mivel rövid idő alatt mindkettő nitráttá alakul. A tavasszal felvehető ásványi nitrogén induló mennyiségének a meghatározásához a talajmintavételt tél végi, kora tavaszi időpontra kell időzíteni. Ekkor még az alacsony talajhőmérséklet miatt még nem indult be a mikrobiológiai aktivitás, a humuszból még nem megy végbe a mineralizáció (CZINEGE, 2014).

Beállítottunk egy inkubációs, érlelési kísérletet eredeti nedvesség tartalom mellett és állandó hőmérsékleten, 28°C-on. A beállítás időpontjában és az érlelés végén is meghatároztuk a talajok nitrát tartalmát. A kísérlet során a szerves nitrogénből nitrát képződött a nitrifikáció során. Ez az eredmény arra mutat rá, hogy optimális körülmények között milyen mértékben szabadul fel a szerves kötésből a nitrogén.

3.3.3. Szója gümőszám vizsgálat

A szója gyökerén megtalálható gümők számát egy alkalommal, a virágzás idején mértem fel. A parcellákból a két átló mentén, véletlenszerűen választottam ki a töveket. A szója növényt ásóval kifordítottam, a gyökerén található gümőket megszámláltam. Az eredmények értékeléséhez a mintákból kezelésenként egy átlagértéket számoltam.

A gyökerek állapotát kezelésenként a 12-13-14-15. ábrákon mutatom be.



12. ábra **Kontroll területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023**



13. ábra **Physiobox területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023**



14. ábra **Kalcifert területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023**



15. ábra **Terracalco területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023**

3.3.4. Terméseredmény vizsgálata

A szója betakarítás 2023. szeptember 13. napján zajlott. A betakarítást a szövetkezet tulajdonában lévő kombájnnal végeztük (16. ábra). A kezelések terméseredményei külön kerültek lemérésre.



16. ábra Szója betakarítása, Pecöl 2023

A négy vizsgált kezelés parcelláin a betakarítást követően a termésmennyiség be lett mérve (17. ábra). A három ismétlés eredménye alapján egy hektáronkénti termésmennyiség lett meghatározva tonnában kezelésenként.



17. ábra A terméseredmény mérése betakarításkor, Pecöl 2023

3.4. Eredmények

3.4.1. Talajvizsgálati eredmények vetés előtt és betakarítást követően

A vetés és a kezelések előtti talajállapotokat jellemző talajminták eredményét a 7. táblázat tartalmazza. A 8. táblázatba a betakarítást követően végzett vizsgálat talajmintáinak adatait foglaltam össze.

A vizsgált talajminták fizikai félesége az Arany-féle kötöttség alapján homokos-vályog. A talajok gyenge humusz-ellátottsági szinttel jellemezhetőek (1,5-2,1). A humusztartalom a betakarítást követően minden esetben nagyobb volt.

A talajminták kevés karbonátot tartalmaznak mind a kezelés előtt, mind a betakarítást követően. Az értékük 1,3% és 1,8% között változik. A Kalcifert kezelés esetében nem történt változás, a Physiomax-al kezelt területen 0,2% volt a növekedés, míg a kontroll területen és a Terracalco kijuttatását követően 0,4%, illetve 0,2% volt a csökkenés.

A tápanyag ellátottság tekintetében foszforral gyengén vagy közepesen ellátott, míg káliummal közepesen, vagy jól ellátott területen folytattam kísérletem. A foszfor tartalom a kontroll terület kivételével mindhárom területen nőtt. A kálium tartalom 100 g talajban 169 mg és 203 mg között változott vetés előtt. A betakarítást követően mind a négy kezelés esetében növekedés volt tapasztalható. Legnagyobb mennyiségű növekedést, 56 mg/100 g, a Terracalco kezeléssel sikerült elérni. A Kalcifert kezelés 30 mg/100g kálium tartalom növekedést eredményezett. A Physiomax-al kezelt és a kontroll terület közel azonos 21 és 20 mg/100 g növekedést produkált.

7. táblázat A talajminták általános jellemzői és tápanyagtartalma (P_2O_5 , illetve K_2O mg/100 g talaj) a vetés előtt, Pecöl 2023

Kezelés	Fizikai féleség	Arany-féle kötöttség (-)	Humusz tartalom (%)		Karbonát tartalom (%)		Foszfor tartalom (mg/100g talaj)		Kálium tartalom (mg/100g talaj)	
	Átlag	Átlag	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Physiomax	3	33	1,6	0,7	1,5	0,9	97	21	179	25
Kontroll	3	35	1,8	0,8	1,7	0,7	200	184	177	34
Kalcifert	3	34	1,5	0,2	1,8	0,7	154	37	203	44
Terracalco	3	35	1,5	0,5	1,5	0,3	88	22	169	31

8. táblázat A talajminták általános jellemzői és tápanyagtartalma (P₂O₅, illetve K₂O mg/100 g talaj) betakarítás után, Pecöl 2023

Kezelés	Fizikai féleség	Arany-féle kötöttség (-)	Humusz tartalom (%)		Karbonát tartalom (%)		Foszfor tartalom (mg/100g talaj)		Kálium tartalom (mg/100g talaj)	
	Átlag	Átlag	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Physiomax	2	32	2,1	0,4	1,7	1,7	107	22	200	9
Kontroll	3	33	2,0	0,5	1,3	0,3	164	87	197	32
Kalcifert	3	31	1,9	0,6	1,8	1,0	167	68	233	14
Terraclaco	3	33	2,0	0,9	1,3	0,2	111	11	225	19

3.4.2. A talaj kémhatása, hidrolitos aciditás vetés előtt és betakarítást követően

A talajvizsgálati eredmények közt külön figyelmet fordítottam a talaj kémhatására, annak változására és a hidrolitos aciditás értékére. A vizsgálat eredményeit a 9. táblázatban foglalom össze. A változások mértékét a könnyebb áttekinthetőség érdekében a 10. táblázatban ismertetem.

A talaj kémhatásában jelentős változás nem következett be egyik kezelés esetében sem. A pH(H₂O) és a pH(KCl) értékeit megvizsgálva láthatjuk, hogy kémhatás értékében a változás egy esetben sem érte el a 0,5 értéket. Legnagyobb arányban a Physiomax-al lehetett változást elérni, de az is átlagosan 0,35 pH(H₂O), 0,44 pH(KCl) érték volt.

A hidrolitos aciditás átlagértékeit vizsgálva látjuk, hogy a Physiomax alkalmazása esetén 0,43-mal csökkent a talajsavanyúság mértéke, a Kalcifert és Terracalco esetében a kezelés előtti értékhez képest átlagértékekben növekedés volt tapasztalható. A részletes adatok több esetben is mutatták az y1 csökkenését a kezelés hatására, de ez az átlagértékben és a mérés nagy szórása miatt nem jelenik meg az eredményekben, statisztikailag nem igazolható.

A vetés előtti és betakarítás utáni vizsgált esetek 87%-ában 8 alatti az y1 érték, mely esetben a mészhatás csak harmada a jelentős hidrolitos savanyúság értékkel jellemezhető talajokéhoz képest.

9. táblázat A talajminták kémhatása (pH(H₂O), pH(KCl)) és hidrolitos aciditása (y1) a vetés előtt és a betakarítás után, Pecöl 2023

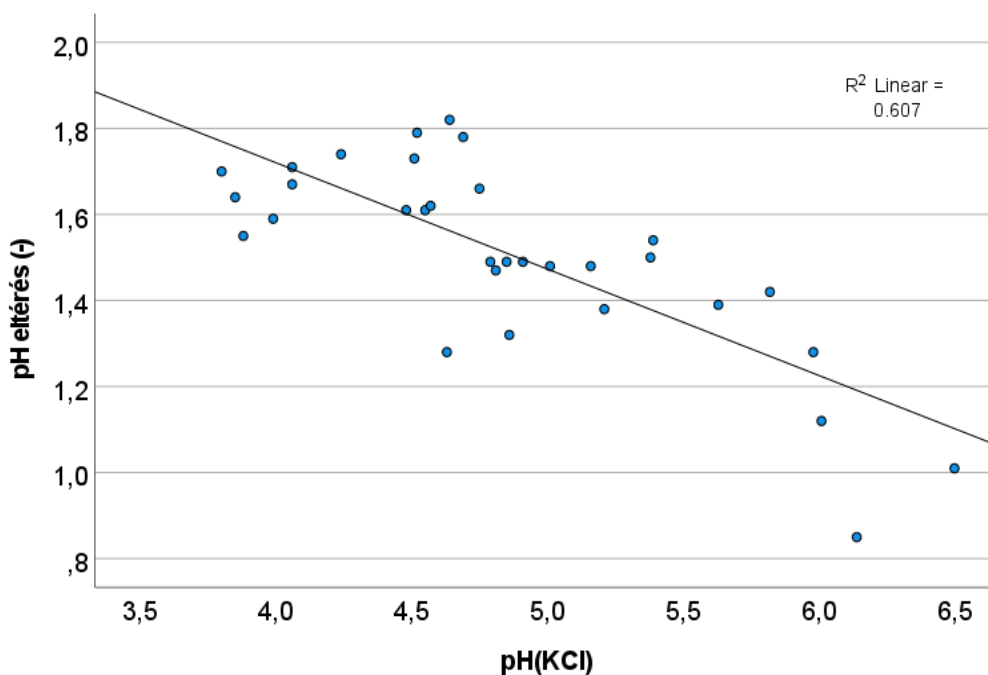
Kezelés		pH(H ₂ O)		pH(KCl)		y1 érték (-)	
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Physiomax	Vetés előtt	6,1	0,6	4,5	0,7	7,2	2,3
	Betakarítás után	6,4	0,5	5,0	0,7	6,8	2,3
Kontroll	Vetés előtt	6,6	0,6	5,0	0,8	6,2	2,6
	Betakarítás után	6,7	0,5	5,2	0,6	6,3	1,9
Kalcifert	Vetés előtt	6,5	0,8	5,0	1,1	6,2	2,3
	Betakarítás után	6,5	0,5	5,1	0,9	6,7	3,1
Terracalco	Vetés előtt	6,1	0,4	4,4	0,4	7,2	2,1
	Betakarítás után	6,1	0,4	4,6	0,4	8,2	1,6

