

NPK műtrágyázás és a foltyszerű trágyaterhelés hatásának vizsgálata legeltetett ősgyepen

Kádár Imre¹ – Ragályi Péter¹ – Szemán László² –
Márton László¹ – Nagy Sándor³

¹MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest

²SZIE Gyepgazdálkodási Tanszéke, Gödöllő

³Öko Major Kft., Bakonszeg

ÖSSZEFOGLALÁS

A Hortobágyi és a Kiskunsági Nemzeti Parkkal szomszédos és hasonló adottságú Bakonszeg, ill. Cserkeszőlő térségében vizsgáltuk az NPK műtrágyák és a juhtrágya 2. éves utóhatását a gyep fejlődésére, termésére és ásványi összetételére. Külön elemeztük a foltyszerű állatterhelés (pihenődomb, itatóhely, szárnyék, felhajtóút) hatását az 1 m talajszelvény összetételére és a növénytakaró makro- és mikroelem tartalmára Bakonszegen. A réti szolonyec termőhely feltalaja agyag mechanikai összetételű, felszínében mészhányos 4-6% humusztartalommal. Foszfórral általában gyengén-közepesen, káliummal és egyéb makro/mikroelemekkel kielégítően ellátott volt. A vizsgálatainkból levont főbb tanulságokat az alábbiakban foglaljuk össze:

1. Cserkeszőlőn a 2. évben trágyahatások nem voltak igazolhatók a szénatermésben. Bakonszegen ezzel szemben az NP műtrágyázás és a juhtrágya igazolható 1-1,5 t/ha széna terméstartalommal. A széna ásványi összetételét a trágyázás nem módosította, így azok kontrollként is szolgáltak a foltyszerű trágyaterhelés megítélésében.
2. A pihenődomb növényeiben emelkedett, esetenként extrém nagy K, N, Ca, P, Mg, S és részben Sr, Cd, B tartalmakat; a terelőút növényeinek hajtásában Fe, Na, Al, Cr és Co tartalmakat találtunk. A minták mosására nem került sor, így az abnormális összetétel a felületi szennyezésből is adódhat.
3. Talajvizsgálataink szerint az emelkedett szervesanyag-tartalom az itató és a szárnyék környékén követhető nyomon a 0-40 cm rétegben. Az 1 m rétegben kimutatott NO₃-N mennyisége az itatóhely alatt a 250-300 kg/ha-t elérheti. A kálium a felhajtóút, itatóhely és a szárnyék szélén sokszorosára nőtt a 0-40 cm rétegben. Az 1 m teljes szelvény NH₄-acetát+EDTA oldható P-tartalma a terelőút esetén 2-szeres; a pihenődomb, itatóhely és a szárnyék széle esetében 4-szeres; míg a felhajtóút esetén átlagosan 23-szoros többlettel rendelkezett.
4. Zn-szennyezést/akkumulációt a pihenődomb és a felhajtóút jelzett. A jelenség magyarázatra és további vizsgálatra szorul. Az oldható Fe mennyisége a szárnyék feltalajában nőtt meg, míg az oldható S-tartalom az itatóhely és a szárnyék környékének feltalajában. A szárnyék 0-20 cm rétegében az NH₄-N 72, míg a NO₃-N 25 mg/kg volt, tehát a N-terhelés akár 300 kg/ha értéket is elérheti. Az itt található ritka, pusztuló növényzet a N-t nem képes hasznosítani, így jelentős pontszerű szennyezés alakulhat ki.

SUMMARY

1. The 2nd year effects of fertilization at Cserkeszőlő site were not proven statistically in hay yield. However, the NP-fertilization and the sheep manure gave 1-1.5 t/ha hay surpluses at Bakonszeg farm. The mineral composition of the

hay did not change significantly as a function of treatment neither at Cserkeszőlő, nor at Bakonszeg site.

