

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

HERMANN TAMÁS

KESZTHELY
2016

PANNON EGYETEM
GEORGIKON KAR

FESTETICS DOKTORI ISKOLA

Iskolavezető:
Dr. Anda Angéla
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:
Dr. Tóth Gergely
címzetes egyetemi tanár, az MTA doktora

Humusz- és foszfortartalom szerepe a mezőségi talajok és barna erdőtalajok
termőhelyeinek minőségében

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

DOI: 10.18136/PE.2016.615

Hermann Tamás

Keszthely
2016

Humusz- és foszfortartalom szerepe a mezőszégi talajok és barna erdőtalajok termőhelyeinek minőségében

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

a Pannon Egyetem Fesztetics Doktori Iskolájához tartozóan.

Írta:
Hermann Tamás

**Készült a Pannon Egyetem Fesztetics Doktori iskolája/
programja/alprogramja keretében

Témavezető: Dr. Tóth Gergely

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....
(alíírás)**

A jelölt a doktori szigorlaton%-ot ért el,

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: Dr. Blaskó Lajos igen /nem

.....
(alíírás)

Bíráló neve: Dr. Schmidt Rezső igen /nem

.....
(alíírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Keszthely,

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése:

.....
Az EDHT elnöke

Megjegyzés: a * közötti részt az egyéni felkészülők, a ** közötti részt a képzésben résztvevők használják, *** esetleges

Tartalom

1. Kivonatok.....	1
1.1. Magyar nyelvű kivonat	1
1.2. Abstract in English.....	2
1.3. Deutschsprachige Zusammenfassung	3
2. Bevezetés.....	4
3. Irodalmi áttekintés.....	7
3.1. Termőhelyek jellemzése.....	7
3.1.1. A termékenységet befolyásoló tényezők.....	7
3.1.1.1. Talajtani tényezők.....	7
3.1.1.2. Agronómiai tényezők	8
3.1.1.3. Meteorológiai tényezők	9
3.2. A földminőség és földminősítés.....	10
3.2.1. A talajtermékenység.....	10
3.2.2. A talajok osztályozása.....	11
3.2.3. Eltérő szemléletek a földminősítésben.....	13
3.2.4. A földminősítés információigénye.....	16
3.2.5. Korszerű földminősítő rendszer felépítése.....	17
3.3. A tápanyagtartalom hatása a földminőségre	20
3.3.1. A talaj humusztartalmának hatása.....	22
3.3.2. A talaj foszfortartalmának hatása.....	24
4. Anyag és módszer	26
4.1. Vizsgálati adatbázis.....	26
4.1.1. AIIR adatbázis	26
4.1.2. Meteorológiai adatok	29
4.2. Vizsgálati módszerek	34
4.2.1. Talajosztályozási egységek termőhelyi kategorizálása.....	35
4.2.2. Tápanyagellátottsági szintek hatásának vizsgálata	36
4.2.3. A meteorológiai hatások kiszűrése a tápanyagellátottság hatásának általánosítására	38
4.2.4. Alkalmazott eljárások	40
4.2.4.1. Faktorképzési eljárások.....	40
4.2.4.2. Statisztikai próbák alkalmazása	40
5. Eredmények.....	42

5.1. A tápanyagellátottság hatása búza és kukorica hozamokra, különböző termőhelyeken és évjáratokban	42
5.1.1. I. szántóföldi termőhely (mezőségi talajok).....	42
5.1.1.1. Humusztartalom hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen	42
5.1.1.2. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen	45
5.1.1.3. Humusztartalom hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen	48
5.1.1.4. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen	51
5.1.2. II. szántóföldi termőhely (barna erdőtalajok)	54
5.1.2.1. Humusztartalom hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen	54
5.1.2.2. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen	57
5.1.2.3. Humusztartalom hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen	59
5.1.2.4. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen	63
5.2. A humusz- és foszfortartalom hatásának regresszió analízissel történt vizsgálata őszi búza és kukorica hozamokon, különböző termőhelyeken és évjáratokban	65
5.2.2. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen, I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajok).....	66
5.2.3. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajok).....	67
5.2.4. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajok).....	67
5.2.5. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)	68
5.2.6. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)	69
5.2.7. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)	69
5.2.8. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)	70
5.3. A tápanyagellátottság hatásának vizsgálata a termőhelyek és az évjáratok összefüggésében	71
5.3.1. Az évjárat és termőhely hatása az őszi búza termések alakulására.....	72
5.3.1.1. Humusztartalom vizsgálatok	72
5.3.1.2. Foszfortartalom vizsgálatok	73
5.3.2. Az évjárat és termőhely hatása a kukorica termések alakulására	75
5.3.2.1. Humusztartalom vizsgálatok	75
5.3.2.2. Foszfortartalom vizsgálatok	76
5.4. A tápanyagellátottság hatásának érvényesítése a földminősítésben	78

5.4.1.	A humusztartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére őszi búza jelzőnövény esetén	79
5.4.2.	A humusztartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére kukorica jelzőnövény esetén	81
5.4.3.	A foszfortartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére őszi búza jelzőnövény esetén	83
5.4.4.	A foszfortartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére kukorica jelzőnövény esetén	85
5.5.	A földminősítési viszonyszámok növény-specifikus szemléltetése térképeken	88
6.	Következtetések	93
7.	Összefoglalás.....	97
8.	Új tudományos eredmények.....	100
9.	New scientific achievements.....	102
10.	Irodalomjegyzék.....	104
11.	Mellékletek.....	116

1. Kivonatok

1.1. Magyar nyelvű kivonat

Humusz- és foszfortartalom szerepe a mezőségi talajok és barna erdőtalajok termőhelyeinek minőségében

A kutatás célja a talajok humusz- és foszfortartalmának és a terméshozamok közötti kapcsolatok vizsgálata és számszerűsítése volt mezőségi- és a barna erdőtalajokon. E két termőhelytípus tápanyagellátottságának hatását őszi búza és a kukorica jelzőnövényekkel vizsgáltuk. Ezen vizsgálatok eredményeit felhasználva dimenzió nélküli viszonyszámokat képeztünk, mely alkalmas arra, hogy felhasználható legyen a földminősítés során. Használatával pontosíthatók a D-e-METER Földminősítő rendszer „tápanyag moduljának” paraméterei.

A talaj tápanyagtartalom és termőképesség kapcsolatának feltárása érdekében az 1980-as években gyűjtött Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) országos, nagy elemszámú adatbázisát használtuk fel. A földminősítési viszonyszámok kialakításához a meteorológiai tényezők időbeli (évjáratos) és térbeli (földrajzi) változatosságának kiszűrésére is szükség volt. Ezt Szász (2002) klíma-potenciál számítására alapozott klimatikus korrekciók alapján végeztük el. A tápanyagellátottság hatásának értékelése két eltérő évjáratra (kedvező és kedvezőtlen) is megtörtént, ezzel lehetőséget nyújtva az évjáratolás figyelembe vételére a földminősítésben.

Termőhelyenként varianciaanalízissel támasztottuk alá az 5 eltérő foszfor- és humusztartalom szinten mért hozamok különbségeit a két eltérő évjáratban. Az évjáratolás a barna erdőtalajok különböző tápanyagellátottságánál tapasztalt őszi búza termésadatai esetében egyértelműen igazolható. A talajok humusztartalma, annak nitrogén-szolgáltató képességének és vízgazdálkodást befolyásoló tulajdonságainak köszönhetően nagyban meghatározza az elérhető hozamnagyságokat a vizsgált évjáratok és ellátottsági variánsok bármelyikén. A megfelelő szervesanyag-ellátottság nagymértékben hozzájárul a termés stabilitásához, az évingadozások hatásának csökkentéséhez.

A humusz- illetve foszfortartalom őszi búza és kukoricatermésekre gyakorolt hatásának regresszió analízisével kapcsolatban elmondható, hogy a nagy elemszám ellenére a determinációs együttható nagyon alacsony ($R^2 = 0,001 - 0,058$), mely gyenge összefüggés az adatbázisban szereplő talajok tulajdonságainak nagy változatosságából illetve ebből következően az alapadatok nagy szórásából adódik. Ezek alapján megállapítható, hogy az alacsony determinációs együttható miatt az eljárás ebben a formában nem alkalmazható a földminősítési rendszerben való felhasználáshoz. A földminősítési viszonyszámok végezetül a tápanyagellátottsági kategóriák átlagértékei alapján lettek megállapítva, mely viszonyszámok országos áttekintő térképeken is bemutatásra kerültek, kifejezve a tápanyagellátottsági szintek hosszú távú, átlagos hatásának földrajzi és növény-specifikus különbségeit.

1.2. Abstract in English

The role of the humus and phosphorus contents in the productivity of chernozems and brown forest soils

The aim of this study is to quantify the effect of the humus and phosphorus contents of chernozems and brown forest soils on the yields of maize and winter wheat in two different year types (optimal and unfavourable). Data of the National Pedological and Crop Production Database (NPCPD, or AIIR in Hungarian), which contains soil information, nutrient measurement data and fertilization and yield records from the whole country, was used for the analysis. Results show that humus content has prime influence on yield level and its stability due to the good capability of humus for nitrogen supply and its contribution to soil water management. Indices to quantify the effect of nutrient levels on soil productivity were calculated. In addition, the nutrient components of land quality indices were also visualized on maps to characterize the geographical and plant specific variability of the long-term effect of nutrient supply levels.

1.3. Deutschsprachige Zusammenfassung

Die Rolle des Humus- und Phosphorgehalts in der Qualität von Schwarzerden und Braunerden

Das Ziel dieser Studie ist die Quantifizierung der Wirkung des Humus- und Phosphorgehalts von Schwarzerden und Braunerden auf den Ertrag von Mais und Winterweizen in zwei verschiedenen Jahrgängen (optimaler und ungünstigen). Die in den achtziger Jahren aus dem ganzen Land gesammelten National Bodenkundliche und Pflanzenbau Datenbank (NBPD, AIIR auf Ungarisch) mit einer großen Anzahl von Datensätzen wurde für die Analyse genutzt. Nach den Ergebnissen hat der Humusgehalt des Bodens einen großen Einfluss auf die Ertragshöhe und die Stabilität der Erträge wegen der guten Fähigkeit von Humus für Stickstoffversorgung und die optimale Beeinflussung der Wasserwirtschaft. Für die Quantifizierung der Wirkung des Nährstoffgehalts auf die Bodenproduktivität Kennzahlen wurden berechnet. Die Bodenqualitätskennzahlen wurden auch auf Karten visualisiert, damit die geographische und vegetationspezifische Variabilität der langfristigen Wirkung des Nährstoffgehalts dargestellt werden.

2. Bevezetés

A földek minősítése többféle megközelítésben és eljárással is elvégezhető. A modern földminősítési eljárások általában komplex értékelést jelentenek, amikor többféle célnak megfelelően és többféle szempontot figyelembe véve becsüljük a termőhely termékenységét, mezőgazdasági termelésre való alkalmasságát. A föld minőségének megítélésére alapvetően a termékenység szolgál, melyet elsődlegesen a növények számára hozzáférhető víz és tápanyagok termés hozamokban érvényesülő mennyisége határoz meg.

A tápanyag-szolgáltatás szintje időben is változhat, a talajművelési, trágyázási és növénytermesztési eljárásokkal befolyásolható. Az eltérő tápanyagellátottsági szintek hozamképzésre gyakorolt hatása természetesen eltérő lehet.

Dolgozatomban azt a célt tűztem ki, hogy különböző termőhelyek és évjáratok vonatkozásában számszerűsítsem a talajokban lévő két meghatározó tápelem, a (humusztartalom keresztül érvényesülő) nitrogén-, illetve a foszfor két növényi kultúra hozamaira ható, termékenységben betöltött szerepét.

Munkám során nem volt célom a trágyahatás vizsgálata, csak a talajban lévő tápanyagok hatásának vizsgálata. A talaj nitrogén-szolgáltató képességének, illetve foszforellátottságának megítélésére, a szaktanácsadási rendszerek által jelenleg használatos módját választottam, figyelembe véve a kötöttség függvényében kialakított humusz-kategóriákat, illetve a CaCO_3 tartalom alapján meghatározott foszforellátottsági kategóriákat.

A tápanyagellátottság és trágyázás kölcsönhatásainak, de mindenekelőtt a trágyázás hozamképzésben betöltött szerepének vizsgálata az elmúlt évtizedek agrokémiai és növénytermesztési kutatásainak kitüntetett témája volt (DEBRECZENI és NÉMETH, 2009) viszont a jelen kutatásban szereplő, a talajok tápanyagellátottságának a termésképzésben betöltött – trágyázástól független – szerepét itthon kevesebben vizsgálták. Én éppen ennek a hatásnak a feltárására kezdtem kutatásaimat. Az átlagos gazdálkodási színvonal mellett művelt, átlagos trágyázásban részesült mezőgazdasági táblák humusz- és foszfortartalmának termékenységre gyakorolt hatásának számszerű becslésére folytattam vizsgálatokat. A

trágyareakciók helyett a talajok hosszútávon várható tápanyagellátottsági hatását, és ezek évjáratos változékonyságait vizsgáltam. Kutatásaim során az átlagos agrotechnikai gyakorlattal kijuttatott trágyamennyiség és a talajok eredendő tápanyagszolgáltató-képességének együttes hatását értékeltem.

A vizsgálataimat az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) keretei között begyűjtött, mintegy 380.000 rekordot tartalmazó országos adatbázison végeztem, mely nagy elemszámából következően alkalmasnak bizonyult a termékenységi vizsgálatokra és a statisztikai kiértékelésekre.

Vizsgálatomat az I. termőhely mezőségi talajainak és a jellemzően barna erdőtalajokat magában foglaló II. termőhely talajainak humusztartalomtól és foszfortartalomtól függő termőképességének összehasonlítására, két eltérő évjáratból gyűjtött termésadatokkal végeztem. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy milyen hatással van a talaj humusz- és foszfortartalma, különböző növényi kultúrák terméshozamainak alakulására, kedvező, illetve kedvezőtlen évjáratokban.

A termékenységi elemzésemet a kukorica, illetve az őszi búza példáján végeztem, mivel ez a két növény a világ és Magyarország legértékesebb és legnagyobb területen termesztett gabonaféléi közé tartozik. Termesztésük nemzetgazdaságilag és az egyes növénytermesztő üzemeket tekintve egyaránt jelentős, így termékenységi vizsgálatuk is nagyon fontos.

Termékenységi vizsgálataim célja nem csupán a humusz- és foszfortartalom hozamokra gyakorolt hatására terjedt ki, hanem végső soron a földminősítés tápanyagszint-értékelésének kialakítása, továbbfejlesztése volt. A tápanyagellátottság földértékelésben betöltött szerepe nagy jelentőséggel bír, annak objektív értékelése elengedhetetlen egy mai kor követelményeinek megfelelő földértékelési rendszer kialakítása során.

Ezek eléréséhez, egy modern, a környezeti és agronómiai tényezőket is figyelembe vevő földminősítési rendszer, a D-e-METER földminősítő rendszer elvi alapjaiból indultam ki, mivel a D-e-METER rendszer modelljében egy tápanyag modul elvi módszertana kidolgozásra került. Ennek az értékelési módszernek pontosítása, fejlesztése volt célom. Ezzel a különböző termőhelyek eltérő tápanyagszintjeinek produkciós képességre gyakorolt hatásának számszerűsítésére is vállalkoztam. A kapott eredményeknek beépíthetőknak kellett lenniük a

földminősítés tápanyagértékelési folyamatába, továbbá alkalmasnak a közelmúltban Magyarországra kidolgozott új környezeti szempontú földminősítő rendszerbe, a D-e-METER rendszerbe való integrálásra is.

A vizsgálataim során kialakított viszonyszámok, javíthatják, objektívebbé, pontosabbá tehetik a földértékelést. A földminőség tápanyag tényezőjének értékelése hozzásegíthet egy modern értékelési rendszer kidolgozásához, mely a talajtermékenység kifejezésén túl környezeti érzékenységi mutatókkal, agrotechnikai kiegészítésekkel lehetőséget nyújt egy komplex információs rendszer kiépítéséhez.

Kutatásaimmal az alábbi kérdésekre kerestem a választ.

- Milyen különbségek mutatkoznak a kukorica és őszi búza hozamokban különböző termőhelyeken?
- Ezek a hozamok, milyen összefüggést mutatnak a foszfor- és humuszellátottság különböző szintjeivel?
- Miként változnak ezek a hatások különböző meteorológiai évjáratokban?
- Miként lehet számszerűsíteni a humusz- és foszfortartalom termékenységre gyakorolt hatását a földminősítési feladatok ellátása érdekében?

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Termőhelyek jellemzése

3.1.1. A termékenységet befolyásoló tényezők

A dolgozatomban kitűzött célok elérése érdekében minél jobban meg kellett ismerni azokat a hatásmechanizmusokat és azokat a tényezőket, melyek meghatározzák egy termőhely termékenységét. Vizsgálatom során a talajtermékenységet meghatározó egyik legfontosabb tényezőt, a tápanyagellátottság hatását elemeztem, de mindenképpen ki kell emelni, hogy a termőföld az ökológiai rendszerek szerves része, ezért a környezeti tényezők legtöbbje hatást gyakorol az elérhető növényi produktumra (GYŐRI, 1984). Figyelembe kell venni azt is, hogy a termőföld egy termelőeszköz is (SZŰCS, 1999), amelyen a termelés eredményességét az alkalmazott agrotechnika színvonala is megszabja, nagyban meghatározva a gazdálkodók jövedelemszerzési lehetőségeit. A különböző termőhelyeken történő növényi produktum előállításának lehetőségét a mezőgazdasági művelés mellett leginkább a talajtulajdonságokból eredeztethető víz- és tápanyagszolgáltató képesség, illetve az adott területen érvényesülő klimatikus hatások szabják meg (TÓTH, 2009).

3.1.1.1. Talajtani tényezők

Elsősorban a talajtípus és altípus tanulmányozásával és a változati tulajdonságok leírásával tudunk közelebb kerülni a talajok belső tulajdonságainak megismeréséhez. A környezeti tényezők hosszú időn keresztül egymásra hatásának eredményeként létrejött jellemzők egyedi rendszerét, a talajban zajló komplex folyamatokat legjobban a talaj egységek elemzése által ismerhetjük meg. A talajban zajló folyamatok eredményeinek, az egyes talajjellemzőknek és azok egyedi kombinációjának megismerése ugyanakkor nem csak a talaj változatainak megállapításához, de azok víz- és tápanyagszolgáltató képességének meghatározásához is lehetőséget teremt (MÁTÉ, 1960).

A termőhely termékenységének megítélésére azonban a talajtípusokhoz általánosságban köthető produktós képesség (pl. a mészlepedékes csernozjom termékenyebb, mint a kovárványos barna erdőtalaj) ismerete kevés. A termőhely termékenységének értékelésekor figyelembe kell vennünk az egyedi talajjellemzőket, az adott típus változati talajtulajdonságait is. Ezek az egyedi jellemzők szintén nagyban befolyásolják a produktós képességet és így

ezen változati tulajdonságok termékenységet befolyásoló hatásának kifejezésére is szükség van a talajbonitációs, földminősítési munkák kivitelezésénél (MÁTÉ, 1985). Ezen folyamatban szükséges az egyedi talajtulajdonságok, vagy több jellemző által meghatározott tulajdonság-kombinációk hatásait számszerűen is vizsgálnunk és értékelnünk. A termékenységre ható tulajdonságok és tulajdonság-kombinációk sokszor megegyeznek azokkal a tulajdonságokkal, melyeket a talajklasszifikációs besorolásoknál is felhasználunk (TÓTH et al., 2005).

3.1.1.2. Agronómiai tényezők

A talaj különböző kémiai összetételű, méretű, alakú és térbeli elrendeződésű részecskék halmaza, mely lehetővé teszi a víz és a tápanyagok egyidejű jelenlétét és a növények számára való hozzáférését (VÁRALLYAY, 1999). A talaj, mint három (szilárd-folyadék-gáz) fázisú rendszer, képes a talajjal közvetlen kapcsolatban álló növényzet és így a termesztett szántóföldi növények talajökológiai igényeit, leginkább a víz- és tápanyagigényét kielégíteni. Az alkalmazott agrotechnikával befolyásolni tudjuk a talajt, ezt a polidiszperz rendszert, a talaj kémiai és fizikai tulajdonságait.

A talajok hosszú távú kémiai és fizikai állapotára nagy hatással lehet a hosszú távon alkalmazott művelés. A vetésváltás és trágyázás rendszere csökkentheti, vagy növelheti a talajtermékenységet. A talaj eredendő termékenységéből adódó potenciált csakis az agrotechnika helyes megválasztásával tudjuk kihasználni (BIRKÁS és GYURICZA, 2004), így a talajok termékenységének becslése, illetve a földminősítés során ezeket a tényezőket is figyelembe kell venni (DEBRECZENI et al., 2003). Ilyen agrotechnikai és növénytermesztési tényező sok létezik (elővetemény, trágyázás, talajművelés, fajta kérdés, stb.), melyek közül a rendelkezésre álló információk alapján a lehető legtöbbet értékelnünk kell egy objektív alapokon nyugvó földminősítési eljárás során.

A talaj a mezőgazdaság legfontosabb termelőeszköze, mely produkciós képessége az alkalmazott agrotechnikán keresztül tud érvényesülni. A talaj több funkciót is egyszerre betölt, amellett, hogy vízzel és tápanyaggal látja el a növényeket, pufferközegként is működik, illetve a különböző környezeti stresszhatásokat nagymértékben tompítja (VÁRALLYAY, 1999). A talaj funkcióinak érvényre jutását viszont az agrotechnika helyes megválasztása és gondos, szakszerű alkalmazása nagymértékben befolyásolhatja (FÜLEKY,

1999). Annak, hogy a talaj a funkcióit maradéktalanul elláthassa, alapfeltétele a megfelelő talajszerkezet kialakítása és így a helyes talajhasználat, talajművelés megválasztása.

A talaj úgy képes betölteni szerepét a növénytáplálásban, hogy hosszú távon a talaj termékenysége nem csökken, fizikai szerkezetében nem változik alapvetően és minőségében sem történik mindenképpen nagy változás. Ezen képesség miatt nevezzük a talajokat megújuló (megújítható) természeti erőforrásnak, mely képesség azonban feltételes. Megújulása nem minden esetben megy végbe magától, a megújuló képesség feltételekhez kötött, amelyek közül a legfontosabbak az ésszerű földhasználat, a megfelelő agrotechnika és kirívó esetekben a melioráció. Tehát a helyes földhasználattal tarthatjuk csak fent a megfelelő talajállapotot, a talajtermékenységet és őrizhetjük meg a talaj multifunkcionalitását. „A talaj termékenysége fenntartható, sőt fokozható, a nem megfelelő talajhasználat káros talajtani és környezeti hatásai (talajtermékenységet gátló tényezők, talajdegradációs folyamatok, stb.) eredményesen megelőzhetőek, kivédhetőek, de legalább bizonyos tűrési határig mérsékelhetőek” (VÁRALLYAY, 2003).

3.1.1.3. Meteorológiai tényezők

A különböző termőhelyeken a legkülönbözőbb meteorológiai hatások érvényesülnek. A növényi növekedés feltételét, illetve az elérhető produkciós potenciált alapvetően meghatározzák a termőhelyre jellemző csapadék és hőmérsékleti viszonyok (VARGA-HASZONITS, 1977).

A növénytermesztés eredményességét azonban nem csupán az éves csapadékmennyiség és hőmérsékleti értékek szabják meg, annál is meghatározóbb ezeknek az egyes növényi kultúrák tenyészidőszakára jellemző eloszlása. A lehullott csapadéknak és a tenyészidőszak különböző szakaszaiban mért hőösszegének összhangban kell állni a termesztett növény igényeivel, illetve a növény fejlődési ciklusával, különben a termőhely és a növény produkciós képességei nem használhatók ki teljes mértékben, a növénytermesztés limitált lesz.

A dolgozatomban tárgyalt tápanyagellátottsági hatásvizsgálatoknál fontos figyelembe venni az évekre jellemző meteorológiai hatást is, hiszen kultúrnövényeink különbözőképpen reagálnak a talajban elérhető és abból felvehető tápanyagmennyiségekre abban az esetben, ha

fejlődésükhöz szükséges víz- és hőmennyiség optimális szinten és eloszlásban áll rendelkezésre, vagy ha azok elmaradnak a növény igényeitől.

3.2. A földminőség és földminősítés

3.2.1. A talajtermékenység

„A talajok termékenysége azt jelenti, hogy a talaj képes ellátni a növényeket azok vegetációs ideje folyamán vízzel és tápanyagokkal.” (GYÖRI, 1984; VILJAMSZ, 1950). A talajtermékenységet különböző környezeti tényezők, talajtani, domborzati és klimatikus tényezők határozzák meg (GAÁL et al., 2003). Kiemelkedő szerepe van a talaj vízgazdálkodásának is, hiszen a termékenységet gátló tényezők legtöbbször a talaj vízgazdálkodásához kapcsolódik (MAKÓ et al., 2005).

A talajok termékenységét elsősorban a tenyészidőszak során a növények számára rendelkezésre álló víz és tápanyag szabja meg, de sok más talajtulajdonságnak és környezeti tényezőnek is nagy a termésképzésben betöltött szerepe (SZABOLCS és VÁRALLYAY, 1978). A termékenységre ható tényezők szoros kölcsönhatásban állnak egymással, melyek közül DEBRECZENI et al. (2003) szerint azokat a szempontokat kell figyelembe venni, melyek jelentősen befolyásolják a növényi növekedést: „Mik azok a limitáló tényezők, amik a fejlődést gátolják, illetve mik azok a kedvező körülmények, amik elősegítik azt.” (DEBRECZENI et al., 2003)

A talajtermékenységet meghatározó környezeti tényezők értékeléséhez egy olyan komplex folyamatra van szükség, mely egy-egy meghatározott használati cél elérése érdekében számszerűsíti a föld termelési potenciálját (FAO, 1985). Ezt az elvet követve jutunk el a komplex földminősítés folyamatához, mely segíthet a talajtermékenység feltérképezésében és fenntartásában is, alkalmazásával meghatározásra kerül az egyes termékenységet befolyásoló környezeti és egyéb tényezők (talaj, növény, meteorológia, stb.) egyedi hatása, és a környezeti tényezők interpretációján keresztül a termőhelyek komplex értékelése (FAO, 1976).

3.2.2. A talajok osztályozása

A termékenység becsléséhez, a talajok minőségi osztályozásához feltétlen meg kell értenünk a talajok belső tulajdonságait és ezeket a tulajdonságokat leíró és kategorizáló talajosztályozások logikáját és nomenklatúráját. Mint minden osztályozás, a talajosztályozás is összefüggéseken nyugszik, használata során megpróbáljuk a talajban lejátszódó folyamatokat és azok közötti kapcsolatokat megkeresni, a jelenségek közötti összefüggéseket és leginkább a folyamatok eredményét, vagyis az aktuális talajjellemzőket leírni. Az összefüggések rendszerezett feltérképezése adhatja alapját egy adott osztályozási módszernek, és ez használható a földminősítés során is.

A genetikus talajosztályozás módszere a jelenleg hazánkban használatos talajosztályozási rendszer, mely a természetben előforduló sokféle talaj áttekintését, megismerését és összehasonlítását teszi lehetővé. Ezt a talajosztályozási rendszert azért nevezik genetikusnak, mert a talajokat fejlődésükben vizsgálja, majd a genetikus elveken elkülönített típusokat földrajzi elhelyezkedésük szerint főtypusokba egyesíti. A genetikai osztályozás rendszertani fokozatai: Főtypus – Típus – Altípus – Változat (STEFANOVITS, 1975).

A hasonló képződési feltételek között kialakult és állapotot elért, egyazon folyamatokkal jellemezhető talajok csoportja alkotja a talajok típus szerinti besorolását. Az altípust a jellemző folyamatokon belül, az egyes folyamatok erőssége, illetve a folyamat eredményei alapján különítjük el.

Megállapítható, hogy míg a főtypus csak általánosságban írja le a talajok tulajdonságait, addig a talajtípus jellemzése, beazonosítása már jobban körülhatárolható talajképző folyamatok és talajtulajdonságok alapján történik. Az altípus osztályozási szinten elkülöníthető talajjellemzőkben pedig már a folyamatok intenzitása is tükröződik, és a talajok olyan részletességű elkülönítésére van lehetőség, ami már megfelelő részletességű a földminősítési munkákban való felhasználásra. Ennél részletesebb specifikációt ír le a talajváltozat, mely a helyi viszonyokra jellemző talajtulajdonságokat definiálja. Ez a szint alkalmas leginkább a termőhely egyedi értékelésére, a változati talajtulajdonság már bőséges információt tartalmaz a talajjal kapcsolatos legtöbb szakértői munka elvégzéséhez (MÁTÉ, 1960).

A genetikus talajosztályozástól eltérő megközelítést alkalmaz a diagnosztikai személetű talajosztályozás, mely használatával pontosabb, egzaktabb képet kaphat a földértékelő a talaj jellemzésével kapcsolatban, ezért használata fontos lehet a különböző növénytermesztési modellezési feladatok ellátásában, illetve a földminősítés továbbfejlesztése szempontjából is.

A diagnosztikai megközelítésű talajosztályozásban egyértelműbben különíthetők el az osztályozás alapegységei, így objektívebb összehasonlítást tesz lehetővé a szakemberek számára (különböző környezetmodellezési feladatok ellátására), továbbá biztosabb alapot ad a számszerű paraméterek bevezetésével a számítógépes adatfeldolgozáshoz és kiértékeléshez is.

A talajosztályozás hazai fejlődésére és éppen aktuális állapotára természetesen nagy hatással voltak a talajtérképezési munkák. Ezek alapján az első magyar talajtérképet megalkotó Szabó József a talajokat keletkezésük alapján, genetikai alapokon osztályozta. Inkey, Treitz és Timkó agrogeológiai módszerekre alapozta térképezési munkáit. 'Sigmond Elek talajtérképezési módszere mérhető talajparaméterekre épült. Az ő talajosztályozási rendszere tekinthető az egyik első diagnosztikai szemléletű rendszernek. Mindemellett azonban már a földek minősítése is foglalkoztatta, munkásságában arra világított rá, hogy a földértékelést a talajok belső tulajdonságai alapján kell elvégezni. (SIGMOND, 1934). Az agrogeológiai irányzatot Kreybig Lajos már nem alkalmazta és egy olyan rendszert dolgozott ki, mely konkrétan a növénytermesztésben érvényesülő talajtulajdonságokat térképezte. Ő kezdeményezte és vezette Magyarország első átfogó, átnézetes léptékű talajtérképezését (KREYBIG, 1937), melynek célja a mezőgazdasági hasznosítást megalapozó térkép készítése volt. Géczy Gábor a Kreybig-féle térképekből kiindulva dolgozta ki egy alapvetően a növénytermesztési igényekre alapozott, 1:25 000 méretarányban készülő térképezés módszertanát (GÉCZY, 1959, 1960). Az új talajfelvételezési munkákkal kiegészített és frissített térképek el is készültek az ország teljes mezőgazdasági területére, községhatáros térképlapokon (GÉCZY, 1968).

A diagnosztikai talajosztályozás során elkülönített talajszintek meghatározott tulajdonságainak speciális jellemzésére pl. a Nemzetközi Talajkorrelációs Rendszer (WRB) által alkalmazott diagnosztikai kritériumok szolgálhatnak. Az osztályozási eljárás során kategorizált talajok további minőségjelzővel (qualifiers) is el vannak látva, mely hozzásegít a helyi változati tulajdonságok értékeléséhez (IUSS, 2006).

A hazánkban jelenleg használt genetikus talajosztályozás nagy hagyományokra tekint vissza, ezért szerepe a hazai osztályozásban elvitathatatlan. Azonban meg kell jegyezni azt is, hogy a genetikus osztályozás objektív szemléletű, diagnosztikai elvek alapján történő továbbfejlesztése minden bizonnyal pontosítaná a talajbonitációs eljárások becslési algoritmusát. A diagnosztikai szemlélet ilyen irányú felhasználása nem azért lenne szükséges, mert a diagnosztikai szemléletű osztályozás jobb szakmaisággal különíti el a hasonló tulajdonságokkal rendelkező, egyazon típusba tartozó talajjellemzőket, mint a genetikus talajosztályozás során használt eljárás. Felhasználása inkább abban jelentene előnyt, hogy míg a jelenleg használt genetikai osztályozási rendszerben, az egyes osztályozási egységek elhatárolásának alapját képező folyamattársulások felismerése szubjektivitással terhelt, nagymértékben függ a szakember tapasztalatától, addig a diagnosztikai kritériumok használata objektívebb osztályozást tesz lehetővé.

A modern kor modellező eljárásai, mint például a földminősítés is, számszerű paramétereket igényelnek, ami szintén megköveteli a genetikus talajosztályozás pontosítását és diagnosztikai szempontokkal való kiegészítését.

A talajok rendszertani osztályozását felhasználva lehetővé válik a talajoknak a növénytermesztésre való alkalmasságuk alapján történő értékelése. Ezt felhasználva és egyéb környezeti értékelésekkel kiegészítve eljuthatunk a komplex földértékeléshez (TÓTH et al., 2005, 2008).

3.2.3. Eltérő szemléletek a földminősítésben

A termőföldek hazánkban ma használatos értékmérője, az „első magyar hozadéki kataszteri” (aranykoronás) földértékelési rendszer nem tud megfelelni a modern kor földvédelmi, környezetvédelmi és agronómiai elvárásainak (TÓTH, 2009) – halljuk gyakorlati és tudományos szakemberektől egyaránt – ami nem is olyan meglepő, hiszen az aranykoronás földértékelés bevezetésének célja sem ez volt, hanem a földek adózási célú értékmérőjének kialakítása. A 19. század végén kidolgozott és bevezetett aranykorona-érték földminősítési célú mai használata megkérdőjelezhető egyrészt azért, mert a rendszer bevezetése óta már sok változás történt a földek minőségében, de ennél sokkal nagyobb mértékű változások mentek végbe a föld értékelését befolyásoló egyéb, jövedelmezőségi, közgazdasági, infrastrukturális, piaci tényezőkben (DÖMSÖDI, 1993).

Az aranykorona-érték tehát eredendően egy komplex mérőszám a földeken megtermelhető tiszta jövedelem meghatározására, összehasonlítására. A földek természettudományos és agrotechnikai értelemben vett termékenységi vizsgálatára, illetve minősítésére csak igen csekély mértékben alkalmas (KIRÁLY, 1993).

A földvédelmi, földhasználati stratégiák kialakításához és a birtokpolitikai akciók igazságos kivitelezéséhez (adás-vétel, bérlet, csere, stb.) ezért egy természettudományos és legfőképp talajtani alapokon nyugvó földminősítési rendszerre nagyon nagy szükség lenne, mely biztos alapot adhatna akár a közgazdasági értékeléshez (SZÜCS, 1999; VINOGRADOV, 2009), de a több szempontú, illetve többcélú tájértékeléshez is.

Itt fontos kitérnünk a különböző értékelési folyamatok definícióira. Ugyanis ahhoz, hogy pontosan használjuk a különböző értékelési folyamatok elnevezéseit, fontos tisztázni a fogalmakat. A földminősítés, földértékelés témakörében használatos fogalmakról FÓRIZSNÉ et al. (1972), TÓTH (2000) és LÓCZY (2002) ad pontos meghatározásokat. Úgy gondolom, hogy a különböző értékelési módokat kiegészítő jelzővel illetve egyértelműsíthetnénk az értékelés célját. A nevezéktant pontosítva, az értékelés lehetne közgazdasági, talajtani, természettudományos, esztétikai, természetvédelmi, környezetvédelmi, érzékenységi, stb. értékelés, vagy minősítés. Ezek alapján a földek minősítése (természettudományos értelemben vett produkciós potenciáljának számszerűsítése, termékenység becslése) és a földek értékelése (közgazdasági, piaci, infrastrukturális szempontú kategorizálása) nehezebben lenne összekeverhető. Az értékelési folyamat mindig többcélú, tehát egy vagy több meghatározott használati formára való alkalmasságot próbálunk számszerűsíteni vele, a jelzővel pedig teljesen egyértelműsíthető a használati cél.

Egy mai, modern táj-, föld-, termőhely-értékelő rendszernek ezt a komplex, többcélú értékelési folyamatot kell kiszolgáltatnia, amire az aranykoronás földértékelés egyáltalán nem alkalmas. Az aranykoronás földértékelés használata azonban már alapjaiban számos értelemben megkérdőjelezhető. Egyrészt a rendszer bevezetése óta sok változás történt a földek minőségében, de ennél sokkal nagyobb mértékű változások mentek végbe a föld közgazdasági értékelését befolyásoló egyéb, jövedelmezőségi, közgazdasági, infrastrukturális, piaci stb. tényezőkben. A termőföldek aranykorona-értékei amellet, hogy országos

viszonylatban – eredetükből adódóan – nem összehasonlíthatóak, gyakran szűkebb régiókon, akár a becslőjárásokon belüli táblák termelési feltételeiről is torz képet adnak (KIRÁLY, 1993).