10. táblázat A kémhatás, hidrolitos aciditás különbsége – vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023

	Különbség pH(H ₂ O)		Különbség pH(KCl)		Különbség y1	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Physiomax	0,35	0,46	0,44	0,45	0,43	1,40
Kontroll	0,05	0,23	0,16	0,35	-0,15	1,21
Kalcifert	0,02	0,36	0,14	0,38	-0,48	1,52
Terracalco	0,06	0,06	0,22	0,06	-1,05	1,17

A pH értékek különbsége a korrelációs táblázat alapján elsősorban a kiindulási kémhatás értékektől függ, az összefüggés szignifikáns, fordított arányosság szerinti ($r = 0,771$ de azért pozitív mert a kivonás eredménye pozitív érték) (18. ábra).

A táblázat azt is mutatja, hogy minél nagyobb az aktuális és potenciális savanyúság értékek közötti különbség, annál nagyobb mértékű a pH változása.



18. ábra A $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ és $\text{pH}(\text{KCl})$ értékek különbsége a talaj potenciális savanyúságának összefüggése ($\text{pH}(\text{KCl})$)

3.4.3. Karbonát tartalom és szükséglet meghatározása

A kiindulási karbonát-tartalomhoz képest a betakarítást követően meghatározott, csak a Physiomax-al végzett kezelés esetében változik pozitív irányban. A vizsgálat során mért adatok átlagértékeit a 11. és 13. táblázatban foglalom össze. A 12. táblázat tartalmazza a talajjavításhoz szükséges CaCO_3 100%-os mennyiségét, a talaj felső 20 cm-es rétegének javításához, hektáronként. A gyakorlatban használt javítóanyagok hatóanyagok hatóanyagtartalmát és szemcsenagyságát figyelembe kell venni.

A karbonát taralom a Kalcifert kezelések esetében volt a legmagasabb, 1,8%, viszont értéke a vetés előtt és a betakarítás után megegyezett. A Physiomax kezelésben részesített területeken 0,2%-os növekedés volt tapasztalható, míg a Terracalcoval kezelt területen és a kontroll parcellákon csökkenést tapasztaltunk. Az előbbi esetben 0,2%, az utóbbiban 0,4% volt a csökkenés.

A szükséges mész mennyiségét, azaz a karbonát szükségletet az y_1 érték alapján határozzuk meg úgy, hogy egy Arany-féle kötöttségi számtól függő tényezővel szorozzuk azt.

11. táblázat A talajminták karbonát tartalma és karbonát szükséglete a vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023

		Karbonát tartalom (%)		Karbonát szükséglet (t/ha)	
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Physiobox	Vetés előtt	1,5	0,9	4,1	1,3
	Betakarítás után	1,7	1,7	3,6	0,8
Kontroll	Vetés előtt	1,7	0,7	3,7	1,5
	Betakarítás után	1,3	0,3	3,7	1,1
Kalcifert	Vetés előtt	1,8	0,7	3,7	1,5
	Betakarítás után	1,8	1,0	3,5	1,3
Terracalco	Vetés előtt	1,5	0,3	4,4	1,8
	Betakarítás után	1,3	0,2	4,7	0,7

12. táblázat Talajjavítás CaCO₃ szükséglete

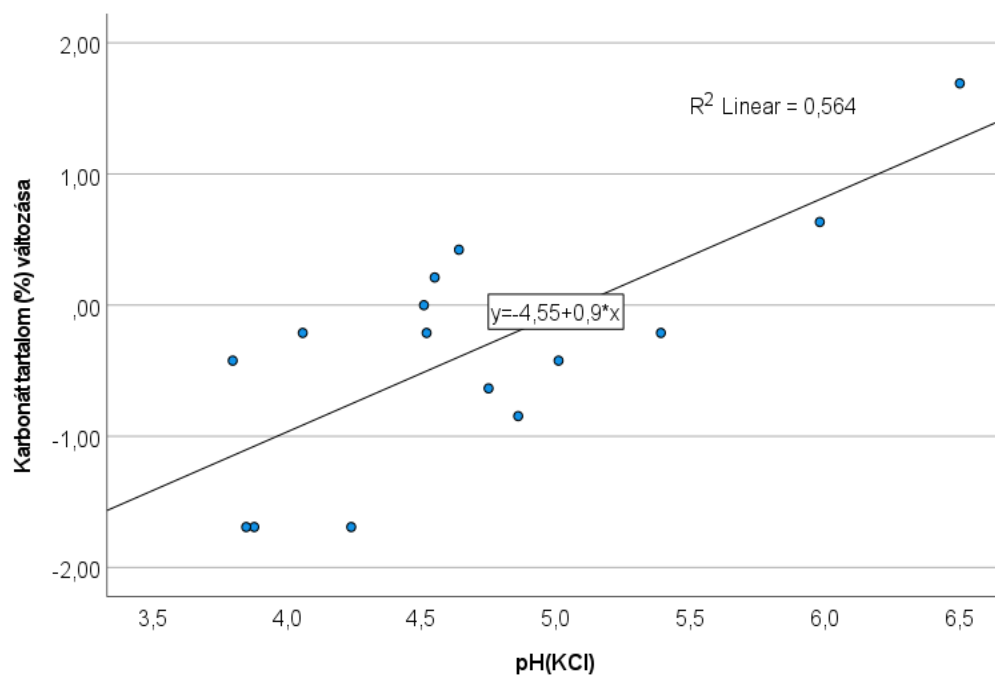
K _A	CaCO ₃ t/ha
< 30	0,35 * y ₁
30-40	0,52 * y ₁
40-50	0,70 * y ₁
50 <	0,87 * y ₁

13. táblázat A talajminták karbonát tartalma és karbonát szükséglete a vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023

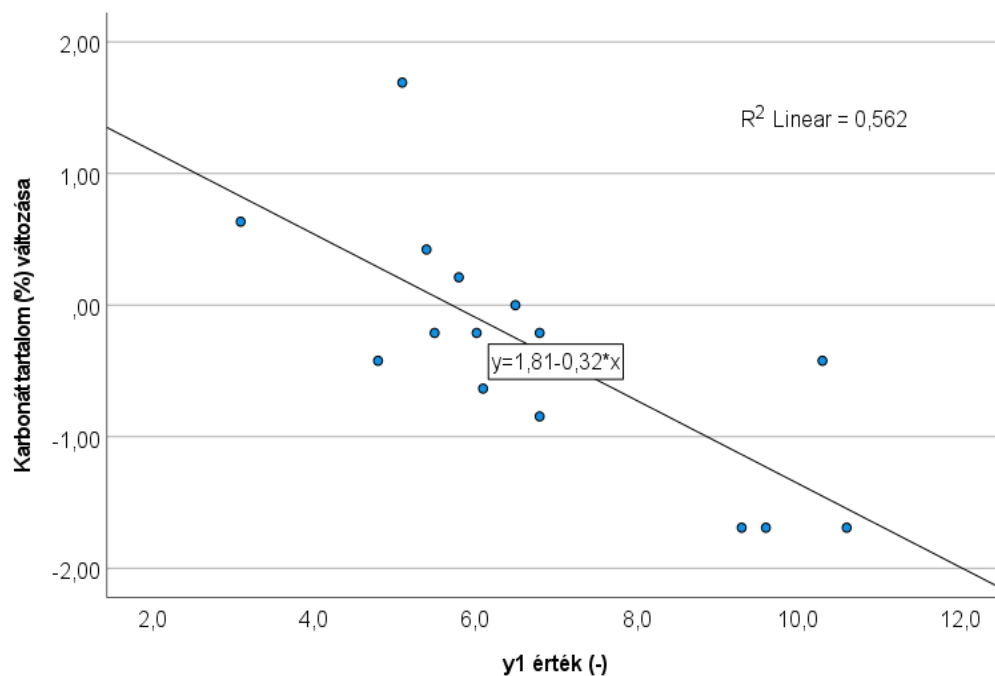
		Karbonát tartalom (%)		Karbonát szükséglet (t/ha)	
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Physiobox	Vetés előtt	1,5	0,9	3,8	1,2
	Betakarítás után	1,7	1,7	2,8	0,4
Kontroll	Vetés előtt	1,7	0,7	2,9	1,4
	Betakarítás után	1,3	0,3	3,3	1,0
Kalcifert	Vetés előtt	1,8	0,7	3,2	1,2
	Betakarítás után	1,8	1,0	2,5	0,9
Terracalco	Vetés előtt	1,5	0,3	3,7	1,1
	Betakarítás után	1,3	0,2	4,3	0,8

A 19., 20. ábra a karbonát tartalom különbségét mutatja a talaj potenciális savanyúságának, illetve a hidrolitos aciditásának függvényében.