2. Elevated, in some cases extreme high K, N, Ca, P, Mg, S and partly Sr, Cd, B concentrations were found in the above ground plant tissue on the resting hump; as well as Fe, Na, Al, Cr and Co concentrations on the driveway. Plant samples were not cleaned or washed so surface pollution could also contribute to the abnormal composition.
3. According to soil analyses the organic matter content increased in the 0-40 cm layer at watering-place and screen wall. The NO₃-N content can reach 250-300 kg/ha level in the 0-1 m soil layer under the watering-place. The potassium rose more fold in the 0-40 cm layer at passageway, watering-place and near to screen wall. The NH₄-acetate+EDTA-soluble P content of the whole 0-1 m layer showed 2-fold excess at driveway, 4-fold at resting hump, watering-place and screen wall, as well as 23-fold at passageway.
4. The resting hump and passageway showed Zn pollution/accumulation. This phenomenon needs to be cleared by more examination. The soluble Fe increased in the topsoil near to screen wall, while soluble S in the topsoil of the watering place and around screen wall. The 0-20 cm soil layer had 72 mg/kg NH₄-N and 25 mg/kg NO₃-N, so N load can reach 300 kg/ha. The rear, suffering grass stand on this place can not use this N-pool, so here point pollution can be significant.

BEVEZETÉS

Előző munkánkban beszámoltunk arról, hogy a Hortobágyi Nemzeti Park melletti Bakonszegen mekkora foltyszerű trágyaterhelést okozott 1998 óta a felhajtóutak, itatók és a szárnyék feltalajában átlagosan 350-450 db tejhasznú anyajuh. A Kiskunsági Nemzeti Parkkal szomszédos Cserkeszőlő térségben a 200 db anyajuh trágyaterhelése ezzel szemben még nem volt kimutatható a legelőterület átlagos összetételéhez viszonyítva. A N és NP műtrágyázás a szénatermést 1,5-2,2-szeresére növelte az első évben ezeken a legelőkön, míg a K műtrágya és a juhtrágya a termést nem befolyásolta (Kádár et al., 2006).

Az általunk most vizsgált pihenődomb funkciójára az elnevezése is utal. Az állatok deleléskor, éjszaka és a téli, ill. az esős idő idején itt tartózkodnak. Télen ide teszik a szénabálákat, és a szénahulladékból egyfajta „almostrágya” keletkezik. Ezt minden tavasszal összegyűjtik és elszállítják, a dombot hagyják kiszáradni. A domb mesterségesen lett létrehozva. Tartósan esős időszakban az állatok itt tudnak lefeküdni. Mérete az állatlétszámtól függ.

Egy legelőkertben általában egy *pihenődomb* és egy *itatóhely* van egymáshoz közel.

Mivel 200-250 db állat van egy nyájban, ehhez igazított a *pihenődomb* mérete. Állatonként 1-2 m² területtel számolnak (növényekre kevesebbet, kosra többet), így a *pihenődomb* 400-500 m² felszín jelent kb. 1 m-rel kiemelkedve a környező talajfelszín felett. Télen, amikor a legelés szünetel, tartósan itt van a nyáj, és itt folyik az etetés. Tavasszal és ősszel naponta csak néhány órát töltenek itt itatáskor, ill. éjszakai pihenéskor. Nyáron a nagy melegben délelőtt 10 óra tájban jönnek az *itatóhoz*, és a *pihenődomb* környékén maradnak késő estig. Ezt követően folytatják a legelést esetleg éjszaka is.

A vizesárok kialakítása a telep építéskor, 1989-ben történt. Közvetlen mellette épült a *felhajtóút*, talaja döntően a futó vizesárok kitermeléséből származik. A vizsgált *felhajtóúton* naponta két alkalommal (reggel 6-9, ill. délután 16-19 óra között) jár 200-250 db állat oda-vissza fejésre, tehát májustól szeptemberig. Ezen túlmenően évközben 10-15 alkalommal 200-600 db állatot hajtanak válogatásra a *felhajtóúton*. Az út talajának felszíne növénymentes, és szerkezete roncsolódott. A fentiek alapján megállapítható az is, hogy mind a *pihenődomb*, mind a *felhajtóút* talajszelvénye genetikailag bolygatott, nem a termőhelyre jellemző talajtulajdonságokkal rendelkezik.

Az új legelőszakaszokra való átvonulást szolgáló *terelőút* kevésbé igénybevett. Évente néhány alkalommal jár rajta a nyáj. A *szárnyéknál* találnak menedéket az állatok az északi hideg szél elől, valamint itt történik télen a takarmányozás, így a trágyaterhelése érdeminek mondható az elmúlt 6-8 év üzemelése után.