A különböző országokban eltérő megközelítéseket használnak a földminősítési rendszerek felépítésére, mely nagyban függ az adott országban rendelkezésre álló információktól, illetve a minősítés céljától. Alapelveit tekintve két fő csoportba oszthatjuk őket. Az egyik megközelítés szerint azokat a tényezőket veszik számításba, melyek alapvetően meghatározzák a növénytermesztést, tehát itt tulajdonképpen a növénytermesztésre való alkalmasság alapján különítik el a területeket, értékeli a termőhelyeket, kvalitatív módon. A másik megközelítés szerint kialakított földértékelő rendszerek a termőhelyeket úgy minősítik, hogy a termékenységét befolyásoló tényezőket számszerűsítik is (TÓTH, 2000; KOCSIS et al., 2014). Ilyen a Magyarországon időszakosan a 80-as években bevezetett és használt 100 pontos földértékelési rendszer, illetve több kelet-európai talajbonitációs rendszer is (TÓTH, 2000). A rendelkezésre álló adatok, térképek mennyiségének és megbízhatóságának növekedésével az utóbbi szemléletű módszerek használata és fejlesztése egyre nagyobb hangsúlyt kap. Ennek megfelelően az utóbbi évek legkomolyabb földértékelő rendszerének módszertani fejlesztése csak nemrég fejeződött be, mely során egy kvantitatív alapokon nyugvó, parcella szinten alkalmazható, online elérhető földértékelési rendszer jött létre.

A kétféle szemlélet ötvözése is nagy lehetőséget jelenthet, ugyanis a két típusú rendszer kombinációjával együttes értékelést kapunk a növénytermesztést gátló tényezők előfordulásáról és a termékenységet kialakító tényezők hatásáról. Ezáltal olyan eszköz jut a felhasználó kezébe, amely az adott termésszint elérésében szerepet játszó összes tényezőt számba veszi.

A földértékelési módszerek fejlesztésének főbb irányvonalát adja a FAO (1976) Földminősítési Keretterv megfogalmazó dokumentuma (Framework for Land Evaluation), mely leginkább általános szabályokat ír le a földértékelési munkák helyes elvégzése érdekében. A természettudomány és az információtechnológia fejlődésével azonban ma már sokkal több lehetőségünk van egy modern földminősítő rendszer kifejlesztésére. Ilyen újszerű értékelési módszertant dolgoztak ki TÓTH et al. (2013), ahol a talaj funkcióinak, illetve ökoszisztéma szolgáltatásainak értékelésére adtak példát, amin belül egy produktivitási kategóriarendszert dolgoztak ki az Európai Unió tagországaira különböző művelési ágakra.

3.2.4. A földminősítés információigénye

A földminősítés információigénye két területre osztható. Mindenképpen el kell különítenünk a földminősítés kidolgozásához és a kidolgozott rendszer alkalmazásához szükséges információszükségletet.

A földminősítési rendszer kidolgozásához, a terméshozamok és talajtulajdonságok összefüggéseinek feltárásához minden olyan adathalmaz szükséges lehet, melyek tartalmazzak talajinformációkat, vagy egyéb környezeti információkat, illetve az adott termőhely produktív képességét jelző hozamadatokat. Ilyenek lehetnek például az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (KOC SIS ET AL., 2014), melyből a talajvizsgálati, termesztési és terméshozam adatok állnak rendelkezésre, az Országos Műtrágyázási Tartamkísérleti Hálózat (DEBRECZENI ÉS NÉMETH 2003) trágyázási kísérleteinek adatai, mintaterületi adatbázisokból származó vizsgálati adatok, a Magyar Állami Földtani Intézet vízrajzi adatbázisai, valamint más térinformatikai adatbázisok (digitális domborzatmodell, klímaadatbázisok, stb.) is.

A földminősítés alkalmazására a legfontosabb adatokat szolgáltató forrás, a minősítendő területről rendelkezésre álló nagy méretarányú ($M = 1:10\ 000$) üzemi genetikus talajtérkép, és a hozzá kapcsolódó kartogramok. A talajtérképen az eltérő tulajdonságú talajfoltokat különböző kódszámokkal jelölik (BARANYAI et al., 1989).

Ezek a kódszámok tartalmazzák a földminősítés számára legszükségesebb információkat a talaj típusáról, altípusáról, a talajképző közetről, és a felső, művelt réteg fizikai féleségéről.

A genetikus talajtérképhez csatolt, további fontos adatokat tartalmazó kartogramok a következők:

- humuszkartogram
- kémhatás és mészállapot kartogram
- talajtermékenységet és talajhasználatot befolyásoló tulajdonságok kartogram
- talajvíz kartogram (nem minden esetben)
- szikesedési kartogram (nem minden esetben)

Egy korszerű földminősítő rendszer működtetéséhez – lehetőség szerint – azonban minden olyan adat felhasználását számba kell vennünk, ami pontosíthatja a termőhely produktív kapacitását leíró modellt és a gyakorlatban is rendelkezésre áll.

3.2.5. Korszerű földminősítő rendszer felépítése

DEBRECZENI et al. (2003) szerint 4 fő szempontnak kell megfelelnie egy új, modern földminősítő rendszernek:

- a termőhelyek produktív viszonyait kvantitatív módon kell, hogy kifejezze,
- növénycsoportok, és a jelentősebb gazdasági növények szerinti értékelésre kell lehetőséget nyújtania,
- szükséges számolni azokkal a termékenységi változásokkal, amik éghajlati hatásokból erednek, és ki kell fejeznie a termelési kockázat lehetőségét,
- különböző intenzitási szinteken kell minősítenie a produktív viszonyokat.

Ezek a szempontok teljes mértékben érvényre jutottak a D-e-METER intelligens környezeti földminősítő rendszer létrehozásakor (TÓTH et al., 2004c).

Egy új földminősítő rendszernek alkalmasnak kell lenni arra, hogy értékelje a talaj sokoldalú funkcióit is. Hosszú időn keresztül ezek közül a funkciók közül a talaj termékenysége volt a legfontosabb tényező, csak később, a tudatosabb földhasználat terjedésekor lettek fontosak másfajta minőségi kívánalmak, a gazdaságosság és a környezetvédelmi követelmények. Az egyes funkciókra történő alkalmasságot az azokra kidolgozott specifikus részrendszereknek kell kifejeznie (VÁRALLYAY, 2007). Fontos szem előtt tartani azt is, hogy a földértékelés kiterjedjen a művelési ágakra és az egyes növényi kultúrákra egyaránt, ugyanis specifikáció nélkül a földértékelés nem nyújt iránymutatást a racionális talajhasználatra, valamint vetésszerkezetre, ill. azok optimalizálására vonatkozóan (VÁRALLYAY, 2007). A kor követelményeinek megfelelő földminősítő és értékelő rendszernek figyelembe kell vennie az adott talaj agrotechnikai beavatkozásokra való reagáló képességét úgy, mint a stressztűrő képességét, a sérülékenységét, a terhelhetőségét, melyek mind olyan talajjellemzők, amik kifejezik azt, hogy az ökoszisztéma miként reagál a különböző külső emberi beavatkozásokra, hatásokra, illetve hogy a talaj milyen mértékben tudja kompenzálni ezeket a hatásokat anélkül, hogy minőségbeli változások következnének be (VÁRALLYAY, 2007).

A fenti igények alapján indult az a kutatás-fejlesztési munka, melynek célja egy modern, környezeti szempontokat is figyelembe vevő földminősítő rendszer kifejlesztése volt. Munkám során magam is azt a célt tűztem ki, hogy a humusz- és foszforhatások értékelésével és a kidolgozott viszonyszámok alkalmazásával ezen új földminősítő rendszert pontosítsam, kialakítva a D-e-METER Földminősítő rendszer „tápanyag modulját”.

A D-e-METER-t mint új korszerű földértékelési rendszert a Pannon Egyetem Georgikon Karán más kutatóbázisokkal együttműködve fejlesztették ki. Az NKFP (Nemzeti Kutatás Fejlesztési program) 2001-től 2008-ig terjedő szakaszában állami támogatás segítségével dolgozták ki azt az átlátható informatikai földminősítő és értékelő adatbázist. A Nemzeti Fejlesztési Terv (NFT) Gazdasági Versenyképesség Operatív Programjának (GVOP 2005-2008) szakaszában kapott támogatások segítségével pedig elindult a rendszer mintaterületi vizsgálata.

A rendszerfejlesztés során többféle adattípus integrálásával, egy értékelési alapadatbázis került kialakításra, mely hat különböző adatforrás felhasználását jelentette:

- az 1985-1989 közötti az AIIR (Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer) keretei közt összegyűjtött táblákra vonatkozó törzsadatokat (helye, nagysága, meredeksége, kitétsége, aranykorona-értéke, meteorológiai körzete), a talajvizsgálati adatokat (NPK tartalom, pH, humusztartalom, kötöttség), és a táblatörzskönyvi adatokat (növény, sorrend, hozamok, trágyázás),
- az OMTK (Országos Műtrágyázási Tartamkísérleti Hálózat) 35 éve folyó trágyázási kísérleteinek adatait,
- működő gazdaságok területén lévő mintaterületek növénytermesztési, táblatörzskönyvi, talajvizsgálati adatait,
- a Magyar Állami Földtani Intézet által összeállított vízrajzi adatbázis adatait,
- a Geodézia Rt. valamint az MTA-TAKI térinformatikai adatbázisok adatait,
- a MARTHA ver1.0 talajfizikai adatbázis adatait.

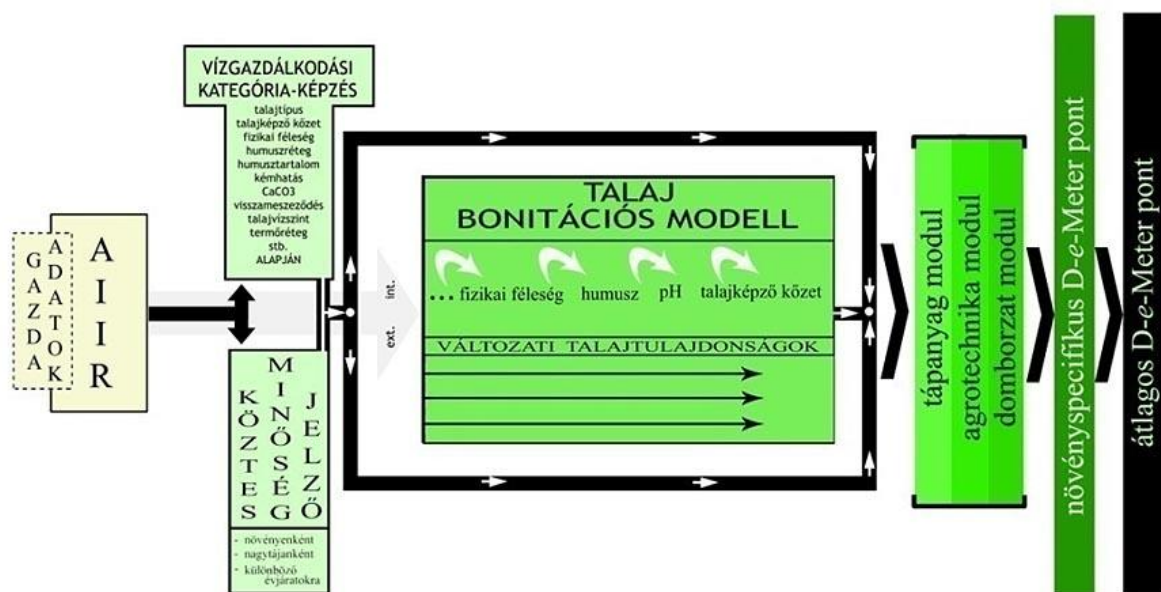
A D-e-METER rendszer informatikai háttere, az adatbázis kezelő és modellező rendszer a térinformatika és az internet nemzetközi szabványaira építve került kifejlesztésre. A földminősítő szolgáltatásnak előfeltétele, hogy a vizsgált területekről rendelkezésre álljanak a

megfelelő térképi adatok. A megfelelő méretarányú térképek nélkül nem indítható be az on-line földértékelési szolgáltatás (TÓTH et al., 2004abc).

A D-e-METER rendszer bemeneti adatait öt számítási modulban dolgozza fel a kifejlesztett értékelési algoritmus:

- vízgazdálkodás,
- talajfolt tulajdonságok,
- tápanyagellátottság,
- domborzati viszonyok,
- agrotechnikai tényezők (elővetemény, művelésmód).

A bemeneti adatok alapján, a számítási algoritmus kétfajta értékszámot képez. Az első érték a növény-specifikus D-e-METER pont, ami a főbb növénycsoportokra ad jellemző értéket, három évjárat (kedvező, kedvezőtlen, átlagos) és két művelési mód (extenzív, intenzív) vonatkozásában. A másik érték az általános földminőségi értékszám, mely kiszámításánál egy „átlagos” évjáratot vesz figyelembe az algoritmus, szintén főbb növényenként és a végeredményt növények szerint súlyozza, az országos vetésszerkezetnek megfelelően. Ez az ún. általános D-e-METER pont már alkalmas arra, hogy alapot szolgáltatson egy közzgazdasági földértékelés elvégzésére is. A D-e-METER földminősítés teljes folyamatát az 1. ábrán láthatjuk.



1. ábra, A D-e-METER földminősítő rendszer értékelési folyamata

3.3. A tápanyagtartalom hatása a földminőségre

A föld minősége, termékenysége és a földértékelés kapcsolatának keresése egy évszázadnál nagyobb időre tekint vissza, hazai és nemzetközi vonatkozásban is. A talajok víz- és tápanyag gazdálkodásának értékelése, a talajértékszám és termőhelyi értékszám kialakításánál kiemelkedő szerepet játszik (STEFANOVITS, 1999a). A talajhasznosítás és a talajtani tudomány fejlődésével felvetődik újra és újra a földértékelési rendszer fejlesztése (ALTERMANN, 1995; ALTERMANN, 1999; FÓRIZSNÉ et al., 1972; STEFANOVITS, 1999b; TÓTH és MÁTÉ, 1999; VÁRALLYAY, 1999). A földminősítési rendszer alapvető eleme tehát a talajok termékenységének megismerése, az azt kialakító talajtulajdonságok elemzésével, kiegészítve a gazdasági növények tápanyag-reakcióit kifejező terméstömegek elemzésével. Ez együtt jár a talajok tápanyagkészletének hatásvizsgálatával is. Ebből a célból szükségessé vált a különböző tápanyagellátottsági szinteket megvizsgálni, illetve a kialakult termékenységi szinteket értékelni. A növények terméshozamát és annak minőségét számos más tényező is befolyásolja.

A talajtermékenységet kialakító tényezők megismerése, mind minőségi, mind mennyiségi megközelítésben tehát alapvető fontosságú a terméseredmények fokozásához (GYŐRI, 1984). A legfontosabb ilyen tényező a talaj tápanyagtartalma, így a tápanyag-szolgáltató képesség megőrzésére, ill. fokozására irányuló kutatások nélkülözhetetlenek. KISMÁNYOKY és JOLÁNKAI (2006) megfogalmazása szerint a szántóföldi körülmények között végzett szerves- és műtrágyázási kísérletek, ezen belül is legfőképpen a több éven át tartó tartamkísérletek rendkívül fontosak.

A trágyázási tartamkísérletek a legalkalmasabbak az optimális tápanyag-ellátási tendenciák megállapítására (DEBRECZENI és DEBRECZENI, 1994), hiszen ezeknél a kísérleteknél vizsgálni lehet a talajba juttatott szerves-, ill. műtrágyák évek múlva kifejtett pozitív vagy éppen negatív hatását. Ilyen műtrágyázási tartamkísérlet az Országos Műtrágyázási Tartamkísérlet, mely ország több pontján, különböző ökológiai tulajdonságokkal rendelkező területeken és különböző talajtípusokon lettek beállítva (DEBRECZENI és DVORACSEK, 2009).

A természetű gazdasági növények tápanyag igénye a talajok aktuális tápanyagellátottságának ismeretében és a hozamok összevetésével elemezhető. A földminősítés tápanyag összetevőjének kifejezése az azonos rendszertani egységbe tartozó, de

különböző tápanyag-tartalmú talajok termékenységének különbségeinek számszerűsítését jelenti. A tápanyagellátottság hatásának számszerűsítésekor elsősorban abból a megfontolásból érdemes kiindulni, hogy a talajok adott viszonyok között meghatározott mennyiségű tápanyagot képesek a növény számára szolgáltatni. (Ez a képesség a trágyázással rövid, illetve hosszabb távon befolyásolható.) Következésképpen a hozamok által jelzett földminőség a - trágyázással befolyásolt - tápanyag szolgáltató képességtől függ, így ennek hatását kell a földminősítésbe integrálni.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a növénytermesztés eredményességét, az elérhető produkciót egyre nagyobb mértékben befolyásolják a mind gyakoribbá váló időjárási anomáliák is, ezért a földminőség tápanyagtényezőjét legpontosabban hosszú idősoros adatok feldolgozásával lehet kidolgozni.

A talaj tápanyagdinamikája a talajtulajdonságok és a talaj művelése által szabályozott, azok által befolyásolja a produkciós potenciált (TÓTH és MÁTÉ, 1999). A mezőgazdasági földhasználat fenntarthatósága csak úgy garantálható, ha a termésnagyságokkal összekapcsolt anyag- és energiaáramlási folyamatokat kontrollálni és befolyásolni lehet. Ez az optimális talaj tápanyagellátottság fenntartására és tápanyag gazdálkodására is vonatkozik.

A talajtermékenység értékelése, beleértve a talajspecifikus tápanyagellátottság produkciós potenciálra gyakorolt hatásának értékelését is, lehetőséget biztosít arra, hogy optimalizáljuk a földhasználat tervezést és a tápanyag-gazdálkodást, annak környezeti és gazdasági vonatkozásával. (RAJSIC és WEERSINK, 2008; CARR et al., 1991; GAÁL et al., 2003).

A talajtermékenység elemzése során tulajdonképpen a talajok produkciós potenciálját határozzuk meg. A talajtermékenységet a talajtulajdonságok egyedi kombinációi alapján értékeljük. Leginkább azokat a fizikai és kémiai tulajdonságokat vesszük figyelembe, melyek meghatározzák, hogy a talaj milyen mértékben képes ellátni a növényeket tápanyaggal és vízzel. (BOCZ et al., 1979; TÓTH és KISMÁNYOKY, 2001; FISCHER et al., 2006).

A tápanyag hatásával kapcsolatosan a legtöbb tudományos kutatás inkább a tápanyagutánpótlásra, a kijuttatott trágyadózisok hatására fókuszál, mint a talaj adott tápanyagellátottsági szintjére (KIRDA et al., 2001; LI et al., 2004; MAHLER et al., 1994).

A tápanyagellátottsági szintet leggyakrabban a növények növekedési modelljeiben (ARORA et al., 2007), tápanyag mérleg számításnál (ÖBORN et al., 2003), trágya hatékonyság vizsgálatnál (ALCOZ et al., 1993; FAGERIA és BALIGAR, 2005) és alkalmazott trágyázási tanácsadásnál (CSATHÓ et al., 1998; PATÓCS, 1987) veszik figyelembe. PATHAK et al. (2003) számolt be a talaj tápanyagellátottságának kvantitatív értékeléséről. Vizsgálatai India különböző trópusi és szubtrópusi területeinek talaj tápanyag-szintjein alapultak, kapcsolatot állított fel a belföldi NPK készlet és a búza hozamok, illetve a talaj szerves szén tartalmával kapcsolatosan, Olsen P és ammónium acetát oldható K vonatkozásában is, külön-külön. WU (1993) a tápanyag szintek és termésmennyiség közötti kapcsolat számszerűsítésével rizsföldek termékenység becsléséhez végezte el a tápanyag hatás számszerű értékelését. BINDRABAN et al. (2000) egy osztályozott tápanyag készlet és tápanyag kimerülés kategóriák felállítását javasolta a földminősítés indikátor továbbfejlesztése érdekében. Hasonló megközelítéseket használnak több trágyázási szaktanácsadási rendszer esetében (CSATHÓ et al., 1998; PATÓCS, 1987). Ezek a rendszerek megbízható hozam adatokra és ehhez kapcsolódó termékenységi együttthatókra épülnek.

3.3.1. A talaj humusztartalmának hatása

A talajban lévő szervesanyagok agrokémiai szempontból elsősorban a talaj nitrogén-szolgáltató képességét határozzák meg, természetesen mindamellettt kedvező hatást gyakorolnak a talaj egyéb termékenységet befolyásoló tulajdonságára, mint például a talaj vízgazdálkodására is (MAKÓ és TÓTH, 2007). A talaj szervesanyag tartalma jelentősen és pozitívan befolyásolja a talaj víztartó képességét, a felvehető víz mennyiségét és a morzsa stabilitást (DUNAI et al., 2013). A talaj nitrogén-szolgáltató képessége elsősorban a humusztartalomtól és annak nitrogéntartalmától függ. A humusz nitrogéntartalmának növekedésével növekszik a talaj szerves nitrogéntartalma. Ugyanakkor fontos megjegyezni azt is, hogy a talaj nitrogén-szolgáltatása, és így az elérhető nitrogénellátottság függ a humuszanyagok minőségétől is (HARGITAI, 1983; NÉMETH, 1996a), illetve attól, hogy a humuszanyagok nitrogéntartalmú oldalláncai könnyen, vagy nehezebben szakíthatók-e le (HARGITAI, 1961).

Az elmúlt időszakban sokat változott a hazai tápanyag-visszapótlás gyakorlata. A 70-es évektől kezdődően a N-műtrágya használat komoly N-túlsúlyt eredményezett, majd a rendszerváltás után ez visszaesett, a N-műtrágya felhasználás mintegy ¼-ére csökkent. A

terméshozamokban ekkor még nem történt nagy változás, ugyanis a minimálisan szükséges N tápanyag-visszapótlás mellett, a talajok elegendő tápanyag tartalékkal bírtak, viszont a talajok tápanyagellátottsága nem sokkal később már csökkenni kezdett, negatív tápanyag-mérlegeket eredményezve (KÁDÁR, 1987b; CSATHÓ, 1994). A nitrogén tápanyag-visszapótlás megcsappanását követően, csupán a 2000-es években kezdődött egy újabb növekvő N műtrágya használat, ami mára újra pozitív irányba mozdította a N-mérlegeket.

A kukorica a termesztett kultúrnövényeink közül a trágyaigényesebb növények közé tartozik, viszont a trágyázást, különösképpen a N-trágyázást kiugró termésnagyságokkal hálálja meg; a makrotápanyagok közül a nitrogénnek van a legnagyobb hatása a kukorica szemtermésére (BALLÁNÉ, 1960; LATKOVICSNÉ, 1963; NÉMETH és BUZÁS, 1991; KÁDÁR, 1987a; DEBRECZENI és DEBRECZENI, 1994).

A talaj nitrogénellátottságát a jelenlegi trágyaigény-számítási módszerekben, többségében a humusztartalom alapján ítéljük meg. A dolgozatban is elvégzett humusztartalom hatásvizsgálatoknál tapasztalt termés hozam különbségeket támasztja alá KISMÁNYOKY és TÓTH (2012) megfigyelése is, miszerint barna erdőtalajokon kukorica tartamkísérletekben a parcellák N szolgáltató képessége szoros kapcsolatban volt a talaj szervesanyag-tartalmával.

Alaptételként fogalmazhatjuk meg, hogy kis humusztartalmú talajokból kevés nitrogén mineralizálódik, így itt a magasabb hozamok eléréséhez nagyobb nitrogén trágya adag szükséges. Érdekes ugyanakkor azt is megvizsgálni, hogy hasonló trágyázás mellett milyen hatása van a talajok humusztartalmának. Mivel a humusztartalom általában a talajok szerkezetét, vízháztartását is befolyásolja, az évjáratos hatások vizsgálatakor erre is figyelemmel kell lenni. A témát érintő eredményeket hoztak KISMÁNYOKY és DEBRECZENI (2001) kutatásai, akik az OMTK kísérleti hálózat több évtizedes kukorica kísérleteinek feldolgozásakor a műtrágyázás nélküli kontrol kezelésekben csernozjom talajon (Luvic Pheosem, Hajdúböszörmény) az évek átlagában igen jó humuszellátottság mellett 7,5 t ha⁻¹ termést, barna erdőtalajon (Eutric Cambisol, Keszthely) közepes humuszellátottság esetén 4,5 t ha⁻¹ szemterméseket mértek.

3.3.2. A talaj foszfortartalmának hatása

Az 1950-es évektől kezdve a szerves és műtrágyázással földekre juttatott foszfor növekvő mennyisége az európai országok többségében pozitív foszfor mérlegeket eredményezett (GRANSTEDT, 2000; TUNNEY et al., 1997, 2003). Magyarországon hasonló folyamat játszódott le az 1960-as évektől kezdve, ami harminc év alatt a mezőgazdasági talajok jelentős foszfor dúsulását eredményezte (CSATHÓ és RADIMSZKY, 2011; KOVÁCS és CSATHÓ, 2005). A termőhelyekhez és várható hozamokhoz igazított, okszerű trágyázás érdekében hazánkban országos talajerő-gazdálkodási rendszer került kialakításra, aminek fontos részét képezték a tápanyagellátottsági vizsgálatok (MÉM, 1976). A talajvizsgálati eredményeket, trágyázási és hozamadatokat a 70-es évek végétől az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázisában gyűjtötték, tárolták. A kijuttatott tápanyag területi megoszlása ugyanakkor hazánkban ebben az intenzív mezőgazdasági időszakában is jelentős különbségeket mutatott, ami a talajok tápanyagellátottságában is érvényesült. Míg például a 80-as évek közepén, Veszprém megyében a szántóterületek 30%-a volt igen jó foszforellátottságú, addig Nógrádban csak 17,5%-a. Az igen gyenge vagy gyenge ellátottságú talajok aránya Tolnában volt a legkisebb, 2,4%-os részesedéssel, Borsod-Abaúj-Zemplénben pedig a legnagyobb 33,8%-os aránnyal (BARANYAI et al.; 1987).

A különböző trágyázási szaktanácsadási rendszerek a termőhelyek és megcélzott termésszint mellett legtöbb esetben a talajok tápanyagellátottsági értékeit veszik figyelembe (JORDAN-MEILLE et al., 2012). A tápanyagellátottság és trágyázás kölcsönhatásainak, de mindenek előtt a trágyázás hozamképzésben betöltött szerepének vizsgálata az elmúlt évtizedek agrokémiai és növénytermesztéstani kutatásainak kitüntetett témája volt (DEBRECZENI és DEBRECZENI, 1994; DEBRECZENI és NÉMETH, 2009; NÉMETH, 1996ab). A talajok tápanyagellátottságának a termésképzésben betöltött – trágyázástól független – szerepét itthon kevesebben vizsgálták. Ilyen jellegű vizsgálatokat a 80-as évek közepén rendelkezésre álló AIIR adatok földolgozásával, búza jelzőnövényvel végzett BARANYAI et al. (1987), majd az újabb talajvizsgálati és hozamadatokat is tartalmazó későbbi AIIR adatbázissal, szintén búza jelzőnövényvel HERMANN és TÓTH (2011). A kapott eredmények azt mutatják, hogy a búza termésmennyisége a foszfortartalom függvényében termőhelyenként és évjáratonként is különböző dinamikát mutat.

A talajban a foszfor több átalakulási folyamaton is átmegy, míg végül olyan formába kerül, ami képes kielégíteni a növények tápanyagszükségletét. A foszfor ásványi formája eredendően az apatit kőzet nagy foszfortartalmából származik (WHITE, 2000), majd az apatitot tartalmazó kőzetek felaprózódását és mállását követően, a kémiai és biológiai folyamatok hatására három formában található meg a talajban. A közvetlenül nem felvehető foszforformák az ásványi tartalékkészletek, illetve a szerves foszforvegyületek, melyek mineralizációja szintén lassú folyamat. A talaj eredeti foszforkészletének mennyiségét és minőségét alapvetően a talajképződési folyamatok határozzák meg, így a különböző talajtípusoknak más-más a foszforszolgáltató képessége (MENGEL és KIRKBY, 1987). A növények számára hozzáférhető foszforformának az oldható szerves foszforvegyületeket és az adszorbeált foszfort tekinthetjük, a növények számára közvetlenül felvehető foszfor pedig a talajoldatból érhető el. A talaj különböző foszforformái között dinamikus egyensúly áll fenn, a növények foszforfelvételét azonban sok tényező befolyásolja. A szerves foszfátvegyületek oldékonyságát és átalakulását elsősorban a pH szabályozza (HSU, P. H. és JACKSON, M. L, 1960), illetve együttesen a talaj kémhatása és mészállapota alakítja (SARKADI, 1975), de a pH mellett az egyéb talajtulajdonságok és az anyakőzet minősége is hatással van a kialakuló szerves foszfátvegyületek minőségére és mennyiségére (FÜLEKY, 1983). Mindenképpen meg kell azonban jegyezni, amit több szerző is megállapított (CSATHÓ et al., 1991; DEBRECZENI és DEBRECZENI, 1983), hogy a talajban hozzáférhető tápanyagok optimális mennyisége nagyban változik a szélsőséges időjárási körülmények hatására.

4. Anyag és módszer

4.1. Vizsgálati adatbázis

4.1.1. AIIR adatbázis

A talaj tápanyag – termőképesség kapcsolatának feltárása érdekében vizsgálatokat végeztem az NP tápanyag szinteknek, az őszi búza és a kukorica termésmennyiségére gyakorolt hatását kutatva. Munkám legfőbb célja volt tanulmányozni a különböző talajtípusok különböző NP tápanyag szintjeinek köszönhetően kialakult őszi búza és kukorica termésreakciókat, az eltérő klímahatások figyelembevételével; majd ezt követően kialakítani a tápanyagellátottságok hosszútávú hatásának földminősítésben felhasználható viszonyszámait.

A dolgozatomban tárgyalt két eltérő termőhelyi típus humusz- és foszfortartalmának hatását, évjáratos bontásban nagy mintaszámú adatbázison elemeztem.

Az 1980-as években az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) keretei között begyűjtött országos adatok jelentették a vizsgálati adatbázist. A parcella részletességű országos adatbázis 5 év (1985-1989) évenként mintegy 4 millió hektár szántóföld, átlagosan 80000 művelt táblájának talajtani-, trágyázási-, tápanyagvizsgálati- és terméshozam adatait tartalmazza (BARANYAI et al., 1987, KOCSIS et al., 2014). A leválogatott adatbázis mintegy 42000 rekordot, vagyis ennyi mezőgazdasági tábla talajtani, trágyázási és növényhozam adatait tartalmazta a vizsgált termőhelyek, növények és egyéb szűrési feltételeknek megfelelően.

Az adatbázis idősoros adatai három nagy csoportba oszthatók (1. táblázat):

Tábla törzsadatok:

táblák helye (megye, gazdaság, földrajzi koordináták), táblaméret, művelési ág, meteorológiai körzet, aranykorona-érték.

Talajvizsgálati adatok:

talaj altípusa, pH (KCl), Arany-féle kötöttség, szervesanyag tartalom (humusz %), összes sótartalom, CaCO₃ tartalom, NO₃-NO₂ tartalom, P₂O₅ és K₂O hatóanyag tartalom, Mg, Zn, Cu, Mn tartalom.

Agrotechnikai, növénytermesztési adatok:

parcellák mérete, növény (fajta), vetés időpontja (év, hó, nap), betakarítás időpontja (év, hó, nap), hozamok (100 kg/ha), szerves trágyázás (ideje, mennyisége), műtrágyázás (N, P, K, mész) kg/ha, meliorációs beavatkozás, fajtája, ideje.

1. táblázat, Az AIIR adatbázisban megtalálható alapadatok

Tábla törzsadatok	Agrotechnikai adatok	Talajvizsgálati adatok
Megye	Elővetemény	Talajtípus
Gazdaság	Vetett növény	Talajaltípus
Mezőgazdasági év	Vetett növény fajtája	Fizikai féleség (KA)
Táblaazonosító	Vetés ideje	Humusz-tartalom (%)
Tábla mérete (ha)	Terméshozam (t/ha)	pH (KCl)
Résztábla-azonosító	Kijuttatott N műtrágya (kg/ha)	CaCO ₃ -tartalom (%)
Résztábla mérete (ha)	Kijuttatott P műtrágya (kg/ha)	Vízben oldható összes sótartalom (%)
Talajmintavételei helyek koordinátái	Kijuttatott K műtrágya (kg/ha)	NO ₂ - és NO ₃ -tartalom (ppm)
Meteorológia körzet	Kijuttatott szerves trágya (q/ha)	P ₂ O ₅ -tartalom (ppm)
	Kijuttatott mésztrágya (t/ha)	K ₂ O-tartalom (ppm)
	Művelési mód	Mg-tartalom (ppm)

		Zn-tartalom (ppm)
		Cu-tartalom (ppm)
		Mn-tartalom (ppm)

Az AIIR adatbázis részletes ismertetését BARANYAI et al. (1987) és KOCSIS et al. (2014) adják. Az adatok a NÉBIH, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóságának kezelésében vannak, mely adatbázist annak jogelődje, a Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat bocsátotta a Pannon Egyetem rendelkezésére, földminősítési kutatások céljára. Az elavult adathordozón lévő eredeti adatok többszörös konverziós eljárását követően MS Excel táblázatokba kerültek .xls és .mdb formátumokban. Az így tárolt adatbázisokból statisztikai feldolgozásra az SPSS szoftvercsomagban használható .sav formátumú állomány lett kialakítva, a továbbiakban ezzel az adatállománnyal végeztem elemzéseim.

Az AIIR adatbázisból jelen kutatásomhoz a mezőségi talajok és barna erdőtalajok termőhelyein lévő szántó területek kukorica és őszi búza tábláit, azok hozamait, illetve humusz- és foszfortartalom eredményeit válogattam ki. Ehhez a kiválasztott táblák talajait termőhelyi típusokba kellett osztani, majd a kiválasztott táblákról rendelkezésre álló adatokat tápanyagellátottsági szintek szerint kellett csoportosítani.

Legelőször az AIIR adatbázison ellenőrző vizsgálatokat kellett végezni abból a célból, hogy a talajtani adatokat megtisztítsam a hibás adatrögzítésből, vagy egyéb okokból adódó hibás adatoktól. Így kerültek kiszűrésre a természetben nem előforduló, de az adatbázisban mégis hibásan szereplő tulajdonságkombinációk (pl. magas mésztartalom és alacsony pH együttes jelenléte) is.

Az adatbázist a dolgozat célkitűzéseinek megfelelően a két jelzőnövényre (kukorica és őszi búza), két különböző termőhelyre (mezőségi talaj és barna erdőtalaj) és a két-két, növény-specifikusan jellemző kedvező és kedvezőtlen évjáratra szűkítettem.

A kialakított termőhelyi csoportokkal, illetve tápanyagellátottsági kategóriákkal úgy végeztem vizsgálatomat, hogy azon táblák adatait vettem csak figyelembe, ahol legalább 50

kg ha⁻¹ nitrogén, 50 kg ha⁻¹ foszfor és 100 kg ha⁻¹ kálium műtrágya került az adott évben kijuttatásra. Ezek a dózisek – melyek az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK kísérletek) legkisebb kezelése (2. táblázat) (DEBRECZENI és DVORACSEK, 2009) – jelentették kutatásaink során azt a minimálisan kijuttatott tápanyagmennyiséget, amitől kezdődően intenzíven művelt mezőgazdasági táblákról beszélhetünk.

2. táblázat - Trágyadózis kategóriák az AIIR adatok szűréséhez

NPK	1. rotáció (1967–1971)			2.–3. rotáció (1972–1979)		4.–5. rotáció (1980–1987)		6. rotációtól 1988-tól		
	Búza	Kuko- rica	Borsó	Búza Kuk.	Borsó	Búza Kuk.	Borsó	Búza	Kuko- rica	Borsó
<i>Nitrogén-hatóanyagok, kg N/ha/év</i>										
N ₁	35	40	0	50	0	50	0	100	100	50
N ₂	70	80	20	100	25	100	40	150	150	75
N ₃	105	120	40	150	50	150	80	200	200	100
N ₄	140	160	40	200	75	200	120	250	250	125
<i>Foszforhatóanyagok, kg P₂O₅/ha/év</i>										
P ₁	35	35	40	50	50	50	50	60	60	60
P ₂	70	70	80	100	100	100	100	120	120	120
P ₃	105	105	120	150	150	150	150	180	180	180
<i>Kálium-hatóanyagok, kg K₂O/ha/év</i>										
K ₁	70	100	80	100	100	100	100	100	200	100
K ₂	140	200	160	–	–	–	–	150	250	150

Ezzel a módszerrel kiszűrtem az adatbázisból a trágyázatlan, az alacsony műtrágyaadagú, így valószínűleg általánosan is alacsony színvonalon művelt mezőgazdasági táblákat. Az extenzív művelésű (trágyázás nélküli, vagy alacsony trágyázású) területek értékelése nem volt a jelen vizsgálat célja, a minimális trágyadózisok kiszűrésével azokat a mezőgazdasági táblákat távolítottam el tehát az adatbázisból, melyek az átlagos mezőgazdasági termelési színvonaltól elmaradnak.