A karbonáttartalom változása esetünkben az y₁ < 5,5 alatt tapasztalható. A meszezés szükségletét savanyúságra érzékeny kultúráknál 4 felett már javasolják. Ezzel összhangban van az eredmény, hiszen ezen az látható, hogy a karbonátot csak elfogyasztotta a talaj, ennél nagyobb hidrolitos aciditás mellett és nem hasznosult, tartamhatása nincsen.



19. ábra A karbonát tartalom különbsége a talaj potenciális savanyúságának függvényében (pH(KCl)) – kezelés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023



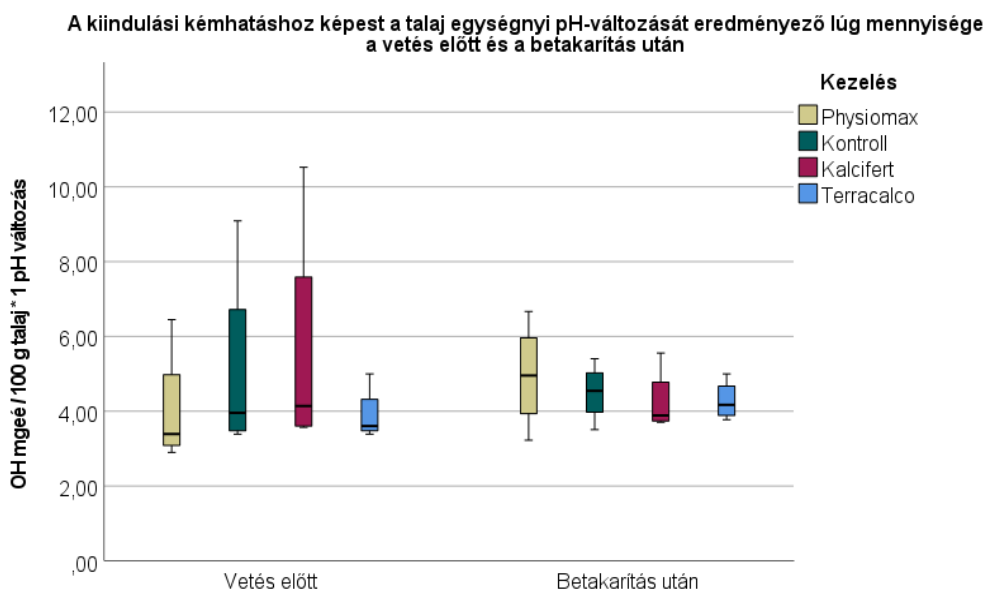
20. ábra A karbonát tartalom különbsége a talaj hidrolitos aciditásának függvényében (y1) – kezelés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023

3.4.4. A talaj puffer rendszerének vizsgálata

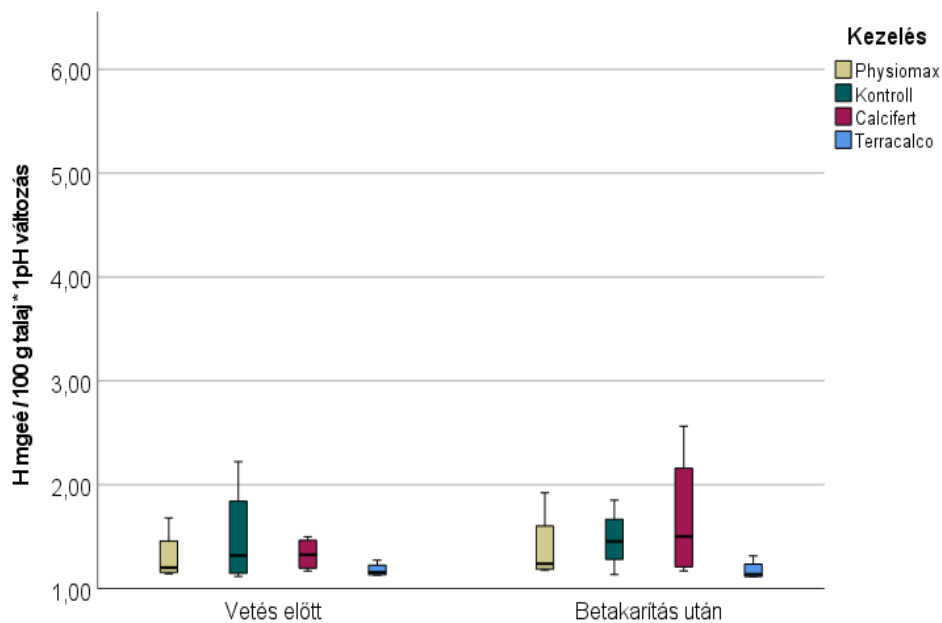
Kísérletem során vizsgáltam a talaj puffer kapacitását, azaz a talaj pufferoló képességét. Arra voltam kíváncsi, hogy milyen mértékben képes ellenállni a talaj a kémhatás változásának. A puffer rendszer alkotói a sav és a só. A puffer kapacitást a humusztartalom és a kötöttség is befolyásolja. A kémhatás értékét adott kezelés mellett, a humusz, a kezdeti pH és a KA egyenes arányosság szerint, az y_1 fordítottan határozza meg. Minél nagyobb az érték, annál rosszabb a talaj pufferkapacitása. A megfigyeléseimnél az volt a kérdés, hogy az azonos talajtípus magához képest hogyan viselkedik.

Az y_1 értékekkel a lúgos tartomány puffer kapacitása fordított arányosság szerint növekszik. Savas kémhatáson pH befolyásoló annak kiindulási értéke. A savtompító képességet egyértelműen a humusz határozza meg leginkább, de befolyásolja a kiindulási pH és a kötöttség. Minél nagyobb a kötöttség annál jobban tompít. A pH értékek közötti különbség minél nagyobb, annál kevésbé tudja a talaj jól tompítani a kémhatásváltozást. Ez igaz a lúgos tartományban is.

Ha leválogatjuk azokat a talajokat, amelyek pH(DV) értéke kisebb egyenlő 6-al akkor a kezelések között szignifikáns eltérés tapasztalható. Az eltérések mértékét a hozzáadott lúg és sav mennyisége alapján a 21., 22. ábra szemlélteti.

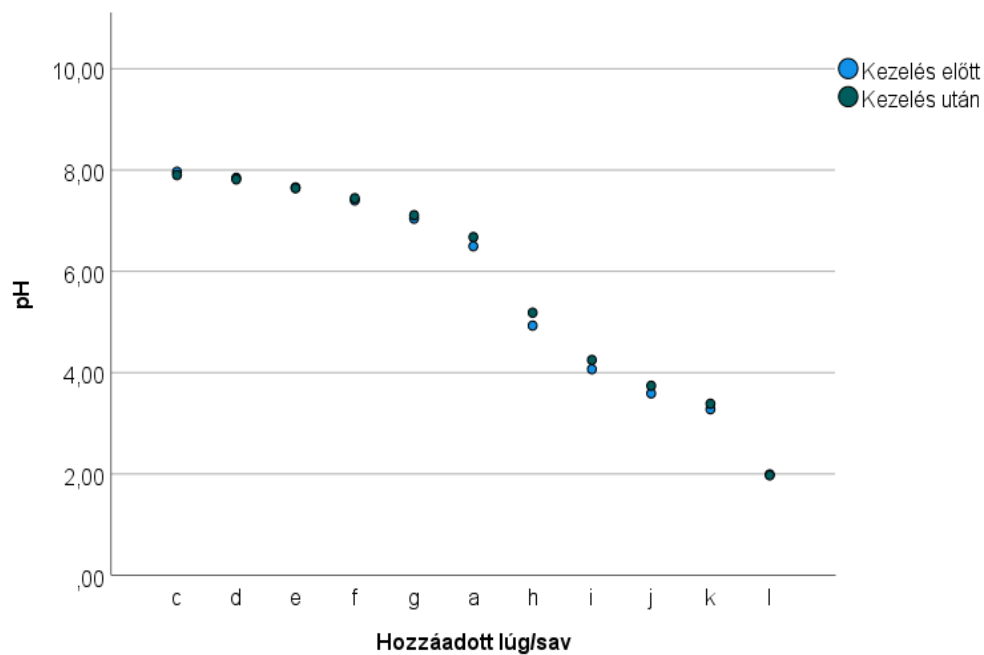


21. ábra Egységnyi pH változást eredményező lúg hozzáadott mennyisége a kiindulási kémhatáshoz képest – vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023

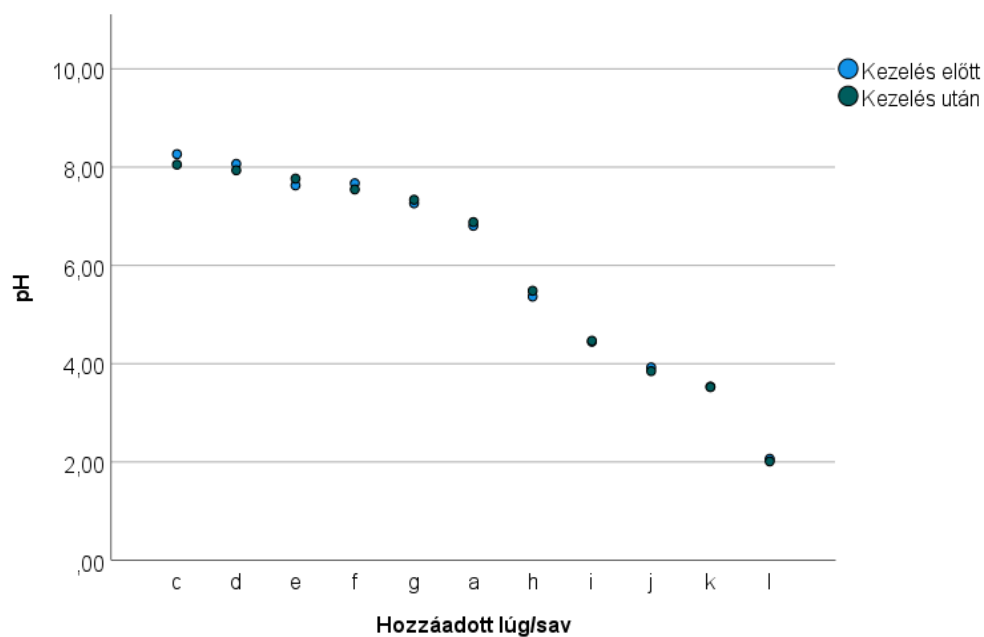


22. ábra **Egységnyi pH változást eredményező sav hozzáadott mennyisége a kiindulási kémhatáshoz képest – vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023**