A Bakonszegen mért csapadék mennyiségek 2005-ben; a kísérletek első évében januárban 12, februárban 54, márciusban 37, áprilisban 67, májusban 44, júniusban 67, júliusban 151, augusztusban 119, szeptemberben 45, októberben 4, novemberben 24, decemberben 72 (évi összes 696 mm), és 2006-ban, a kísérletek második évében januárban 27, februárban 45, márciusban 74, áprilisban 70, májusban 78, júniusban 68, júliusban 29, augusztusban 112, szeptemberben 0, októberben 42, novemberben 23, decemberben 3 (évi összes 571 mm) mm-t tett ki. A 30 éves (1977 és 2006 között) 534 mm-es átlaghoz hasonlítva mindkét évjárat csapadékosabb volt; 2005-ben 162 mm-rel, 2006-ban 37 mm-rel esett több. 2006-ban a késői kítavasodás miatt a tavaszi csapadék a talajok víztelítődését okozta. A nyári kisülési időszak elmaradt 2005-ben, és 2006-ban is a kedvezőbb tavaszi és a szokatlanul bőséges augusztusi (2005-ben 119 mm és 2006-ban 112 mm) esők miatt.

Következőkben bemutatjuk, hogyan változik a talajprofil összetétele a foltszerű trágyaterhelés alatt, valamint a rajta termett gyepek összetétele a kontrollnak tekintett legelőterületekhez viszonyítva. Vajon milyen mérvű talaj- és talajvízszennyezés következhet be, és mely elemekben? Milyen jelentkezik az NPK műtrágyák és az előző évben kiadott juhtrágya utóhatása? Igazolható-e a változás a

szénatermésben, ill. a gyepek botanikai összetételében a kísérletek 2. évében? Ilyen és hasonló kérdésekre keressük a választ. A témát érintő hazai és fontosabb idegen nyelvű szakirodalom tanulságait szintén előző munkánk foglalta össze.

ANYAG ÉS MÓDSZER

2005. április elején trágyázási kísérletet indítottunk két nemzeti parkhoz közel eső területen azonos kísérleti sémával, hogy az eredmények összevethetők legyenek. A parcellák 5×5=25 m² alapterületűek. Műtrágyázási kezelések az ún. klasszikus hiánykísérleti sort követik (Kontroll, N, P, K, NP, NPK), hogy a trágyahatások, ill. a talaj feltöltöttsége szabatosan megállapítható legyen. A 6 kezelést 3 ismétlésben és latin téglarendezésben állítottuk be, mely kiegészül a juhtrágya vizsgálatával, így 7×3=21 parcellás kísérletekkel dolgozunk. A N 100 kg/ha/év N, a P 100 kg/ha/év P₂O₅, a K 200 kg/ha/év K₂O adagot, míg a juhtrágya 10 t/ha/3év mennyiséget tett ki. Trágyázás előtt a kísérleti területről párhuzamos átlagmintákat vettünk a feltalajból, ill. a kísérlet szegélyében mélyfúrásokat végeztünk 1 m mélységig 20 cm-enként. A trágyát parcellánként kézzel szórtuk ki a sarjadó gyepe, bemunkálás nem történt (Kádár et al., 2006).

2006. május 30-án a kísérleti parcellák növényeit mintáztuk. Megállapítottuk 0,5 m²-es mintavételek alapján a növények friss és légszáraz tömegét, légszárazanyag %-át, majd a széna fontosabb makro- és mikroelemeinek meghatározására került sor. A mintavétellel egyidőben állománybonítást is végeztünk fejlettségre, ill. a botanikai összetételt is felvételeztük. Laboratóriumi vizsgálatok az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében történtek az alábbi feltárási módszerekkel és az ICP technika felhasználásával:

1. Növény: 0,5 g bemért légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc.HNO₃ + 1 cm³ cc.H₂O₂ adagolása, majd 15 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Elemek mérése ICP készülékkel.
2. Juhtrágya: 0,5 g bemért légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc.HNO₃ + 1 cm³ cc.H₂O₂ adagolása, majd 30 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Elemek mérése ICP készülékkel.
3. Talaj: 5 g bemért talajhoz 50 cm³ NH₄-acetát + EDTA kirázó oldat az oldható elemtartalom meghatározásához Lakanen és Erviö (1971) szerint. Elemek mérése ICP készülékkel. A pH, CaCO₃, humusz, kötöttség, összes só, NH₄-N és NO₃-N Baranyai et al. (1987) által ismertett módszerekkel.
4. Összes N: 0,5 g bemért légszáraz növényhez (vagy 1,0 g talajhoz) 10 cm³ cc.H₂SO₄ + 2 cm³ cc.H₂O₂ adagolása az MSz 20135 (1999) szerint. Az NH₄-N és NO₃-N 1 M KCl-os kirázást jelent.
5. Szerves anyag: (Tyurin szerint) 0,2-1,0 g talajhoz 10 cm³ kénsavas K-bikromát, majd Mohr sóval titrálás.