4.1.2. Meteorológiai adatok

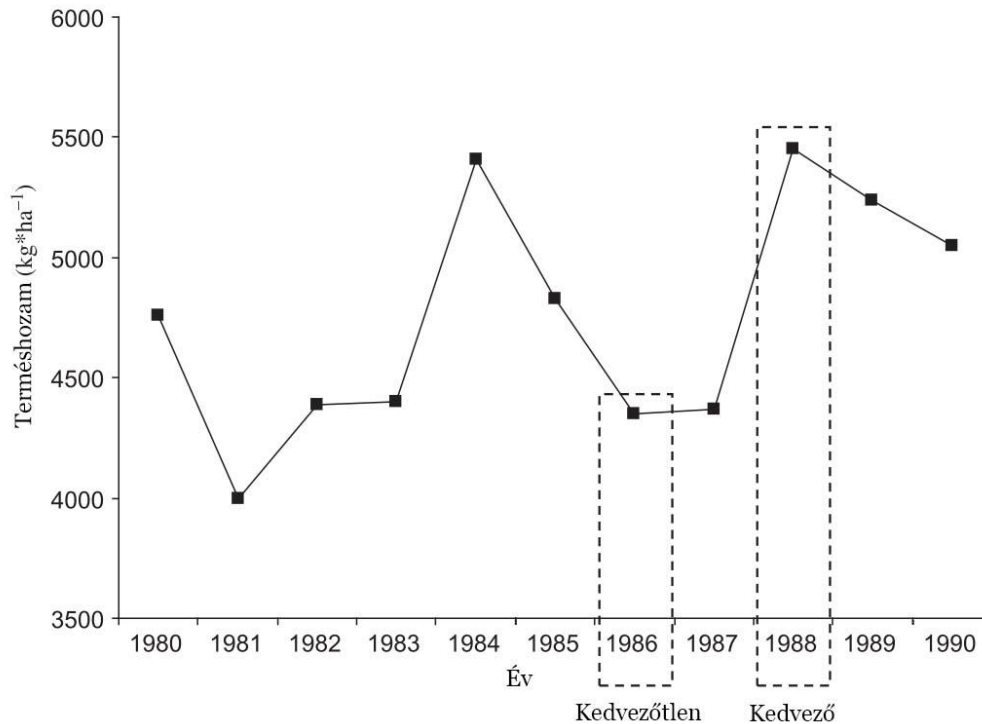
A dolgozatban különböző funkcióval és eltérő hangsúlyban jelenik meg a meteorológiai adatok két különböző típusa:

1. A vizsgálat céljaként megjelölt, és az AIIR adatbázisból elkülönített eltérő évjáratok (kedvező, kedvezőtlen) meteorológiai adatai. Ezen meteorológiai adatok csupán az adatbázisban szereplő idősoros adatok különböző éveinek jellemzéséhez voltak

szükségesek, a talajtermékenységi, földminősítési vizsgálatokhoz nem használtam őket.

2. Agrometeorológiai körzetek klímapotenciálját jellemző SZÁSZ (2002) által összeállított teoretikus hozam adatok, amik nem közvetlen meteorológiai adatok, csak utalnak az adott körzetek meteorológiai jellemzőkre. A földminősítéshez az AIIR adatbázisban szereplő valós, mért hozam adatok klímazónák szerinti átlagát minden évre a SZÁSZ-FÉLE (2002) teoretikus termésadataival osztottam. A kapott hányadost tekintettem az adott évben a régióra jellemző meteorológiai korrekciós tényezőként, amivel egy hosszútávú átlaghoz viszonyíthattam az adott év hozamait. Ezt a valóságban úgy értem el, hogy a kapott (évekre, meteorológiai körzetekre számított) korrekciós tényezővel szoroztam minden tábla terméshozamát. Így már nem valós termésadatokkal dolgoztam tovább, hanem ezzel a meteorológiai hatással súlyozott immár dimenzió nélküli viszonyzámmal, ami a produkciós képességet azért tükrözi. Ez természetesen, az egyes régiók talajheterogenitásának függvényében eltérő mértékben, hibától terhelt, de ezt a megoldást találtam az adott lehetőségek között a legcélravezetőbbnek. A földminősítéshez az AIIR adatbázis hozamadatait tehát nemcsak a térbeli (földrajzi), hanem az időbeli (évjáratos) hatásoktól is megtisztítottam.

Az AIIR adatbázis idősoros adatai közül két év adatait választottam ki mindkét jelzőnövény vonatkozásában. A kedvező év és a kedvezőtlen év meghatározásakor úgy jártam el, hogy az adatbázisból növényenként kiválasztottam azoknak az éveknek az adatait, amik az adott növények szempontjából kiemelkedően jó (magas), vagy rossz (alacsony) terméseket eredményeztek, és a további vizsgálatokat ezen évek adataival végeztem (2. ábra). Országos vizsgálatokhoz ez megfelelő megközelítésnek tűnik, miközben az egyes években földrajzi régióként, vagy azokon belül természetesen lehetnek eltérések.



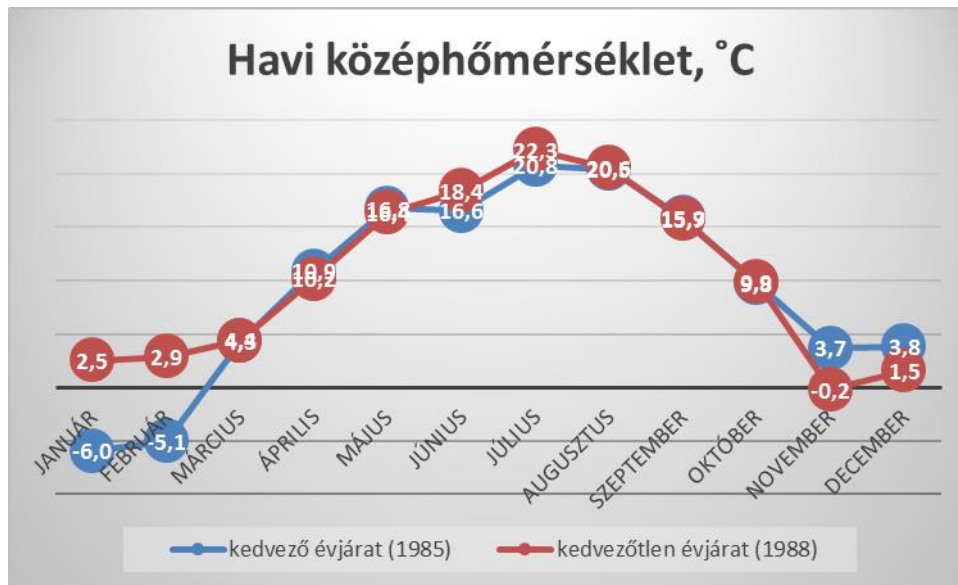
2. ábra, Az őszi búza terméseredményeinek éves átlagos alakulása az AIIR adatbázis adatai alapján; a kedvező és kedvezőtlen évjárat elkülönítése

A kukorica termésadatait elemezve a legnagyobb átlagos terméseket az 1985-ös évben találtam, melyet így a kukorica szempontjából kedvező évnek tekintettem, a legkisebb átlagos termések pedig az 1988-as évből kerültek ki, melyet így a kukorica szempontjából kedvezőtlen évnek vettem. Hasonlóan jártam el az őszi búza termésadatait elemezve is, melyek alapján az őszi búza szempontjából kedvező az 1988-as év volt, amikor is átlagosan a legmagasabb terméseredményeket találtam, az 1986-as év pedig kedvezőtlen évjáratnak volt tekinthető, az átlag alatti őszi búza hozamok jelentkezésével.

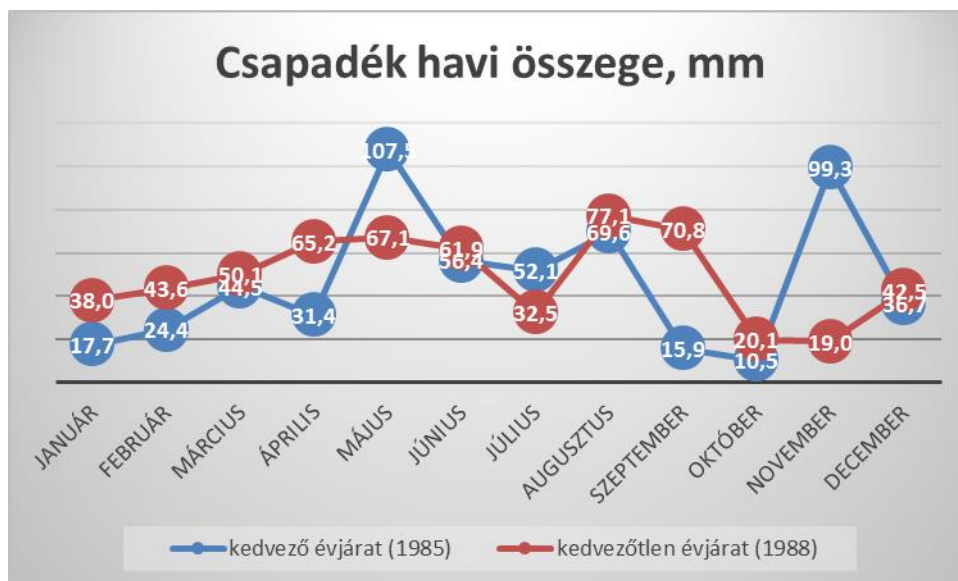
A két eltérő évjárat meteorológiai jellemzéséhez az Országos Meteorológiai Szolgálat hosszú idősoros adatbázisából az ország négy különböző részéről gyűjtött csapadék és hőmérséklet adatait vizsgáltam havi felbontásban. (OMSZ, 2014)

Ezek alapján az 1988-as kedvezőtlen évről megállapítható, hogy a korán jött tavaszi meleg (január-február) elősegítette a vetés előtt a talajok párolgását, vízvesztését, továbbá a június-júliusi viszonylag meleg időjárás (véltetően légköri aszály is előfordult) kedvezőtlenül hatott a címerhánycsúcs-nővirágzás időszakában a kukorica fejlődésére (3. ábra). Az 1988-as évben a tenyészidőszak csapadéka kevesebb volt, mint 1985-ben. Az 1988. év szeptemberében

jelentkező csapadékbőség a termést már nem befolyásolta jelentősen. A tenyészidőszak csapadéka az átlagnál gyengébb volt (4. ábra).



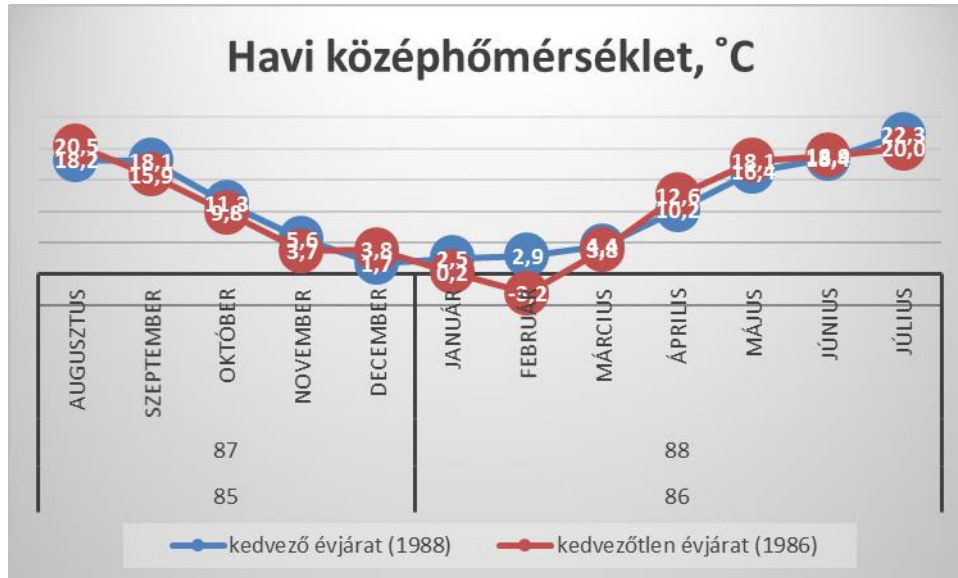
3. ábra, A kukorica szempontjából vizsgált kedvező és kedvezőtlen évjárat hőmérsékleti viszonyai



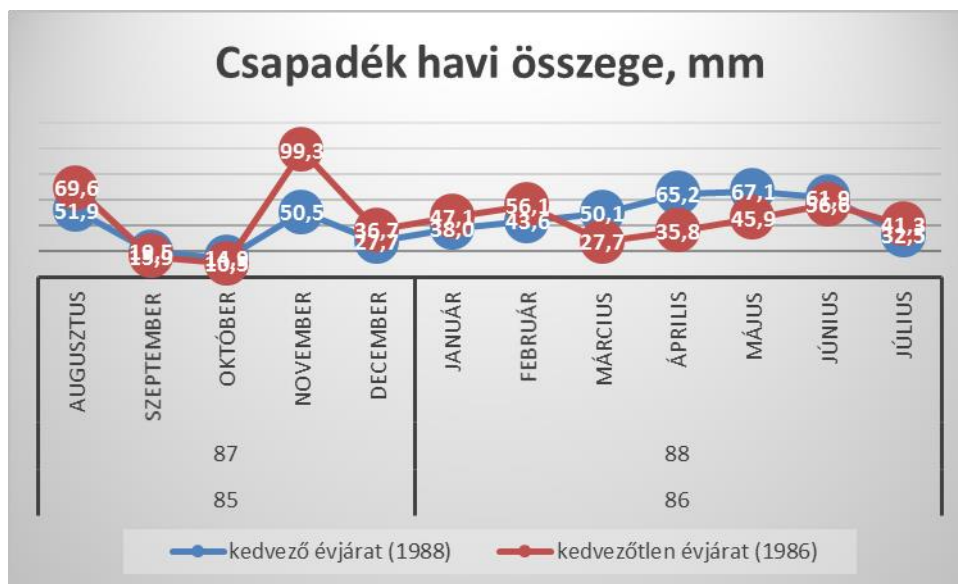
4. ábra, A kukorica szempontjából vizsgált kedvező és kedvezőtlen évjárat csapadékviszonyai

A kukorica szempontjából kedvező évben, az 1985-ös évben a hőeloszlás (3. ábra) és csapadékeloszlás (4. ábra) is egyenletes és kedvező volt a kukorica számára. A tenyészidőszak csapadéka jó-átlagos volt. A kedvező évjárat egyértelműen a magas májusi csapadékmennyiségnek volt köszönhető, az országos átlag alapján lehullott 107,5 mm

csapadékmennyiség talajt feltöltötte és így a kritikus időszakban, június-július hónapokban elegendő víz állt rendelkezésre a kukorica fejlődéséhez, ráadásul még az ezen időszakban lehullott csapadék mennyisége is kedvező volt.



5. ábra, Az őszi búza szempontjából vizsgált kedvező és kedvezőtlen évjárat hőmérsékleti viszonyai



6. ábra, Az őszi búza szempontjából vizsgált kedvező és kedvezőtlen évjárat csapadékviszonyai

Szintén az Országos Meteorológiai Szolgálat hosszú idősoros adatait elemezve arra a következtetésre jutottam, hogy az 1988-as év őszi búza termésekre ható kedvező hatása két

meteorológiai hatásnak is betudható. Egyrészt a január-februári pár fokkal magasabb havi átlag hőmérséklet (5. ábra) elősegítette az őszi búza gyorsabb megerősödését, bokrosodását, majd az utána következő március-áprilisi hónapok mintegy 45%-al több csapadék (6. ábra) tovább erősítette az őszi búza kiegyensúlyozottabb növekedését.

A csapadékos, enyhe tavaszon a télből meggyengülve kikerülő növények egyébként is gyorsan megerősödnek. Az őszi búza fejlődésében döntő jelentőségű a májusi és június eleji időjárás, de az ország egyes részein az április végi csapadék is gyakran meghatározza a termést.

Őszi búza esetében a kedvezőtlenebb évjárat kialakulásához az is hozzájárulhat, ha a felfagyott vetést száraz időjárás éri, ekkor ugyanis sok növény elpusztulhat, ami különösen igaz a humuszban gazdag talajoknál, melyek hajlamosabbak a felfagyásra.

Azt is érdemes megjegyezni, hogy bár az országos adatok regionális különbségeket takarhatnak, a nagy mintaszám miatt ezek a különbségek az országos talajadatokkal összevetésben nagyrészt kiegyenlítődnek. Későbbi vizsgálati eredmények alátámasztották ezt a feltételezést.

4.2. Vizsgálati módszerek

Az adatbázis műveletek és további vizsgálatok megalapozásának első lépésében az adatok közül kiválogattam azokat, amik olyan táblákról származtak, amik kiegyensúlyozott intenzív művelésben, tápanyag utánpótlásban részesültek. Az intenzív szántóföldi művelés alatt álló mezőgazdasági területek elkülönítésére az OMTK kísérletekben használt trágyadózisokat vettem alapul. Ezek alapján az adatbázisból eltávolításra kerültek azok a mezőgazdasági táblák, melyek nem kapták meg az OMTK intenzívnek minősülő dózisaiban szereplő, minimálisan kijuttatott tápanyagmennyiséget, amiktől kezdődően intenzíven művelt mezőgazdasági táblákról beszélhetünk. Az extenzív művelésű (trágyázás nélküli, vagy az OMTK intenzív dózisaiknál alacsonyabb szinten trágyázott) területek értékelése nem volt a jelen vizsgálatom célja. A minimális trágyadózisok kiszűrésével azokat a mezőgazdasági táblákat távolítottam el az adatbázisból, melyek az átlagos mezőgazdasági termelési színvonalnál elmaradnak.

4.2.1. Talajosztályozási egységek termőhelyi kategorizálása

Az AIIR (országos) adatbázisba rendszerezett táblaadatok közül az azonos tápanyag vizsgálati eredményekkel rendelkező táblákat előzetes vizsgálatoknak vettem alá. Azt vizsgáltam, hogy az adatok ilyen, összesített elemzése alapján megállapítható volt, hogy a tápanyagtartalmi értékek ismerete önmagában nem elégséges a hozamprognózisokhoz. Más szóval, az azonos ellátottsági kategóriákhoz tartozó (növényenkénti) terméseredmények nagy szórást mutattak. Amikor ugyanezeket a kategóriákat viszont talajonként vizsgáltam, sikerült a szóráskepeket szűkíteni. Arra a következtetésre jutottam, hogy a talajok és néhány, a tápanyag dinamika szempontjából fontos talajtulajdonság figyelembe vételével még pontosabbá tehetők a becslések, és ily módon a tápanyagviszonyok integrálhatók a földminősítés rendszerébe is.

Az adatelőkészítés első lépéseként az AIIR adatbázisban szereplő talajokat, illetve a kiválasztott mezőgazdasági táblák talajtípusait, a meghatározásban szerepet játszó talajtulajdonság alapján (Arany-féle kötöttség, CaCO_3) az ún. termőhelyi csoportba soroltam. A besoroláshoz BUZÁS et al. (1979) meghatározása szolgáltatta az alapot, mely műtrágyázási irányelveket később PATÓCS (1987) ugyan kis mértékben átdolgozott, azonban ezen újabb verzió már nem vívta ki teljes mértékben a teljes szakmai egyetértést az alkalmazott új módszer használhatóságát illetően. A termőhelyi kategorizálás alapkonceptiója, hogy egyes talajosztályozási egységek hasonlóságot mutatnak a tápanyagszolgáltató képességükben és ezek a hasonlóságok meghatározzák a tápanyagreakciójukat és a termőképességet is. A jelenlegi talajosztályozási rendszerünk 126 talajtani alegysége 6 különböző termőhelyi kategóriába sorolja az egyes talajokat anyag és energia folyamataik és meghatározott talaj karakterisztikájuk alapján (I. egyensúlyi típusú talajok, II. kilúgzásos típusú talajok, III. kötött talajok, IV. laza talajok, V. szikes talajok, VI. sekély termőrétegű talajok).

Jelen dolgozatban az I. és II. termőhelybe tartozó talajok humusz-, illetve foszfortartalmának hatásvizsgálatával foglalkoztam.

Az I. termőhely jellemzően mezőségi talajokat tartalmazó kategóriájába a termékenyebb, magasabb humusztartalommal bíró, jó víz- és tápanyagszolgáltató képességgel rendelkező talajok tartoznak, melyek közé a következő talajtípusok sorolhatók:

- csernozjom barna erdőtalaj

- erdőmaradványos csernozjom
- kilúgzott csernozjom
- mészlepedékes csernozjom
- csernozjom réti talaj
- réti csernozjom
- terasz csernozjom
- humuszkarbonát talaj

A II. termőhely barna erdőtalajainak kialakulásában a humuszképződés és kilúgzás folyamatai mellett az intenzív agyagképződés és a gyenge savanyodás játszanak meghatározó szerepet. Az A és B szint agyagtartalma magasabb, mint a talajképző anyag agyagtartalma. A kilúgzott szint általában 20-30 cm vastag és átmenete a B szintbe határozott. A bázistelítettség meghaladja a 60%-ot és semleges vagy gyengén savanyú kémhatású. A domináns kicserélhető kation a kalcium.

A megfelelő agrotechnika megválasztásával ezen termőhelyen sikerrel termesztethető a legtöbb szántóföldi kultúra. A II. termőhelyhez a következő talajtípusok tartoznak:

- agyagbemosódásos barna erdőtalaj
- Ramann-féle barna erdőtalaj
- karbonátmaradványos barna erdőtalaj
- lejtőhordalék talaj

4.2.2. Tápanyagellátottsági szintek hatásának vizsgálata

Az eltérő tápanyagszintek hatásának értékelésekor a trágyázási kutatások (DEBRECZENI és DEBRECZENI, 1994; KÁDÁR, 1992; KOVÁCS és CSATHÓ, 2005) nyomán kidolgozott szaktanácsadási rendszerek elméleti alapjából indultam ki (BUZÁS et al., 1979, ANTAL et al., 1987; CSATHÓ et al., 2005; DEBRECZENI, 1999; NÉMETH, 2005). Ennek megfelelően a különböző szántóföldi termőhelyek (BUZÁS et al., 1979) egyes ellátottsági kategóriák szerinti értékelését végeztem el. A termőhelyek és a termőhelyek tápanyagellátottsági viszonyainak csoportosítását a BUZÁS et al., (1979) által kialakított módszer alapján végeztem. Itt kell mindenképpen megjegyezni, hogy más, a gyakorlatban is kipróbált szaktanácsadási rendszerek (pl. ANTAL et al., 2005; CSATHÓ, 2002) tápanyagellátottsági szintjeinek határértékei eltérnek az általam választott rendszer határértékeitől, ezért érdemes lehet a

későbbiekben egy összehasonlító tanulmányt végezni a különböző határértékek mellett kapott eredmények értelmezéséről is, de a jelen dolgozat célja nem erre irányult.

Az AIIR adatbázis tábláit, azok tápanyagvizsgálati eredményei, termőhelye és egyéb tulajdonságai (Arany-féle kötöttség; CaCO₃ tartalom) alapján, a MÉM NAK (BUZÁS et al., 1979) által megállapított határértékek szerinti 5 ellátottsági kategóriába soroltam a foszfortartalom (3. táblázat) és 5 ellátottsági kategóriába a humusztartalom (4. táblázat) alapján.

3.táblázat – Mezőségi talajok (I. termőhely) és barna erdőtalajok (II. termőhely) foszfortartalmának határértékei a foszforellátottság megítéléshez

Termőhelyi kategória	CaCO ₃ %	AL-oldható P ₂ O ₅ mg*1000g ⁻¹				
		igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
I. mezőségi talaj	CaCO ₃ % < 1	< 40	41-80	81-130	131-200	201-
	CaCO ₃ % > 1	< 50	51-90	91-150	151-250	251-
II. barna erdőtalaj	CaCO ₃ % < 1	< 30	31-60	61-100	101-160	161-
	CaCO ₃ % > 1	< 40	41-70	71-120	121-200	201-

4.táblázat – Mezőségi talajok (I. termőhely) és barna erdőtalajok (II. termőhely) humusztartalmának határértékei a nitrogénellátottság megítéléséhez

Termőhelyi kategória	Arany-féle kötöttség	Humusztartalom %				
		igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
I. mezőségi	< 42	< 1,50	1,51-1,90	1,91-2,50	2,51-3,50	> 3,51
	> 42	< 2,00	2,01-2,40	2,41-3,00	3,01-4,00	> 4,01
II. barna erdőtalaj	< 38	< 1,20	1,21-1,50	1,51-2,00	2,01-3,00	> 3,01
	> 38	< 1,50	1,51-1,90	1,91-2,50	2,51-3,50	> 3,51

4.2.3. A meteorológiai hatások kiszűrése a tápanyagellátottság hatásának általánosítására

A földminősítés tápanyag összetevőjének kifejezése a hasonló genetikai tulajdonságú, de különböző tápanyag-tartalmú talajok termékenységük különbségeinek számszerűsítését jelenti. Ezen túl arra is irányul, hogy integrálható legyen a földminősítési rendszerbe, a gazdálkodás környezeti és gazdasági szempontból is egyik legmeghatározóbb eleme, a tápanyagellátottság, amely a hozamképzésben is alapvető jelentőségű. Következésképpen a hozamok által jelzett földminőség a trágyázással befolyásolt tápanyag szolgáltató képességtől függ, így ennek hatását kell a földminősítésbe integrálni.

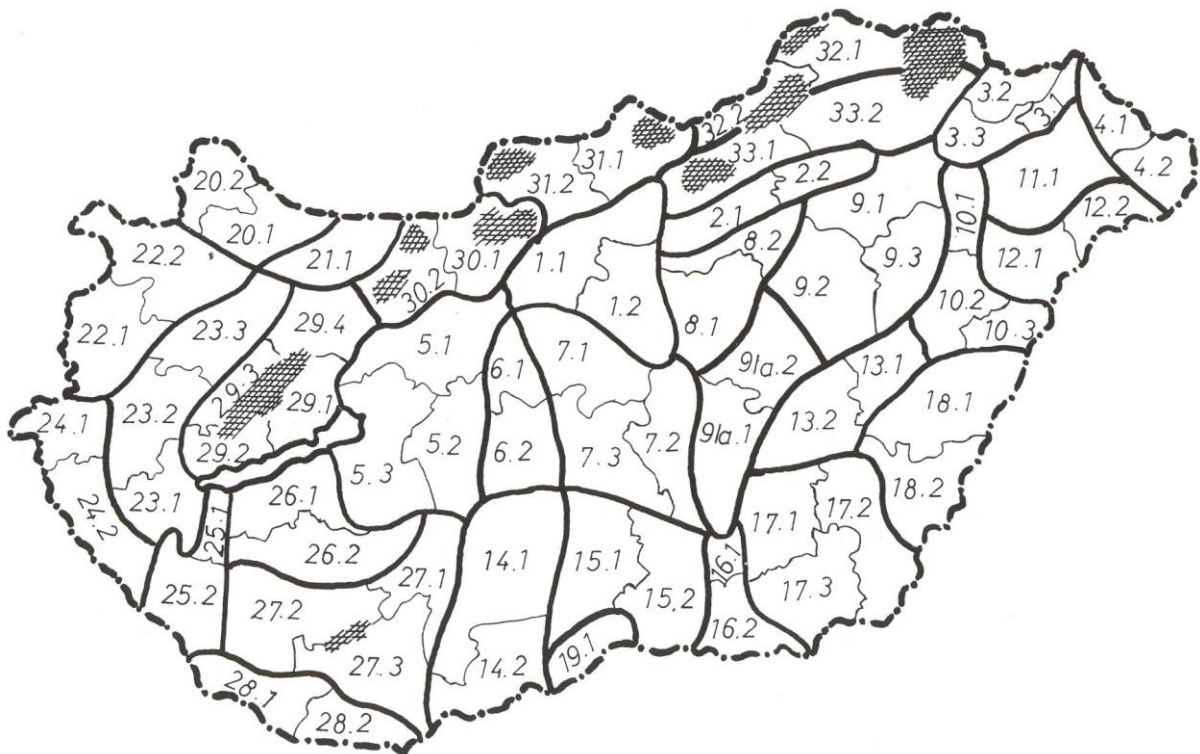
A tápanyagellátottság hatásának földminősítésben való szerepeltetéséhez a tápanyagellátottsági szintek hosszú távú, átlagos hatását kell figyelembe venni, amihez arra van szükség, hogy a hozam adatok jellemzőjeként abban jelenlévő évjáratos hozamingadozás hatását kiküszöböljük. A meteorológiai hatás kiszűrésével megkaphatjuk az évjáratos hozamingadozástól mentesített, átlagos tápanyagellátottsági hatás becsléséhez alkalmas adatbázist. Ennek a korrekciónak a felhasználásával tudunk olyan viszonyszámot megadni, ami alkalmas arra, hogy a földminősítésben figyelembe vegyünk.

A földminősítésnél használt hozam adatokat természetesen más tényezők, mint például az agrotechnika is befolyásolják, de úgy gondoljuk, hogy a termelés színvonalának sokfélesége országosan kiegyenlítődik. Ezért az ország különböző területeiről származó és elegendően nagy elemszámmal ez nem ronthatja lényegesen elemzéseink eredményét. A klíma viszont már olyan környezeti tényező, amely megszabja a mezőgazdasági termelés legnagyobb éves ingadozását, és a növénytermesztés lehetőségeit. Hazánk meteorológiai variabilitása kis területéhez képest viszonylag nagy. Ezt a variabilitást egy olyan agrometeorológiai régiórendszer segítségével lehet a földminősítés során figyelembe venni, mely egyes elemeihez (az egyes régiókhoz) az azokra jellemző klimatikus és jellemző hozam adatok rendelhetők.

Ilyen rendszert dolgozott ki SZÁSZ (2002), mely rendszer az ország különböző agrometeorológiai körzeteire különíti el a klimatikus tényezőt is magában foglaló régiós hozam adatokat, főbb szántóföldi növényeinkre. A klimatikus korrekció alapja a klímapotenciál számítás, amely klímakörzetenként (agrometeorológiai körzetenként) a csapadék és

hőmérséklet tényezőkkel korrigált, energetikailag lehetséges produkció mértékének kifejezését eredményezi (SZÁSZ, 1999).

Ezek alapján kidolgozást nyert hazánk 33 agroökológiai körzetének és azok alkörzeteinek (7. ábra) átlagos növény-specifikus klímapotenciál értéke (a régióra jellemző hozam adatokkal kifejezve), valamint a kedvező és kedvezőtlen évjárat jellemzésére szolgáló hozamérték, melyből az őszi búza (Melléklet, I. táblázat) és a kukorica (Melléklet, II. táblázat) ide vonatkozó adatait használtam fel a földminősítési munka során.



7. ábra, Magyarország agroökológiai körzetei

A SZÁSZ által, az agroökológiai körzetekre megadott növény-specifikus hozam adatokkal korrigáltam az AIIR adatbázisban lévő, szintén az agroökológiai körzetekhez köthető hozam adatokat a 3.1.2 fejezetben leírt és alább részletezett módon. Az így számszerűsített klímahatás tényezőjével korrigált terméseredmények adhatnak reális összehasonlítási alapot a talajok produktív potenciáljának értékeléséhez.

A folyamat részeként, első lépésben a SZÁSZ-féle meteorológiai körzetek várható bruttó produktív alapon a növényi kultúrára jellemző viszonyszámmal ki kellett számolni azok nettó produktívóját. Ezt követően az AIIR adatbázisból meteorológiai körzetenként kiszámoltam az adott év átlagos hozamait, majd elosztottam az arra a körzetre jellemző, Szász

által közölt várható hozammal. Az így kapott hányadossal szoroztam az adott körzet minden táblájának évenkénti terméseredményeit az AIIR adatbázis két növényi kultúrájára (őszi búza, kukorica), két termőhelyén (mezőségi talajok és barna erdőtalajok).

Vizsgálataimat ezzel, az országon belüli meteorológiai hatásoktól ily módon függetlenített így már dimenzió nélküli hozam adatokkal végeztem.

4.2.4. Alkalmazott eljárások

4.2.4.1. Faktorképzési eljárások

Vizsgálataim során az egyes termőhelyek különböző foszfor- és humusztartalmú tábláinak termékenységi különbségeit fejeztem ki az átlagtól való eltérést mutató, dimenzió nélküli viszonyszámokkal. Ezeket a végső viszonyszámokat úgy kaptam meg, hogy az egyes humusz- és foszfortartalom kategóriáknál számított átlagterméseket elosztottam a tápanyag kategóriák összesített főátlagával. A kapott eredmények között az 1,00 értékszámval jelzett viszonyszámok (faktorértékek) azt jelzik, hogy az adott tápanyagszint a különböző ellátottsági szintek között átlagos hatású. Az 1,00-nél kisebb értékek jelzik az átlagnál kisebb hatást, az 1,00 feletti értékek pedig azokat a tápanyag kategóriákat jelölik, melyek esetén, hosszútávon megállapítható az átlagosnál nagyobb termékenység.

4.2.4.2. Statisztikai próbák alkalmazása

Termőhelyenként varianciaanalízissel vizsgáltam az 5 eltérő foszfor- és humusztartalom szinten mért hozamok különbségeit, kedvező és kedvezőtlen évjáratokra is.

A meteorológiai hatások kiszűrése után végzett vizsgálatokkal kapott faktorértékekkel szintén elvégeztem azokat a varianciaanalízis vizsgálatokat, melyeket évjáratonként az ellátottsági szintek szerinti terméseredmények összefüggés vizsgálatánál is végeztem. Ez utóbbi vizsgálatra azért volt szükség, hogy megbizonyosodjak az egyes tápanyag kategóriáknál számított viszonyszámok között létezik-e valódi, statisztikailag is kimutatható különbség. Ezzel vált igazolhatóvá, vagy került elvetésre az egyes tápanyag szintekhez kapcsolódó (1-től különböző) földminősítési viszonyszám.

A földminősítésbe is beépíthető végső faktortáblázatokba már csak a statisztikailag is megbízható faktorértékek kerültek, így azok a kiszámított viszonyszámok, melyek nem mutattak statisztikailag is igazolható, illetve megbízható különbségeket egyik tápanyag kategória között sem, ott a faktorszámokat módosítottam 1,00-re, ami azt jelenti, hogy nincs, illetve nem ismerjük megbízhatóan a módosító hatását az adott tápanyagszintnek. Ezek alapján az 1,00-es faktorérték az átlagos termékenységi szintet mutatja, vagy azt, ahol a statisztikai megalapozottság hiánya miatt nem tudhatjuk, hogy az adott szint valóban eltér-e az átlagostól.

Feltétlen meg kell jegyezni, hogy a kialakított viszonyszámok nem alkalmasak a terméshozamok pontos meghatározására, tehát ezen faktorértékek alapján nem lehet hozambecslésbe bonyolódni. A kialakított, illetve alkalmazott faktorértékek csupán olyan viszonyszámok, melyek leginkább arra alkalmasak, hogy jelezzék az egyazon termőhely különböző tápanyagellátottságainak hatásai közötti különbséget, mely ily módon az átlagos agrotechnikai színvonal melletti, tápanyagellátottságokból eredeztethető termékenységbeli különbségét mutatja az egyes talajoknak, illetve termőhelyeknek.

A tápanyagszintek és terméshozamok kapcsolatának feltárására illetve annak vizsgálatára, hogy regressziós összefüggéssel kialakítható-e megbízható földminősítési függvény regressziós vizsgálatokat is végeztem. A regressziós egyenlet előnye, hogy fokozatmentesen mutatja meg a vizsgált paraméterek egyes értékei és a terméseredmények közötti összefüggéseket. A regressziós analízis eredményét számszerűen közlöm és a regressziós görbét is bemutatom, a tényezők közötti kapcsolat szorosságát jelző értékszámokkal együtt, tápanyagonként és termőhelyenként, őszi búza és kukorica jelzőnövényekkel.

Végső lépésként a földminősítéshez kialakított faktorértékeket térképen jelenítettem meg, szemléltetve, hogy az egyes növények és tápanyagellátottságok milyen térbeli variabilitással bírtak a 80-as évek adatai alapján. A térképes megjelenítéshez az AIIR adatbázis mintavételi pontjainak térinformatikai rendszerbe illesztett verzióját (KOC SIS et al, 2014) használtam, a mintavételi pontok faktorértékek alapján történő osztályozását és megjelenítését az ESRI ArcGIS programcsomagjával végeztem.

Vizsgálataimhoz és az AIIR adatbázis szűrési feltételeinek kivitelezéséhez SPSS statisztikai elemző szoftvert használtam (SPSS, 2000).

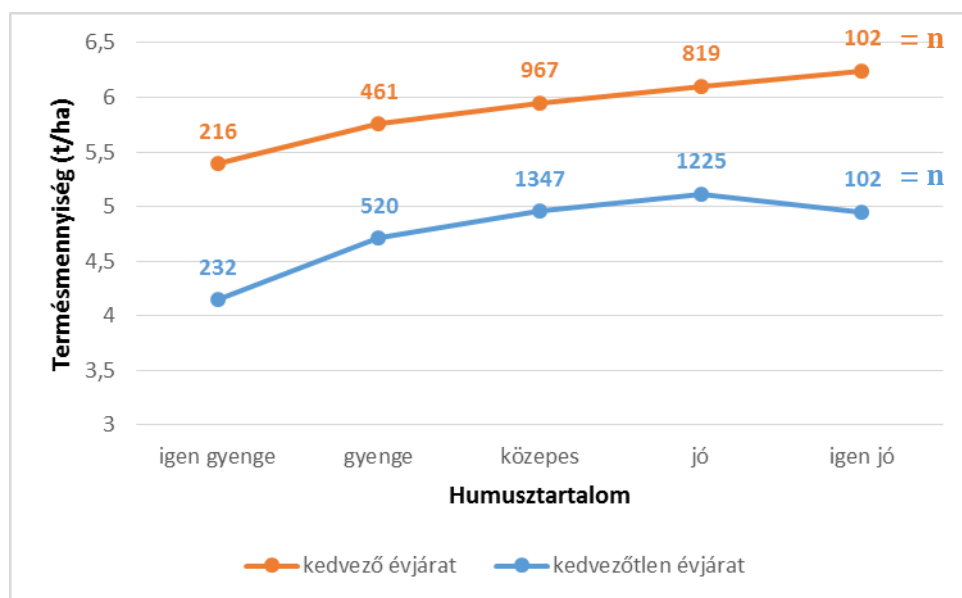
5. Eredmények

5.1. A tápanyagellátottság hatása búza és kukorica hozamokra, különböző termőhelyeken és évjáratokban

5.1.1. I. szántóföldi termőhely (mezőségi talajok)

5.1.1.1. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen

A mezőségi - I. termőhelyhez tartozó – talajok őszi búza produkciót befolyásoló, különböző humusztartalom kategóriákhoz tartozó hozamértékeit a 8. ábra szemlélteti. A termőhely különböző humusztartalmú táblái közötti hozamok átlagos eltéréseit pedig az 5-6. táblázatok mutatják be.