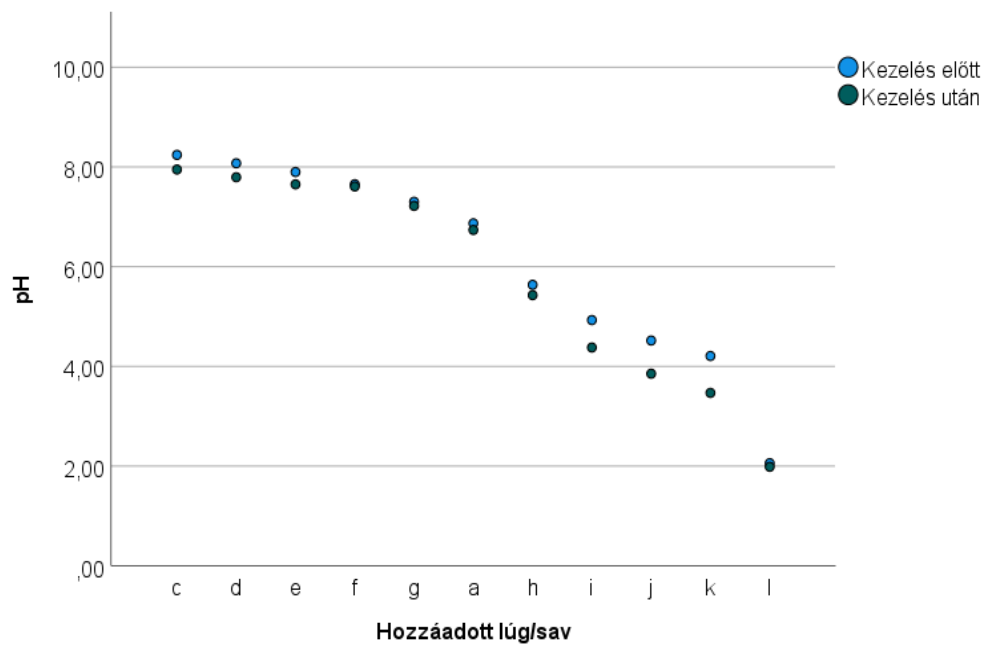
A különböző kezelések előtt és utáni talajok puffer képességi görbéi nem mutatnak jelentős változást (23-24-25-26. ábra). HA a puffer görbe laposabb lesz, az jelzi, hogy változott a talaj puffer képessége. Ugyanakkor a meszezés hatására változás esetünkben a gyengén savanyú talaj és a kis mészadag alapján, a görbe meredekségének változásával értékelhető, kismértékben ki is mutatható.



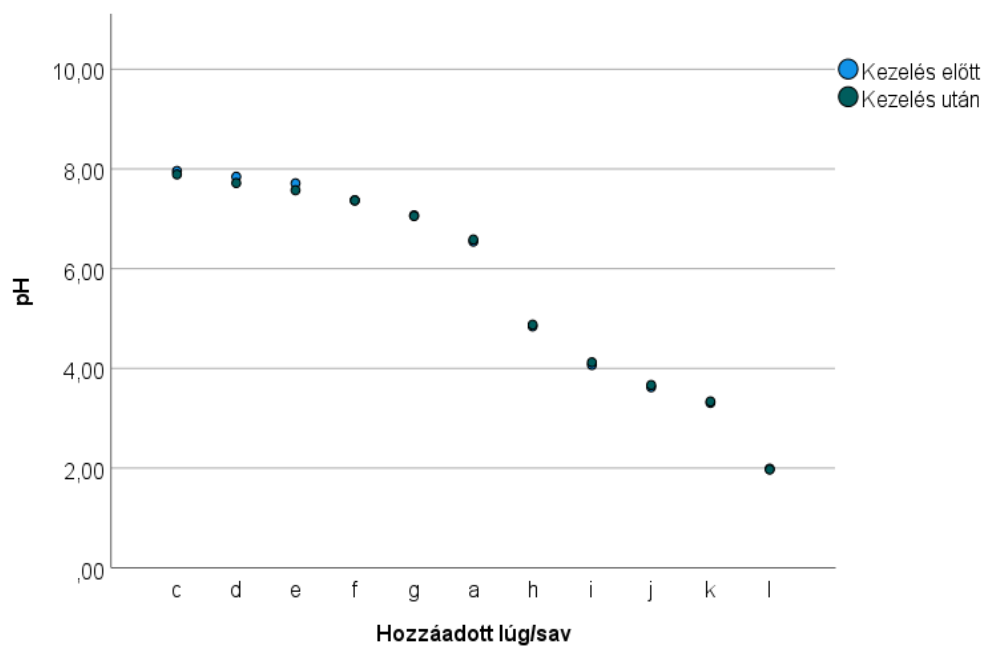
23. ábra Puffer görbe Physiomax kezelés előtt és után, Pecöl 2023



24. ábra Puffer görbe Kontrol kezelés előtt és után, Pecöl 2023



25. ábra Puffer görbe Kalcifert kezelés előtt és után, Pecöl 2023

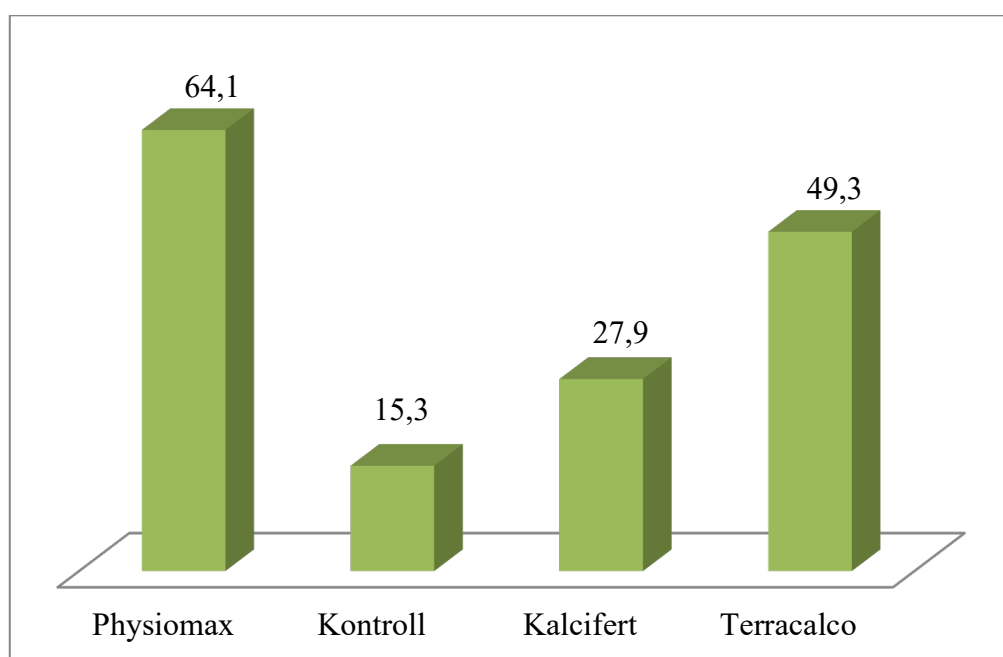


26. ábra Puffer görbe Terracalco kezelés előtt és után, Pecöl 2023

3.4.5. Szója gyökérgümő szám

A szója gyökerén megtalálható gümők számában jelentős eltérést tapasztaltam. Az eredményeket a 27. ábra szemlélteti.

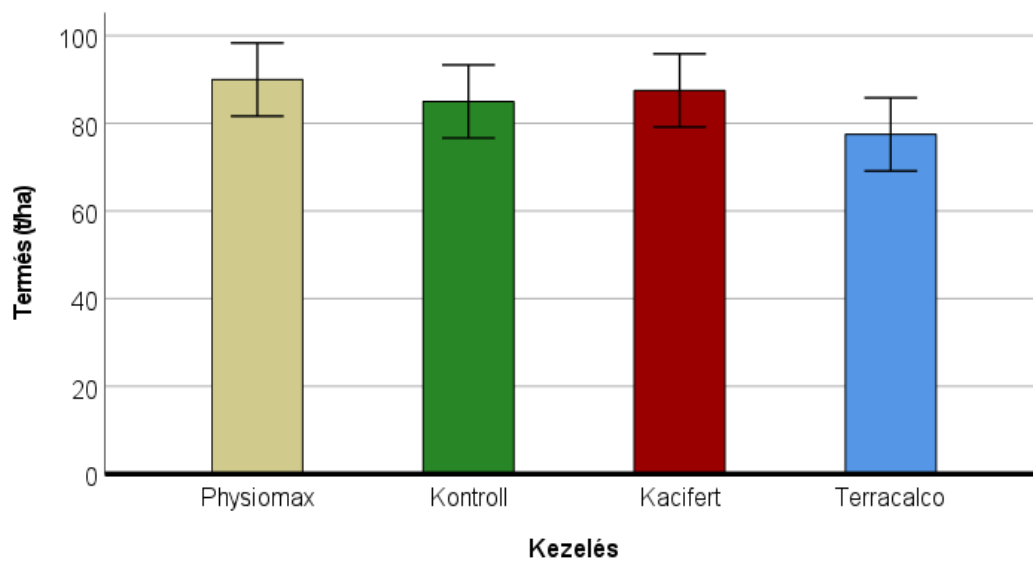
A legjobb eredményt a Phsyiomax kezeléssel tudtam elérni. A kontrollhoz képest ez az érték több mint négyszeres eredményt hozott. A második legmagasabb gümő számot, 49,3 darabot, a Terracalco kezeléssel sikerült elérni. Ez is több mint háromszorosa a kontrol területen mért darabszámnak. Nem elhanyagolható a Kalceifert hatása sem, hiszen a közel kétszerese az elért darabszám a kontrollénak, bár az első két kezelés eredményétől lényegesen elmarad.