Begyűjtöttük a trágyaterhelési foltokon fellelhető növények földfeletti részét, majd foltonként 2-2 párhuzamos mélyfúrást végeztünk a 0-20, 20-40,

40-60, 60-80, 80-100 cm talajrétegeket érintve. Talajmintákban az agronómiai és környezeti szempontból fontos NH₄-acetát+EDTA oldható elemkészletet kísértük figyelemmel, valamint meghatároztuk az alapvető egyéb termőhelyi alaptulajdonságokat is, mint a pH, kötöttség, humusz, CaCO₃ és „összes” só. Az eredménytáblázatok a 2-2 párhuzamos vizsgálat átlagait közlik.

KÍSÉRLETI ÉS VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A bőséges csapadék, az elhúzódozó esős idő miatt 2006-ban csak május végén lehetett a területre

rámenni. Ebből adódóan az előző évi trágyázás utóhatását regisztráltuk május 30-án a gyepek fejlődésére és termésére mindkét területen. Amint az 1. táblázatban látható, Bakonszegen a N, NP, NPK és a juhtrágya is fejlettebb állományt eredményezett a trágyázatlan kontrollhoz képest. Ami a gyepek átlagos magasságát illeti, a N és a NPK kezelések bizonyultak jobbnak, míg a légszáras szénatermés tekintetében az NP és a juhtrágya utóhatása volt igazolható. Ezzel szemben Cserkeszőlőn gyakorlatilag semmiféle trágyahatást nem tudunk bizonyítani statisztikailag a kontrollhoz viszonyítva.

1. táblázat

Trágyázási kezelések utóhatása a gyepek fejlődésére és termésére 2006. május 30-án

Kezelések száma, jele(1)	Bonitálás fejlettségre(2)	Magasság, cm(3)	Zöldtömeg, t/ha(4)	Széna, t/ha(5)	Légszáras anyag, %(6)
Bakonszeg (Hortobágy)					
1. Kontroll(7)	2,0	50	4,7	1,6	34
2. N	4,0	70	7,8	2,6	33
3. P	2,2	57	6,8	2,3	33
4. K	2,0	48	5,6	1,8	33
5. NP	4,5	60	7,6	2,7	37
6. NPK	4,0	70	6,7	2,2	33
7. Juhtrágya(8)	3,7	47	9,3	3,0	34
SzD _{5%} (9)	1,5	18	3,5	1,1	4
Átlag(10)	3,2	57	6,9	2,3	34
Cserkeszőlő (Kiskunság)					
1. Kontroll(7)	3,0	50	9,6	2,9	30
2. N	2,0	60	8,0	2,6	33
3. P	3,0	50	8,7	2,5	30
4. K	3,3	57	7,4	2,3	31
5. NP	3,0	53	10,0	2,9	30
6. NPK	3,3	67	6,9	2,2	31
7. Juhtrágya(8)	3,0	53	9,0	2,6	29
SzD _{5%} (9)	0,7	10	5,6	1,5	4
Átlag(10)	3,0	56	8,5	2,6	31

Bonitálás: 1 – igen gyengén, 2 – gyengén, 3 – közepesen, 4 – jól, 5 – igen jól fejlett állomány(11)

Table 1: Residual effects of fertilizer and manure treatments on the development and yield of meadow grass on 30th May 2006

Number and code of treatments(1), Scoring of grass stand(2), Height, cm(3), Green mass, t/ha(4), Hay, t/ha(5), Air dried matter in %(6), Control(7), Sheep manure(8), LSD_{5%}(9), Mean(10), Note: N=100 kg/ha/yr N, P=100 kg/ha/yr P₂O₅, K=200 kg/ha/yr K₂O in mineral fertilizers form, and sheep manure 10 t/ha/3 yrs. Scoring: 1=very poorly, 2=poorly, 3=medium well, 4=well, 5=very well developed stand(11)