8. ábra, A humusztartalom (nitrogénellátottság) hatása az őszi búza termésére különböző évjáratokban, mezőségi talajon (I. termőhelyen)

(n = az egyes humusztartalom kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

5. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*Szd=5%; I. termőhely - mezőségi talajok; kedvező évjárat)

Humusztartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,36*	-0,56*	-0,71*	-0,85*

gyenge		-	-0,20*	-0,35*	-0,49*
közepes			-	-0,15*	-0,29
jó				-	-0,14
igen jó					-

6. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; I. termőhely - mezőségi talajok; kedvezőtlen évjárat)

<i>Humusztartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,56*	-0,81*	-0,97*	-0,80*
gyenge		-	-0,24*	-0,41*	-0,24
közepes			-	-0,16*	0,01
jó				-	0,17
igen jó					-

Az I. szántóföldi termőhely esetében az őszi búza termésszintek mind kedvező, mind pedig kedvezőtlen évjárat esetén hasonló, egyenletes növekedési pályát mutatnak a talaj emelkedő humusztartalmának megfelelően. A legmagasabb, igen jó humusztartalomnál viszont már ellentétes hatás érvényesül a különböző évjáratokat figyelembe véve.

A kedvező évjáratban a mezőségi talajon a növekvő humusztartalommal, az őszi búza termésszintek alakulásában szinte lineáris növekedés tapasztalható. A növekedés intenzitása tehát fokozatos hozamemelkedést eredményez, egészen a legmagasabb humusztartalomig, ahol átlagosan 15,7%-al nagyobb őszi búza terméseket kaphatunk, mint az igen gyenge humusztartalomnál. A különböző humusztartalmakhoz illesztett termésgörbe trendjéből látszik, hogy bár az őszi búza termésmaximuma az utolsó, igen jó humusztartalomhoz kötődik, ugyanakkor az őszi búza termésnövekedése statisztikailag már csak a jó humusztartalomig jelent igazolható növekedést. A humusztartalmak közötti termésdifferenciák a statisztikai vizsgálatból is láthatók (5. táblázat), szignifikáns különbség csupán a közepes és igen jó, illetve a jó és igen jó humusztartalmak mellett nem mutatható ki, a többi esetben szignifikáns különbség figyelhető meg. Az igen jó humusztartalomnál a matematikailag is igazolható különbség hiánya minden bizonnyal az elemzéshez rendelkezésre álló kisebb elemszámmal magyarázható.

A kedvezőtlen évjárat humuszkategóriáihoz tartozó hozamértékek alakulása a jó humusztartalomig a kedvező évjáratához hasonló trendet követ. A legalacsonyabb hozamokat nyújtó igen gyenge humusztartalmat követően, a humusztartalom növekedésével az őszi búza terméseredmények növekednek, majd az igen jó humusztartalomnál a termések hirtelen csökkennek. Már a gyenge humusztartalom mellett – egy humuszkategória ugrásnál – 13,6%-os hozamnövekedés tapasztalható a leggyengébb ellátottsághoz képest, ellentétben a kedvező évjáratban, ahol ezt a növekedési intenzitást csak a jó humusztartalom mellett érhetjük el. Fontos megállapítani azt is, hogy kedvezőtlen évjáratban a közepes humusztartalom hozamnövekménye (19,4%), már 3,7 %-al felülmúlja a kedvező évjárat maximális hozamnövekményét (15,7%), a kedvező évjáratban ez a maximális hozamnövekmény két humuszkategóriával magasabb szinten, az igen jó humusztartalomnál figyelhető meg. A maximumhoz képest az igen jó humusztartalomnál fellépő 4 %-os termésnövekedés ugyan matematikailag nem bizonyítható, de a szignifikáns differencia hiánya ellenére a termésátlagok alakulása mégis a termésnövekedésre enged következtetni. Ennek oka egyrészt lehet a túlzott nitrogén kínálat, mely visszaveti az őszi búza fejlődését, vagy például a gyengébb szárszilárdulás miatt, megdőléshez vezethet. Azonban valószínűsíthetőbb egyéb fejlődést gátló tényezők jelenléte, mint például olyan talajtípusok, melyekre jellemző a nagy szervesanyag-tartalom és annak lebomlását akadályozó levegőtlen körülmények. A kedvezőtlen évjárat alacsonyabb őszi búza terméseihez mérten az átlagos nitrogénigény sokszorosa jelentkezik ekkor a növénynél, ide számítva a magas humusztartalom és az átlagosan kijuttatott műtrágya együttes nitrogén szolgáltató képességét.

A legmagasabb őszi búza hozamok, kedvezőtlen évjáratban a jó humusztartalom mellett lehetségesek, mintegy 23,4%-al magasabb hozamokat előirányozva a legalacsonyabb terméseket mutató, igen gyenge humusztartalom kategóriához képest.

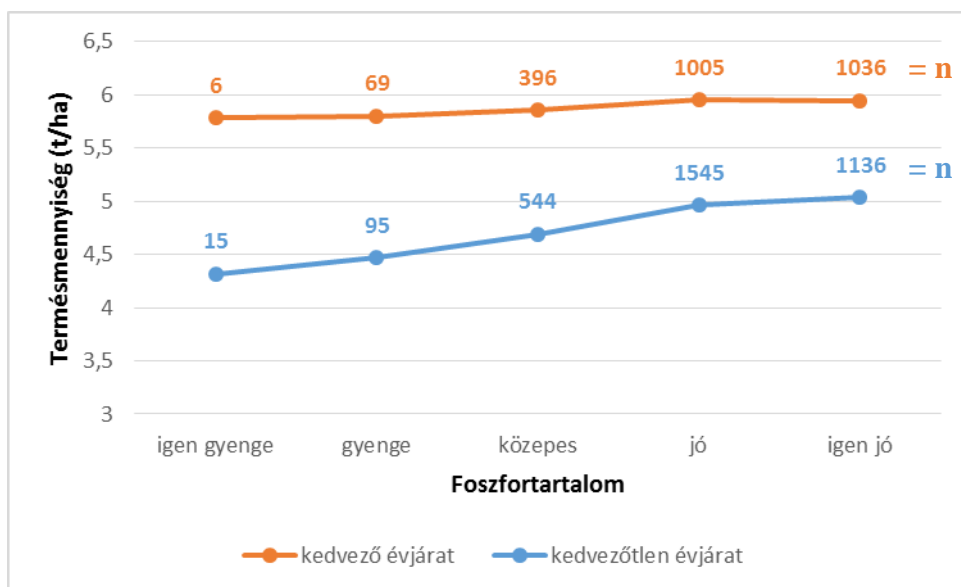
A legkisebb és legnagyobb hozamokkal jellemezhető humusztartalom kategóriák közötti terméskülönbségeket számszerűsítve kijelenthetjük, hogy kedvező évjáratban 0,85 t/ha, míg kedvezőtlen évjáratban 0,97 t/ha terméstöbbletet eredményezhet a legnagyobb termésszinthez tartozó humusztartalom termékenységéé.

Az őszi búza termésadatait elemezve arra a következtetésre jutottam, hogy a mezőszéki talajokon a humusztartalom szempontjából vizsgálva a hozamokat, az évjárat hatásnak

nagyobb jelentősége van a terméseredmények alakulására, mint a humusztartalom nagyságának. A kedvező évjárat legalacsonyabb humusztartalma mellett tapasztalt hozamadat is magasabb (5,4%-al), mint a kedvezőtlen évjáratban (a jó humusztartalomnál) elérhető legmagasabb terméseredmény. Megállapítható azonban az is, hogy a humusztartalom emelkedése a kedvezőtlen évjáratban nagyobb hatással van a termések alakulására, mint kedvező évjáratban, a humusztartalom szerepe a kedvezőtlen évjáratban felértékelődik.

5.1.1.2. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen

Az őszi búza terméseredményeire ható talajtani tényezők közül a mezőségi talajok (I. termőhely) foszfortartalmának befolyásoló hatását a 9. ábra szemlélteti, az egyes foszforellátottsági kategóriák közötti hozamok átlagos eltéréseit pedig az 7-8. táblázatok tartalmazzák.



9. ábra, A foszforellátottság hatása az őszi búza termésére különböző évjáratokban, mezőségi talajon (I. termőhelyen)

(n = az egyes foszforellátottsági kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

7. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; I. termőhely - mezőségi talajok; kedvező évjárat)

Foszfortartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
-----------------	-------------	--------	---------	----	---------

igen gyenge	-	-0,02	-0,07	-0,17	-0,16
gyenge		-	-0,05	-0,15	-0,14
közepes			-	-0,10	-0,09
jó				-	0,01
igen jó					-

8. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; I. termőhely - mezősegi talajok; kedvezőtlen évjárat)

<i>Foszfortartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,15	-0,38	-0,65	-0,72
gyenge		-	-0,22	-0,50*	-0,57*
közepes			-	-0,27*	-0,34*
jó				-	-0,07
igen jó					-

A mezősegi talajok foszfortartalmának, az őszi búza termésekre gyakorolt hatását vizsgálva megállapítható, hogy míg kedvező évjáratban csak minimális hozamemelkedés figyelhető meg a foszfortartalom emelkedésekor, addig kedvezőtlen évjáratban már jelentősebb terméstöbblettel számolhatunk a foszforral jobban ellátott talajok esetén, kiegyensúlyozott trágyázás mellett.

Kedvező évhatás mellett a mezősegi talajok eredendő foszfortartalmának csak csekély hatása van az őszi búza hozamokra. Enyhe növekedést követően, a jó és igen jó foszforellátottságnál is még csak 2,8-2,9%-os hozamnövekedést jeleznek a termésátlagok, ami csupán 0,16-0,17 t/ha termésmennyiség növekedést eredményez. Ha szigorúan akarunk fogalmazni, akkor kijelenthetjük, hogy kedvező évjáratban a talajok eredeti foszfortartalomnak nincs jelentősebb hatása a termések alakulására. Ezt leginkább a statisztikai vizsgálataink támasztják alá (7. táblázat), ahol egyértelmű, szignifikáns hozamkülönbségeket egyik foszforellátottságokhoz kapcsolódó hozamszintek között sem mutathatunk ki. Természetesen a műtrágyaformák befolyásolják a hozamokat (FÜLEKY, 1999).

Önmagukban a gyenge ellátottság 0,4%-os, a közepes ellátottság 1,3%-os, a jó ellátottság 2,9%-os és az igen jó ellátottság 2,8%-os termésszint növekménye sem számottevő, statisztikailag sem igazolható különbség.

Kedvezőtlen évjáratban a legalacsonyabb hozamokat nyújtó igen gyenge foszforellátottságot követően, a foszfortartalom növekedésével már jelentősebb mértékű növekedés tapasztalható a termésmennyiségek alakulásában, mint a kedvező évjáratban. A termés maximumát mutató görbe laposan tetőzik, tulajdonképpen már a jó ellátottsági szintnél kezdődően, de igazából 0,9%-os differenciával az igen jó ellátottságnál. Legnagyobb terméshozam növekedés az igen gyenge ellátottsághoz képest az igen jó foszforellátottságnál 16,6%-os található, ami összesen 0,72 t/ha terméstöbbletet jelent ezen a szinten.

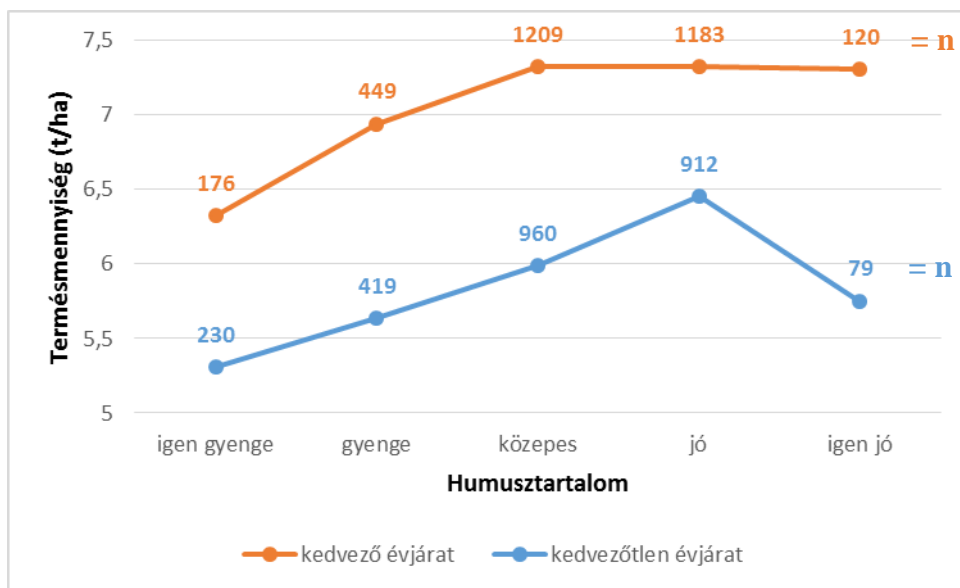
Kedvezőtlen évjáratban a gyenge, illetve a közepes foszforellátottsághoz képest a jó és az igen jó foszforellátottságnál igazolható matematikailag is a hozamnövekedés. Mindezek megerősítik azt a tényt, miszerint a kedvezőtlen évjáratban a termések alakulására statisztikailag is megbízhatóan nagy hatással van a mezőiségi talajok foszfortartalma, jó és igen jó ellátottság esetén.

Az évjárathatás a legalacsonyabb, igen gyenge foszforellátottságnál mutatja a legszembetűnőbb különbséget. A kedvező évjáratban ekkor mintegy 33,9%-al, összesen 1,46 t/ha-al nagyobb termések várhatók, mint kedvezőtlen évjáratban. A két évjárat közötti legkisebb különbség is 18,1%-os, ami 0,91 t/ha terméskülönbségnek felel meg az igen jó foszforellátottsági szinten a kedvező évjárat javára. További összefüggésként állapítható meg, hogy a kedvezőtlen évjáratban a legnagyobb hozamokat mutató foszforellátottsági szint (igen jó) és a kedvező évjáratban a legkisebb hozamokat mutató foszforellátottsági szint (igen gyenge) között is 14,8%-os, 0,75 t/ha mennyiségű évjáratos különbség figyelhető meg a kedvező évjárat javára.

Világosan látszik tehát, hogy a kedvezőtlen évjárat esetén az őszi búza termése mezőiségi talajok foszfortartalmára nagymértékben reagál, ugyanakkor ezt a reakciót nagyban felülmúlja és így az elérhető termésszintet nagyban meghatározza a kedvező évjárathatás.

5.1.1.3. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen

Az I. termőhelyhez tartozó mezőszégi talajok, kukorica terméskülönbségeket befolyásoló, különböző humusztartalom kategóriákhoz tartozó hozamértékeit az 10. ábra szemlélteti. A termőhely különböző tápanyagszintű táblái közötti hozamok átlagos eltéréseit pedig a 9-10. táblázatok mutatják be.



10. ábra, A humusztartalom (nitrogénellátottság) hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban, mezőszégi talajon (I. termőhelyen)

(n = az egyes humusztartalom kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

9. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*Szd=5%; I. termőhely - mezőszégi talajok; kedvező évjárat)

Humusztartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,62*	-1,00*	-1,00*	-0,98*
gyenge		-	-0,38*	-0,38*	-0,37
közepes			-	0,00	0,02
jó				-	0,02
igen jó					-

10. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; I. termőhely - mezősegi talajok; kedvezőtlen évjárat)

<i>Humusztartalom</i>	igen	gyenge	közepes	jó	igen jó
	gyenge				
igen gyenge	-	-0,33	-0,68*	-1,15*	-0,44
gyenge		-	-0,35*	-0,82*	-0,12
közepes			-	-0,46*	0,24
jó				-	0,70
igen jó					-

Az I. szántóföldi termőhely esetében (10. ábra) a kukorica termésszintek mind kedvező, mind pedig kedvezőtlen évjárat esetén erős növekedési pályát mutatnak a talaj emelkedő humusztartalmának megfelelően.

A kedvező évjáratban már az igen gyenge humusztartalmat követően nagy ugrás mutatkozik a termésszintek alakulásában. Már a gyenge humusztartalomnál 9,7%-os az elérhető terméstöbblet a legalacsonyabb humusztartalomhoz képest, ami tovább erősödik a következő, közepes humusztartalomnál. A kedvező évjáratban tapasztalható terméskülönbségek megerősítésére a 9. táblázatban láthatjuk a talaj egyes humusztartalmaihoz kötődő termésszintek közötti szignifikáns különbségeket. Az adatokból megállapítható, hogy az igen gyenge ellátottsági szinthez képest statisztikailag is igazolható különbségek mutathatók ki az annál magasabb szinteken, tehát a legalacsonyabb, igen gyenge humusztartalomhoz képest mind a gyenge, mind pedig a közepes, a jó és az igen jó humusztartalomnál szignifikánsan jelentkezik a magasabb terméshozam.

Mivel statisztikailag igazolható különbség nincsen a közepes humusztartalom szintjéhez képest a jó és az igen jó humusztartalmaknál tapasztalt hozamok esetén, ezért kijelenthetjük, hogy a legmagasabb termésszint kedvező évjáratban már a közepes humusztartalom szintjén jelentkezik, mely termésmagyságbeli különbség mintegy 15,8%-os többletet jelentve az igen gyenge humusztartalomhoz képest.

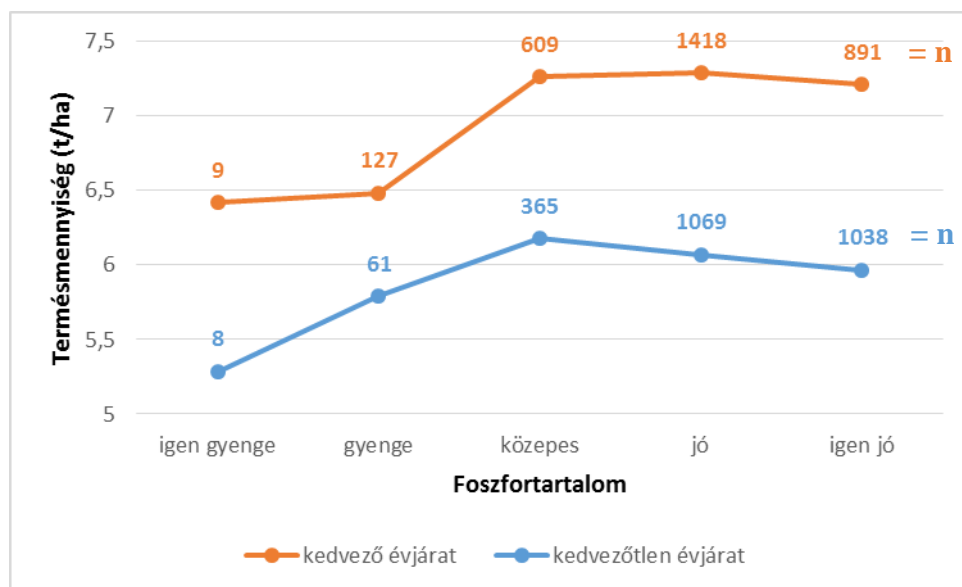
A kedvezőtlen évjárat esetén a humusztartalom függvényében egy erőteljes hozamnövekedést követően egy termésdepresszió tapasztalható. Az igen gyenge humusztartalmat követően egy fokozatos hozamnövekedés tapasztalható a jó humusztartalomig, csak a legmagasabb, igen jó humusztartalom esetén van visszaesés az elérhető terméshozamokban. A humusztartalom növekedésével először egy kisebb mértékű 6,2%-os hozamnövekedés tapasztalható, ami statisztikailag 95%-os megbízhatóság mellett viszont nem jelent igazolható különbséget. Igazolható különbségek a közepes és a jó humusztartalomnál jelentkeznek, amikor is elérjük a 22,4%-os termésnövekedést az igen gyenge foszforhozadáshoz képest. A legmagasabb termésszint elérését követően, az átlagos hozam visszaesése, adataink alapján statisztikailag nem igazolható módon következik be az igen jó humusztartalomnál, ugyanakkor jelentős, 13,2 %-os mértékben.

A terméskülönbséget számszerűsítve a 9. táblázat adataiból következtetve megfogalmazhatjuk, hogy az I. szántóföldi termőhely, mezőségi talajok esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen gyenge humusztartalom mellett), kedvező évhatás esetén összesen átlagosan 1,00 t/ha-al kevesebb a legmagasabb termést adó humusztartalom szintjéhez (közepes szinthez) képest. Kedvezőtlen évhatást figyelembe véve (10. táblázat), a I. szántóföldi termőhelyen, mezőségi talajok esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen gyenge humusztartalomnál) összesen átlagosan 1,15 t/ha-al kevesebb a legmagasabb termést adó humusztartalomnál (jó szintnél) jelentkező hozamnagysághoz képest.

Az évjáratok között kimutatható legmarkánsabb különbség az igen jó humusztartalom esetében jelentkezik. Aszályos körülmények között (kedvezőtlen évjáratban) egy hirtelen és jelentős termésdepresszió következik. Az optimális meteorológiai körülmények között (kedvező évjáratban) viszont nem találjuk ez a hirtelen termékenység csökkenést. A kedvezőtlen évjáratban a termésdepresszió ellenére még mindig 0,44 t/ha hozamtöbbletet tapasztaltunk igen jó humusztartalomnál az igen gyenge humusztartalomhoz képest. Ez nyilvánvalóan a talajnedvesség tartalom és nitrogéndinamika összefüggésének eredménye, valószínűleg azért, mert a kedvezőtlen évjáratban a rossz vízellátás mellett a növény fejlődését visszaveti a feleslegben lévő, túlzott nitrogénkínálat (DEBRECZENI és DEBRECZENI, 1983).

5.1.1.4. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen

Az I. termőhelyhez tartozó mezőségi talajok, kukorica produkciót befolyásoló, különböző foszforellátottsági kategóriákhoz tartozó hozamértékeit az 11. ábra szemlélteti. A termőhely különböző tápanyagszintű táblái közötti hozamok átlagos eltéréseit pedig a 11-12. táblázatok mutatják be.



11. ábra, A foszforellátottsági szintek hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban, mezőségi talajon (I. termőhelyen)

(n = az egyes foszforellátottsági kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

11. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; I. termőhely - mezőségi talajok; kedvező évjárat)

Foszfortartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,06	-0,84	-0,87	-0,79
gyenge		-	-0,78*	-0,80*	-0,73*
közepes			-	-0,03	0,05
jó				-	0,08
igen jó					-

12. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; I. termőhely - mezőségi talajok; kedvezőtlen évjárat)

<i>Foszfortartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,50	-0,89	-0,78	-0,68
gyenge		-	-0,39	-0,28	-0,18
közepes			-	0,11	0,21
jó				-	0,10
igen jó					-

Az I. szántóföldi termőhely esetében az 11. ábrán látható módon, a kukorica termésszintek alakulásában különböző trendeket láthatunk a kedvező és a kedvezőtlen évjáratok esetében. Ugyanakkor egységesen, mindkét évjárat esetében már közepes ellátottsági szinten eléri az évjárat típusra jellemző termés maximumát a kukorica.

Kiegyensúlyozott trágyázás mellett a kedvező évjáratban a mezőségi talajon az igen gyenge és a gyenge ellátottsági szintekhez tartoznak a legalacsonyabb termések, amihez képest a következő, magasabb hozamszint a közepes, jó, igen jó ellátottsági szintnél jelentkezik, mintegy 12,3-13,5%-os hozamnövekedéssel. Szignifikánsan igazából ez a két termésszint különíthető csak el, az igen gyenge – gyenge szintek között, illetve a közepes – jó – igen jó szintek között nem áll fent matematikailag is igazolható különbség. A legmagasabb termésszint kedvező évjáratban a mezőségi talajon tehát már a közepes ellátottságnál elérhető, a tápanyagellátottság további növekedésével nem érhetünk el magasabb hozamokat. Statisztikai vizsgálataink alapján arra következtethetünk, hogy kedvező évjáratban a talaj közepes foszforellátottsága már biztosítja a kukorica megfelelő hozamait.

Kedvezőtlen évjáratban is hasonlóképpen alakul a termésmaximum, tehát a foszforellátottság növekedésével már a közepes szinten elérjük a legmagasabb hozamot. Kis különbség azért adódik a termésgörbe felfelé és lefelé ívelő részén is, ugyanis itt, a kedvezőtlen évjárat esetén fokozatosabb átmeneteket lehet megfigyelni. A közepes ellátottsági szint esetében mintegy 16,8%-os hozamnövekedés állapítható meg az igen gyenge foszforellátottsághoz képest. A közepes ellátottsági szintet követően a mezőségi talajok tápanyagellátottságának további növekedésével már nem érhetünk el nagyobb hozamokat kedvezőtlen évjárat esetén, sőt termésdepresszió állapítható meg, a közepes foszforellátottsághoz képesti termésszintek mintegy 4 %-al visszaesnek az igen jó foszforellátottság eléréséig.

Vizsgálatomat alátámasztják KÁDÁR et al. (1999) eredményei is, miszerint jó évjáratokban, jó vízellátás esetén a P felvétele megnő, a kisebb és a nagyobb tápanyagellátottságok mellett is magas hozamok érhetők el. Csökkenő vízellátás mellett a tápanyagellátás hatása mérsékeltebb lesz, azonban aszály idején a tápanyagbőség már termésdepressziót is okoz, a tápanyagbőség károsná válik. Száraz évben sokszor egy ellátottsági szinttel magasabban van a termésmaximum, mint csapadékos, vagy átlagos évben, a talajból történő kedvezőtlenebb P felvétel miatt (CSATHÓ et al., 1991).

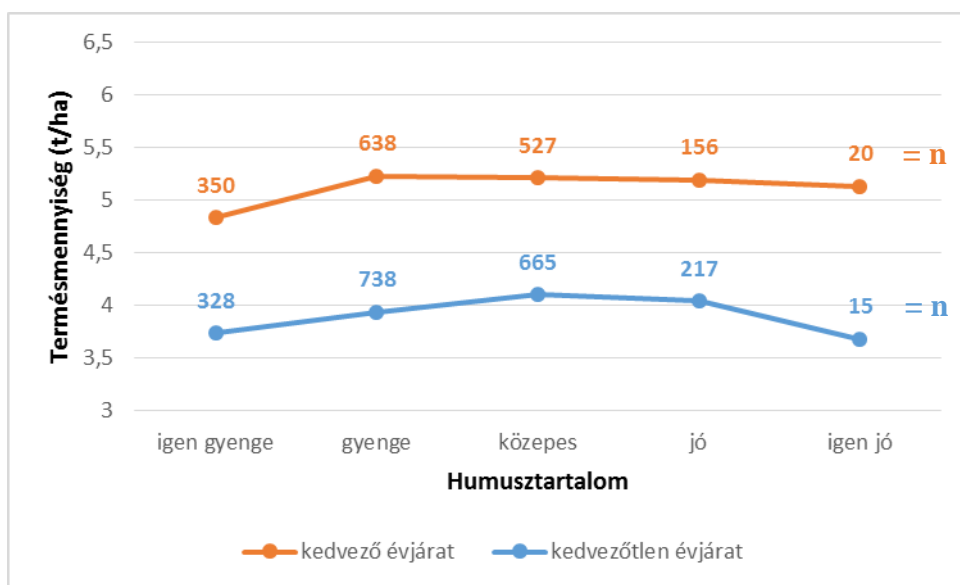
A terméskülönbséget számszerűsítve a 11. táblázat adataiból következtetve megfogalmazhatjuk, hogy az I. szántóföldi termőhely, mezőségi talajokon a kedvező évhatás esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen gyenge ellátottsági szinten) 13,5%-al, összesen átlagosan 0,87 t-val kevesebb a legmagasabb termést adó foszforellátottsági szinthez (jó ellátottsághoz) képest.

Kedvezőtlen évhatást figyelembe véve a 12. táblázat adataiból kitűnik, hogy a I. szántóföldi termőhelyen, mezőségi talajok esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen gyenge ellátottsági szinten) 16,8%-al, összesen átlagosan 0,89 t-val kevesebb a legmagasabb termést adó foszforellátottsági szinthez (közepes szinthez) képest.

Az eredmények közlésénél azonban mindenképpen ki kell térni arra, hogy a vizsgált évjáratok közül a kedvezőtlen évjáratban nincs szignifikáns különbség az eltérő foszfortartalmú talajok hozamai között (12. táblázat). Csupán kedvező meteorológiai évjáratban igazolhatjuk állításainkat statisztikailag is. Matematikailag is igazolható különbségek itt is csak a gyenge ellátottsági szinthez képest a közepes, a jó és az igen jó szinteknél jelentkező hozamnagyságokban találhatók.

5.1.2. II. szántóföldi termőhely (barna erdőtalajok)

5.1.2.1. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen



12. ábra, A humusztartalom (nitrogénellátottság) hatása az őszi búza termésére különböző évjáratokban, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

(n = az egyes humusztartalom kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

13. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvező évjárat)

Humusztartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,40*	-0,38*	-0,36*	-0,30
gyenge		-	0,02	0,04	0,10
közepes			-	0,02	0,08
jó				-	0,06
igen jó					-

14. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvezőtlen évjárat)

<i>Humusztartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,21*	-0,37*	-0,31*	0,05
gyenge		-	-0,16	-0,10	0,26
közepes			-	0,06	0,42
jó				-	0,36
igen jó					-

A II. termőhelyhez tartozó barna erdőtalajok őszi búza termékeit befolyásoló, különböző humusztartalom kategóriákhoz tartozó hozamértékeit a 12. ábra szemlélteti. A termőhely különböző tápanyagszintű táblái közötti hozamok átlagos eltéréseit pedig a 13-14. táblázatok mutatják be.

Az őszi búza termések ugyanazt a trendet követik kedvező és kedvezőtlen évjáratban is, kis mértékű emelkedés után a magasabb humusztartalmaknál szintén fokozatos, enyhe termésviszáesés tapasztalható (12. ábra). Mindkét évjáratban az őszi búza termések maximuma az alacsonyabb szinten, gyenge-közepes humusztartalmú szinteken már elérhető, a legmagasabb termésszintek tehát egyik évjáratban sem a legmagasabb humusztartalomhoz köthetők. A szignifikáns differencia vonatkozásában is hasonlóság mutatkozik a két évjáratban, ugyanis csupán az igen gyenge évjáratban képest találunk matematikailag is igazolható különbségeket a gyenge, a közepes és a jó humusztartalmak esetében.

A barna erdőtalajok esetében, ha az őszi búza szempontjából kedvező évjáratot veszünk figyelembe, akkor az igen gyenge humusztartalmat követően egy kismértékű hozamnövekedés indul a humusztartalom növekedésével, majd a gyenge humusztartalomnál már egy maximumban tetőzik. Bár a termékenység görbe ezután csökkenő tendenciát mutat a humusztartalmak további növekedésével, ez a csökkenés a rendelkezésre álló adatok alapján már nem igazolható statisztikailag és mennyiségileg sem számottevő (0,02-0,10 t/ha). Az igen gyenge és gyenge humusztartalmak között tapasztalt hozamemelkedés is csupán 8,3 %-os, ami a növekvő humusztartalommal (a legkisebb és a legnagyobb humusztartalmak között)

már lecsökken 6,2 %-os terméskülönbségre. Az elvégzett varianciaanalízis alapján tehát kijelenthetjük, hogy statisztikailag is igazolható különbségek csak néhány esetben jelentkeznek. Csupán az igen gyenge humusztartalomhoz képest tapasztaltunk egyértelműen igazolható termésszint emelkedést a gyenge, közepes és jó humusztartalmaknál, mindkét évjáratban.

Kedvező évjáratban a legnagyobb hozamkülönbség az igen gyenge és a gyenge humusztartalmú táblák között voltak találhatóak, ami 0,37 t/ha különbséget jelentett.

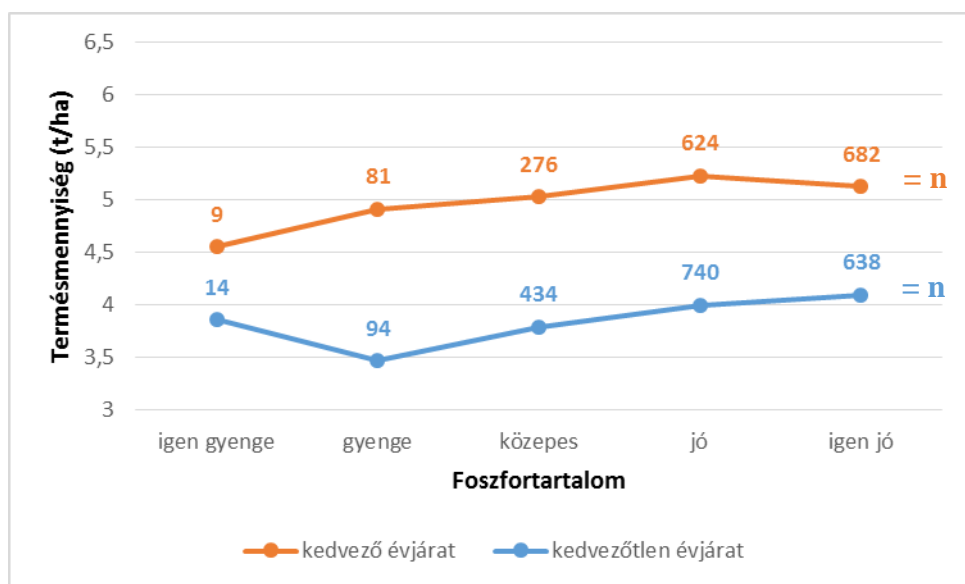
A kedvezőtlen évjáratban hasonló mértékű változások jelentek meg az őszi búza termések alakulásában az egyre növekvő humusztartalmaknak köszönhetően, mint a kedvező évjáratban. Kismértékű növekedés, majd csökkenő trend mutatkozik a kedvezőtlen évjáratban is. Csupán a termésmaximum tolódik el a kedvező évjáratához képest egy humusztartalom kategóriával (a közepes humusztartalomhoz).

A kedvezőtlen évjáratban az őszi búza termésgörbe a közepes humusztartalom mellett eléri a termésmaximumot, további termésnövekedést nem eredményez az emelkedő humusztartalom. A magasabb humusztartalmak a kedvezőtlen évjáratban is kis mértékű termésdepressziót okoznak a jó és az igen jó humusztartalom kategóriáknál.

Kedvezőtlen évjáratban tehát a közepes humusztartalomhoz tartozó termésátlagoknál 9,9%-al, összesen 0,37 t/ha-al magasabb terméshozamok érhetőek el az igen gyenge humusztartalmú mezőgazdasági táblákhoz képest.

Az őszi búza termésnövekedése a kedvezőtlen évjáratban az emelkedő humusztartalomnak köszönhetően még a termésmaximumnál is 17,7%-al (összesen 0,73 t/ha-al) elmarad a kedvező évjárat legalacsonyabb, igen gyenge humusztartalmánál tapasztalható termésnél. A terméshozamokat összehasonlítva, az igen jó humusztartalom kategóriánál már 39,3%-os (1,45 t/ha-os) különbség mutatható ki a kedvező és a kedvezőtlen évjáratok között.

5.1.2.2. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen



13. ábra, A foszforellátottsági szintek hatása az őszi búza termésére különböző évszékben, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

(n = az egyes foszforellátottsági kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

15. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvező évszék)

Foszfortartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,36	-0,48	-0,68	-0,58
gyenge		-	-0,11	-0,31	-0,21
közepes			-	-0,20	-0,10
jó				-	0,10
igen jó					-

16. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák őszi búza termése közötti átlagos különbségek, t/ha (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvezőtlen évszék)

Foszfortartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	0,40	0,07	-0,14	-0,24
gyenge		-	-0,33	-0,53*	-0,63*

közepes			-	-0,21*	-0,31*
jó				-	-0,10
igen jó					-

A barna erdőtalajok (II. termőhely) foszfortartalma az őszi búza terméseredményeire csak kis mértékben hat, de mindenképpen számottevő hatásnak bizonyul. Különösképpen kedvezőtlen évjáratban, ahol statisztikailag is kimutatható terméskülönbségek adódnak. A különböző foszfortartalomnak megfelelő őszi búza termékenységi szinteket az 13. ábrán követhetjük nyomon.