27. ábra Szója gyökérgümők darabszáma kezelésenként, Pecöl 2023

3.4.6. A talajjavító anyagok terméseredményre gyakorolt hatása

A terméseredmények átlagmintája kezelésenként lett vizsgálva. A legmagasabb terméseredményt a közel 4,61 t/ha-t a Phsyiomax kijuttatásával sikerült elérni. Tőle néhány százalékkal lemaradva második legnagyobb termést a Kalceifert-el kezelt területe adta szintén közel 4,57 t/ha-al. Harmadik helyen a kontrol terület végzett, melyen sikerült 4,08 t/ha terméseredményt meghaladni. A legalacsonyabb, 3,95 t/ha alatti termés mennyiséget a Terracalco kijuttatását követően sikerült betakarítani. A szója különböző kezelésekkel elért termésátlagait a 28. ábra szemlélteti.



28. ábra A szója termésátlaga (különböző kezelések és kontroll, ± 2 SE), Pecöl 2023

4. Következtetések, javaslatok

A vizsgált talajminták fizikai félesége az Arany-féle kötöttség alapján homokos-vályog. A talajok gyenge humusz-ellátottsági szinttel jellemezhetőek. A humusztartalom a betakarítást követően minden esetben növekedett. A minták tápanyag ellátottsága, figyelembe véve a kultúrnövényt és figyelembe véve a szórást is, bár számszerű növekedést produkáltak, a kiindulási állapothoz képest szignifikáns eltérést nem mutatnak.

A talaj kémhatása a kezelések hatására csak kismértékben változott. Mivel a vizsgált talajok jelentős része a pH(DV) alapján csak gyengén savanyú, nem is várható el jelentős változás ennek értékében. Talajaink nem szikes talajok, kémhatásuk korlátozza a karbonát kiválását eredményező kémhatás (~8,5pH). A minták kiindulási mésztartalma és a hozzáadott meszező anyag hatására a kémhatás ebben a pH tartományban kismértékben változó, nagyobb kezelések hatására is.

A változás a KCl esetében sem szignifikáns. Egyik esetben sem haladja meg a változás mértéke a mérés szórását, ugyanakkor minden kezelés esetében pozitív érték, a savanyúság csökkenését jelzi.

Figyelembe véve a pH érték szezonális ingásának lehetőségét, nem magyarázható egyértelműen a kezeléssel. Emellett szól az is, hogy a kontroll kémhatása is két tizedet emelkedett.

A vizsgált talajtulajdonságok közül csak a humusztartalom és a kémhatás között tapasztalható szoros korreláció, ami a humusztartalom jelentős pufferoló képességét mutatja.

A hidrolitos aciditási átlagértékei alapján a kezelések közül egyedül a Physiomax csökkentette a talajsavanyúság mértékét, míg a Kalcifert és Terracalco esetében a kezelés előtti értékhez képest átlagértékekben nőtt. A részletes adatok több esetben is mutatták az y_1 csökkenését a kezelés hatására, de ez az átlagértékben és a mérés nagy szórása miatt nem jelenik meg az eredményekben, statisztikailag nem igazolható.

8 alatti y_1 érték esetén a mészhatás csak harmada a jelentős hidrolitos savanyúság értékkel jellemezhető talajokéhoz képest.

A karbonát szükséglet változása ugyan megmutatkozik a Kalcifert kezelés esetében is, de ez elsősorban a minta alapadatainak, y érték és KA változására vezethető vissza. Míg ez esetben az y_1 érték növekedett, a kötöttség értékek ezzel ellentétesen változtak, kompenzálva a mész-igény növekedését. A karbonát tartalom változása tehát jobban

kifejezi, hogy mennyiben tapasztalható változás a kiindulási állapothoz képest a kezelések hatására.

A karbonát kijuttatás hatása a kémhatásértékekkel nincs közvetlen összefüggésben. Ez részben abból adódik, hogy a szükségletet az y_1 érték és a KA alapján számoljuk, részben pedig azért, mert az y_1 érték és a KA érték egymással fordítottan arányosan változik a különböző kémhatású talajokon.

A talaj karbonát-készletének változását azonban az aktuális és potenciális savanyúság különbsége meghatározza. Az összefüggés fordított arányosság, tehát a karbonát tartalom növekedése a kezelésekkel annál kisebb mértékű, minél nagyobb a két kémhatás érték közötti eltérés. A kicserélhető H ionok arányának növekedésével az adszorpciós komplexek felületén tehát csökken a karbonát hatékonysága. Sajnos nem állt módomban CEC vizsgálatokat végezni, amely alapján ez egyértelműen számszerűsíthető lenne.

A mészigény és a karbonát tartalom között nem mutatható ki szignifikáns összefüggés a vizsgált, gyengén savanyú talajok esetében. A humusztartalom és a mészigény közötti összefüggés elsősorban közvetett a szerves anyagok mennyisége és a talaj kötöttsége közötti összefüggés hatásaként mutatkozik meg.

A talaj kezelés előtti potenciális savanyúságának növekedésével a minták kezelés hatására bekövetkező kémhatásváltozása egyenes arányosság szerint nő. Ez nem értékelhető önmagában egyértelmű hatékonyság növekedésnek, hiszen azt részben a termésátlagok nem mutatták. A változás tendenciája és némiképpen a szórás csökkenése - a növekvő kémhatással - azonban utal több dologra is. A negatív értékek például mutatják, hogy sok esetben a kezeléssel nem értük el a szükséges kijuttatandó karbonát mennyiségét.

Az egyenes arányosság utal arra, hogy minél többet juttatunk ki egy határon belül, annál jobban hasznosulhat.

Az eredmények alapján következtethetünk arra, hogy ha nem érünk el egy átlagos (pH~5) körüli potenciális savanyúság értéket, a mésztartalom csak részben tompíthatja a savanyúságot, adott esetben az aktuális savanyúság változásában nem feltétlenül jelenik meg. Ezek a megállapítások azért is fontosak hiszen, ha nem kompenzáljuk a töltésekről felszabaduló H ionokat a szerkezetváltozás hatása nem igazán elvárható.

A szakirodalom is többféle kezelésvajaslato fogalmaz meg, hiszen, ha a cél csak egy adott pH elérése, mert a növény szereti a savanyú talajt, és szerkezetjavításra nem számolunk, akkor a pH ilyen módon való változtatása elegendő. De ha a pH érték módosítása mellett a szerkezet javítása is célunk, akkor nem elég, ha az Al toxicitást kivédjük egy pH

5,5-ig emeléssel. A vizsgálatban a minták pH érték különbségének nagyon nagy a szórása, ahogy pH-nak is, tehát külön talajként kezelendők.

A kísérletben a kijuttatott anyagok egy adagban lettek meghatározva. A későbbiekben érdekes lehet egy kísérlet beállítása a talajjavító anyagok különböző adagban való kijuttatásával. Ekkor jobban látható lenne a változás. Az aggregátum stabilitás vizsgálatot is ebben az esetben lehetne elvégezni. A vizsgálatnál más mészadagokkal, a minták humusztartalmának figyelembevételével esetleg szerves trágyával kombinálva lehetne vizsgálni a pufferképesség változását.

A puffergörbe meredekségi értéke ismeretében tapasztalható változás a minták puffer képességében. Az egységnyi pH változást, jól pufferelt talaj esetében, nagyobb lúg- vagy bázis-adagolással lehet elérni. Érzékeny a talaj semleges tartományban, melyet a görbe inflexiós pontja mutat. A betakarítást követően a pufferkapacitás lúgokkal és savakkal szemben is kismértékben nőtt, bár a szórásokat tekintve az eredmény nem szignifikáns.

A hazai talajainkban nem található meg az a *Rhizobium* faj, amely a szójával szimbiózisba lép, azaz *Bradyrhizobium japonicum*. Emiatt a mi feladatunk, hogy ezt a baktériumot hozzákapcsoljuk a növényhez. Ennek a legegyszerűbb módja a vetőmagra rávitt oltóanyag. Abban az esetben, ha oltott vetőmag ellenére, kevés gümő képződik, a nitrogén mennyisége is kevés lesz a talajban, melyet plusz költségen pótolni kell.

A Pecölben beállított kísérlet eredményeiből arra következtethetünk, hogy a meszező anyag minősége jelentősen befolyásolja a képződött gümők számát, közvetve pedig a növény számára felvehető nitrogén mennyiségét.