A bonitálás, magasság mérés és a termés-megállapítást követően került sor mindkét kísérleti helyen a 2006. évi műtrágyák kiszórására május 30-án. Június végén Szemán László vizsgálta a trágyázási kezelések hatását a gyepek botanikai összetételére. Uralkodó fajok az ecsetpázsit bizonyult, átlagosan 60% borítással. A réti perje 12%, a veresnadrág csenkesz és a cickafark 3-3%, míg a bodorka herék és a szarvas kerep 2-2% borítást képviselt átlagosan Bakonszegen. A N, P, NPK műtrágyázás hatására nőtt az ecsetpázsit borítása, míg a juhtrágyázott területen a cickafark 8%-os fedettséget ért el (2. táblázat).

Tendenciájában megnyilvánult, hogy a N-trágya a fajszámot mérsékelte, míg az a szerves trágyázott parcellákon maximumát érte el. Az 1-2% alatti borítást jelző egyéb előforduló fajok az alábbiak voltak: árva rozsnok, fehér here, magyar lednek, apró szulák, ezüstös pimpó, kányafű keresztes, lándzsás útifű, mezei iringó, sziki pitypang, sziki pozdor, tejoltó galaj. Megemlítjük még, hogy a kísérleti terület egy része tartós vízborítás alá került, lehetővé téve az évhatás értékelését is. A vízzel jól ellátott területeken a réti ecsetpázsit előretört és csökkent a fajszám, hasonlóan, mint a N, NP-műtrágyázás nyomán.

Trágyázási kezelések hatása a gyep botanikai összetételére Bakonszegen 2006. júniusában.
Borítási %-ok (Szemán László felvételezései)

Kezelés száma, jele(1)	Ecsetpázsit(2)	Réti perje(3)	Veresnadrág csenkesz(4)	Bodorka herék(5)	Cickafark(6)	Szarvas kerep(7)	Összes borítás(8)
1. Kontroll(9)	48	15	3	5	2	5	82
2. N	68	12	2	0	3	1	85
3. P	68	10	0	2	0	0	80
4. K	60	13	5	2	0	0	86
5. NP	55	12	4	0	5	0	94
6. NPK	68	15	3	0	4	1	98
7. Juhtrágya(10)	52	10	5	2	8	6	98
SzD _{5%} (11)	20	5	5	5	8	8	15
Átlag(12)	60	12	3	2	3	2	89

Table 2: Effects of fertilizer and manure treatments on the botanical composition of meadow grass in June 2006. Coverage in %
Number and code of treatments(1), Meadow Foxtail (*Alopecurus pratensis*)(2), Smooth Meadow-grass (*Poa pratensis*)(3), Pseudovina (*Festuca pseudovina*)(4), Clover (*Trifolium sp.*)(5), Common Yarrow (*Achillea millefolium*)(6), Bird's-foot Trefoil (*Lotus corniculatus*)(7), Total coverage(8), Control(9), Sheep manure(10), LSD_{5%}(11), Mean(12)

A legeltetés közben *trágyázott foltok* maradnak vissza, amelyekben változhat a fajok száma. Az állatok ugyanis nem legelik le a következő növedékben a bujafoltokon termő növényzetet. Nem a növényzettel van a gond. A talaj szennyezettsége tartja távol az állatot. Mindez azonban nem minősül negatívnak, hiszen segíti a természetes gyeprekonstrukciót. Bujafoltokon a tavaszi növedékben magszár képződött, és mivel az állatok nem legelték le, magot is érleltek.

A szárazabb szikes foltokon dominált a veresnadrág csenkesz, míg a nedvesen az ecsetpázsit. Pillangósok közül fehér here társult a rövid füvekhez, és generatív, valamint indák fejlesztésével vegetatív szaporodást is mutatott. A bujafoltból kifelé növekvő hajtásokat az állatok már lelegelték a csökkenő trágyaterheléssel arányos intenzitással.