Adataink alapján, az őszi búza vonatkozásában a barna erdőtalaj foszfor reakciója a két eltérő évjáratban először ellentétes irányban mozdul az igen gyenge és a gyenge foszforszintek között, majd a gyenge tápanyagellátottságtól kezdődően emelkedő terméseredményeket figyelhetünk meg mind a kedvező, mind pedig a kedvezőtlen évjáratban. A foszfortartalom növekedésével jelentkező trendek jellemzésére az igen gyenge ellátottsági szintek hozameredményeiből – azok kis elemszáma és a statisztikai megbízhatóság hiánya miatt – nem tudunk következtetéseket levonni. Ezek alapján a kedvező és kedvezőtlen évjáratban is, a gyenge ellátottságtól kezdődően az egyre nagyobb ellátottságokkal összefüggésben kismértékű emelkedést diagnosztizálhatunk, bár kedvező évjáratban statisztikai vizsgálatunk egyik foszforellátottságának hozamszintjei között sem támasztják alá az átlagtermésekben kimutatható különbséget. Kedvezőtlen évjáratban már matematikailag is megfogalmazhatunk különbséget, ugyanis a gyenge és a közepes foszforszinthez képest a jó és az igen jó ellátottságok esetében szignifikáns differencia mutatható ki, az őszi búza hozamok növekednek. Míg kedvező évjáratban a legalacsonyabb termés az igen gyenge foszforellátottsághoz köthető, úgy a kedvezőtlen évjáratban a gyenge foszforszinthez tartozik a legkisebb őszi búza hozam.

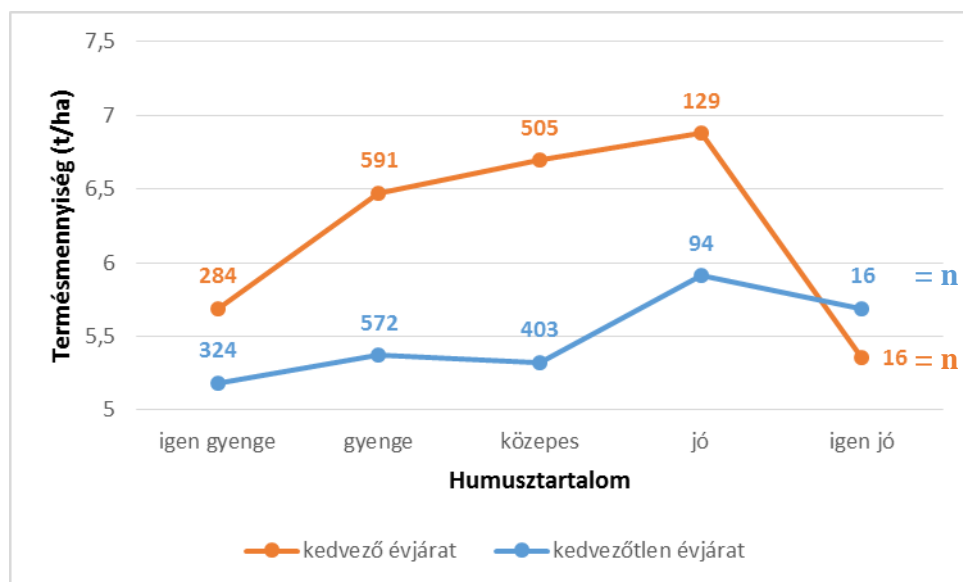
Az őszi búza termésmaximuma a kedvező évjáratban, egy fokozatos és lassú növekedést követően a jó foszforellátottsági szinten található, mely szint 0,68 t/ha-al nagyobb termést jelent az igen gyenge ellátottsághoz képest. Mint ahogy azt már sok esetben megtapasztaltuk a kutatás során, jelen esetenél, az őszi búza termésénél is megjelenik kedvező évjáratban a termésviszsaesés a legmagasabb foszforellátottság esetében, de csak kis, összesen 2,1%-os mértékben.

Kedvező évjárásban statisztikailag is igazolható terméskülönbségeket nem találunk egyik foszforellátottsági szint között sem (15. táblázat), ami leginkább az egyes foszforellátottsági szintekhez tartozó terméseredmények nagy szórásával magyarázható.

A kedvezőtlen évjárásban a foszfortartalom növekedésével az őszi búza terméseredményei hasonlóképpen fokozatosan emelkednek, mint a kedvező évjárásban, eltekintve az igen gyenge és gyenge foszforellátottsági szintek közötti termésnövekedéstől. Statisztikailag is a növekvő trend igazolható azonban a gyenge ellátottsághoz képest (16. táblázat). A barna erdőtalaj foszfortartalmának növekedésével az igen jó szinten 18,3 %-al több termés realizálható a legkisebb terméseket mutató gyenge foszforellátottságú szinthez képest.

Fontos megállapítani, hogy míg a foszfortartalom növekedésével elérhető maximális hozamok 18,3%-os terméscsökkenést eredményezhetnek, addig az évjárathatásból eredeztethető hozamnövekedés 41,8%-os szintet is elérhet, ami 1,45 t/ha plusz termés betakarítását jelentheti kedvező évjárásban, gyenge foszforellátottság esetén.

5.1.2.3. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen



14. ábra, A humusztartalom (nitrogénellátottság) hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

(n = az egyes humusztartalom kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

17. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvező évjárat)

<i>Humusztartalom</i>	igen	gyenge	közepes	jó	igen jó
	gyenge				
igen gyenge	-	-0,78*	-1,01*	-1,19*	0,33
gyenge		-	-0,22	-0,41	1,12
közepes			-	-0,18	1,34
jó				-	1,52
igen jó					-

18. táblázat, Különböző humusztartalmú (nitrogénellátottságú) táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvezőtlen évjárat)

<i>Humusztartalom</i>	igen	gyenge	közepes	jó	igen jó
	gyenge				
igen gyenge	-	-0,19	-0,14	-0,73*	-0,51
gyenge		-	0,05	-0,54	-0,32
közepes			-	-0,59	-0,36
jó				-	0,22
igen jó					-

Az II. szántóföldi termőhely (barna erdőtalajok) humusztartalom változásának kukorica hozamokra gyakorolt hatását vizsgálva rögtön szembetűnik a legmagasabb humusztartalomnál tapasztalható termésviszsaesés jelentkezése mindkét évjárat esetén (14. ábra). A kedvező és a kedvezőtlen évjáratban is, az igen jó humusztartalomnál nagyon kis elemszámú adat áll rendelkezésünkre ahhoz, hogy megbízható következtetéseket vonjunk le, illetve hogy az esetleges következtetéseinket megfelelőképpen alá tudjuk támasztani. Mindezek alapján az évjáratok jellemzésekor nem vesszük figyelembe a legmagasabb humusztartalomnál mért hozamadatokat, ugyanis azok nem megbízható következtetésekre adhatnának csak alapot. Statisztikai vizsgálataink is egyértelműen kimutatják, hogy az igen jó humusztartalomnál mért terméseredmények és az alacsonyabb humusztartalmak egyik hozamszintje között sem írható le matematikailag megfogalmazható különbség.

Kedvező évjáraton a kukorica termése erősen növekvő tendenciát mutat a humusztartalom növekedésével, már a gyenge ellátottság mellett 13,7 %-os termésnövekedés tapasztalható, addig a kedvezőtlen évjárat esetében csak enyhe növekedés tapasztalható az alacsonyabb humusztartalmaknál, és csak a nagyobb, jó humusztartalomnál találhatunk nagyobb hozamnövekményeket. Az igen jó humusztartalomnál a nagy nitrogén szolgáltató képesség mindkét évjáratban termésviszsaesést okoz, bár ez a visszaesés statisztikailag nem támasztható alá. Különösen szembeűnő a termésdepresszió a kedvező évjárat esetén, amikor mintegy 25 %-al kisebb termés mutatkozik az igen jó humusztartalomnál, mint a jó humusztartalom szintjén. Ez azonban a kis elemszám miatt nem támasztható alá matematikailag, tehát nem teljesen értelmezhető a megfigyelhető hozamcsökkenés. A nagy humusztartalomnál jelentkező termésdepresszió egyébiránt a túlzott nitrogénkínálat mellett abból adódhat, hogy a nagy humusztartalmú, szerves talajok szerkezete – különösen csapadékos években – többnyire levegőtlen körülményeket okozhat, így alakítva ki az alacsony termékenységi szintet, illetve a gyenge hozamokat.

Kedvező évjáratban a barna erdőtalajon az igen gyenge, legkisebb humusztartalomhoz képest már a gyenge humusztartalom esetében 13,7%-os termésnövekedés figyelhető meg, mely intenzív hozamemelkedés a humusztartalom növekedésével fennmarad, 17,7 %-os, illetve 20,9 %-os hozamnövekedést eredményezve a közepes és a jó humusztartalmak mellett. A jó humusztartalomnál regisztrált termések így már 1,19 t/ha-al felülműlják a legalacsonyabb kukoricaterméseket.

A humusztartalom emelkedésével bekövetkező hozamtöbbletek mindegyike statisztikailag is alátámasztható különbségeket jelentenek az igen alacsony humusztartalomhoz képest a gyenge, a közepes és a jó humusztartalmak terméseredményeinél (17. táblázat).

Kedvezőtlen évjárat esetén, statisztikai vizsgálataink alapján csupán egyetlen kombinációban, az igen gyenge és a jó humusztartalmak terméseredményei között mérhető valós különbség. Az igen gyenge, a gyenge és a közepes szintek terméshozamai kismértékű (0,14-0,19 t/ha nagyságú) ingadozással ugyan, de lényegében egy termésszinten állnak. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy a barna erdőtalajokon a kukorica szempontjából vizsgált termékenységi potenciál igazából a közepes humusztartalomig nem változik, csak a jó szinten növekszik,

mintegy 0,73 t/ha-os termésszint emelkedést eredményezve az igen gyenge szinthez képest (18. táblázat).

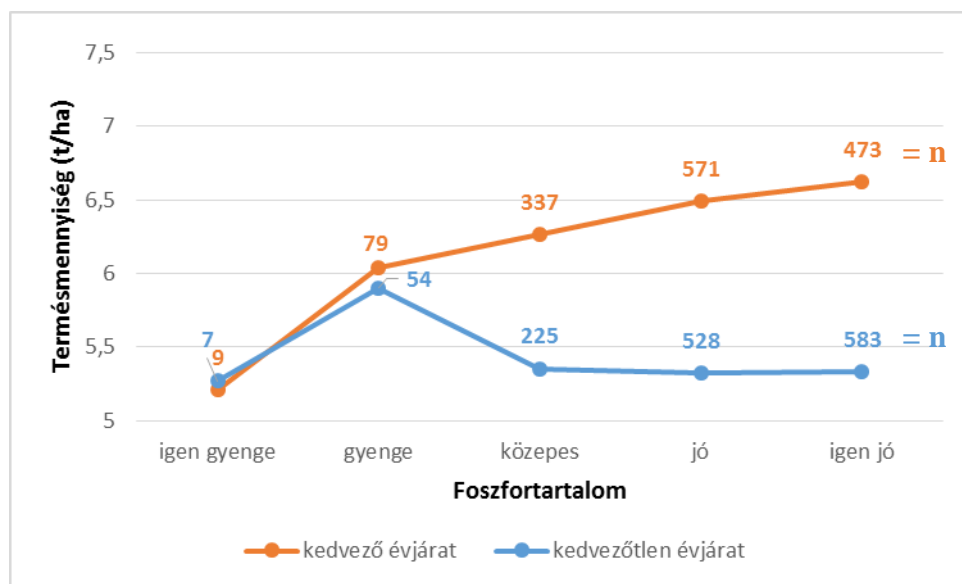
A legnagyobb terméseket tehát a jó humusztartalom mellett kaptuk, mely az igen gyenge szinthez képesti 14 %-os többletszint. Ez igen jó humusztartalom mellett már 4,3 %-al csökken. Ez a csökkenés sem támasztható alá statisztikai vizsgálatainkkal, de valószínűsíthetően az eredmények megbízható kiértékelésének itt is a kis elemszám az egyik legmeghatározóbb gátja.

A két évjárat közötti legnagyobb különbség a közepes humusztartalom mellett figyelhető meg, számszerűen 1,37 t/ha-al nagyobb átlagos hozamok alakulhatnak itt ki a kukorica esetében egy kedvező évjáratban.

A statisztikai összefüggés hiánya miatt az igen jó humusztartalomnál jelentkező, az évjárathatással ellentétes hozamalakulás (a kedvező évjárat terméseredménye alacsonyabb, mint a kedvezőtlen évben számított kukoricatermés) nem támasztható alá a kutatáshoz felhasznált AIIR adatbázis termésadatai alapján.

Bár statisztikailag kimutatható különbség nem prognosztizálható, de érdekes megállapításra ad okot a kedvező évjárat legkisebb és a kedvezőtlen évjárat legnagyobb hozamszintje, mely esetben a kedvezőtlen évjárat szintén, mintegy 3,9 %-al felülmúlja a kedvező évjárat termésszintjét.

5.1.2.4. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen



15. ábra, A foszforellátottsági szintek hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

(n = az egyes foszforellátottsági kategóriákhoz tartozó mezőgazdasági tábla elemszáma)

19. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvező évjárat)

Foszfortartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,82	-1,05	-1,28	-1,41
gyenge		-	-0,23	-0,45	-0,59
közepes			-	-0,22	-0,36
jó				-	-0,13
igen jó					-

20. táblázat, Különböző foszforellátottságú táblák kukorica termése közötti átlagos különbségek, t/ha, (*SzD=5%; II. termőhely - erdőtalajok; kedvezőtlen évjárat)

Foszfortartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	-0,63	-0,08	-0,05	-0,06

gyenge		-	0,55	0,58	0,57
közepes			-	0,03	0,02
jó				-	-0,01
igen jó					-

Az II. szántóföldi termőhely (barna erdőtalajok) esetében az 15. ábrán látható módon, a kukorica termésszintek alakulásában ellentétes és ingadozó hatások érvényesülnek a kedvező és a kedvezőtlen évjáratok esetében.

Mivel a statisztikai vizsgálataink során kapott eredmények egyikénél sem kaptam szignifikáns differenciákat, így egyik évjárat esetében sem jelenthetjük ki egyértelműen a foszfortartalom növekedésével tapasztalható hozamváltozásokat. Ezen esetben úgyis fogalmazhatunk, hogy a barna erdőtalajok foszfortartalma döntően nem befolyásolja az elérhető kukorica hozamokat.

Mindezek ellenére a kedvező évjáratban egyenletesen növekvő trend mutatkozik a foszfortartalom növekedésével, ugyanakkor ez a tendencia a statisztikai megbízhatóság hiánya miatt nem teljesen egyértelmű. A kukorica termésének növekvő tendenciája csupán az egyes foszforszinteknél tapasztalt termésátlagok összehasonlításával nagyon szembetűnően emelkedik, már a gyenge foszforellátottság esetében 15,8 %-os növekedést produkál, a foszfortartalom további növekedésével pedig 27%-os maximális hozamnagyság emelkedést nyújt az igen jó ellátottnál az igen gyenge szinthez képest. A legmagasabb átlagtermés így már 1,41 t/ha terméssel nagyobb hozamot jelent, mint a legalacsonyabb termésszint (19. táblázat).

Kedvezőtlen évjárat esetén, statisztikai vizsgálataink alapján kijelenthetjük, hogy egyik foszforellátottsági szint között sem tapasztaltunk matematikailag igazolható különbséget az átlagtermések között (20. táblázat). Ugyanakkor az egyes foszforellátottságokhoz köthető termésszinteket a grafikonon vizsgálva egyértelműen kitűnik a negatívba hajló, csökkenő trend, vagy legalábbis a stagnáló állapot. Mivel matematikailag nem kaptunk egyértelműen kifejezhető különbségeket az egyes foszforellátottságoknál számított átlagtermések között, így azt alátámasztani sem tudjuk, hogy tényleges terméseszkökenről, vagy stagnálásról beszélünk. A gyenge ellátottsági szint esetében ugyan jelentkezik egy 12%-os, jelentősnek mondható termésszint emelkedés, de ez szintén a statisztikai alátámasztás hiánya miatt nehezen magyarázható.

A kedvezőtlen, csapadékhiányos évjárat termés-csökkentő hatását egyébiránt több szerző is alátámasztja, annak kukorica terméseredményeire való hatását például BOCZ (1995) közlésében is megtalálhatjuk. Kutatásai alapján megállapítható, hogy a szárazság fokozódásával a műtrágya, illetve a talajban lévő tápanyag hasznosulása kukoricánál átcsap termés csökkentő tényezővé. Szárazabb években a P-indukálta Zn hiány is erőteljesebben felléphet (CSATHÓ és KÁDÁR, 1989).

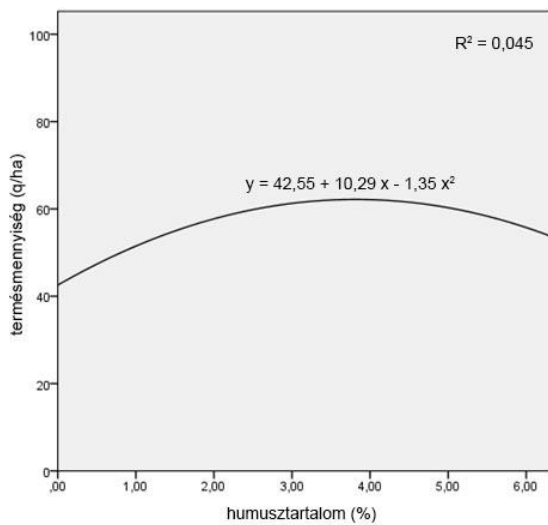
A 19-20. táblázat adataiból következtetve megfogalmazhatjuk, hogy a II. szántóföldi termőhely, barna erdőtalajok esetében a kukorica legalacsonyabb termései, az igen gyenge és a gyenge évjáratokban egy szinten mozognak, csupán a közepes, a jó és az igen jó ellátottságok esetén figyelhető meg az esetlegesen előforduló kedvező évhatás termékenységet növelő hatása és válik szét a két eltérő évjárat 15. ábrán ábrázolt termékenységi görbéje.

Az ismertetett eredményeket alapul véve a fenntartható mezőgazdaság irányelvei szerint, ökológiai megalapozottsággal lehet pontosítani a tápanyagvisszapótlás rendszerét. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak a szaktanácsadási munkákban meghatározható, ökológiailag is indokolható tápanyagellátottsági szint fenntartásához.

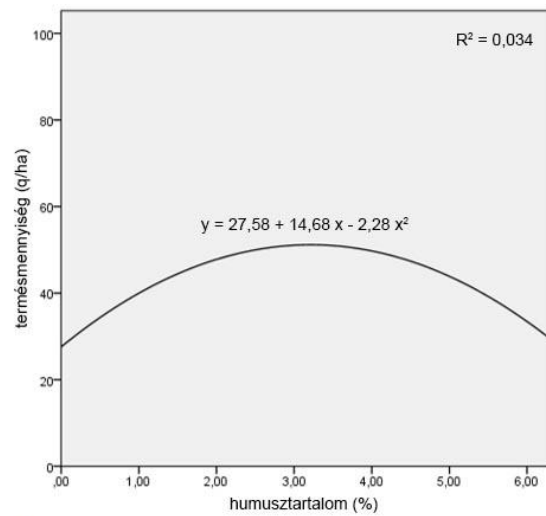
5.2. A humusz- és foszfortartalom hatásának regresszió analízissel történt vizsgálata őszi búza és kukorica hozamokon, különböző termőhelyeken és évjáratokban

A humusz- illetve foszfortartalom őszi búza és kukoricatermésekre gyakorolt hatásának regresszió analízissel történt vizsgálatával kapcsolatban elmondható, hogy a nagy elemszám ellenére a determinációs együttható nagyon alacsony ($R^2 = 0,001 - 0,058$), tehát ez az eljárás nem alkalmas arra, hogy felhasználjuk a termékenység jellemzésére, illetve az eredményül kapott egyenleteket és azok paramétereit szerepeltessük a földminősítésben. A regresszió analízisből kitűnő gyenge összefüggések az alapadatok nagy szórása miatt adódnak. A gyenge összefüggés ellenére azonban jól látszanak a tápanyagtartalmak növekedésére fellépő tendenciák a termések alakulásában. A regresszió analízis hatásgörbéinek tendenciái jól követik a dolgozat termékenységi vizsgálatában szereplő átlagolási módszer termékenységi egyenesének tendenciáit. Ami természetesen is, hiszen ezek az eredmények ugyanazon adatoknak különböző feldolgozás szerinti megjelenítését mutatják.

5.2.1. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen, I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajok)



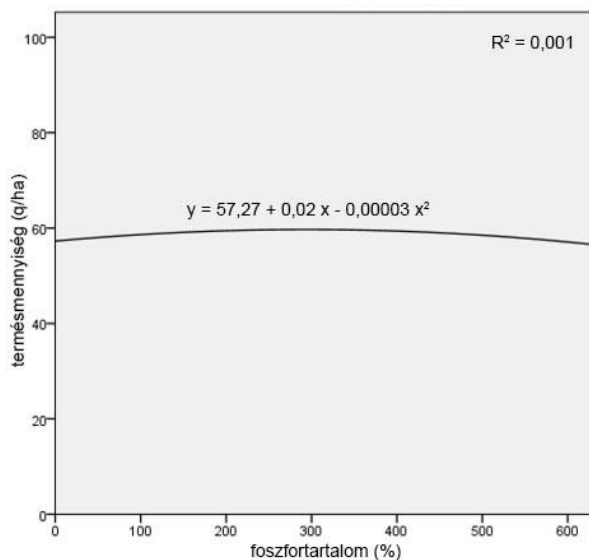
16. ábra



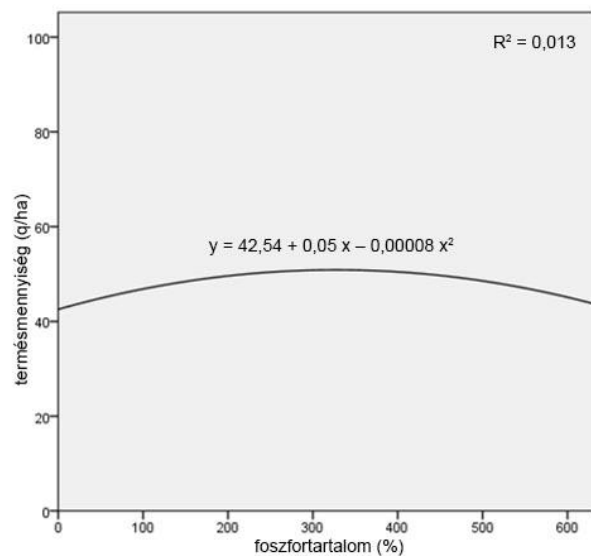
17. ábra

A humusztartalom őszi búza termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2 érték **kedvező (16.ábra)** és **kedvezőtlen (17.ábra)** évjáratokban, mezőségi talajon (I. termőhelyen)

5.2.2. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen, I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajok)



18. ábra

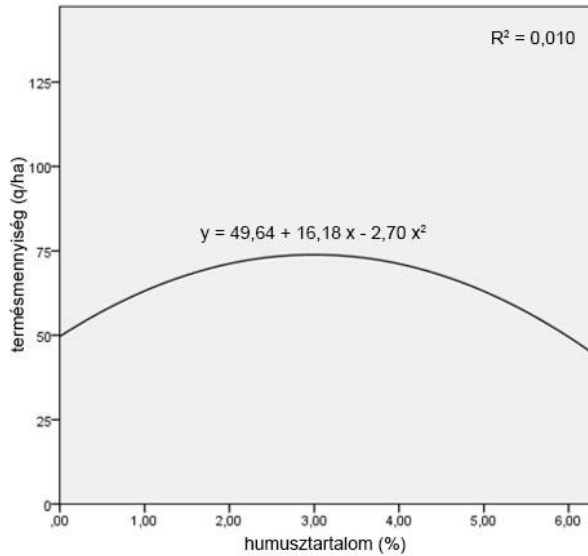


19. ábra

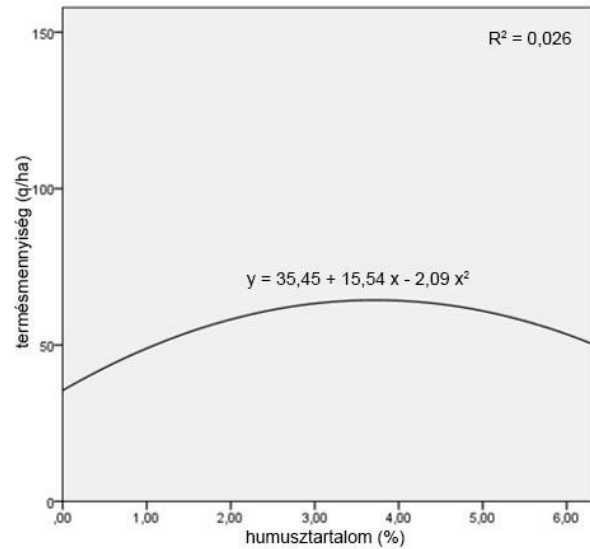
A foszfortartalom őszi búza termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2

érték **kedvező (18.ábra) és kedvezőtlen (19.ábra) évjáratokban**, mezőségi talajon (I. termőhelyen)

5.2.3. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajok)



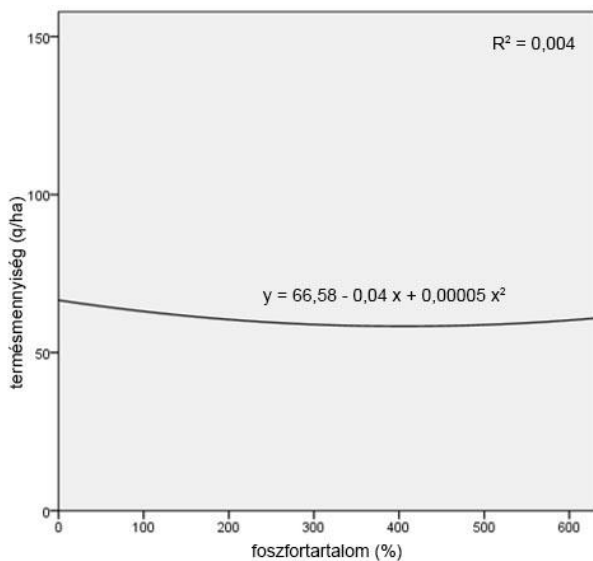
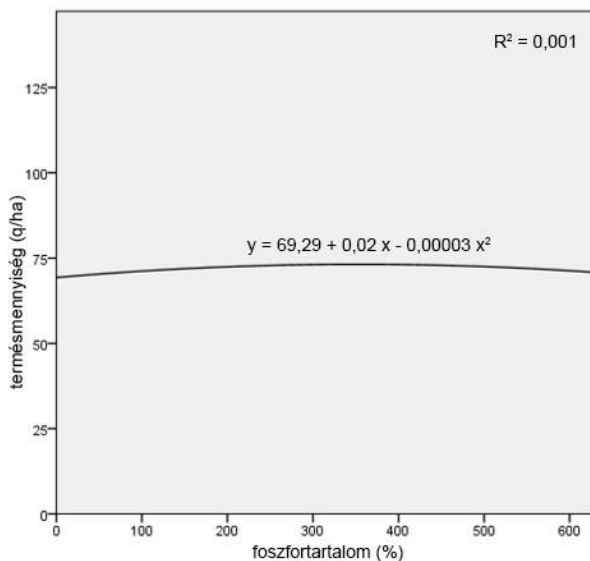
20. ábra



21. ábra

A humusztartalom kukorica termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2 érték **kedvező (20.ábra) és kedvezőtlen (21.ábra) évjáratokban**, mezőségi talajon (I. termőhelyen)

5.2.4. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajok)

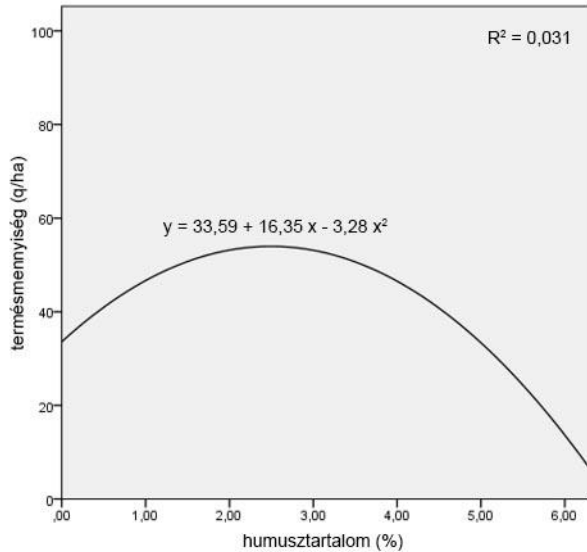


22. ábra

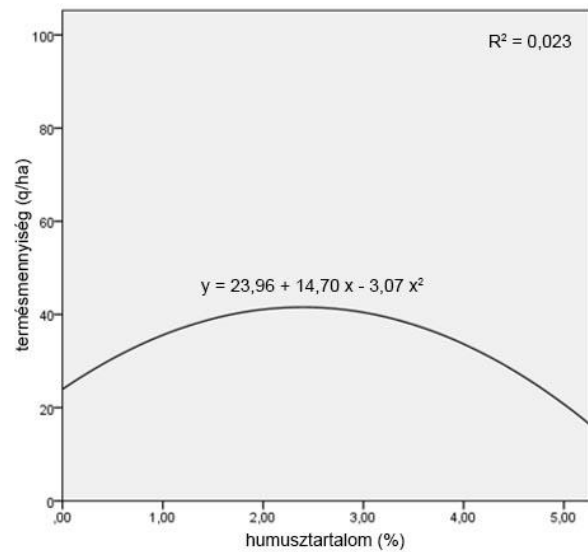
23. ábra

A foszfortartalom kukorica termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2 érték **kedvező (22.ábra)** és **kedvezőtlen (23.ábra) évjáratokban**, mezősi talajon (I. termőhelyen)

5.2.5. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)



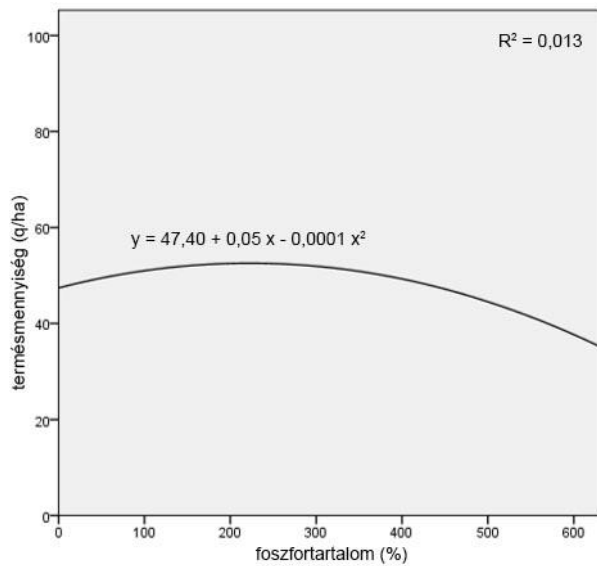
24. ábra



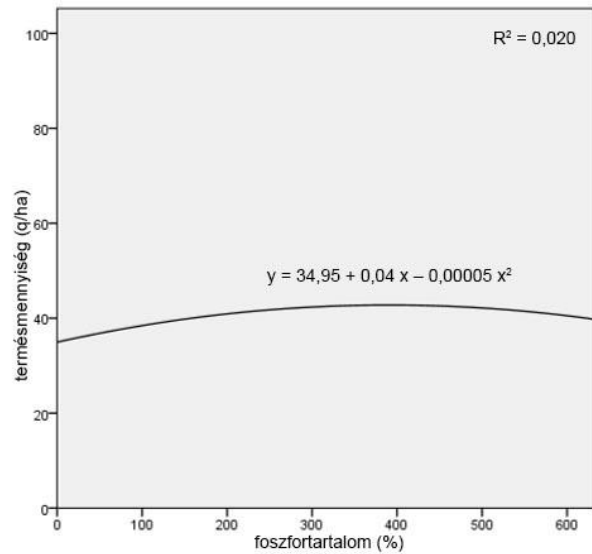
25. ábra

A humusztartalom őszi búza termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2 érték **kedvező (24.ábra)** és **kedvezőtlen (25.ábra) évjáratokban**, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

5.2.6. Foszforellátottság hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)



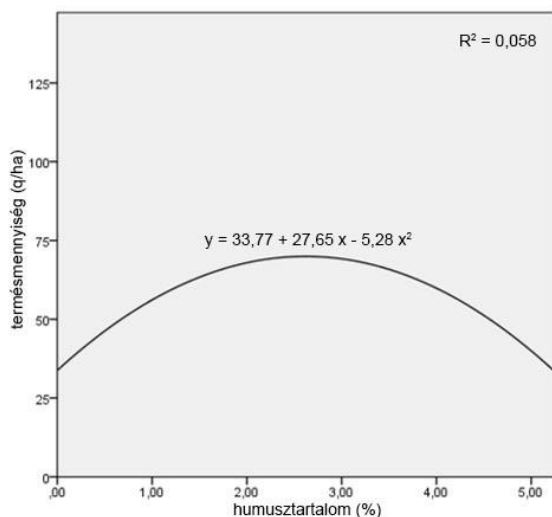
26. ábra



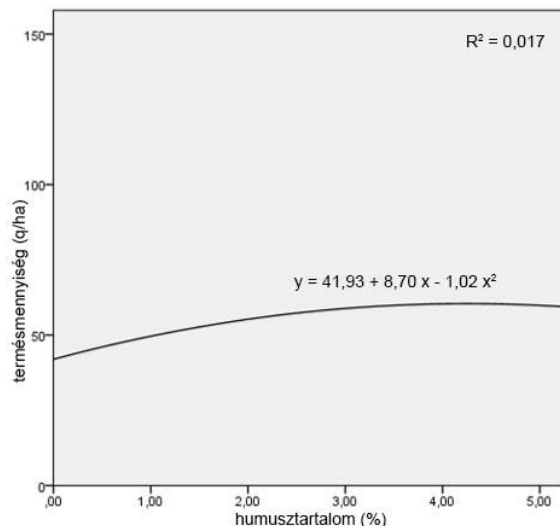
27. ábra

A foszfortartalom őszi búza termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2 érték **kedvező (26.ábra)** és **kedvezőtlen (27.ábra) évjáratokban**, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

5.2.7. Humusztartalom (nitrogénellátottság) hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)



28. ábra

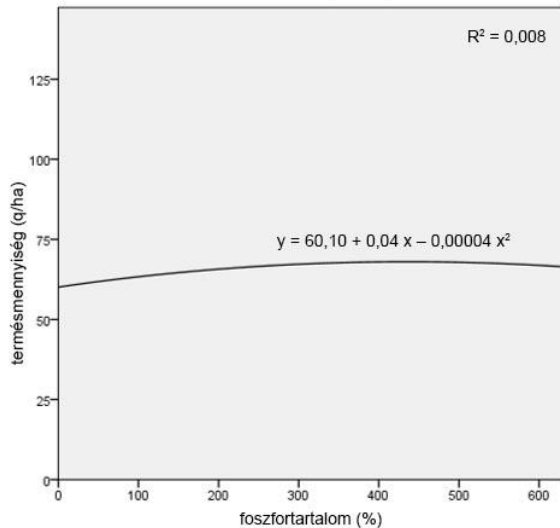


29. ábra

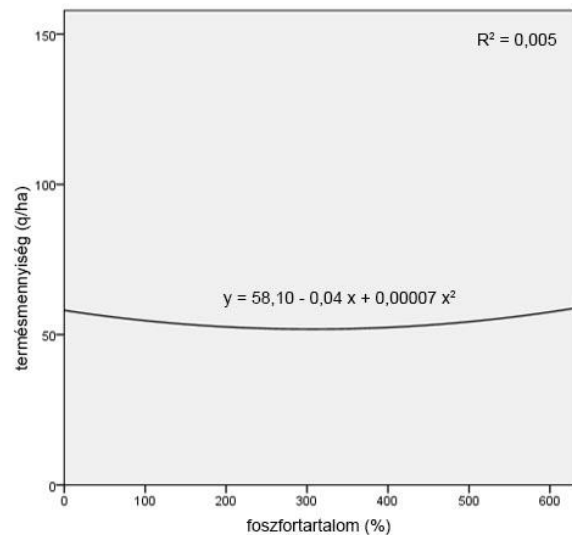
A humusztartalom kukorica termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2

érték **kedvező (28.ábra) és kedvezőtlen (29.ábra) évjáratokban**, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

5.2.8. Foszforellátottság hatásának vizsgálata kukorica jelzőnövényen, II. szántóföldi termőhelyen (barna erdőtalajok)



30. ábra



31. ábra

A foszfortartalom kukorica termésekre gyakorolt hatásának jellemzésére szolgáló regressziós görbe, az összefüggést leíró másodfokú egyenlet és az összefüggés szorosságát mutató R^2 érték **kedvező (30.ábra) és kedvezőtlen (31.ábra) évjáratokban**, barna erdőtalajon (II. termőhelyen)

A regressziós vizsgálatok eredményeit és azok gyakorlati következményeit összefoglalva megállapítható, hogy az alacsony determinációs együttható miatt az eljárás nem annyira megbízható, hogy a földminősítési rendszerbe ültethető legyen. Ugyanakkor nem csak ennek okán javaslom a kategória átlagokra viszonyszámot képző módszert a földminősítés során fölhasználni. A kategóriákra alkalmazható módszer jobban adaptálható a jelenleg hazánkban használatos talajtani információkhoz. Ennek az az oka, hogy a földminősítés gyakorlati megvalósításához legalkalmasabb nagy méretarányú talajtani térképek információtartalma kategorizált osztályokra épül, tehát a földminősítés során is ezekre a kategóriákra kell, jelen esetben a tápanyagellátottság termékenységére gyakorolt hatását számszerűsíteni.