A talaj pH értékét tekintve a *Rhizobium*-fajokról általánosságban elmondható, hogy a semleges, illetve az enyhén savas (pH 6–7) kémhatást kedvelik, 5 alatti pH értéknél a savanyúság már gátolja a szimbiózis kialakulását. Kiemelkedően jó eredményt a Phsyiomax kezeléssel lehetett elérni.

A terméstöbblet hasonló adottságú talajokon nagyszámú kísérlet eredményei alapján, nagyobb mértékű meszező anyag kijuttatása esetén (pl. 4,5 t/ha) mutatható ki. A kismennyiségű meszező anyag hatása azonban, sok esetben a termés többletben nem jelentkezik, hiszen a kezelőanyag jelentős mennyisége elsősorban a savanyúság tompítására fordítódik, és nem éri el a hatáshoz szükséges pH érték és a talajszerkezet jelentős javítását.

Amennyiben a terület kémhatása csak gyengén savanyú, kisebb mészhatás, –
esetenként csak fele akkora– tapasztalható, mintha a talaj aktuális savanyúsága alapján
közepesen savanyú talajok közé sorolható. Szakirodalmi tapasztalatok alapján a mészhatás
a $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 5,5 és $\text{pH}(\text{KCl})$ 4,5 alatt mutatható ki (CSATHÓ, 1994).

5. Összefoglalás

A mezőgazdaság feladata a jó minőségű és elegendő mennyiségű élelmiszer és ipari alapanyagok előállítása az emberiség számára. Manapság előtérbe kerül a cél elérése mellett, a talaj termékenységének hosszútávon való fenntartása érdekében az agrárium okozta környezeti terhelés csökkentése, esetleges megszüntetése, a vegyszerek használatának minimális szintre csökkentése (LOCH, 2006).

A talaj nélkülözhetetlen közege az elsődleges biomassza produkciónak, melynek jelentősége egyre inkább felértékelődik. Az élelmiszereink minőségét alapvetően meghatározzák a talaj fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságai (BÍRÓ et al., 2010).

Az emberiség rendelkezésre álló szántóterületek jelentős részén nincsenek meg a szántóföldi termesztés optimális feltételei. Az alkalmazott növénytermesztési technológiák esetében nagy figyelmet kell fordítani a környezet védelmére, a gazdaságos és fenntartható termelés feltételrendszerének biztosítására mindamelllett, hogy minőségi élelmiszert és takarmányt állítsanak elő és ökológiailag is életképesek (PEPÓ, 2019).

A fenntartható mezőgazdaság lényeges eleme a fenntartható talajhasználat. Elsődleges a talajaink állapotának megóvása mellett folyamatos javításuk, mely hozzájárul a talaj termékenységének növekedéséhez (KOCSISNÉ et al., 2013).

A talaj fizikai, kémiai tulajdonságainak meghatározása, a talajban rendelkezésre álló, a növények számára felvehető tápanyag tartalmak talajvizsgálati módszerekkel való felmérése az alapja egy tápanyag gazdálkodási terv elkészítésének. A talajvizsgálat eredményei alapján meghatározhatjuk, hogy az adott területen hosszútávon és az egyes kultúráknak az adott évben, rövid távon, milyen minőségű és mennyiségű tápanyag utánpótlásra, talajjavításra, meszezésre van szüksége.

Vizsgálatomat Pecöl településen, Vas vármegyében végeztem a Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezetnél, mely elsősorban gabonafélék, hüvelyes növények és olajos magvak termesztésével foglalkozik a települést övező szántóföldi területeken.

Kutatásom alapvető célja a felhasznált talajjavító készítmények növényekre, köztük konkrétan a szójára gyakorolt biológiai hatásának vizsgálata, a talajban és a növényeken bekövetkezett változások megállapítása és ellenőrzése.

Kísérletemmel egy átfogó felmérést készítettem a terület tápanyag-ellátottságáról, a talaj minőségéről. A talajminták alapján meg lett határozva az egyes parcellák

talajnedvesség tartalma, a talajok Aranyféle kötöttségi száma, a kémhatása, Hidrolitos aciditás értéke, nitrát tartalma, AL oldható foszfor és kálium tartalma, humusz % értéke.

A vizsgált talajminták fizikai félesége homokos-vályog, melyek gyenge humusz-ellátottsági szinttel jellemezhetőek. A humusztartalomban minden esetben növekedés volt tapasztalható. A talaj tápanyag ellátottsága számszerű növekedést produkált, a kiindulási állapothoz képest a minták szignifikáns eltérést nem mutatnak.

A talaj kémhatása a kezelések hatására csak kismértékben változott. Mivel a vizsgált talajok jelentős része a pH(DV) alapján csak gyengén savanyú, nem is várható el jelentős változás ennek értékében. A kiindulási mésztartalom és a hozzáadott meszező anyag hatására a kémhatás ebben a pH tartományban kismértékben változó, nagyobb kezelések hatására is.

A hidrolitos aciditási átlagértékei alapján a kezelések közül egyedül a Physiomax csökkentette a talajsavanyúság mértékét, míg a Kalcifert és Terracalco esetében a kezelés előtti értékhez képest átlagértékekben növekedés volt tapasztalható.

A karbonát szükséglet változása ugyan megmutatkozik a Kalcifert kezelés esetében is, de ez elsősorban a minta alapadatainak, y érték és KA változására vezethető vissza. A karbonát tartalom változása tehát jobban kifejezi, hogy mennyiben tapasztalható változás a kiindulási állapothoz képest a kezelések hatására.

A mészigény és a karbonát tartalom között nem mutatható ki szignifikáns összefüggés a vizsgált, gyengén savanyú talajok esetében. A humusztartalom és a mészigény közötti összefüggés elsősorban közvetett a szerves anyagok mennyisége és a talaj kötöttsége közötti összefüggés hatásaként mutatkozik meg.

A talaj kezelés előtti potenciális savanyúságának növekedésével a minták kezelés hatására bekövetkező kémhatásváltozása egyenes arányosság szerint nőtt. Az egyenes arányosság utal arra, hogy minél többet juttatunk ki egy határon belül, annál jobban hasznosulhat.

Abban az esetben, ha a pH érték módosítása mellett a szerkezet javítása is célunk, akkor nem elég, ha az Al toxicitást kivédjük egy pH 5,5-ig emeléssel.

A kísérletben a kijuttatott anyagok egy adagban lettek meghatározva. Egy későbbi vizsgálatnál, más mészadagokkal, a minták humusztartalmának figyelembevételével esetleg szerves trágyával kombinálva lehetne vizsgálni a puffer képesség változását.

A terméstöbblet hasonló adottságú talajokon nagyszámú kísérlet eredménye alapján, nagyobb mértékű meszező anyag kijuttatása esetén mutatható ki. Esetünkben a

kismennyiségű meszező anyag hatása a termés többletben jelentős mértékben nem jelentkezett.

A vizsgálataim eredményeként megállapítható, hogy a meszező anyagok pozitív hatást gyakorolnak a szója gyökereire, gumóképződésére és elérhető terméseredményére. Pozitív irányban befolyásolják a talaj fizikai, kémiai tulajdonságait.

Irodalomjegyzék

- BALIKÓ S. (2018): A szójatermesztés kritikus technológiai elemei. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenytermesztes-szakcikkek/szojatermesztes-kritikus-technologiai-elemei/> (2024.04.08.)
- BALSKO L. – ZSIGRAI GY. (2003): Műtrágyázás talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. (Szerk.: BALSZKÓ L. – ZSIGRAY GY.) Kompolt-Keszthely. 2003. 225-273 p.
- BÍRÓ B. – SZILI-KOVÁCS T. – ANTON A. (2010): A rekultivációtól a remediációig. Agrokémia és Talajtan, 59. 409-422 p.
- BUZÁS I. – MURÁNYI A. – RÉDLY L.-NÉ (1988): A talaj kémhatásának vizsgálata. In: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerek könyv 2. (szerk.: Buzás I.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 87-102. p.
- BUZÁS I.-NÉ – CSERNÁTONY CS.-NÉ – HERCEG A. (1986): A magyarországi talajok pH csökkenése. Agrokémia és talajtan, 35 (1-2). p. 63-71. ISSN 0002-1873
- CZINEGE E. (2014): Hogyan értelmezzük a talajvizsgálati eredményeket? <https://www.agroinform.hu/szantofold/hogyan-ertelmezzuk-a-talajvizsgalati-eredmenyeket-14828>. (2024.04.15.)
- CSATHÓ P. (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest. 176 p.
- FELFÖLDY L. (1987): A biológiai vízminősítés. 4. kiadás. Vízügyi Hidrológia. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest. Vol.16. p.172-174.)
- FILEP GY. – FRÉDLY L.-NÉ. (1988): A talajsavanyúság formáinak és sav-bázis pufferoló hatásának értelmezése. Agrártudományi Egyetem, Debrecen és MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest. 18 p.
- FILEP GY. – FÜLEKY GY. (2010): A talaj kémiai tulajdonságai. p. 86-130. In: STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (2010): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 470.
- FILEP GY. (1995): Talajvizsgálat. Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék. Debrecen. 156 p.
- FILEP GY. (1999): Talajjavítás In: STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. Szerk. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 470 p.
- FILEP GY. (2010): A talaj fizikai tulajdonságai. p. 131-190. In: STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (2010): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 470.