Megfigyeltük, hogy a legeltetés után visszamaradó *bujafolt* csak a vizelet hatására alakult ki. A vizeletürítés nyomán a gyep lebarant, majd kiszült. Ezt követően az alvórügyekből indult hajtásképződés, melyet magérlelés zárhatott. Bujafoltok száma az állatlétszám és a tartózkodási idő, tehát a terhelés függvénye. A bujafoltok ellipszis alakot adnak, az elnyújtott téglalap alak méretét, faji összetételét, fajonkénti maghozó hajtások számát és terméstömegét is megmértük (3. táblázat). Az ecsetpázsit mindenütt megtalálható volt, míg a veresnadrág csenkesz már nem. A réti perje szintén a maghozó állományt gyarapította. Az összes friss tömegben belül külön mértük a pillangósok hozamát. A bujafoltok területe tehát átmenetileg kieső termést jelent, de hozzájárul a szaporítóanyag képződéséhez.

A bujafoltok mérete, növényzete és a maghozó hajtások száma fajonként, ill. foltonként
Bakonszeg, 2006. június 8. (Szemán László felvételezései)

Bujafolt mérete, cm(1)	Ecsetpázsit, db/folt(2)	Veresnadrág csenkesz, db/folt(3)	Réti perje, db/folt(4)	Friss tömeg, g/folt(5)	Ebből pillangós, g/folt(6)	Össz. légszáraz, g/folt(7)
90 × 40	32	–	12	122	1,4	38
70 × 35	82	–	9	220	5,9	67
50 × 35	54	–	13	150	30,4	42
55 × 33	49	91	7	156	4,8	55

Megjegyzés: átlagosan 30% körüli légszárazanyag tartalom(8)

Table 3: Size and composition of vigorous grass spots and number of generative stems by species. Bakonszeg, 8th June 2006
Size of the vigorous spot(1), Meadow Foxtail piece/spot(2), Pseudovina piece/spot(3), Smooth Meadow-grass piece/spot(4), Green mass g/spot(5), Of which clover g/spot(6), Total air-dried mass g/spot(7), Note: Average air dried matter content is about 30%(8)

A rövidebb ideig tartó terhelés, amit a fűfélék morfológiai állapota alapján határoztunk meg, lehetővé teszi a nagyobb fedettséget, a gyorsabb fejlődést és a rövidebb regenerációt két legeltetés között. A fajösszetétel alakulása ösgyepen hagyományos legeltetés esetén az alábbi: aljfü 45-50%, élő pillangós 10-15%, egy éves pillangós

20-30%, egyéb növény 10-20%, borítatlan terület 10% alatt. A magas tarlóval legeltetett növényzet nagyobb borítást ad, a füvek részaránya 60% körüli, pillangósoké 20% körüli, az egyéb növényeké szintén 20% körüli. A borítatlan terület inkább a felszíni sérülésekre korlátozódik.

A *terelőutakat, itatóhelyeket, pihenődombot* növénytakaró szempontjából az igénybevett Bakonszegen vizsgáltuk. A *terelőutakon* a legelés nem játszik szerepet. Az állatok nem kedvelik az ott található szennyezett növényeket. Kihajtáskor a legelő szakaszra igyekeznek, hajtásnál a jóllakott juh egyébként sem keresi a zöldet. Jellemző fűfajok: apró csenkesz (30%), bodorkahere fajok (20%), gyomfüvek és puha rozsnok (10%), ill. az egyéves zavarást tűrő gyomok. A taposást jelzi az angolperje (5-25%). A borított és borítatlan terület aránya változó. Az állandóan borítatlan területek nagysága nem becsülhető meg az egyéves gyomok folyamatos csírázása és pusztulása miatt.

A *vízvezető árkok* környékén dominál a hernyópázsit, jelezve erős fejlődésével a bemosódó tápanyagok hatását. Az *itatóhelyeken* a taposási igénybevétel és a trágyaterhelés meghatározó. Az időszakosan igénybevett felületeken vegyes zavart növényközösség alakul ki.

A *pihenődombok* növényzete zavart a kopasz területtől a vegyes fajborításig, ill. a szikes gyeplépcső növénytakarulásba való folyamatos átmenetig. Foltként a ruderáliákra jellemző nagytestű kétszikű gyomok is felszaporodhatnak (libatopfélék, acat).