Az is megjegyzendő, hogy további talajtulajdonságokat figyelembe véve a regressziós egyenletek hatékonysága (pontossága, megbízhatósága) is növekedhet, de ilyen, összetett vizsgálat lefolytatása túlmutat a jelen dolgozat és kutatás lehetőségein.

5.3. A tápanyagellátottság hatásának vizsgálata a termőhelyek és az évjáratok összefüggésében

A fenntartható gazdálkodás, a föld minőségének védelme és fokozása szempontjából fontos, hogy az egyes években miként alakul a különböző tápanyag ellátottsági szintek hatása, különös tekintettel a legjobb és a legrosszabb termést eredményező tápanyagszinteké.

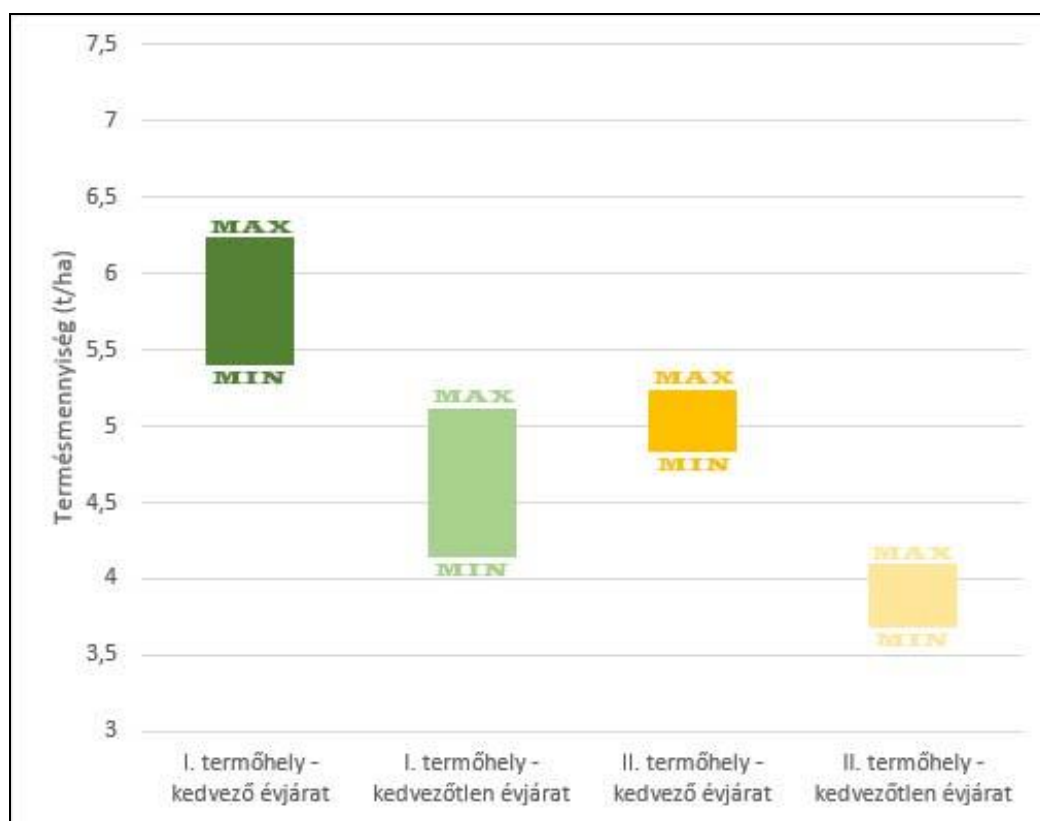
Éppen ezért érdemes megvizsgálni, illetve összevetni a különböző foszfor- és humuszellátottsági szintek produkciós viszonyok szempontjából jelentkező szélső értékeit, tehát azokat az értékeket, amik az optimális és a leggyengébb hatású ellátottsági szintekhez köthetők. Vizsgálataimat a különböző évjáratok szerint végeztem.

Ennek megfelelően a 32-35. ábrán is látható grafikonok az egyes termőhelyeken és évjáratokban, a humusz- illetve foszfortartalom hatás szélsőértékei alapján kialakuló legalacsonyabb és legmagasabb termések közti különbségeket szemléltetik. Ezen ábrák nem valamennyi ellátottsági szinthez kapcsolódó termés nagyságokat hivatottak bemutatni (amiket a 4.1 fejezet ábráin és táblázataiban már megtettünk), hanem csak a szélső értékek összevetésének eredményeit mutatják. Az ábrák adatai az abszolút hozamokat is jelölik, azt mutatva be, hogy a különböző termőhelyeken és évjáratokban milyen szélsőértékekkel találkozhatunk az egyes humusz-, és foszforellátottsági kategóriáknál tapasztalt átlagos hozamértékek esetében.

A 32-35. ábrán szemléltetett értékek tehát azokat a termésmennyiségeket jelentik, ami a tápanyagellátottság növekedésével az egyes növények átlaghozamaiban bekövetkezik. A 32-35. ábrán közöltek tehát a már ismertetett adatok újfajta szempont szerinti feldolgozásának eredményeit mutatják.

5.3.1. Az évjárat és termőhely hatása az őszi búza termések alakulására

5.3.1.1. Humusztartalom vizsgálatok



32. ábra – Humusztartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések közötti különbségek, az évjárat és a termőhely függvényében (őszi búza)

21. táblázat – Humusztartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések hozamértékei és azok százalékos eltérései (őszi búza)

	Évjárat	MIN (t/ha)	Humusz-tartalom	MAX (t/ha)	Humusz-tartalom	Termés-különbség (%)
I. termőhely	kedvező	5,39	igen gyenge	6,24	igen jó	15,74
	kedvezőtlen	4,15	igen gyenge	5,12	jó	23,39
II. termőhely	kedvező	4,83	igen gyenge	5,23	gyenge	8,27
	kedvezőtlen	3,69	igen jó	4,11	közepes	11,37

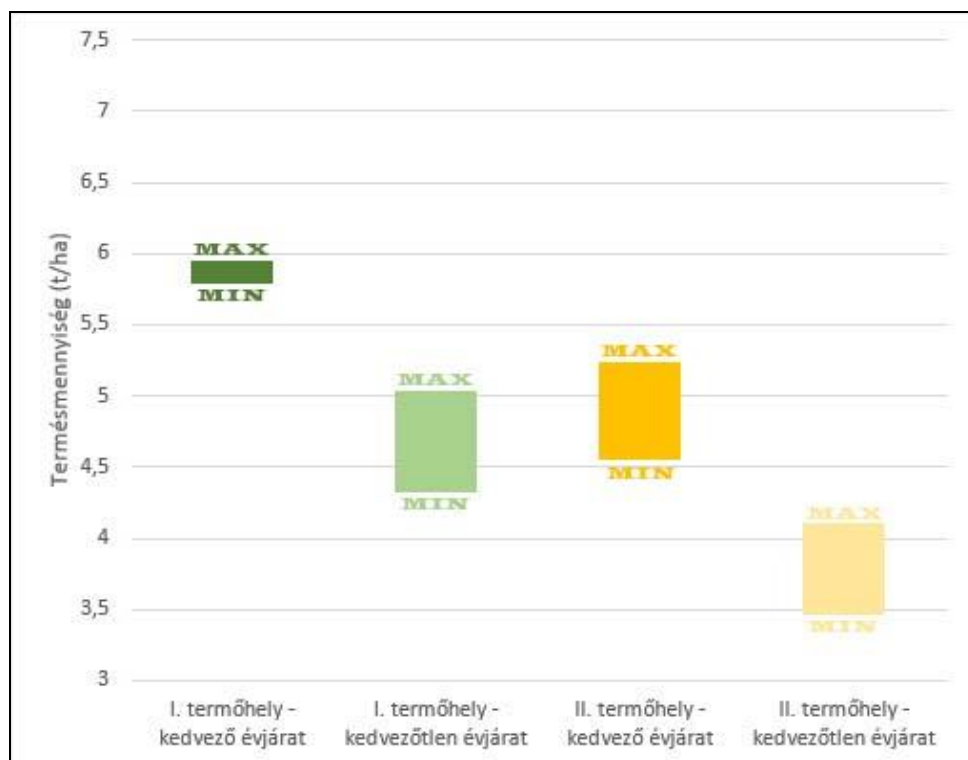
Az 32. ábrán jól látszik, hogy a humusztartalom változása az őszi búza hozam különbségeinek alakulására évjáratonként különbözőképpen hat. Az őszi búza termésadatait vizsgálva a mezőségi talajok (I. termőhely) esetében megállapíthatjuk, hogy a kedvezőtlen évjáratban nagyobb terméskülönbségek adódnak a humusztartalom különböző szintjei között, mint ahogy azt a kedvező évjáratban tapasztalhatjuk.

Más a helyzet az őszi búza terméseredményeinek alakulásában a barna erdőtalajok (II. termőhely) esetében. Ugyanis itt szinte ugyanakkora különbséget tapasztalunk mindkét évjárat esetén a humusztartalom által meghatározott legkevésbé termékeny és legtermékenyebb talajok hozamai között: mindösszesen 3,1 %-os különbség adódik a kedvező és a kedvezőtlen évjáratban mért különbségek között.

Természetesen az évjáratok között abszolút értelemben nagy hozamkülönbség van, a fenti megállapítás az egyes évjáratokon belül a tápanyagszinteknek tulajdonítható különbségekről szól.

A humusztartalom különbségeire az őszi búza termései legnagyobb mértékben a mezősígi talajokon, kedvezőtlen évjáratban reagálnak, mintegy 23,39%-os terméskülönbséget eredményezve a szélsőértékek között, legkisebb mértékben pedig a barna erdőtalajokon kedvező évjáratban, mintegy 8,27%-os terméskülönbséget eredményezve (21. táblázat).

5.3.1.2. Foszfortartalom vizsgálatok



33. ábra – Foszfortartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések közötti különbségek, az évjárat és a termőhely függvényében (őszi búza)

22. táblázat – Foszfortartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések hozamértékei és azok százalékos eltérései (őszi búza)

	Évjárat	MIN (t/ha)	Foszfor- tartalom	MAX (t/ha)	Foszfor- tartalom	Termés- különbség (%)
I.	kedvező	5,78	igen gyenge	5,95	jó	2,92
termőhely	kedvezőtlen	4,32	igen gyenge	5,04	igen jó	16,61
II.	kedvező	4,56	igen gyenge	5,23	jó	14,84
termőhely	kedvezőtlen	3,47	gyenge	4,10	igen jó	18,27

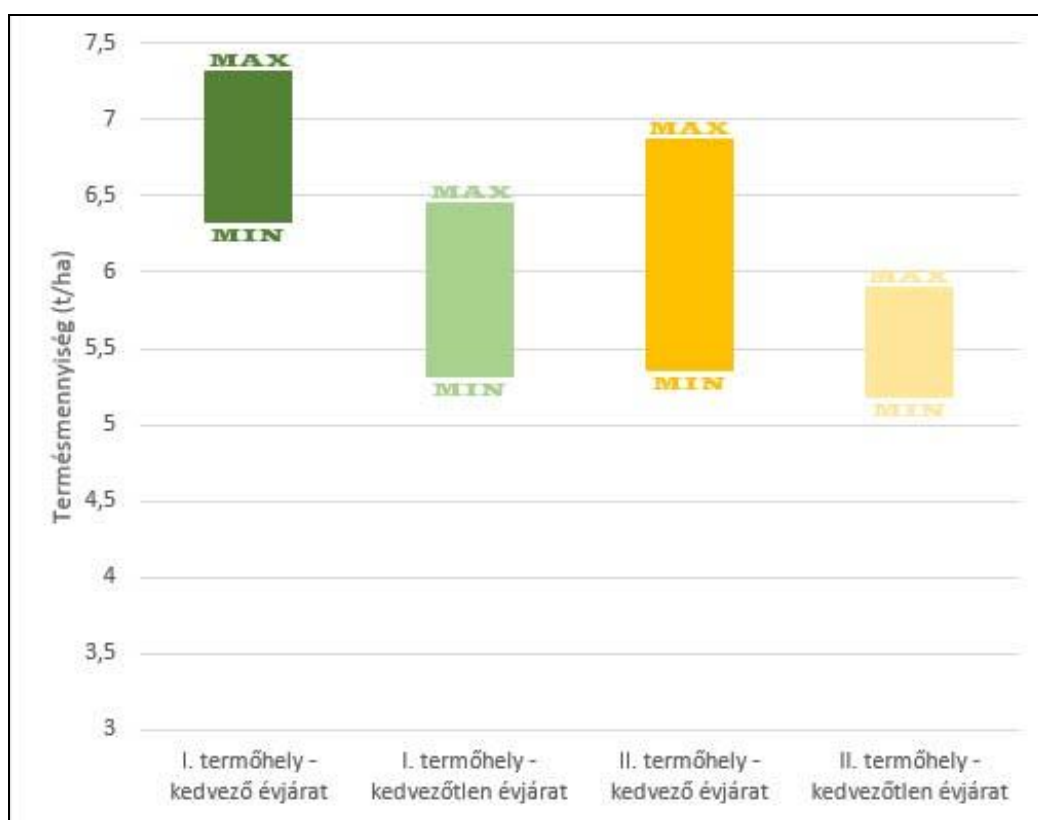
A 32. ábrán bemutatott humusztartalom hatásához képest a 33. ábrán szemléltetett foszfortartalom hatásának illusztrációján jól látszik, hogy az I. termőhely optimális foszfortartalma a legalacsonyabb foszfortartalomhoz képest sokkal kisebb mértékű terméstöbbletet eredményez az őszi búza hozamadataiban, mint ahogy azt a humusztartalom változása okozza, ellenben a II. termőhely esetében nagyobb különbségeket találunk a foszforhatásokban, mint ahogy a humusztartalom változására jelentkező különbségek alakulnak.

A II. termőhelyen az őszi búza termésadatai a foszfortartalom változására hasonlóképpen (kis eltéréssel) reagálnak a kedvező és kedvezőtlen évjáratban, mint ahogy azt a humusztartalom hozamokra gyakorolt hatásánál is tapasztaltuk, itt is csekély, 3,43 % -nyi a két évjárat közötti differencia.

A különböző foszfor szintek hozamfokozó hatása a kedvezőtlen évjáratban barna erdőtalajon a legnagyobb, összesen 18,27%-os terméstöbbletet eredményezve a leggyengébb foszforhatású talajok terméseihez képest (22. táblázat). Az I. termőhelyen (mezőségi talajokon) figyelhetjük meg viszont a legkisebb terméstöbbletet, a kedvező évjárat esetében, összesen 2,92% terméstöbbletet produkálva.

5.3.2. Az évjárat és termőhely hatása a kukorica termések alakulására

5.3.2.1. Humusztartalom vizsgálatok



34. ábra – Humusztartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések közötti különbségek, az évjárat és a termőhely függvényében (kukorica)

23. táblázat – Humusztartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések hozamértékei és azok százalékos eltérései (kukorica)

	Évjárat	MIN (t/ha)	Humusz- tartalom	MAX (t/ha)	Humusz- tartalom	Termés- különbség (%)
I. termőhely	kedvező	6,33	igen gyenge	7,32	közepes	15,81
	kedvezőtlen	5,31	igen gyenge	6,45	jó	21,62
II. termőhely	kedvező	5,36	igen jó	6,88	jó	28,40
	kedvezőtlen	5,18	igen gyenge	5,91	jó	14,03

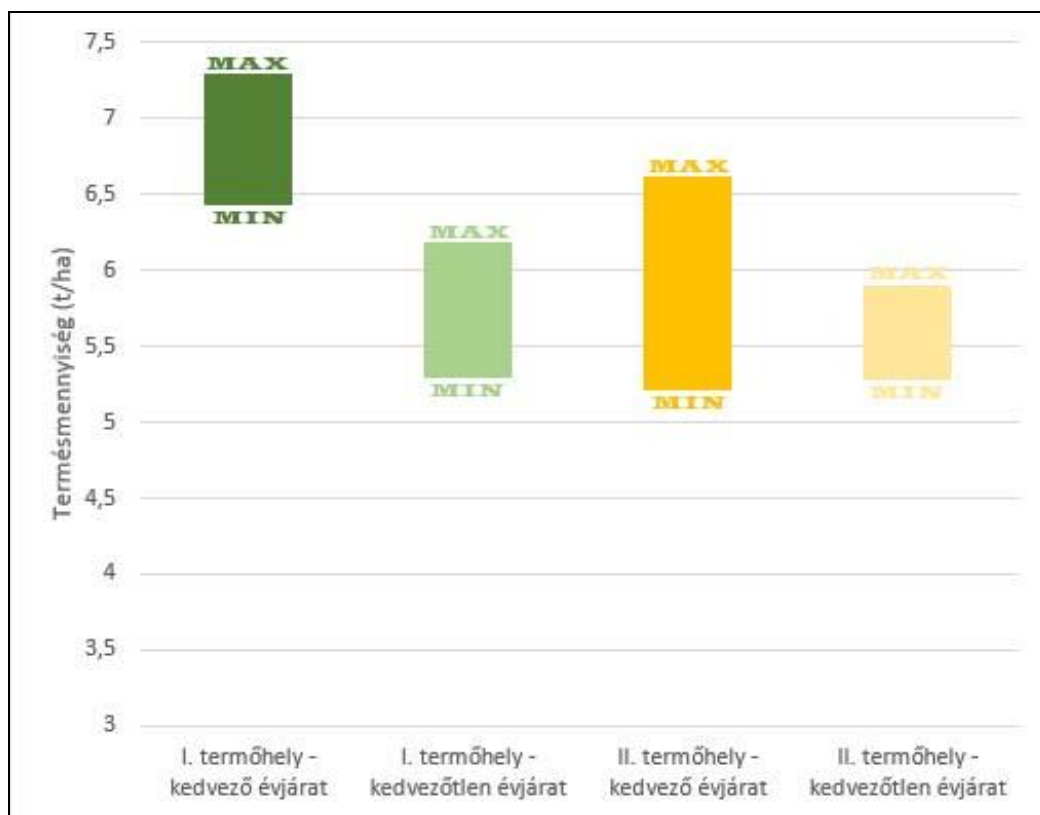
A legmagasabb hozamokat a kukorica hozamaiban mutattuk ki a humusztartalmak hatását figyelembe véve, a mezőségi talajon, kedvező évjáratban.

Kukorica esetében, barna erdőtalajon kétszer nagyobb termésnövekedést okoz az optimális humuszellátottság a leggyengébb hatású ellátottsághoz képest kedvező évjáratban, mint kedvezőtlen évjáratban. A legkisebb humuszhatás kedvezőtlen évjáratban szintén barna erdőtalajon figyelhető meg, mindösszesen 0,73 t/ha-os különbséggel (23. táblázat).

Az 34. ábráról leolvasható, hogy a kukorica jól reagál a humusztartalom változására, a legnagyobb terméskülönbségeket a két vizsgált növényt és a tápanyagellátottság hatását tekintve itt tapasztaltuk.

A humuszhatás kukorica esetében mindkét évjáraton és termőhelyen kifejezetten nagy, ugyanakkor a humuszhatás a különböző évjáratokban eltérő mértékben mutatkozik a két vizsgált termőhelyen. Míg mezőszégi talajokon a humusztartalom különbségeinek hatása a kedvezőtlen évjáratban a nagyobb, összesen 5,81 % -al, addig barna erdőtalajon az optimális humusztartalom hatása a kedvező évjáratban a nagyobb, 14,37 %-al.

5.3.2.2. Foszfortartalom vizsgálatok



35. ábra – Foszfortartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések közötti különbségek termésmennyisége, az évjárat és a termőhely függvényében (kukorica)

24. táblázat – Foszfortartalom hatására kialakult legkisebb és legnagyobb termések hozamértékei és azok százalékos eltérései (kukorica)

	Évjárat	MIN (t/ha)	Foszfor- tartalom	MAX (t/ha)	Foszfor- tartalom	Termés- különbség (%)
I.	kedvező	6,42	igen gyenge	7,29	közepes	13,50
termőhely	kedvezőtlen	5,29	igen gyenge	6,18	közepes	16,85
II.	kedvező	5,21	igen gyenge	6,62	igen jó	27,05
termőhely	kedvezőtlen	5,27	igen gyenge	5,90	gyenge	11,96

A vizsgált talajok humusztartalmának különbségei nagyobb hatást gyakorolnak a kukorica termésére (34. ábra), mint amekkora szerepe a foszfortartalomnak (35. ábra) volt a hozamok alakulásában. Ezt a jelenséget már az őszi búza esetében is megfigyeltem, sőt itt még nagyobb terméskülönbségeket tapasztaltam a foszfor és humuszhatás vizsgálatokor, az optimális és gyenge ellátottságú tápanyagtartalékkal rendelkező talajokat összehasonlítva.

A foszfortartalom hatása a kukorica termések alakulására kedvező évjáratban, barna erdőtalajon a legnagyobb, ami optimális tápanyagellátottság esetében 27,05%-os terméstöbbletet jelent a leggyengébb termékenységi szintet képviselő foszfortartalomhoz képest. A mezősegi talajon kis különbség mutatkozik a két évjárat között, mindkét esetben hasonló nagyságrendű, 0,87-0,89 t/ha-os különbséget állapítottam meg a legkisebb és a legnagyobb hozamokat jelentő foszforszintek között (24. táblázat).

A 35. ábrát szemlélve világosan látszik az is, hogy a kukorica szempontjából a barna erdőtalajok foszforreakciója sokkal kifejezőbb egy kedvező évjárat esetén, mint ahogy az a kedvezőtlenebb évben alakul. Kedvező évjáratban 2,24 - szor nagyobb különbség alakul ki a kukoricatermésekben a foszfortartalom változására, mint kedvezőtlen évjáratban.

Megállapítható, hogy a kukorica foszforellátottság vonatkozásában számított tápanyagreakciója kedvező évjáratban nagyban felülmúlja az őszi búza tápanyag-reakcióját. Kedvezőtlen évjáratban ez a különbség nem áll fenn, csupán a mezősegi talajon számítható kisebb eltérés, de a barna erdőtalajokon számított különbség mind őszi búza, mind pedig kukorica hozamadataiban ugyanakkorák.

Összességében következtetésként fogalmazhatjuk meg, hogy az őszi búza és a kukoricatermésekre a foszfortartalom különböző hatást gyakorol az eltérő termőhelyeken és évjáratokban, máshogy fogalmazva a foszforhatás egyaránt termőhely és évjárat specifikus.

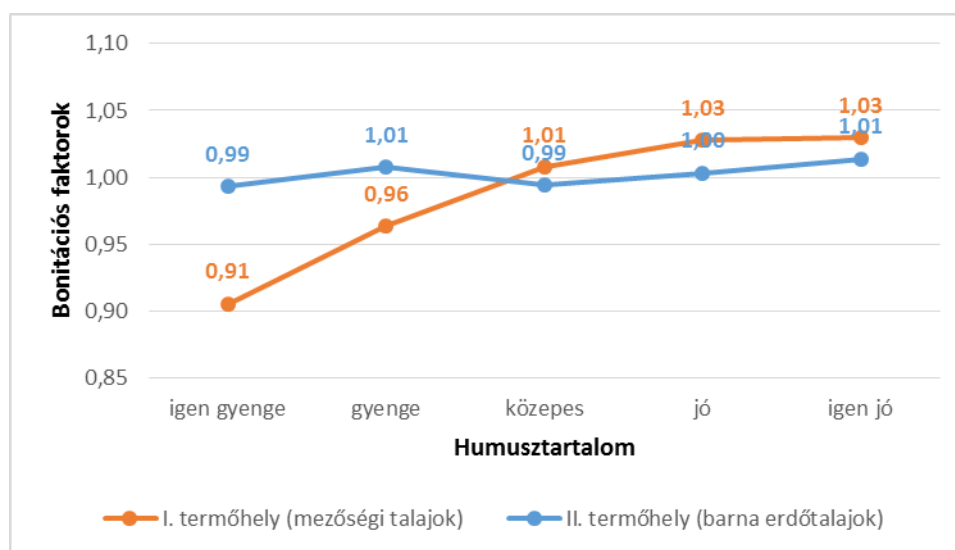
A vizsgálati adatbázis alapján kukorica vonatkozásában a legmagasabb termés elérése a mezőségi talajokon, kedvező évjáratban a közepes humusztartalomnál lehetséges, az őszi búza esetén pedig szintén kedvező évjáratban a mezőségi talajok igen jó humusztartalmánál. A legalacsonyabb termést kukorica esetében a gyenge humusztartalmú barna erdőtalajokon tapasztaltam kedvezőtlen évjáratban, őszi búza esetében viszont az igen gyenge foszfortartalom mellett, szintén a kedvezőtlen évjárat esetén.

5.4. A tápanyagellátottság hatásának érvényesítése a földminősítésben

A 36-39. ábrákon láthatók a vizsgált növényi kultúrák esetében a humusz- és foszfortartalom változás hatására kialakuló azon dimenzió nélküli értékek, melyek a klimatikus változatosságtól, tehát a meteorológiai tényezők időbeli (évjáratos) és térbeli (földrajzi) változatosságának kiszűrése utáni hatásokat mutatják. A meteorológiai hatások kiszűrésére azért van szükség, mert a földminősítésbe a hosszú távon érvényes termékenységi különbségeket kell számszerűsíteni, és mivel a meteorológiai tényezők befolyásolják legnagyobb mértékben a mezőgazdasági termelés éves ingadozását, ezért ettől mentesítenünk kellett az adatbázist. A kedvező és kedvezőtlen évjáratok befolyásától, az „Anyag és módszer” (3.1.) fejezetben leírtaknak megfelelően tisztított adatok ezután már nem nevezhetők valós termésadatoknak, nem is használjuk ilyen értelemben őket. Az évjáratathatástól tisztított hozamokra utaló számok így már a hosszútávon várható termékenységi viszonyokat szemléltetik. Erre, a bevezetőben leírtak szerint azért volt szükség, mert a földminősítési értékszámokat már az éves hozamokra jellemző évjáratos ingadozástól mentesítve kell kifejezni, ezért szükség volt egy hosszú távú termékenységet mutató, stabil viszonyítási alagra. Az évjáratathatástól mentesített hozamokra utaló számok felhasználásával viszonzszámokat képzünk, melyek az átlagos termékenységi színvonaltól való különbségeket egy viszonylagos skálán, szorzófaktorokkal hivatottak jelezni. Ezeket nevezzük a földminősítési rendszer tápanyagellátottsági faktorainak, melyek esetében az „1,00” faktor jelenti az átlagos termékenységi szintet, és értelemszerűen az „1,00”-nél kisebb értékek az átlagosnál gyengébb, az „1,00”-nél nagyobb értékek a termékenységre az átlagosnál nagyobb hatást jelentenek.

Az AIIR adatbázis információtartalmát, illetve a humusz- és foszfortartalom hatásvizsgálat módszerét alapul véve tehát kialakítottam a mezőségi talajok és barna erdőtalajok tápanyag-faktorszámait (termékenységi viszonyszámait) is az őszi búza és a kukorica termékenységének földminősítési szempontú jellemzésére. A 36-39. ábrákon láthatók azok a hatásgörbék, melyek megmutatják, hogy milyen trend jellemző hosszú távon (a meteorológiai hatások kiküszöbölését követően) a vizsgált növényi kultúrák termékenységében a humusz- és foszfortartalom változás hatására. A módszerrel tehát egyazon termőhely tápanyagellátottságának köszönhető produkciós potenciálját tudjuk számszerűsíteni és beépíteni a földminősítés folyamatába.

5.4.1. A humusztartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére őszi búza jelzőnövény esetén



36. ábra, A humusztartalom különböző szintjeinek átlagos (évhatástól mentes) hatása a szántóföldek minőségére őszi búza jelzőnövényel, különböző termőhelyeken (mezőségi talajon és barna erdőtalajokon)

25. táblázat, Különböző humusztartalmú táblák várható, átlagos termékenysége közötti statisztikailag is kimutatható különbségek őszi búza esetében (*Szd=5%; I. termőhely – mezőségi talajok)

Humusztartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	*	*	*	*

gyenge		-	*	*	*
közepes			-	*	
jó				-	
igen jó					-

A 25. táblázat és a 36. ábra adatai alapján megállapíthatjuk, hogy a mezősi talajok humusztartalmának átlagos hatását tekintve komoly differenciák érvényesülnek az őszi búza szerinti növény-specifikus földminősítéskor. Ezzel arra a következtetésre jutottam, hogy a humuszellátottság szerint a hosszú távú hatásokat tekintve is jelentős különbségek tapasztalhatók, csakúgy, mint az évenkénti összevetéseknél.

Mind az igen gyenge, mind a gyenge, mind pedig a közepes humuszellátottsághoz képest megfigyelhetők statisztikailag is igazolható termékenységi különbségek a magasabb humuszellátottságok esetében.

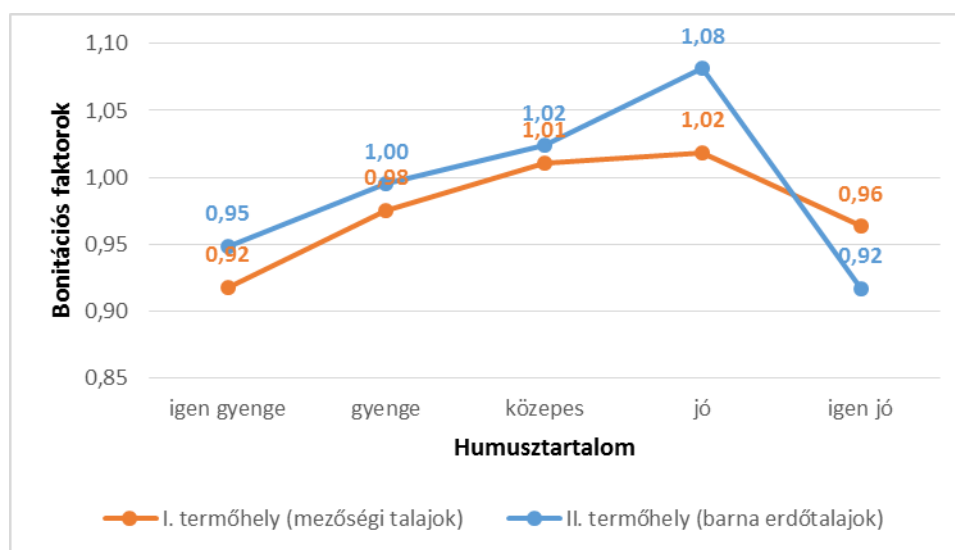
A II. termőhelyre már sokkal gyengébb hatást állapíthatunk meg a humusztartalom változásával kapcsolatban. Ugyan 1%-nyi termékenységbeli különbséget felfedezhetünk az egyes humusztartalom szintek között, de ezen szintek egyike között sem mutatható ki, illetve támasztható alá statisztikailag is értelmezhető differencia. A barna erdőtalajok humusztartalmának átlagos hatását tekintve kijelenthetjük, hogy a termékenységre gyakorolt hatást illetően a rendelkezésre álló adatok alapján az őszi búza szempontjából nincs különbség az egyes humusztartalom szintek között.

A földminőségi viszonzszámok kialakításánál csak azokat a bonitációs (tápanyagellátottsági) faktorokat vesszük figyelembe, melyek statisztikai megbízhatósága bizonyított. Az AIIR adatbázisból az őszi búza termékenységgel kapcsolatban számított hosszútávon várható humuszhatást a 26. táblázat faktorértékeinek megfelelően vehetjük figyelembe. Megjegyzendő, hogy azon esetekben, ahol a statisztikai megalapozottság hiányzik, a faktorértéket 1,00-re változtattuk (ezeket a későbbiekben „módosított faktorértékek”-nek hívtuk, és jelen dolgozat táblázataiban – a valós 1,00 faktorértékektől megkülönböztetendő, piros színnel jelöltük). Ez azt jelenti, hogy az adott tápanyagellátottsági szinthez tartozó hatást nem vesszük figyelembe, mert annak megbízhatóságát nem ismerjük. Természetesen ezeknek az ellátottsági szinteknek is lehet (pozitív vagy negatív) hatása a termékenységre, de ez csak nagyobb mintaszámmal, további elemzésekkel lehetne bizonyítható.

26. táblázat, **Faktortáblázat**. A mezőségi talajok és barna erdőtalajok **humusztartalmának** szerepe a földminősítésben **őszi búza** esetén (a táblázatban szereplő értékek szorzók, amelyek a földminőségi viszonyszámot módosítják a tápanyagellátottság hatásának kifejezéséhez; pirossal jelöltük a módosított faktorértékeket)

humusztartalom	őszi búza	
	I. termőhely	II. termőhely
<i>igen gyenge</i>	0,91	1,00
<i>gyenge</i>	0,96	1,00
<i>közepes</i>	1,01	1,00
<i>jó</i>	1,03	1,00
<i>igen jó</i>	1,03	1,00

5.4.2. A humusztartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére kukorica jelzőnövény esetén



37. ábra, A humusztartalom különböző szintjeinek átlagos (évhatástól mentes) hatása a szántóföldek minőségére kukorica jelzőnövényvel, különböző termőhelyeken (mezőségi talajon és barna erdőtalajokon)

27. táblázat, Különböző humusztartalmú táblák várható termékenysége közötti statisztikailag is kimutatható különbségek kukorica esetében (*SzD=5%; I. termőhely – mezőségi talajok)

Humusztartalom	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	*	*	*	

gyenge		-	*	*	
közepes			-		
jó				-	
igen jó					-

28. táblázat, Különböző humusztartalmú táblák várható termékenysége közötti statisztikailag is kimutatható különbségek kukorica esetében (*SzD=5%; II. termőhely – barna erdőtalajok)

<i>Humusztartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-	*	*	*	
gyenge		-		*	
közepes			-		
jó				-	
igen jó					-

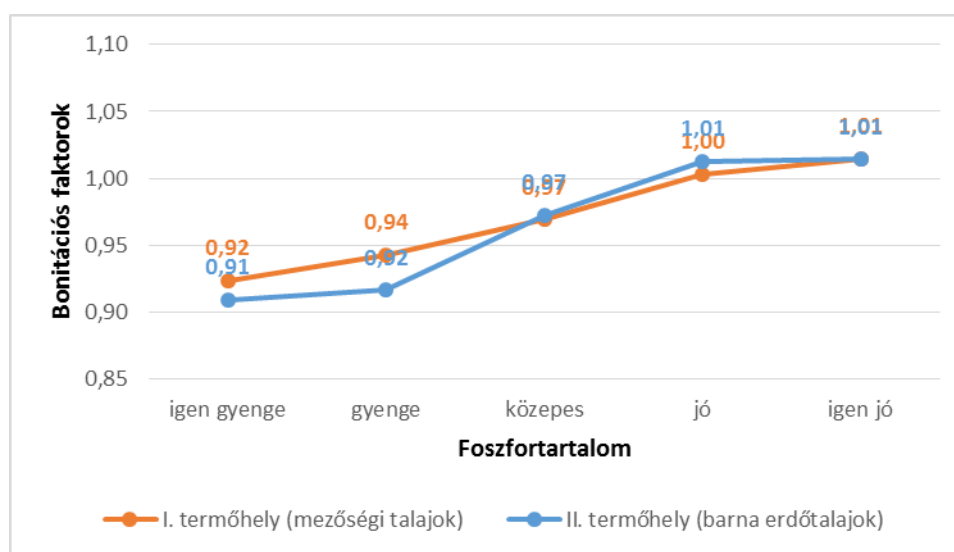
A 27-28. táblázat és a 37. ábra adatai alapján kijelenthetjük, hogy a mezősi talajok és a barna erdőtalajok humusztartalmának a kukorica hozamokra gyakorolt átlagos hatása is hasonló mértékben érvényesül mindkét termőhelyen. Mindkét termőhelyen az igen gyenge és a gyenge humusztartalmakhoz képest is találunk szignifikáns differenciákat a magasabb humusztartalom kategóriáknál, ha a kukorica szempontjából vizsgáljuk a talajok termékenységét. Az igen gyenge humusztartalom szinthez képest mind a gyenge, mind a közepes és a jó szinteken is megfigyelhető a szignifikánsan nagyobb termékenység növelő hatás, továbbá matematikailag is igazolható termékenységbeli különbséget találunk a gyenge és a jó humusztartalom szintek között is.

A rendelkezésre álló adatok alapján tehát kifejezhető a kukoricatermésekre ható pozitív humuszhatás a földminősítésben, de statisztikai értelemben csak a jó humusztartalomig vehetjük alapul a termékenységi viszonyszámokat a földminősítési számításoknál. Az AIIR adatbázisból a kukorica termékenységével kapcsolatban számított hosszútávon várható humuszhatást az 29. táblázat faktorértékeinek megfelelően vehetjük figyelembe.