- FILEP GY. (2012): Talajtani alapismeretek II. talajrendszertan és alkalmazott talajtan. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. 184 p.
- FÜLEKY GY. – FILEP GY. (2010): A talaj szerves anyagai. p. 71-86. In: STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (2010): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 470.
- FÜLEKY GY. (2010): Növényi tápanyagok a talajban. 199-223. In: Talajtan. (STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 470.
- FÜZY, A. – PARÁDI, I. – KELEMEN, B. – KOVÁCS, R. – CSERESNYÉS, I. – SZILIKOVÁCS, T. – ÁRENDÁS T. – FODOR N. – TAKÁCS, T. (2023): Soil biological activity after a sixty-year fertilization practice in a wheat-maize crop rotation. *Plos One*, 18(9), e0292125.
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0292125>
 (2024.04.09.)
- GOURLEY C. J. P. (1999): Potassium. In: Peveril KI, Sparrow LA, Reuter DJ (eds) Soil analysis: an interpretation manual. CSIRO. Collingwood, 229-246 p.
- GYÓRI D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 253 p.
- HOFFMANN S. (2011): Ipari és takarmánynövények termesztése.
<https://dtk.tankonyvtar.hu/handle/123456789/8757?show=full> (2024.04.08.)
- KÁDÁR I. (1998): Savanyú talajok meszezésének szükségessége teljeskörű állami támogatással. In: SCHMIDT R. – SZAKÁL P. (szerk.) (1998): Talajsavanyodási helyzetkép és megoldások. Pannon Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. Mosonmagyaróvár. 13-71 p.
- KISMÁNYOKY T. (1993): A nitrogén műtrágyázás. p. 236-246. In: NYÍRI L. (szerk.) Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 438.
- KOCH S. – SZTRÓKAY K. I. (1967): Ásványtan II. kötet. Nemzeti Tankönyvkiadó Budapest. p. 936.
- KOCSISNÉ MOLNÁR G. – KOCSIS L. – KOVÁCS J. – PEPÓ P. – TÓTH Z. (2013): Növénytermesztési és kertészeti termékek termelése. Debreceni Egyetem AGTC. Debrecen. 213.
- LOCH J. (1992): Agrokémia. 15-210. p. In: LOCH J. – NOSTICZIUS Á.: Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 408.

- LOCH J. (2006): A talajvizsgálatok szerepe, jelentősége a tápanyag-gazdálkodásban és környezetvédelemben. Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis 19. 3-8 p.
- MENGEL, K. – KIRKBY, E. A. (1987): Principles of plant nutrition. International Potash Institute Bern, Switzerland. 4th edition. 403-413 p.
- MENGEL, K. – KIRKBY, E. A. (2001): Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers. 849 p.
- NAGY J. (1993): Műtrágyázás p. 236-271. In: NYÍRI L. (szerk.) Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 438.
- NÉMETH T. – STEFANOVITS P. – VÁRALLYAY GY. (2005): Talajvédelem Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere Kármentesítési tájékoztató. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest. https://fava.hu/kvvm/www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/talaj_tajekoztato/talaj_tajek-3.htm (2024.04.10.)
- PAPP S. – ROLF K. (2005): Környezeti kémia. Tankönyvkiadó, Budapest. 359 p.
- PAPP S. (1997): Talajvédelem. In: KARÁTSZON D. (szerk): Magyarország földje. KERTEK 2000 Könyvkiadó, Budapest. <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/pannon-pannon-enciklopedia-1/magyarorszag-foldje-1D58/ember-es-kornyezete-3032/talajvedelem-papp-sandor-30F8/fizikai-es-kemiai-talajjavito-eljarasok-30FE/> (2024.04.10.)
- PEPÓ P. (Szerk.) (2019): Integrált növénytermesztés Általános növénytermesztési ismeretek. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest. 336 p.
- PUSZTAI A. (1977): Talajaink elsavanyodása és meszezés. Magyar Mezőgazdaság. 44. (32) 6-7 p.
- SAROK E. (2023): A szójatermesztés megéri? Elég a pusztá tényekre hagyatkozni. <https://www.agroinform.hu/szantofold/szoja-termesztese-mutragya-nelkul-karintia-nogradi-gyorgy-66833-001> (2024.04.08.)
- SCHMIDT R. (2011): Földműveléstan. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_05_Foldmuveles/ch01.html (2024.04.07.)
- STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (1968): Talajtan Mezőgazdasági Kiadó Budapest.
- STEFANOVITS P. (1963): Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1963.

- STEFANOVITS P. (1992): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 397.
- STEFANOVITS P. (2010): A talaj fogalma, a talajtan tárgya, feladata és felosztása. 15-26.
In: Talajtan. (STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 470.
- SZABÓ-KOZÁR J. – KIRÁLY CS. (2006): Növénytermesztési alapismeretek, FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2006., 151-155., 160-162. p.
- SZABOLCS I. – VÁRALLYAY GY. (1978): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan.
- SZAKÁL P. – SCHMIDT R. – KALOCSAI R. – GICZI ZS. (2014): A talajvizsgálati eredmények értelmezése.
<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2006/09/szantofold/a-talajvizsgalati-eredmenyek-ertelmezese> (2024.04.10.)
- TÓTH Z. – KISMÁNYOKY T. (2001): A trágyázás hatása a talaj szervesanyag-tartalmára és agronómiai szerkezetére vetésforgókban és kukorica monokultúrában. AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN Tom. 50. (2001) No. 3–4. 207-225 p.
- VÁRALLYAY GY. (2002): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Budapest. p. 169.
- VÁRALLYAY GY. (2004): Talaj az agro-ökoszisztémák alap-eleme. AGRO-21 Füzetek. 37: 33-49
- VIETS, F. G. Jr. (1977): A perspective on two centuries of progress in soil fertility and plant nutrition. Soil Science Society of American Journal, 41(2): 242-249. p.
- http1: Physiomax <https://www.primag.hu/termek/tapanyagok/talajjavito-anyagok/talajjavito-anyag/physiomax-caco3-76-25-5-mm-c01077> (2024.04.17.)
- http2: Kalcifert https://static.ikragrar.hu/public/download/agrarhorizont/04_horizont_2017.osz-tel.pdf (2024.04.18.)
- http3: Terracalco <https://jogazdaprogram.hu/terracalco-95> (2024.04.17.)

1. mellékletek

	Humusz tartalom (%)	y1 érték (-)	pH(H2O)	pH(KCl)	Arany-félekötöttség (-)	Foszfortartalom (mg/100 g talaj)	Káliumtartalom (mg/100 g talaj)	Kalcium karbonát tartalom (%)	pH eltérés (-)	Mész szükséglet (t/ha)	J_10	J_8	J_6	J_4	J_2	J_0	J+2	J+4	J+6	J+8	kulpH_H2O	kulkarbsz_kul	kul_yl	kul_pHKCl	egyspHlug	egyspHsav
Humusz tartalom (%)	r 1,000	-0,213	0,438	0,442	0,742	0,532	0,598	-0,325	-0,345	0,460	0,593	0,605	0,513	0,574	0,477	0,505	0,542	0,344	0,258	0,222	-0,109	0,001	0,142	-0,161	0,196	0,876
Sig.		0,447	0,102	0,099	0,002	0,041	0,018	0,238	0,207	0,085	0,020	0,017	0,050	0,025	0,072	0,055	0,037	0,209	0,353	0,426	0,700	0,996	0,613	0,566	0,484	0,000
y1 érték (-)	r -0,213	1,000	-0,339	-0,389	-0,412	-0,104	-0,112	0,160	0,387	0,515	-0,625	-0,585	-0,356	-0,522	-0,490	-0,458	-0,383	-0,285	-0,250	-0,240	0,029	-0,363	0,067	0,153	-0,150	-0,356
Sig.	0,447		0,217	0,152	0,127	0,713	0,691	0,569	0,155	0,049	0,013	0,022	0,193	0,046	0,064	0,086	0,159	0,303	0,368	0,389	0,918	0,183	0,811	0,585	0,592	0,192
pH(H2O)	r 0,438	-0,339	1,000	0,955	0,395	0,109	-0,085	0,113	-0,648	0,028	0,832	0,871	0,389	0,905	0,829	0,946	0,894	0,812	0,778	0,760	-0,517	0,274	0,379	-0,382	0,711	0,522
Sig.	0,102	0,217		0,000	0,145	0,700	0,764	0,687	0,009	0,920	0,000	0,000	0,152	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,048	0,323	0,164	0,160	0,003	0,046
pH(KCl)	r 0,442	-0,389	0,955	1,000	0,316	0,205	-0,002	0,115	-0,845	-0,090	0,807	0,866	0,457	0,901	0,872	0,928	0,935	0,873	0,841	0,826	-0,576	0,365	0,337	-0,546	0,655	0,575
Sig.	0,099	0,152	0,000		0,252	0,464	0,995	0,683	0,000	0,749	0,000	0,000	0,087	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,182	0,219	0,035	0,008	0,025
Arany-félekötöttség (-)	r 0,742	-0,412	0,395	0,316	1,000	0,476	0,444	-0,239	-0,099	0,534	0,590	0,527	0,261	0,469	0,472	0,456	0,409	0,213	0,144	0,104	-0,083	-0,012	0,065	-0,107	0,084	0,699