29. táblázat, **Faktortáblázat**. A mezőségi talajok és barna erdőtalajok **humusztartalmának** szerepe a földminősítésben **kukorica** esetén (a táblázatban szereplő értékek szorzók, amelyek a földminőségi viszonzyszámot módosítják a tápanyagellátottság hatásának kifejezéséhez)

<i>humusztartalom</i>	<i>kukorica</i>	
	I. termőhely	II. termőhely
<i>igen gyenge</i>	0,92	0,95
<i>gyenge</i>	0,98	1,00
<i>közepes</i>	1,01	1,02
<i>jó</i>	1,02	1,08
<i>igen jó</i>	1,00	1,00

5.4.3. A foszfortartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére őszi búza jelzőnövény esetén



38. ábra, A foszfortartalom különböző szintjeinek átlagos (évhatástól mentes) hatása a szántóföldek minőségére őszi búza jelzőnövényel, különböző termőhelyeken (mezőségi talajon és barna erdőtalajokon)

30. táblázat, Különböző foszfortartalmú táblák várható termékenysége közötti statisztikailag is kimutatható különbségek őszi búza esetében (*Szd=5%; I. termőhely – mezőségi talajok)

<i>Foszfortartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-				
gyenge		-		*	*

közepes			-	*	*
jó				-	
igen jó					-

Mezőségi talajok foszfortartalmának és őszi búza terméseiből derivált mutatók összefüggését vizsgálva (38. ábra) több foszfortartalom kategória között is statisztikailag igazolható terméskülönbségek állapíthatók meg (30. táblázat). Kijelenthető tehát, hogy a meteorológiai hatástól, évhatástól elvonatkoztatva, a foszfortartalom mértéke hosszútávon is befolyásolja az őszi búzával elérhető hozamokat mezőségi talajon. Ugyanakkor az igen gyenge foszfortartalmaktól statisztikailag egyik ellátottsági szint sem különbözik a rendelkezésre álló adatok alapján, ezért az igen gyenge foszfortartalomnál kalkulált viszonyszámokat nem vehetjük figyelembe a földminősítés során. A gyenge és közepes foszfortartalmakhoz képest azonban növekvő termékenységről beszélhetünk mind a jó, mind pedig az igen jó foszfortartalom szintjei esetén. A jelzett kategóriák esetén a termékenységi differencia az adott termőhely és növény esetén statisztikailag is igazolható.

31. táblázat, Különböző foszfortartalmú táblák várható termékenysége közötti statisztikailag is kimutatható különbségek őszi búza esetében (*SzD=5%; II. termőhely – barna erdőtalajok)

<i>Foszfortartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-				
gyenge		-		*	*
közepes			-	*	*
jó				-	
igen jó					-

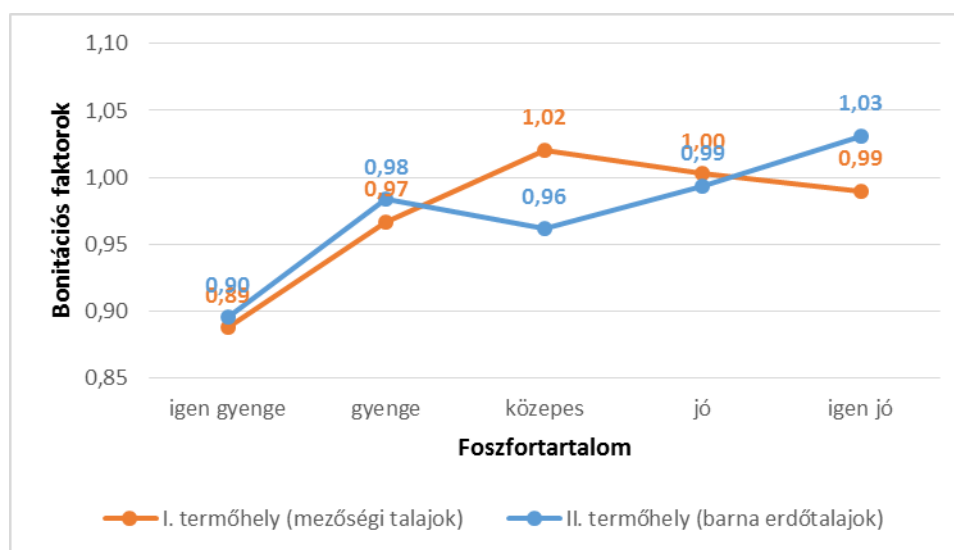
A barna erdőtalajok esetén a foszfortartalomból eredeztethető várható átlagos termékenységi növekmény hasonlóan alakul a mezőségi talajoknál tapasztaltakhoz. Mind mértékét tekintve, mind pedig statisztikai megbízhatóságát tekintve a két termőhely foszforreakciója hasonlóan alakul. Statisztikai megbízhatóság igazolása itt sem lehetséges az igen gyenge foszfortartalmakkal összefüggésben, viszont a gyenge és közepes foszfortartalmakhoz viszonyítva a jó és igen jó szinteken igen (31. táblázat).

Az AIIR adatbázisból az őszi búza termékenységgel kapcsolatban számított foszfortartalom hosszú távú várható hatását a 32. táblázat faktorértékeinek megfelelően vehetjük figyelembe.

32. táblázat, **Faktortáblázat**. A mezőségi talajon és barna erdőtalajok **foszfortartalmának** szerepe a földminősítésben **őszi búza** esetén (a táblázatban szereplő értékek szorzók, amelyek a földminőségi viszonyszámot módosítják a tápanyagellátottság hatásának kifejezéséhez)

<i>foszfortartalom</i>	<i>őszi búza</i>	
	I. termőhely	II. termőhely
<i>igen gyenge</i>	1,00	1,00
<i>gyenge</i>	0,94	0,92
<i>közepes</i>	0,97	0,97
<i>jó</i>	1,00	1,01
<i>igen jó</i>	1,01	1,01

5.4.4. A foszfortartalom különböző szintjeinek hosszútávon várható hatása a szántóföldek minőségére kukorica jelzőnövény esetén



39. ábra, A foszfortartalom különböző szintjeinek átlagos (évhatástól mentes) hatása a szántóföldek minőségére kukorica jelzőnövényvel, különböző termőhelyeken (mezőségi talajon és barna erdőtalajokon)

33. táblázat, Különböző foszfortartalmú táblák várható termékenysége közötti statisztikailag is kimutatható különbségek kukorica esetében (*SzD=5%; II. termőhely – barna erdőtalajok)

<i>Foszfortartalom</i>	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
igen gyenge	-				
gyenge		-			
közepes			-		*
jó				-	*
igen jó					-

A 39. ábrát szemlélve és a 33. táblázat statisztikai összefüggéseit vizsgálva megállapítható, hogy a kétféle termőhelyen különböző hatások érvényesülnek a foszfortartalom hosszú távú hatását tekintve. Ugyan mindkét termőhelyen jelentős különbségeket kaptunk a földminősítési viszonyszámok kalkulációja során, és mindkét termőhely esetében jelentkezik a tápanyaggal gyengébb és a jobban ellátott szintek közötti különbség, azonban ezek használhatóságát a statisztikai megbízhatóság hiánya egyes esetekben megkérdőjelezi. A mezőségi talajok esetében egyetlen esetben sem találtunk statisztikailag igazolható differenciákat. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a mezőségi talajok foszfortartalom változását nem tudjuk értékelni a földminősítés során, nem számítjuk módosító tényezőként az eltérő foszforellátottságokat a kukorica termékenységének értékelésekor.

A 33. táblázatban látható módon a barna erdőtalajok foszfortartalom szintjei közötti eltérések már mutatnak matematikailag is igazolható termékenységbeni különbözőséget. A közepes és a jó foszforellátottságokhoz képest az igen jó foszforellátottságnál jelentkezik szignifikáns differencia, így az ezeken a szinteken számolt faktorértékek beépíthetők a földminősítési viszonyszámok közé. Ez a statisztikailag is igazolható termésmnövekedés a 39. ábrán látható ábrán is jól követhető, az igen jó foszforellátottsági kategóriánál jelentkező várható termékenységi maximummal.

Az AIIR adatbázisból a kukorica termékenységével kapcsolatban számított foszfortartalom hosszú távú várható hatását a 34. táblázat faktorértékeinek megfelelően vehetjük figyelembe.

34. táblázat, **Faktortáblázat**. A mezősegi talajon és barna erdőtalajok **foszfortartalmának** szerepe a földminősítésben **kukorica** esetén (a táblázatban szereplő értékek szorzók, amelyek a földminőségi viszonyszámot módosítják a tápanyagellátottság hatásának kifejezéséhez)

<i>foszfortartalom</i>	<i>kukorica</i>	
	I. termőhely	II. termőhely
<i>igen gyenge</i>	1,00	1,00
<i>gyenge</i>	1,00	1,00
<i>közepes</i>	1,00	0,96
<i>jó</i>	1,00	0,99
<i>igen jó</i>	1,00	1,03

A kialakított szorzófaktorokat a D-e-METER bonitáció folyamatában (TÓTH, 2009) fontos szerepet betöltő tápanyagellátottság értékelésénél használhatjuk fel az I. és II. termőhelyek minőségének jellemzésére. A D-e-METER rendszer bonitációs folyamatának első lépéseként a talajokra jellemző különböző vízgazdálkodási kategóriáinak megfelelően kerül kialakításra a köztes minőségjelző, mely tulajdonképpen a kiindulási, alappontszámot szolgáltatja a földminősítéshez. Ezt módosítjuk a termőhely egyedi jellemzőinek megfelelő tulajdonságkombinációk termésekre gyakorolt hatását számszerűsítő szorzófaktorával, majd további szorzófaktoroként használjuk fel az összes olyan talajtani, agronómiai, környezeti tényezőt, melyek befolyásolják a növényi produkciót, meghatározzák a termőhely produkciós potenciálját. Így kerül ebbe a bonitációs sorba a dolgozatban kialakított tápanyagellátottságoknak megfelelő szorzófaktor is (a 40. ábrán sárgával kiemelve), mely szintén a vízgazdálkodási tulajdonságok által determinált földminősítési alappontszámot módosítja a faktortáblázatokban feltüntetett értékek alapján.



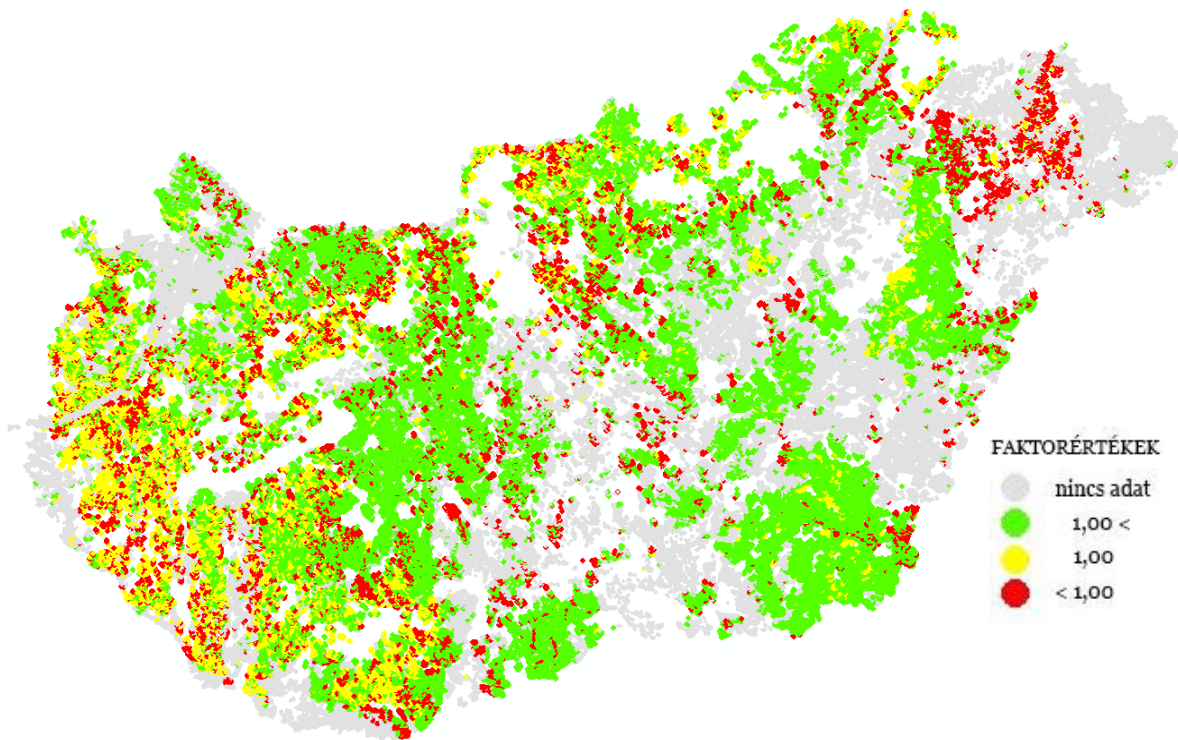
40. ábra, A D-e-METER bonitáció folyamata (TÓTH, 2009)

5.5. A földminősítési viszonyszámok növény-specifikus szemléltetése térképeken

A 5.4-es fejezetben bemutatott bonitációs (tápanyagellátottsági) faktorokat (26., 29., 32. és 34. táblázat) térképen is ábrázoltam. A 41-44. ábra térképein szereplő zöld szín azokat a területeket hivatott jelölni, ahol a tápanyagellátottságnak tulajdoníthatóan az átlagos termékenységet növelő hatás figyelhető meg (faktor > 1), a térképeken szereplő piros szín (faktor < 1) azokat a területeket hivatott jelölni, ahol a tápanyagellátottság hatása az átlagnál gyengébb. A sárgával (faktor = 1) jelölt területek azok, ahol átlagos a tápanyagellátottsági hatás, vagy nem tudjuk statisztikailag bizonyítani az átlagtól való eltérő hatást.

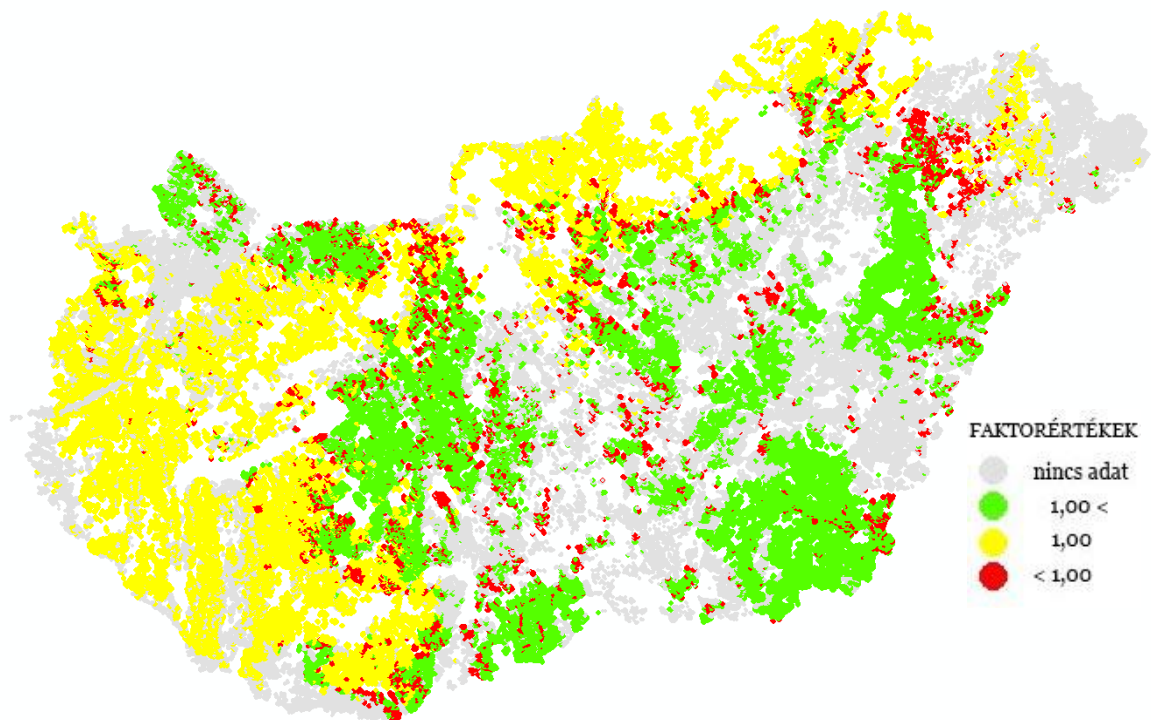
Az eredményül kapott térképek összehasonlításával jól megfigyelhető, hogy - a rendelkezésre álló 80-as évek adatai alapján - milyen térbeli (földrajzi) különbségek jelentkeztek a vizsgált időszakban növényenként, az átlagosnál jobb, illetve gyengébb tápanyag ellátottsági hatású területek elhelyezkedését illetően.

Kukorica jelzőnövény szempontjából megállapítható, hogy az AIIR adatbázisban szereplő mezőségi és barna erdőtalajok humusztartalma alapján jól elkülöníthetők azok a termőterületek, melyek nagyobb tápanyagszint-hatást mutatnak. A vizsgálatban szereplő adatok mintegy 66%-a az átlagosnál magasabb tápanyagszint-hatást mutat. Gyengébb humuszhatású termőhelyek elsősorban mind a Dunántúlon, mind pedig az Észak-Magyarországi részekén megtalálhatók, de leginkább a Nyírség területén szembetűnő jelenlétük (41. ábra).



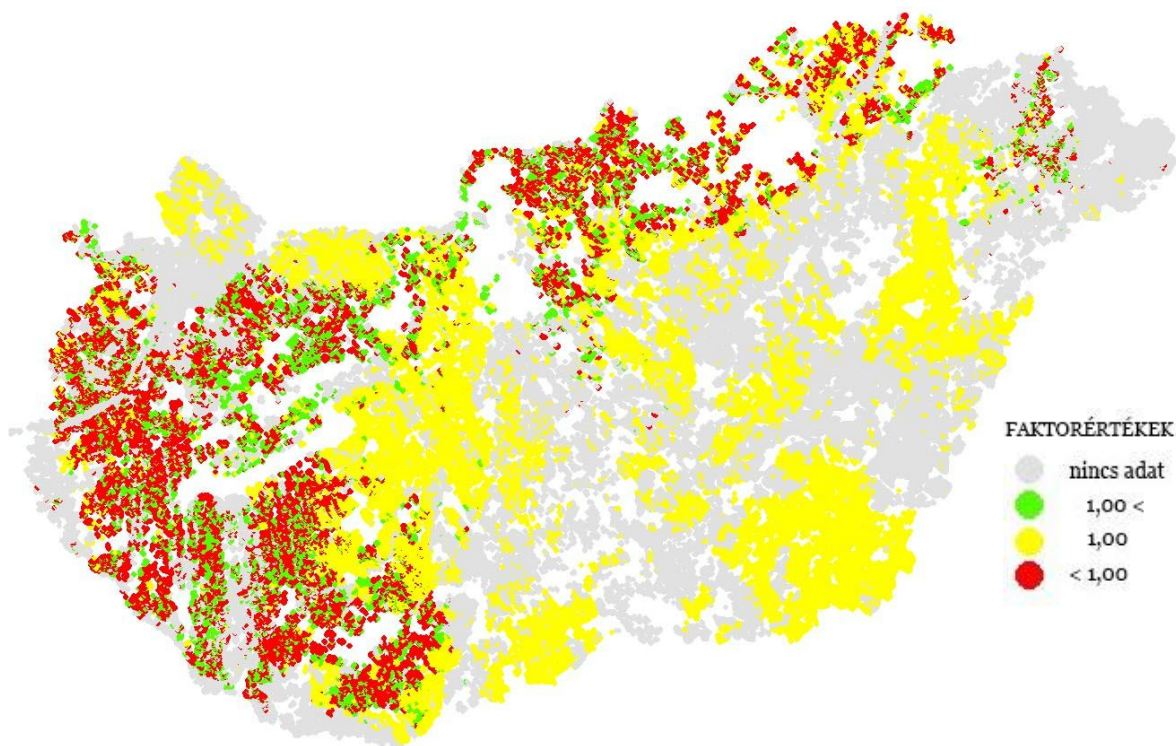
41. ábra, A humusztartalom különböző szintjein kalkulált faktorértékek térbeli megjelenítése az AIIR adatbázis alapján, kukorica jelzőnövény szempontjából (Adatbázis forrás: KOCSIS et al, 2014)

A kukoricához hasonlóan az őszi búza szempontjából is hasonlóan kirajzolódnak az átlagosnál jobb „humusz hatású” területek. Mindenképpen kiemelendő azonban, hogy a dunántúli és északi területek, amik főként a II. termőhelybe tartoznak, a statisztikai megbízhatóság hiánya miatt nem értékelhetők megbízhatóan, ezért ezek az 1,100-ra módosított faktorról jelöltek, ezért kaptak nagyrészt sárga jelölést a térképen (42. ábra).



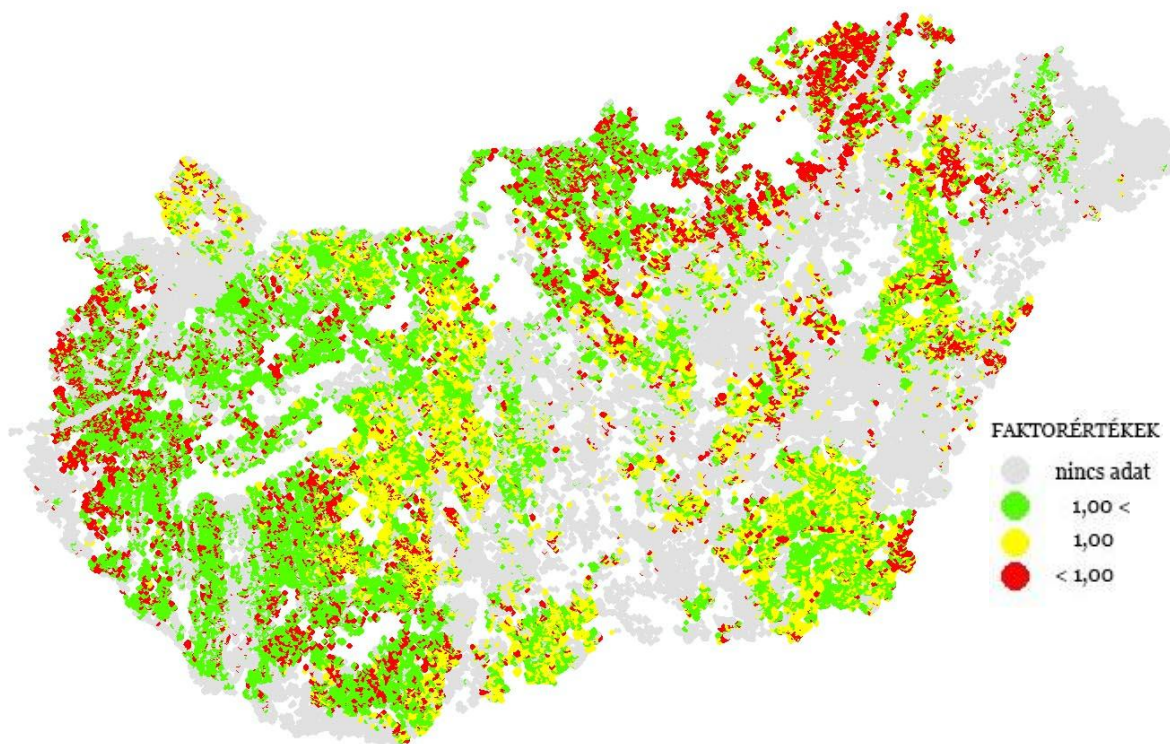
42. ábra, A humusztartalom különböző szintjein kalkulált faktorértékek térbeli megjelenítése az AIIR adatbázis alapján, őszi búza jelzőnövény szempontjából (Adatbázis forrás: KOCSIS et al, 2014)

A 80-as évekből származó országos adatbázis mintáinak mezőségi- és barna erdőtalajok foszfortartalmának vizsgálatára rendelkezésre álló adatai mintegy 64%-át kukorica vonatkozásában az adatok megbízhatóságának hiánya miatt nem tudjuk megfelelően értékelni. A 43. ábrán látható módon az ország nagy része emiatt 1,00-es (módosított) faktorértékeket kapott. Jelentős mértékben, mintegy az adatok 23%-ban találtam viszont olyan tápanyagellátottsági szinteket, melyek a termékenységre az átlagosnál gyengébb hatást mutatnak.



43. ábra, A foszfortartalom különböző szintjein kalkulált faktorértékek térbeli megjelenítése az AIIR adatbázis alapján, kukorica jelzőnövény szempontjából (Adatbázis forrás: KOCSIS et al, 2014)

Adatainkat őszi búza jelzőnövény szempontjából vizsgálva arra jutottam, hogy a vizsgált termőhelyek foszforellátottságának termékenységre gyakorolt hatása nagy változékonyságot mutat az ország különböző területein. A területek több, mint fele (52%) statisztikailag is alátámasztva az átlag feletti hatással van a termékenységre (44. ábra). A kukorica szempontjából vizsgálva csupán 13 % volt az átlaghoz képest jobb hatású, ami egyértelműen jelzi, hogy a földek minősítését, illetve a termékenység becslést mindig növény-specifikusan kell elvégeznünk.



44. ábra, A foszfortartalom különböző szintjein kalkulált faktorértékek térbeli megjelenítése az AIIR adatbázis alapján, őszi búza jelzőnövény szempontjából (Adatbázis forrás: KOCSIS et al, 2014)

6. Következtetések

A dolgozatban ismertetett eljárással sikerült olyan összefüggéseket feltárni, melyek rávilágítanak a humusz- és foszfortartalom termésre gyakorolt hatására. A humusz- és foszfortartalom hatásvizsgálata során, a felhasznált AIIR adatbázis adataiból kiindulva megállapítottam a különböző évjáratokban (kedvező, kedvezőtlen), különböző termőhelyeken (mezőségi talajok, barna erdőtalajok) és különböző növényi kultúrák (kukorica, őszi búza) esetén, hogy miként hat a tápanyagszint a hozamokra átlagos termelési színvonal mellett.

Következtetésként fogalmazhatjuk meg, hogy a dolgozatban használt AIIR adatbázis jó háttérrel biztosít a földminősítési feladatok elvégzésére. A nagy elemszámnak köszönhetően, az alkalmazott átlagolási módszerrel legtöbb esetben statisztikailag is megbízható eredményeket lehetett megállapítani, melyek így már megalapozottsággal beépíthetők a földminősítési rendszerbe. Vannak olyan tápanyag-növény kombinációk is, aminek mintaszáma nem volt megfelelő a megbízható eredményekhez. Ezeknél további adatgyűjtésre és vizsgálatokra lesz szükség a felvázolt célok eléréséhez. Az évjáratok és termőhelyek elkülönítésével a legtöbb esetben szintén megbízható következtetéseket tudunk levonni a vizsgált növények termésszintjeivel kapcsolatban.

A barna erdőtalajok őszi búza termésadatainál egyértelműen igazolható az évjárat elérhető hozamokra gyakorolt hatása. A kedvező évjárat produkciós potenciálja nagyban felülmúlja a kedvezőtlen évjáratban elérhető lehetőségeket, amit a kedvező humusztartalom sem tud kompenzálni. Miközben a kedvezőtlen évjáratokban ugyanakkora változás adódik a humusztartalom növekedésével, mint amekkora differencia a kedvező évjáratban tapasztalható az évjáratok közötti különbségek nagyobbak.

További következtetésként fogalmazható meg, hogy összességében barna erdőtalajon kisebb az évjáratthatás, mint a mezőségi talajok esetében, amit alátámaszt az a tény is, hogy a mezőségi talajok főként az Alföld kontinentális klímája alatt találhatók, míg az erdőtalajok a Dunántúl főként maritim klímáján, a Dunántúlon pedig kisebbek az évingadozások is, az évek kiegyenlítettebbek. Például az OMTK hálózatban 34 év átlagában, a kukorica tenyészedőszakában Keszthelyen (Dunántúlon, barna erdőtalajon), 64,7 % volt száraz év, 20,6

% kiegyensúlyozott év, 14,7 %-ban pedig nedves év fordult elő, míg Hajdúböszörményen (Alföldön, csernozjom talajon) a száraz-kiegyensúlyozott-nedves évek aránya 79,4%-17,6%-2,9 % volt (DEBRECZENI, 2009).

Összességében kijelenthetjük, hogy a talajok humusztartalma, annak nitrogén-szolgáltató képességének és vízgazdálkodást befolyásoló tulajdonságainak köszönhetően nagyban meghatározza az elérhető hozamnagyságokat a vizsgált évjáratok és ellátottsági variánsok bármelyikén. A megfelelő szervesanyag-ellátottság nagymértékben hozzájárul a termés stabilitásához, az évingadozások hatásának csökkentéséhez is.

A vizsgált termőhelyeken a foszfortartalom növekedésével az őszi búza terméseredményei különböző mértékben alakultak kedvező és kedvezőtlen évjáratokban.

Az alapadatok elemzéséből kitűnik, hogy az őszi búza hozamokra kedvező évjáratban sem mezőségi, sem pedig barna erdőtalajokon nincs hatása a talajok foszfor feltöltöttségének, pontosabban, hogy a mezőségi talajok növekvő foszfortartalmának kedvező évjáratban jelentkező termésmenvelő hatását nem tudjuk statisztikailag alátámasztani. Tehát a kedvező évjáratokban jelentkező amúgy is gyenge termésmenvelő hatás a statisztikai megalapozottság hiánya miatt nem értékelhető.

A terméseredményeket vizsgálva azt a következtetést fogalmazhatjuk meg, hogy a humusz- és foszfortartalom növekedésével a hozamszintek növekedése (ahol ilyen kimutatható volt) a jó kategória szintjén megreked, illetve egyes esetekben terméscsökkenés is fellép. Azonban a visszaesést az esetek egyikénél sem tudtuk kimutatni matematikailag is igazolható különbségeket az adott tápanyagellátottsági szintekhez tartozó hozamok között. Így az ezekből képzett értékszámokat a statisztikai megbízhatóság hiánya miatt a földminősítésben sem tudjuk szerepeltetni.

Eredményeink alapján feltételezhetjük, hogy a foszforellátottság különbsége jó trágyázással nagyrészt kompenzálható. Ezzel szemben a talajban meglévő humusztartalom szerepe összetettebb, az kizárólag nitrogéntrágyázással nem váltható ki, hiszen ez a nitrogéntőkéen kívül befolyásolja a talaj szerkezetét és vízforgalmát is. Ezért a humusztartalom figyelembe vétele fontosabb jelentőségű a földminőség szempontjából. Máshogy megfogalmazva, a humuszkészlet növelésének több haszna van, mint a foszfortőke növelésének. Igaz ez akkor

is, ha egyes növények és termőhelyek kombinációinál (pl, búza és II. termőhely) ez nem feltétlenül jelentkezik, viszont az esetek többségében igaz.

Az évjáratos hatást kifejezve a mezőségi és a barna erdőtalajok humusz- és foszfor szintjeinek hatásvizsgálata kapcsán megállapítható, hogy mindkét növény esetében a jellemzően gyengébb termékenyséű barna erdőtalajokon tapasztalt hozamnagyságok, kedvező évjáratban döntő többségben felülmúlják a mezőségi talajokon, kedvezőtlen évjáratban számított termésátlagokat. Tehát a barna erdőtalajokon, jobb években elérhetőek olyan, vagy magasabb hozamok, mint mezőségi talajokon rosszabb években. Az évjáratok változása erősebb hatással van a termőterületek termékenységre, mint amekkora különbségeket a termőhelyek között találtam.

Az intenzíven művelt, értékes mezőgazdasági területekből egyre nagyobb részek kerülnek kivonásra, amely vagy annak köszönhető, hogy az intenzív technológiát extenzív művelési módszerekkel váltják fel, vagy a szántóterület egyszerűen a művelésből is kikerül. Azzal, hogy vizsgálatommal számszerűsítettem az egyes humusz- illetve foszfor szinteknél jellemző növény-specifikus hozamadatokat, kiemelten kezelhetjük azokat a területeket, azokat a mezőgazdasági táblákat, melyek kimagasló termékenységüknek köszönhetően különleges figyelmet érdemelnek, termelésből való kivonásukat meg kell akadályozni.

Az ökológiai szemléletű földminősítés kivitelezéséhez is jó alapot szolgáltatnak a dolgozatban szereplő eredmények, a kidolgozott viszonzszámok segítségével figyelembe vehetjük a legfontosabb tápanyagok hatásait.

A korszerű földminősítéshez elengedhetetlen a tápanyagellátottság hatásának számszerűsítése is, ugyanis a földminőség kifejezésének objektív és komplex megközelítésénél minél több olyan tényezőt kell számszerűen kifejezni, mely befolyásolhatja a termőhely termékenységét és az elérhető hozamokat. A tápanyagellátottság hatásának kifejezését magában foglaló földminősítés a mezőgazdasági termelés és környezetgazdálkodás egy magasabb szinten való összehangolását is lehetővé teszi.

A *D-e-METER* rendszer információigényét szem előtt tartva úgy alakítottam ki a tápanyagellátottság hatását kifejező viszonzszámokat, hogy beépíthetőek legyenek a komplex földminősítésbe.

A dolgozatomban szereplő értékelések során kialakított viszonyszámok kvantitatív módon határozzák meg a produktív potenciál tápanyag tényezőjét. Főbb gazdasági növényekre adnak értékelést, tartalmazzák a klimatikus hatásokból eredő esetleges termékenységcsökkenést, így teljes mértékben megfelelnek a környezeti szempontokat is érvényesítő földminősítő rendszer alapfeltételeinek.

A humusz- és foszforhatások jobb megértését és értékelését is elősegíti a klímahatástól mentes, hosszútávon várható tápanyagellátottság átlagos hatásának kifejezése. Az évjáráthatás - mint a klimatikus elemek termésprodukción nagyban jelentős mértékben befolyásoló tényezője - nagyban befolyásolja a növényfajok tápanyag-reakcióit, ezért megtéveszthető megállapításokra juthatunk, ha figyelmen kívül hagyjuk a földminősítéskor.

A kapott eredmények alapján kijelenthetjük, hogy az AIIR adatbázis táblaszintű tápanyagellátottságainak összehasonlító vizsgálata alkalmas a talajtermékenység évjáratos elemzésére és a hosszú távú hatások számszerűsítésére is.

Mindenképpen megjegyzendő, hogy mivel a BUZÁS et al. (1979) által meghatározott határértékeihez viszonyítva más szaktanácsadási rendszerek (pl. CSATHÓ, 2002) alacsonyabb, ill. eltérő határértékeket tartalmaznak, illetve a BUZÁS et al. (1979) rendszeréhez képest az alacsonyabb foszfor szintekre is külön határértékeket adnak, érdemes lehet a vizsgálatokat későbbiekben más szaktanácsadási rendszerek felhasználásával és az alacsonyabb foszfortartalmú termőhelyek részletesebb elemzésével tovább folytatni. Várhatóan, az adatbázisból még pontosabb következtetések vonhatók le, amennyiben pl. szakmailag kiigazított foszforellátottsági határértékeket, a talajok Zn-ellátottságát, a fizikai féleséget, valamint a táblákhoz köthető meteorológiai adatokat is figyelembe vesszük az értékelésben.

A dolgozatban tárgyalt tápanyagvizsgálatok, földminősítési elemzési feladatok tovább pontosíthatók lennének, ha a különféle tápanyagellátottsági szintek együttes hatását, illetve a vízgazdálkodási tulajdonságok és a tápanyagszintek együttes hatását is megvizsgálánk, például csoportképzési módszerekkel.

7. Összefoglalás

A dolgozatban különböző termőhelyek (mezőszégi talajok és barna erdőtalajok) és eltérő (kedvező és kedvezőtlen) évjáratok vonatkozásában számszerűsítettem a talajokban lévő két meghatározó tápelem, a (humusztartalmon keresztül érvényesülő) nitrogén-, illetve a foszfor eltérő szintjeinek két növényi kultúra (őszi búza és kukorica) hozamaira gyakorolt hatását. A vizsgálatok célja nem csupán a humusz- és foszfortartalom talajtermékenységben betöltött szerepének megállapítása, hanem végső soron a földminősítés tápanyagszint-értékelésének fejlesztése volt.

A tápanyagellátottság földértékelésben betöltött szerepe nagy jelentőséggel bír, annak objektív értékelése elengedhetetlen egy mai kor követelményeinek megfelelő földértékelési rendszer kialakítása során. Ennek okán vizsgálataimat úgy végeztem el, hogy a humusz- és foszforhatások értékelésének eredményei - a kidolgozott viszonyszámok - egy környezeti szempontokat is érvényesítő új földminősítő rendszerhez, a *D-e-METER* földminősítő rendszerhez kapcsolódhassanak.

A földminősítés tápanyag összetevője úgy került kifejezésre, hogy az azonos rendszertani egységbe tartozó, de különböző tápanyagtartalmú talajok termékenységi különbségeit számszerűsítettem. A dolgozat nem a különböző trágyadózisok hatásának vizsgálatára fókuszált, hanem a talajok tápanyagellátottsági szintjeinek hozamokra gyakorolt hatásával foglalkozik. A tápanyagellátottság és a termőképesség (hozamnagyság) kapcsolatának feltárását az eltérő klímahatások figyelembevételével végeztem el, hogy kifejezésre kerüljön a tápanyagellátottságok eltérő (kedvező, kedvezőtlen) évjáratokban érvényesülő hatása. A klímahatás figyelembevétele nem csak az évjáratok elkülönítésére korlátozódott. A vizsgálati adatbázist megtisztítottam a térbeli és időbeli klímahatásoktól, minek segítségével kialakíthattam a tápanyagellátottságok hosszútávú hatásának földminősítésben felhasználható viszonyszámait. A klímahatás kiszűrésére az ország különböző agrometeorológiai körzeteire elkülönített, klimatikus tényezőt is magában foglaló régiós hozamadatokat használtam fel. A klimatikus korrekció alapja a Szász-féle klíma-potenciál számítás, amely klímakörzetenként (agrometeorológiai körzetenként) az energetikailag lehetséges produkció mértékét fejezi ki.