	Sig	0,002	0,12	0,145	0,252		0,073	0,097	0,391	0,726	0,040	0,02	0,04	0,34	0,07	0,07	0,08	0,13	0,43	0,61	0,71	0,770	0,966	0,819	0,705	0,765	0,004
	.		7									1	3	8	8	5	7	5	3	0	3						
Foszfor tartalom (mg/100g talaj)	r	0,532	-0,104	0,109	0,205	0,476	1,000	0,648	0,257	-0,329	0,220	0,15	0,21	0,38	0,15	0,16	0,12	0,23	0,14	0,06	0,02	-0,237	-0,007	-0,267	-0,492	-0,026	0,752
	Sig	0,041	0,71	0,700	0,464	0,073		0,009	0,355	0,231	0,430	0,58	0,43	0,16	0,57	0,55	0,64	0,40	0,61	0,82	0,93	0,395	0,979	0,337	0,062	0,928	0,001
	.		3									1	7	0	5	6	7	0	9	0	9						
Kálium tartalom (mg/100g talaj)	r	0,598	-0,112	-0,085	-0,002	0,444	0,648	1,000	0,023	-0,147	0,305	0,15	0,16	0,43	0,10	0,04	0,04	0,12	-0,05	-0,12	-0,14	0,016	0,058	-0,303	-0,138	-0,094	0,572
	Sig	0,018	0,69	0,764	0,995	0,097	0,009		0,936	0,600	0,268	0,57	0,56	0,10	0,71	0,86	0,86	0,66	0,84	0,65	0,60	0,955	0,837	0,273	0,624	0,739	0,026
	.		1									5	8	4	7	2	9	6	6	9	1						
Kalcium karbonát tartalom (%)	r	-0,325	0,160	0,113	0,115	-0,239	0,257	0,023	1,000	-0,091	-0,191	0,02	0,03	-0,05	0,00	-0,06	0,04	0,08	0,08	0,07	-0,078	0,078	-0,168	-0,200	0,226	-0,040	
	Sig	0,238	0,56	0,687	0,683	0,391	0,355	0,936		0,747	0,496	0,93	0,89	0,85	0,97	0,83	0,83	0,87	0,77	0,76	0,78	0,783	0,783	0,548	0,475	0,418	0,887
	.		9									9	2	4	5	2	0	8	7	5	0						
pH eltérés (-)	r	-0,345	0,387	-0,648	-0,845	-0,099	-0,329	-0,147	-0,091	1,000	0,281	-0,57	-0,65	-0,47	-0,68	-0,74	-0,67	-0,78	-0,77	-0,75	-0,74	0,546	-0,440	-0,183	0,711	-0,400	-0,534
	Sig	0,207	0,15	0,009	0,000	0,726	0,231	0,600	0,747		0,309	0,02	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,035	0,100	0,513	0,003	0,140	0,040	
	.		5									6	8	6	5	2	6	0	1	1	1						
Mész szükséglet (t/ha)	r	0,460	0,515	0,028	-0,090	0,534	0,220	0,305	-0,191	0,281	1,000	-0,04	0,08	0,08	0,05	0,01	8	4	0,03	0,06	0,08	-0,104	-0,408	0,106	0,023	-0,043	0,219
	Sig	0,085	0,04	0,920	0,749	0,040	0,430	0,268	0,496	0,309		0,88	0,77	0,75	0,84	0,97	0,97	0,93	0,88	0,81	0,76	0,711	0,131	0,707	0,935	0,878	0,432
	.		9									6	1	6	6	3	7	3	9	6	2						

kulpH_H2O r	-0,109	0,029	-0,517	-0,576	-0,083	-0,237	0,016	-0,078	0,546	-0,104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	0,259	0,253	0,865	-0,451	-0,136
											0,154	0,270	0,349	0,272	0,360	0,439	0,454	0,515	0,526	0,523						
Sig	0,700	0,918	0,048	0,025	0,770	0,395	0,955	0,783	0,035	0,711	0,585	0,330	0,203	0,326	0,187	0,102	0,089	0,050	0,044	0,046		0,351	0,363	0,000	0,092	0,628
kulkarbsz_k r	0,001	-	0,274	0,365	-0,012	-0,007	0,058	0,078	-	-0,408	0,359	0,330	0,092	0,382	0,417	0,327	0,400	0,382	0,372	0,374	0,259	1,000	0,532	0,148	0,131	0,190
ul		0,363							0,440																	
Sig	0,996	0,183	0,323	0,182	0,966	0,979	0,837	0,783	0,100	0,131	0,189	0,229	0,745	0,160	0,122	0,234	0,139	0,160	0,172	0,170	0,351		0,041	0,598	0,643	0,498
kul_y1 r	0,142	0,067	0,379	0,337	0,065	-0,267	-0,303	-0,168	-	0,106	0,342	0,265	-	0,404	0,325	0,394	0,452	0,481	0,490	0,496	0,253	0,532	1,000	0,287	0,419	0,107
									0,183				0,067													
Sig	0,613	0,811	0,164	0,219	0,819	0,337	0,273	0,548	0,513	0,707	0,212	0,339	0,812	0,136	0,237	0,146	0,090	0,069	0,064	0,060	0,363	0,041		0,300	0,120	0,704
kul_pHKCl r	-0,161	0,153	-0,382	-0,546	-0,107	-0,492	-0,138	-0,200	0,711	0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,865	0,148	0,287	1,000	-0,282	-0,316
											0,173	0,254	0,313	0,259	0,378	0,355	0,443	0,506	0,505	0,495						
Sig	0,566	0,585	0,160	0,035	0,705	0,062	0,624	0,475	0,003	0,935	0,538	0,361	0,256	0,352	0,165	0,194	0,098	0,054	0,055	0,061	0,000	0,598	0,300		0,308	0,251

Ábrajegyzék

1. ábra Nitrogén körforgása	14
2. ábra A foszfor körforgalma	16
3. ábra A kálium körforgalma a talajban	17
4. ábra Talajok termékenységét gátló tényezők.....	21
5. ábra Alatlajlazító munkagép acélkései	23
6. ábra Pecöl, Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezet	31
7. ábra Kísérleti blokk pontos helye, Pecöl, Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezet	32
8. ábra Kísérleti parcellák hármass ismétlésének az elhelyezkedése, Pecöl, Rózsamajor Mezőgazdasági Termelő és Értékesítő Szövetkezet.....	32
9. ábra A meszező anyag kijuttatása, Pecöl 2023	34
10. ábra Talajmintavétel, Pecöl 2023	36
11. ábra Talajszelvény, Pecöl 2023	36
12. ábra Kontroll területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023.....	43
13. ábra Physiomax területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023	43
14. ábra Kalcifert területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023	44
15. ábra Terracalco területen a szója gyökérgümők száma, Pecöl 2023	44
16. ábra Szója betakarítása, Pecöl 2023	45
17. ábra A terméseredmény mérése betakarításkor, Pecöl 2023	45
18. ábra A pH(H ₂ O) és pH(KCl) értékek különbsége a talaj potenciális savanyúságának összefüggése (pH(KCl))	49
19. ábra A karbonát tartalom különbsége a talaj potenciális savanyúságának függvényében (pH(KCl)) – kezelés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023	51
20. ábra A karbonát tartalom különbsége a talaj hidrolitos aciditásának függvényében (y1) – kezelés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023	51
21. ábra Egységnyi pH változást eredményező lúg hozzáadott mennyisége a kiindulási kémhatáshoz képest – vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023	52
22. ábra Egységnyi pH változást eredményező sav hozzáadott mennyisége a kiindulási kémhatáshoz képest – vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023	53
23. ábra Puffer görbe Physiomax kezelés előtt és után, Pecöl 2023	54
24. ábra Puffer görbe Kontroll kezelés előtt és után, Pecöl 2023	54
25. ábra Puffer görbe Kalcifert kezelés előtt és után, Pecöl 2023	55
26. ábra Puffer görbe Terracalco kezelés előtt és után, Pecöl 2023	55
27. ábra Szója gyökérgümők darabszáma kezelésenként, Pecöl 2023	56
28. ábra A szója termésátlaga (különböző kezelések és kontroll, ±2 SE), Pecöl 2023	57

Táblázatjegyzék

1. táblázat A talaj termékenységét gátló tényezők Magyarországon.....	21
2. táblázat Szója 1 tonna terméssel járó tápanyagfelvétel (kg/t)	28
3. táblázat A kísérleti kispercellák véletlen blokkos elrendezése, Pecöl 2023.....	33
4. táblázat A fizikai talajféleségek besorolása az Aranyféle kötöttségi szám szerint.....	38
5. táblázat A talaj szuszpenzió kémhatása szerint besorolás	39
6. táblázat A humusztartalom szerint talajminősítés	42
7. táblázat A talajminták általános jellemzői és tápanyagtartalma (P_2O_5 , illetve K_2O mg/100 g talaj) a vetés előtt, Pecöl 2023	46
8. táblázat A talajminták általános jellemzői és tápanyagtartalma (P_2O_5 , illetve K_2O mg/100 g talaj) betakarítás után, Pecöl 2023.....	47
9. táblázat A talajminták kémhatása ($pH(H_2O)$, $pH(KCl)$) és hidrolitos aciditása (y_1) a vetés előtt és a betakarítás után, Pecöl 2023	48
10. táblázat A kémhatás, hidrolitos aciditás különbsége – vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023	48
11. táblázat A talajminták karbonát tartalma és karbonát szükséglete a vetés előtt és betakarítás után, Pecöl 2023	50
12. táblázat Talajjavítás $CaCO_3$ szükséglete	50
13. táblázat A talajminták karbonát tartalma és karbonát szükséglete a vetés előtt és betakarítás utána, Pecöl 2023	50

NYILATKOZAT

Gulyás Miklós PhD (hallgató Neptun azonosítója: DISD23) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024 év október hó 28 nap


belső konzulens

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Vajkovics Balázs
A Hallgató Neptun kódja: DISD23
A dolgozat címe: Különböző meszező anyagok hatása a szója termesztésére
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve: Talajtani 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 szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024 év október hó 28 nap


Hallgató aláírása