A dolgozatban tárgyalt két eltérő termőhelyi típus humusz- és foszfortartalmának hatását, évjáratos bontásban nagy mintaszámú adatbázison vizsgáltam, melyhez az 1980-as években,

az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) keretei között begyűjtött országos adatok jelentették a vizsgálati adatbázist. A parcella részletességű országos adatbázis 5 év (1985-1989) évenként mintegy 4 millió hektár szántóföld, átlagosan 80.000 művelt táblájának talajtani-, trágyázási-, tápanyagvizsgálati- és termés hozam adatait tartalmazza. Az AIIR adatbázis idősoros adatai közül a kedvező és kedvezőtlen évjáratoknál számolt hatásokhoz egy-egy év adatait választottam ki mindkét jelzőnövény vonatkozásában. A kedvező év és a kedvezőtlen év meghatározásakor úgy jártam el, hogy az adatbázisból növényenként kiválasztottam azoknak az éveknak az adatait, amik az adott növények szempontjából kiemelkedően jó (magas), vagy rossz (alacsony) terméseket eredményeztek, és a további vizsgálatokat ezen évek adataival végeztem. Fontos megemlíteni, hogy a vizsgálatokhoz csak azon táblák adatait használtam fel, melyek kiegyensúlyozott intenzív művelésben, tápanyag utánpótlásban részesültek, a vizsgálat tehát nem terjedt ki az extenzíven hasznosított területekre.

A barna erdőtalajok őszi búza termésadatainál a kedvező évjárat produkciós potenciálja még a rosszabb, alacsony humusztartalmú talajok esetében is oly mértékben múlja felül a kedvezőtlen évjáratban elérhető lehetőségeket, amit még a termőhelyen belül legkedvezőbb humusztartalom által jelentett kedvezőbb körülmények sem tudnak kompenzálni. A talajok humusztartalma, annak nitrogén-szolgáltató képességének és vízgazdálkodást befolyásoló tulajdonságainak köszönhetően nagyban meghatározza az elérhető hozamnagyságokat a vizsgált évjáratok és ellátottsági variánsok bármelyikén. A megfelelő szervesanyag-ellátottság ugyanakkor nagymértékben hozzájárul a termés stabilitásához, az évingadozások hatásának csökkentéséhez is. Megállapíthatjuk, hogy összességében barna erdőtalajon kisebb az évjárathatás, mint a mezőségi talajok esetében. Az alapadatok elemzéséből ugyanakkor az is kitűnik, hogy az őszi búza hozamokra kedvező évjáratban sem mezőségi, sem pedig barna erdőtalajokon nincs hatása a talajok foszfor feltöltöttségének.

Elvégeztem a humusz- illetve foszfortartalom őszi búza és kukoricatermésekre gyakorolt hatásának regresszió analízisét, mely vizsgálattal kapcsolatban elmondható, hogy a nagy elemszám ellenére a determinációs együttható nagyon alacsony ($R^2 = 0,001 - 0,058$), tehát ez az eljárás ebben a formában nem alkalmas arra, hogy felhasználjuk a termékenység jellemzésére, illetve az eredményül kapott egyenleteket és azok paramétereit szerepeltessük a földminősítésben. A regresszió analízisből kitűnő gyenge összefüggések az alapadatok nagy szórása miatt, vagyis az adatbázisban szereplő talajok tulajdonságainak nagy

változatosságából adódnak. Ebből kifolyólag a földminősítéshez nem a regressziós vizsgálatok eredményeit, hanem a humusztartalom, illetve foszforellátottság különböző kategóriaszintjeinél számított átlagtermések, illetve az évjáratos hozamingadozástól mentesített termékenységi szintek közötti viszonzszámokat használtam fel.

Minden tápanyagszinten (5 eltérő foszforellátottság, illetve humusztartalom kategóriánál), termőhelyenként varianciaanalízissel megvizsgáltam a hozamok különbségeit, kedvező és kedvezőtlen évjáratokra is. Kiszámoltam a termékenységi szintek klímahatástól mentesített értékeit, majd megállapításra kerültek a tápanyagellátottsági kategóriák egymáshoz képest számított relatív termékenységei. Ezek a relatív termékenységi értékszámok tekinthetők a földminősítés során is használható viszonzszámoknak.

Következtetésként fogalmazhatjuk meg, hogy a dolgozatban használt AIIR adatbázis jó háttérrel biztosít a földminősítési feladatok elvégzésére. A nagy elemszámnak köszönhetően, az alkalmazott átlagolási módszerrel legtöbb esetben statisztikailag is megbízható eredményeket tudtam megállapítani, melyek így már megalapozottsággal beépíthetők a földminősítési rendszerbe.

A klimatikus változatosságtól mentesített, tehát a meteorológiai tényezők időbeli (évjáratos) és térbeli (földrajzi) változatosságának kiszűrése után kalkulált, a földminősítéshez felhasználható dimenzió nélküli értékszámokat áttekintő térképeken is bemutattam, melyek jó alapot nyújtanak a növény-specifikus termékenység térbeli elemzésére is.

8. Új tudományos eredmények

1. Mezőségi talajú és barna erdőtalajú termőhelyek földminősítéséhez a tápanyagellátottság hatását számszerűsítő viszonyszámokat képeztem, humusz- és foszforellátottsági kategóriák szerint, őszi búza és a kukorica növények vonatkozásában.
2. Kukorica és búza jelzőnövényekkel folytatott tápanyagellátottsági hatásvizsgálataimmal számszerűen kimutattam, hogy kedvező és kedvezőtlen évjáratokban a foszfortartalom és a humusztartalom eltérő szintjei mind barna erdőtalajokon, mind mezőségi talajokon jelentősen befolyásolhatják a termés hozamokat. A tápanyagszintek hatását, ill. azok különbségeit az eltérő ellátottsági szintű talajokat összehasonlítva, statisztikai módszerekkel is számszerűsítettem.
3. Tápanyagellátottsági hatásvizsgálatokkal alátámasztva következtetéseket vontam le az egyes évjáratok és termőhelyek produktív képességét illetően:
 - a. Kimutattam, hogy kedvező évjárat esetén a magasabb foszfortartalomnak sem mezőségi talajon, sem pedig barna erdőtalajon nincs statisztikailag alátámasztható termésmenvelő hatása az őszi búza hozamokra.
 - b. Kimutattam, hogy kedvezőtlen évjáratban mind mezőségi, mind barna erdőtalajokon a magasabb foszfor ellátottsági szintek pozitívan befolyásolják az őszi búza termés hozamait. Kedvező évjáratban ilyen hatást egyik termőhelyen sem tudtunk kimutatni.
4. Ugyan a rendelkezésre álló adatok alapján statisztikailag nem bizonyítható, de a tápanyagkategóriánként számolt átlaghozamok arra utalnak, hogy a humusz- és foszforellátottság növekedésével termésdepresszió jelentkezhet a következő esetekben:
 - a. mezőségi talajon, kedvezőtlen évjáratban, az igen jó humusztartalom mellett, a kukorica és az őszi búza termések esetében

- b. mezőségi talajon, kedvező és kedvezőtlen évjáratban is, az igen jó foszfortartalom mellett, a kukorica termései esetében
- c. barna erdőtalajon, kedvező és kedvezőtlen évjáratban is, az igen jó humusztartalom mellett, a kukorica és az őszi búza termékek esetében
- d. barna erdőtalajon, kedvező évjáratban, az igen jó foszfortartalom mellett, az őszi búza termékek esetében

Ezen tendenciák igazolására további adatgyűjtés és vizsgálatok szükségesek.

- 5. Kimutattam, hogy az évjáratok változása - mindkét termőhely esetében - nagyobb különbséget okoz az őszi búza és a kukorica terméseredményeiben, mint amekkora a két vizsgált termőhely (mezőségi, barna erdőtalaj) terméseredményei közötti különbség.
- 6. Feltártam, és az 1980-as évek adatai alapján országos áttekintő térképes megjelenítéssel szemléltettem a kapott növény-specifikus tápanyag-hatás eredmények térbeli reprezentativitását.
- 7. Kimutattam, hogy a meteorológiai hatás korrekcióját követően, milyen hosszútávon várható termékenységbeli különbségek adódnak az egyes termőhelyeken. A rendelkezésre álló adatok alapján, egyes termőhelyek tápanyagellátottsági szintjei között nem volt statisztikailag is igazolható különbség:
 - a. Őszi búza esetében a barna erdőtalajok humusztartalmának kategóriái között, nem mutatható ki hosszútávon várható termékenységet befolyásoló hatás
 - b. Kukorica esetében a mezőségi talajok foszfortartalmának kategóriái között, nem mutatható ki hosszútávon várható termékenységet befolyásoló hatás

9. New scientific achievements

1. Crop specific (maize and winter wheat) soil quality indices were created on the base of the soil organic carbon content and phosphorus supply of the chernozems and brown forest soil to determine the effect of the soil nutrient supply.
2. Thru the analysis of the nutrient supply numerically was expressed that the humus content and the phosphorus supply of the chernozems and brown forest soils have great influence on yields of maize and winter wheat in case of favourable and unfavourable yeartype. The effect of the different level of the nutrient supply was also validated using statistical analysis.
3. With the support of the impact assessment of the soil nutrient supply conclusions was drew related to the production potential of the different soil group (chernozems and brown forest soils) in different yeartypes:
 - a. It was pointed out that under favourable year the higher phosphorous supply has no statistically validated yield-increasing effect in case of winter wheat neither on chernozems nor on the brown forest soils.
 - b. It was pointed out that under unfavourable year the higher phosphorous supply has statistically validated yield-increasing effect in case of winter wheat on both soil groups (chernozems and brown forest soils). We are unable to detect such an effect under favourable year none of the analysed soils.
4. Yield depression can occur on the higher level of humus content and phosphorus supply although it couldn't validated statistically calculated on the available data:
 - a. under unfavourable year, on the very good level of humus content of chernozems, related to the maize and winter wheat yields
 - b. under favourable and unfavourable year, on the very good level of phosphorus supply of chernozems, related to the maize yields
 - c. under favourable and unfavourable year, on the very good level of humus content of brown forest soils, related to the maize and winter wheat yields
 - d. under favourable year, on the very good level of phosphorus supply of brown forest soils, related to the winter wheat yields

For the verification of these trends further data collection and analysis are needed.

5. It was pointed out that the yeartype has greater influence on yields of both crops (maize and winter wheat) than the different soil groups (chernozems and brown forest soils) have
6. Country-wide maps were introduced to design the crop specific land quality indices calculated on the base of yield data from the 1980.
7. It was pointed out what are the differences between the long-term productivity of the different soil groups (chernozems and brown forest soils) after filtering the meteorological effect. On the base of the available data in some cases there were no statistically validated differences between the long-term effect of the nutrient supply categories:
 - a. There are nothing any long-term effects on the different humus levels of brown forest soils in case of winter wheat
 - b. There are nothing any long-term effects on the different phosphorus levels of chernozems in case of maize

10.Irodalomjegyzék

1. Alcoz, M.M., Hons, F.M and Haby, V.A. 1993. Nitrogen Fertilization Timing Effects on Wheat Production, Nitrogen Uptake Efficiency, and Residual Soil Nitrogen. *Agronomy Journal* 85:1198-1203.
2. Altermann, M. 1995. 60 Jahre Bodenschätzung in Deutschland Mitteilungen DBG 78. 165-170.
3. Altermann, M. 1999. Bodenschätzung und Bodenbewertung. Mitteilungen DBG 97. 341-348.
4. Antal J. (szerk.) 2005. Növénytermesztéstan. Mezőgazda Kiadó. Budapest
5. Antal J., Buzás I., Debreczeni B., Fekete A., Nagy M., Patócs I. 1987. Új műtrágyázási irányelvek. MÉM NAK, Budapest, p. 102
6. Arora, V.K., Singh, H. and Singh, B. 2007. Analyzing wheat productivity responses to climatic, irrigation and fertilizer-nitrogen regimes in a semi-arid sub-tropical environment using the CERES-Wheat model. *Agricultural water management* 94:22-30.
7. Balla A.-né. 1960. A trágyázás hatása a kukorica termésére és táplálóanyag tartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 9. 307–322.
8. Baranyai F., Fekete A. és Kovács I. 1987. A magyarországi tápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 189.
9. Baranyai F. és munkatársai. 1989. Melioráció-öntözés és talajvédelem, Útmutató a nagyméretarányú országos talajterképezés végrehajtásához. Melléklet. Agroinform. Budapest.

10. Bindraban, P.S., Stoorvogel, J.J., Jansen, D.M., Vlaming, J., Groot, J.J.R. 2000. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. *Agriculture Ecosystems & Environment* 81, 2 (Sp. Iss. SI):103-112.
11. Birkás M., és Gyuricza Cs., 2004. Talajhasználat – műveléshatás – talajnedvesség. Szent István Egyetem. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft.. ISBN 963 217 523 9
12. Bocz E. 1995. Vízellátottsági és öntözési jelzés. XXIV. évf. November havi zárójelentés. DATE Növénytermesztési Tanszék.
13. Bocz, E., Debreczeni, B. and Debreczeni, B-né. 1979. Water- and nutrient supplies as conditions of high yield. 3rd CIEC World Fertilizer Symposium, Water and Fertilizer Use for Food Production in Arid and Semiarid Zones, November 26 - December 1. 1979, Benghazi, Libya. 147-151.
14. Buzás, I. et al., (Szerk.), 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest. I-II. rész. 68p.
15. Carr, P.M., Carlson, G.R., Jacobson, J.S., Nielson, G.A. and Skogley, E.O. 1991. Farming soils, not fields: a strategy for increasing fertilizer profitability. *Journal of Production Agriculture* 4:57-61.
16. Csathó P., 1994. A magyarországi talajok NPK mérlegei 1990-ben és 1991-ben. *Növénytermelés*. 43. 551–561.
17. Csathó P., 2002. Az AL-P korrekciós modell értékelése a hazai szabadföldi őszi búza P kísérletek adatbázisán, 1960-2000. *Agrokémia és Talajtan*, 51: 351-380.
18. Csathó P., Árendás T., és Németh T. 1998. ‘New environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995’, *Soil Sci. Plant Anal.*, 29(11-14), p:2161-2174.

19. Csathó P., Árendás T. és Németh T. 2005. Új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer In: Németh T. és Magyar M. (szerk.) Üzemi szintű tápanyagmérleg számítási praktikum. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest. pp. 21-30
20. Csathó, P. és Kádár, I. 1989. P-Zn interaction studies on maize (*Zea mays* L.) monoculture. 6th International Trace Element Symposium. Cu, Zn and other Trace Elements. (Eds.: M. Anke et al.) Vol. 2. 630-637. Leipzig-Jena GDR.
21. Csathó, P., Lásztity, B. és Sarkadi, J. 1991. Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 40.339-351
22. Csathó, P. és Radimszky, L. 2011. Towards sustainable agricultural NP turnover in the EU27 countries. A Review. [In: Tóth G.–Németh T. (eds.) Land quality and land use information in the European Union.] Publication office of the European Union. Luxembourg. 69–85.
23. Debreczeni B-né, 1999. A foszfor szerepe a növények életében. [In: Fülekgy Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 30–45.
24. Debreczeni B-né. 2009. Évjáráthatások vizsgálata az OMTK kísérletek növényeinek termésére. 353-391p In; Az OMTK kísérletek kutatási eredményei. Szerk; Debreczeni B-né és Németh T. Akadémia Kiadó Bp.
25. Debreczeni B. és Debreczeni B-né. 1983. A tápanyag- és a vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
26. Debreczeni B. és Debreczeni B-né. 1994. Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó Budapest. 1994. 411.
27. Debreczeni, B-né és Dvoracsek, M., 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek leírása. 105-106 p In; Az OMTK kísérletek kutatási eredményei. Szerk; Debreczeni B-né és Németh T. Akadémia Kiadó Bp.

28. Debreczeni B-né, Németh T. és Tóth G. 2003. A földminőség tápanyag tényezője. In: Gaál, Máté és Tóth 2003. Földminőség és földhasználati információ Veszprémi Egyetem, Keszthely, 44. oldal
29. Debreczeni B-né és Németh T. 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001). Akadémiai Kiadó. Budapest
30. Dömsödi, J. (1993): Az aranykoronától az aranykoronáig. Magyar Mezőgazdaság. 48.(4).
31. Dunai, A., Tóth, Z., Jolánkai, P. and Kismányoky, T., 2013. Organic fertilization and soil fertility. Növénytermelés. Supplement. Vol.62. 264-272 p. XII Alps.-Adria Scientific Workshop. Opatija. 2013
32. Fageria, N.K. and Baligar, V.C. 2005. Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. Advances in Agronomy 88:97-185.
33. FAO, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin 32
34. FAO, 1985. Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. FAO Soils Bulletin 55. Rome
35. Fischer, G., Shah, M., Van Velthuisen, H.T., and Nachtergaele, F. 2006. Agro-ecological zones assessment, IIASA reprint RP-06-003, from encyclopedia of life support systems (EOLSS), EOLSS Publishers. Oxford, UK.
36. Főríz J., Máté F. és Stefanovits P., 1972. Talajbonitáció - Földértékelés. MTA Agrártudományok Osztályának Közleményei 30 (3) 359-378
37. Füleky, Gy. 1983. Fontosabb hazai talajtípusok foszforállapota. Agrokémia és Talajtan. Tom. 32. No. 1-2.
38. Füleky, Gy., Tápanyag-gazdálkodás, 1999. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

39. Gaál Z., Máté F. és Tóth G. 2003. Földminősítés és földhasználati információ a mezőgazdaság versenyképességének javításáért, Keszthely. Konferencia Kiadványkötete, ISBN: 963 9495 25 5.
40. Géczy, G., 1959. A gyakorlati talajtérképezés. Új rendszerű talajismereti és hasznosítási térkép ismertetése és gyakorlati használhatósága. Doktori Értekezés. Gödöllői Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. Gödöllő.
41. Géczy, G., 1960. Újabb mezőgazdasági talajhasznosítási osztályozási rendszer. Agrokémia és Talajtan. 9. 405–418.
42. Géczy, G., 1968. Magyarország mezőgazdasági területe. Akadémiai Kiadó. Budapest.
43. Granstedt, A. 2000. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment-experience from Sweden and Finland. Agric. Ecosys. Environ. 80: 169–185.
44. Győri D., 1984. A talaj termékenysége. Mezőgazdasági kiadó, Budapest
45. Hargitai, L. 1961. A humuszban lévő nitrogén szerepe a talajok nitrogén-gazdálkodásában. Keszthelyi Mezőgazdasági Akadémia Kiadványai No. 4. Mezőgazdasági Kiadó Budapest
46. Hargitai, L. 1983. Természetes állapotú művelt és mesterséges talajok szervesanyag-gazdálkodása. Budapest. Doktori értekezés.
47. Hermann, T, and Tóth, G., 2011. Evaluating the effect of nutrient levels of major soil types on the productivity of wheatlands in Hungary, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42:1497–1509
48. Hsu, P. H. és Jackson, M. L., 1960. Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH. Soil Science. Vol. 90. pp. 16-24.

49. IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. ISBN 92-5-105511-4
50. Jordan-Meille, L., Rubæk, G. H., Ehlert, P. A. I., Genot, V., Hofman, G., Goulding, K., Recknagel, J., Provolò, G., Barraclough, P. 2012. An overview of fertilizer-P recommendations in Europe: Soil testing, calibration and fertilizer recommendations. *Soil Use and Management*. 28. 4: 419–435.
51. Kádár I., 1987a. A kukorica ásványi tápanyag-ellátása. *Növénytermelés*. 36. 57–66.
52. Kádár I., 1987b. Földművelésünk ásványi tápanyagforgalmáról. *Növénytermelés*. 36. 517–526.
53. Kádár I. 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA-TAKI.-AKAPRINT, Budapest. 398 p.
54. Kádár I, Kismányoky T., Németh T., Pálmai O. és Sarkadi J. 1999. Tápanyaggazdálkodásunk az ezredfordulón. *Szemle. Agrokémia és Talajtan*. Tom.48 No.1-2. p.193-216
55. Király, L. 1993. Az aranykoronás földminősítő rendszer és annak hibája. *Talajvédelem* III. évf. 3–4. 10–16.
56. Kirda, C., Derici, M.R. and Schepers, J.S. 2001. Yield response and N-fertiliser recovery of rainfed wheat growing in the Mediterranean region. *Field Crops Research* 71, 2:113-122(10).
57. Kismányoky, T. és Debreczeni, B-né., 2001. The optimal nutrition of maize in the Hungarian national long – term field experimental network. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol.46.2001. no.3-4 251-265 p.
58. Kismányoky T. és Jolánkai M., 2009. A magyarországi trágyázási tartamkísérletek. in. *Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001)*,

szerk.: Debreczeni B-né és Németh T., Budapest 2009. Akadémiai Kiadó - ISBN 978 963 05 8680 1.

59. Kismányoky, T. és Tóth, Z., 2012. Mineral and Organic Fertilization to improve soil fertility and increase biomass Production and N utilization by Cereals p. 183-201 In: Soil fertility improvement and integrated nutrient management. Global perspective. Edited; J.K.Wahlen, In Tech publisher.
60. Kocsis, M., Tóth, G., Berényi Üveges, J. és Makó, A. 2014. Az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázis talajtani adatainak bemutatása és térbeli reprezentativitás-vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan* 63 (2014) 2. pp. 223-248.
61. Kovács G.J. és Csathó P., 2005. A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között, MTA TAKI Budapest.
62. Kreybig, L., 1937. A M. Kir. Földtani Intézet talajfelvételi, vizsgálati és térképezési módszere. In: M. Kir. Földtani Intézet Évkönyve. 31. 147–244.p.
63. Latkovics Gy.-né, 1963. A kukorica trágyázása és tápanyagfelvétele. *MTA Agrártud. Oszt. Közlem.* 12. 423–429.
64. Li, W., Li, W. and Li, Z. 2004. Irrigation and fertilizer effects on water use and yield of spring wheat in semi-arid regions. *Agricultural Water Management* 67:35-46.
65. Lóczy D., 2002. Tájértékelés, földértékelés. - *Studia Geographica Dialóg Campus Szakkönyvek*, Dialóg Campus Kiadó, Budapest - Pécs, 307 p
66. Mahler, R.L., Koehler, F.E. and Lucher, L.K. 1994. Nitrogen sources, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. *Agronomy Journal* 86:637-642.
67. Makó, A., Rajkai, K., Tóth, G., Hermann, T., 2005. Estimating soil water retention characteristics from the soil taxonomic classification and mapping informations:

- Consideration of humus categories, Cereal Research Communications Volume: 33, Issue: 1, Pages: 113-116.
68. Makó A. és Tóth B., 2007. A talajok vízgazdálkodása és a talajtermékenység. Agro napló. XI. 2. p. 46-47.
69. Máté F., 1960. Megjegyzések a talajok termékenységük szerinti osztályozásához. Agrokémia és Talajtan. Tom.9. No.3 p419-426
70. Máté F., 1985., Javaslat új földminősítési rendszerre és a földminősítési végrehajtásának módszerére. In.: Főríz J-né: Földértékelés – termőhelyi értékelés problémái. Agrárgazdasági Kutató Intézet Bp.
71. Mengel, K. és Kirkby, E.A. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute Bern, Switzerland, 4th edition. pp 403-413.
72. MÉM NAK, 1976. A mezőgazdasági és élelmezésügyi miniszter 5/1978. (V. 26.) NÉM számú rendelete a gazdálkodó szervezetek talaj-tápanyagvizsgálati kötelezettségéről. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Értesítő. 29. 12: 387–388.
73. Németh T., 1996a. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest.
74. Németh, T., 1996b. Nitrogen balances in long-term field experiments. Fertilizer Research, 43, 13–19.
75. Németh T., 2005. A hatékony tápanyag-gazdálkodás tényezői. [In: Németh T.–Magyar M. (szerk.) Üzemi szintű tápanyagmérleg számítási praktikum.] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest. 1–9.
76. Németh T. és Buzás I., 1991. Nitrogéntrágyázási tartamkísérletek humuszos homok- és mész- lepedékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 40. 399–408.

77. OMSZ, 2014. Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Adatsorok 1901-2000, (Web Adatbázis).
78. Öborn, I., Edwards, A.C., Witter, E., Oenema, O., Ivarsson, K., Withers, P.J.A., Nilsson, S.I. and Richert-Stinzing, A. 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy* 20:211-225.
79. Pathak, H., Aggarwal, P.K., Roetter, R., Kalra¹, N., Bandyopadhyay¹, S.K., Prasad, S. and Van Keulen, H. 2003. Modelling the quantitative evaluation of soil nutrient supply, nutrient use efficiency, and fertilizer requirements of wheat in India. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 65: 105-113.
80. Patócs, I. 1987. New fertilization guidelines. Budapest, Hungary: MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ.
81. Rajsic, P., and Weersink, A. 2008. Do farmers waste fertilizer? A comparison of ex post optimal nitrogen rates and ex ante recommendations by model, site and year. *Agricultural Systems* 97:56-67.
82. Sarkadi, J. 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
83. Sigmund, E., Általános talajtan. Bp., 1934. 696 lap. (angolul: *The Principles of Soil Science*. London, 1938)
84. SPSS Inc. 2000. SPSS Base 9.0 Application Guide. Chicago, Illinois, United States: SPSS Inc.
85. Stefanovits P., 1975. Talajtan – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
86. Stefanovits P., 1999a. A talaj minősége, termékenysége, valamint a földértékelés. In. Stefanovits P.-Filep Gy.- Fülek Gy. Talajtan. Mezőgazda. 439-444.

87. Stefanovits P., 1999b. A talaj minőségétől a földértékelésig. In.: A talajminőségre épített EU-konform földértékelés...MTA Agrártudományok Osztálya Bp, 9-18. p.
88. Szabolcs I. és Várallyay Gy., 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon, *Agrokémia és Talajtan* 27., p.181-202.
89. Szász G., 1999. Klimatikus agrárpotenciál térképek. In: Nemzeti Agrár-Környezetvédelmi Program. FVM. Budapest.
90. Szász G., 2002. Magyarország agroökológiai fajspecifikus paramétereit. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum. Kézirat.
91. Szűcs I., 1999. A termőföld gazdasági értéke és ára. In: Stefanovits Pál és Michéli Erika (szerk.) A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei p125-146. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest
92. Tóth G., 2000. A Balaton-felvidék talajainak bonitációja. Doktori (PhD) értekezés. Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely 156p
93. Tóth G., 2009. Hazai szántóink földminősítése a D-e-METER rendszerrel, *Agrokémia és Talajtan* 58 (2009) 2, 227–242.
94. Tóth, G., Debreczeni, B-né, Gaál, Z., Hermann, T., Makó, A., Máté, F., Vass, J. and Várallyay, Gy. 2004a. Land use planning decision support based on land evaluation and Web-GIS modeling: an integrated approach in Hungary. In: Kertész et al. (Eds) 4th International Congress of the European society for Soil Conservation (ESSC) 25-29 May 2004 Budapest, Hungary. Proceedings Volume, Hungarian Academy of Sciences. (pp21-24.)
95. Tóth, G., Gaál, Z., Hermann, T., Makó, A., Máté, F., Speiser, F., Vass, J. and Várallyay, Gy. 2004b. Editing soil maps through Internet for on-line land productivity calculations – an integrated system in Hungary. p11 International Conference on Innovative Techniques in Soil Resource Inventories, Cha-Am, Thailand March 22-29, 2004.

96. Tóth, G., Gaál, Z., Hermann, T., Makó, A., Máté, F., Vass, J. and Várallyay, Gy., 2004c. Internet-based applications of soil map information for plot-level land productivity evaluation (Eurosoil 2004, September 4-12, Freiburg, Germany)
97. Tóth, G., Gardi, C., Bódis, K., Ivits, É., Aksoy, E., Jones, A., Jeffrey, S., Petursdottir, T. and Montanarella, L., 2013. Continental-scale assessment of provisioning soil functions in Europe. *Ecological Processes*, 2(1), 32. doi:10.1186/2192-1709-2-32
98. Tóth, G., Hermann, T., and Máté, F., 2008. Notes on the information stored in the lower levels of the Hungarian soil taxonomy. *Megjegyzések a magyar talajosztályozási egységek információtartalmáról. Journal of Central European Agriculture, Volume 9. (2008) No. 3. (589-598.)*
99. Tóth G., és Máté F. 1999. Jellegzetes dunántúli talajok főbb növényenkénti relatív termékenysége. *Agrokémia és Talajtan* Tom.48. No.1-2 172.p
100. Tóth, G., Máté, F. and Makó, A. 2005. Soil Attribute Parametrization for Plant-Specific Evaluation of Cropland Productivity in Hungary. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36:681-693.
101. Tóth, Z. and Kismányoky, T. 2001. Effect of fertilization on the organic matter content and structure of soils in crop rotations and in maize monoculture. *Agrokémia és Talajtan (In Hungarian)* 50(3-4):207-223.
102. Tunney H., Breeuwsma, A., Withers, P.J.A. and Ehlert, P.I.A. 1997. Phosphorus fertiliser strategies: present and future. In: H. Tunney, O. T. Carton, P. C. Brookes, A.E. Johnston (Eds): *Phosphorus loss from soil to water*. CABI Wallingford. p. 177-204.
103. Tunney, H., Csathó, P. and Ehlert, P., 2003. Approaches to calculating P balance at the field scale in Europe. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166: 438–446.
104. Varga-Haszonits Z., 1977. *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. ISBN: 9632302818

105. Várallyay Gy., 1999. Megjegyzések és gondolatok Tóth G. és Máté F. „Jellegzetes dunántúli talajok főbb növényenkénti relatív termékenysége” c. közleményhez. *Agrokémia és Talajtan*. 48. 3-4531
106. Várallyay Gy., 2003. A földminőség kifejezésének céljai és lehetőségei. In. Szerk.: Gaál et al. *Földminősítés és földhasználati információ a mezőgazdaság versenyképességének javításáért*, Keszthely. Konferencia Kiadványkötete, ISBN: 963 9495 25 5. p 81.
107. Várallyay Gy., 2007. A fenntartható talajhasználat új kihívásai egy korszerű földminősítési rendszerrel szemben. In. Tóth T., Tóth G., Németh T., Gaál Z., 2007. *Földminősítés, földértékelés és földhasználati információ a környezetbarát gazdálkodás versenyképességének javításáért*, Keszthely. Konferencia Kiadványkötete, ISBN: 978-963-87616-3-7, p75-83.
108. Viljamsz, V.R., 1950. *Talajtan. A földművelés alapjai*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
109. Vinogradov, S., 2009. *Szántóföldek komplex közgazdasági értékelése Magyarországon*. Szent István Egyetem. PhD doktori disszertáció.
110. White, J., 2000. *Introduction to Biogeochemical Cycles (Ch. 4)*. Department of Geological Sciences. University of Colorado, Boulder.
111. Wu, Q. T., 1993. *Concept of soil fertility evaluation based on coefficient-synthesis*. *Soil and Geology (in Chinese)* 269-274.

11.Mellékletek

I. táblázat, Őszi búza várható bruttó produkciói az agrometeorológiai körzetekben

Őszi búza (bruttó produkció)							
Alkörzet	Max	Átl.	0,5Max	Alkörzet	Max	Átl.	0,5Max
1,1	16,2	12,2	8,1	16,2	18,7	14,0	9,4
1,2	16,6	12,5	8,3	17,1	18,5	13,9	9,3
2,1	16,5	12,4	8,3	17,2	18,9	14,2	9,5
2,2	16,3	12,2	8,2	17,3	18,1	13,6	9,1
3,1	14,5	10,9	7,3	19,1	18,2	13,7	9,1
3,2	14,6	11,0	7,3	20,1	19,8	14,9	9,9
3,3	14,9	11,2	7,5	20,2	17,3	13,0	8,7
4,1	14,5	10,9	7,3	21,1	17,6	13,2	8,8
4,2	14,3	10,7	7,2	22,1	17,4	13,1	8,7
5,1	18,4	13,8	9,2	22,2	14,6	11,0	7,3
5,2	18,5	13,9	9,3	23,1	14,9	11,2	7,5
5,3	18,8	14,1	9,4	23,2	16,6	12,5	8,3
6,1	16,9	12,7	8,5	23,3	16,5	12,4	8,3
6,2	17,4	13,1	8,7	24,1	16,8	12,6	8,4
7,1	17,1	12,8	8,6	24,2	15,9	11,9	8,0
7,2	17,6	13,2	8,8	25,1	16,1	12,1	8,1
7,3	17,8	13,4	8,9	25,2	17	12,8	8,5
8,1	17,9	13,4	9,0	26,1	17,6	13,2	8,8
8,2	17,2	12,9	8,6	26,2	18,8	14,1	9,4
9,1	17,4	13,1	8,7	27,1	19,4	14,6	9,7
9,2	17,6	13,2	8,8	27,2	18,5	13,9	9,3
9,3	17,7	13,3	8,9	27,3	18,3	13,7	9,2
9/a.1	17,6	13,2	8,8	28,1	18,3	13,7	9,2
9/a.2	17,5	13,1	8,8	28,2	18,1	13,6	9,1
10,1	17,6	13,2	8,8	29,1	18,4	13,8	9,2
10,2	18,0	13,5	9,0	29,2	17,9	13,4	9,0
10,3	17,7	13,3	8,9	29,3	17,1	12,8	8,6

11,1	16,5	12,4	8,3	29,4	16	12,0	8,0
12,1	17,0	12,8	8,5	30,1	17,5	13,1	8,8
12,2	16,4	12,3	8,2	30,2	15,2	11,4	7,6
13,1	17,8	13,4	8,9	31,1	15,4	11,6	7,7
13,2	17,9	13,4	9,0	31,2	15	11,3	7,5
14,1	18,9	14,2	9,5	32,1	15	11,3	7,5
14,2	19,4	14,6	9,7	32,2	14,2	10,7	7,1
15,1	18,6	14,0	9,3	33,1	14	10,5	7,0
15,2	19,0	14,3	9,5	33,2	14,6	11,0	7,3
16,1	19,0	14,3	9,5				

II. táblázat, Kukorica várható bruttó produktói az agrometeorológiai körzetekben

Kukorica (bruttó produktó)							
Alkörzet	Max	Átl.	0,5Max	Alkörzet	Max	Átl.	0,5Max
1,1	23,8	17,9	11,9	16,2	25,2	18,9	12,6
1,2	23,5	17,6	11,8	17,1	24,8	18,6	12,4
2,1	23,2	17,4	11,6	17,2	25,0	18,8	12,5
2,2	23,0	17,3	11,5	17,3	25,0	18,8	12,5
3,1	22,5	16,9	11,3	19,1	25,3	19,0	12,7
3,2	22,5	16,9	11,3	20,1	23,7	17,8	11,9
3,3	22,8	17,1	11,4	20,2	23,1	17,3	11,6
4,1	22,5	16,9	11,3	21,1	24	18,0	12,0
4,2	22,0	16,5	11,0	22,1	21,2	15,9	10,6
5,1	24,8	18,6	12,4	22,2	22	16,5	11,0
5,2	25,0	18,8	12,5	23,1	21,8	16,4	10,9
5,3	25,0	18,8	12,5	23,2	22,6	17,0	11,3
6,1	25,0	18,8	12,5	23,3	22,9	17,2	11,5
6,2	25,4	19,1	12,7	24,1	21	15,8	10,5
7,1	24,5	18,4	12,3	24,2	21,3	16,0	10,7
7,2	24,2	18,2	12,1	25,1	22,3	16,7	11,2
7,3	24,8	18,6	12,4	25,2	22,2	16,7	11,1
8,1	23,9	17,9	12,0	26,1	24,3	18,2	12,2
8,2	23,9	17,9	12,0	26,2	24,7	18,5	12,4

9,1	24,2	18,2	12,1	27,1	25,3	19,0	12,7
9,2	24,0	18,0	12,0	27,2	25,1	18,8	12,6
9,3	24,4	18,3	12,2	27,3	25,2	18,9	12,6
9/a.1	24,0	18,0	12,0	28,1	25,3	19,0	12,7
9/a.2	24,0	18,0	12,0	28,2	25,5	19,1	12,8
10,1	24,7	18,5	12,4	29,1	21,5	16,1	10,8
10,2	25,2	18,9	12,6	29,2	23,7	17,8	11,9
10,3	24,8	18,6	12,4	29,3	23	17,3	11,5
11,1	24,1	18,1	12,1	29,4	24	18,0	12,0
12,1	23,8	17,9	11,9	30,1	23,5	17,6	11,8
12,2	23,4	17,6	11,7	30,2	23,8	17,9	11,9
13,1	24,9	18,7	12,5	31,1	21,7	16,3	10,9
13,2	24,7	18,5	12,4	31,2	21,5	16,1	10,8
14,1	25,6	19,2	12,8	32,1	20,5	15,4	10,3
14,2	25,5	19,1	12,8	32,2	20,3	15,2	10,2
15,1	24,8	18,6	12,4	33,1	22,3	16,7	11,2
15,2	24,7	18,5	12,4	33,2	22,8	17,1	11,4
16,1	25,0	18,8	12,5				