A foltszerű terhelés hatását a gyeplépcső összetételére Bakonszegen a 4. táblázat adatai szemléltetik. Kontrollként a kísérlet átlaga szolgált. A kezelések ugyanis nem befolyásolták igazolhatóan a gyeplépcső ásványi összetételét a 2. évben. A bemutatott eredmények szerint a *pihenődombon* gyűjtött növények hajtásában nőtt meg ugrásszerűen a főbb makroelemek (K, N, Ca, P, Mg, S) mennyisége. A N, P, S mintegy 2-szeresére, míg a Ca és a Mg a kontrollon mért tartalom 3-4 szeresére nőtt. A NO₃-N két nagyságrendbeli dúsulást jelzett a hajtásban. A mikroelemek közül emelkedett tartalmat mutatott a Sr, Cd és B, míg a Mn és Cr hígult a kontrollhoz viszonyítva.

4. táblázat

Foltszerű terhelés hatása a gyeplépcső összetételére Bakonszegen, valamint a kísérleti helyek átlagai 2006. május 30-án

Elem jele(1)	Mértékegység(2)	Foltszerű terhelés Bakonszegen					Cserkeszölő átlaga(8)
		Kontroll*(3)	Pihenődomb(4)	Itatóhely(5)	Terelőút(6)	SzD _{5%} (7)	
K	%	2,04	2,83	2,36	2,35	0,47	1,71
N	%	1,59	4,24	1,54	1,66	0,27	2,01
Ca	%	0,42	1,90	0,18	0,53	0,24	0,81
P	%	0,28	0,50	0,32	0,30	0,12	0,25
Mg	%	0,19	0,72	0,12	0,20	0,16	0,26
S	%	0,16	0,29	0,16	0,18	0,05	0,24
Fe	mg/kg	224	277	209	1675	718	274
Na	mg/kg	193	259	59	818	400	1059
Mn	mg/kg	171	40	84	54	46	198
Al	mg/kg	75	242	174	1562	178	84
NO ₃ -N	mg/kg	53	2361	106	224	543	90
Zn	mg/kg	32	28	28	26	9	45
Ba	mg/kg	21	15	13	20	11	45
Sr	mg/kg	20	112	10	20	19	39
B	mg/kg	11	25	3	5	13	24
Cu	mg/kg	6,7	9,7	7,1	5,8	2,5	7,2
Ni	mg/kg	1,9	1,3	1,5	4,0	1,3	2,8
Mo	mg/kg	1,0	1,4	1,3	1,4	0,3	0,6
Cr	µg/kg	470	59	93	3780	1900	494
Co	µg/kg	134	229	80	824	819	145
Cd	µg/kg	77	265	43	44	19	141

* Kísérlet átlagában Bakonszegen(9)

Table 4: Effect of manure spot loads on grass mineral composition at Bakonszeg, as well as averages of Cserkeszölő on 30th May 2006
Element(1), Measuring unit(2), Control(3), Resting hump(4), Watering-place(5), Driveway(6), LSD_{5%}(7), Cserkeszölő average(8), *Average of the experiment at Bakonszeg(9)

Az *itatóhelyek* környékén gyűjtött növényekben található a legkevesebb Ca, Mg, Na, Sr, és B, míg a *terelőút* növényeiben kiugróan sok volt a Fe, Na, Al, Cr és Co. A növények abnormális összetétele részben a felületi szennyezésből is adódhat. A minták külön desztivizes mosását kerültük, mely bizonyos elemek kilúgzását is eredményezheti a növényi szövetből. Cserkeszölő termőhelyen a fű gazdagabbnak

bizonyult N-ben, és a P-on kívül gyakorlatilag minden egyéb ásványi elemekben Bakonszeg átlagához képest, amint ez a 4. táblázatban közölt eredményekből kitűnik.

A foltszerű terhelési helyszíneken párhuzamosan 2-2 mélyfúrást végeztünk 1 m mélységig 20 cm-es rétegenként. Az egyes rétegek átlagait az 5. táblázat szemlélteti.

Foltszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére Bakonszegen 2006. május 30-án. Legeltetett ősgyep

Mintavétel, cm(1)	Foltszerű terhelési helyszínek megnevezése(2)					
	Kontroll(3)	Pihenődomb(4)	Itatóhely(5)	Szárnyékszél(6)	Terelőút(7)	Felhajtóút(8)
CaCO ₃ %						
0-20	0,0	1,6	1,3	1,2	0,1	3,3
20-40	2,9	0,7	0,3	1,2	0,2	1,0
40-60	9,9	2,0	3,4	5,1	2,4	0,2
60-80	12,8	3,6	7,3	10,2	8,4	0,2
80-100	11,6	4,1	12,0	10,8	12,2	0,2
Átlag(9)	7,4	2,4	4,9	5,7	4,6	1,0
pH (H ₂ O)						
0-20	6,4	7,4	6,9	7,2	7,0	7,9
20-40	8,2	8,1	7,6	7,6	7,9	7,6
40-60	9,0	8,3	8,6	7,9	9,1	7,0
60-80	9,2	8,5	8,8	8,2	9,4	6,9
80-100	9,2	8,6	9,3	8,2	9,5	7,2
Átlag(9)	8,4	8,2	8,2	7,8	8,6	7,3
pH (KCl)						
0-20	5,6	6,8	6,6	7,1	6,3	7,2
20-40	7,1	7,1	6,8	6,9	6,6	7,0
40-60	7,7	7,1	7,4	7,1	7,5	6,2
60-80	7,9	7,2	7,6	7,2	7,8	6,0
80-100	8,0	7,3	7,9	7,3	8,0	6,0
Átlag(9)	7,2	7,1	7,2	7,1	7,2	6,5
Humusz %(10)						
0-20	4,4	3,2	5,0	5,6	4,0	2,9
20-40	1,6	1,7	2,0	2,2	1,9	2,6
40-60	0,8	2,0	1,2	1,4	1,1	3,3
60-80	0,7	1,6	1,1	0,9	0,7	2,6
80-100	0,4	1,6	0,6	0,7	0,5	1,8
Átlag(9)	1,6	2,0	2,0	2,2	1,6	2,7
1 M KCl-oldható NO ₃ -N mg/kg(11)						
0-20	6	32	25	24	8	10
20-40	10	5	22	8	8	10
40-60	7	5	18	9	11	6
60-80	4	3	20	8	11	7
80-100	6	8	11	6	14	3
Átlag(9)	6	11	19	11	10	7

Table 5: Effect of manure spot loads on some characteristics of the soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland

Sampling depth cm(1), Location of the spot loads(2), Control(3), Resting hump(4), Watering-place(5), Screen wall edge(6), Driveway(7), Passageway(8), Average(9), Humus %(10), 1 M KCl-soluble NO₃-N mg/kg(11)

Kontroll talajon a feltalaj már mészhányossá vált, Ca a mélyebb rétegekben dúsul. A terhelt foltokon általában a 20-40 cm réteg szegényebb Ca-ban, míg a feltalajban újra megjelenik a Ca, tükrözve a juhtrágya hatását. A feltalajból épült *pihenődomb* anyagában természetesen a CaCO₃ mennyisége nem éri el a genetikailag várható 10%

feletti tartalmat a 80-100 cm rétegben. Sőt, a *felhajtóút* általaja gyakorlatilag mészhányosnak minősülhet. A pH (KCl) értékek a kontroll feltalajban 6 alatt, míg a foltszerű terhelési helyszíneken 6 felett vannak.

Emelkedett humuszkészlet az *itató* és a *szárnyékszél* 0-40 cm rétegében követhető nyomon.

A *terelőút* nem jelez dúsulást, míg a *pihenődomb* és a *felhajtóút* teljes 0-1 m rétege közepes humusztartalommal bír a mesterséges képződményét tükrözve. A növények számára közvetlen hozzáférhető és műtrágya egyenértékű $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége a kontroll talaj felső 0-40 cm rétegében átszámítva 40-50 kg/ha-ra becsülhető. A *pihenődomb* legfelső 20 cm-ében ezzel szemben már 90-100 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ található. Az *itatóhely* teljes 1 m rétegében feldúsult, ill. bemosódott a $\text{NO}_3\text{-n}$, melynek mennyisége a 250-300 kg/ha-t is elérheti. Dúsulást jelez még a *szárnyék környéke* a feltalajban, valamint a *terelőút* mélyebb rétegei (5. táblázat).

A mobilis Na a mélybe mosódott a kontroll talajon, ill. a mélyebb rétegekben halmozódik fel ezen a szikes termőhelyen. A foltszerű terhelés a Na mélységi mozgását, úgy tűnik, felgyorsíthatja. Erre utal, hogy részben az elfolyó trágyalevet is befogadó, mélyebben fekvő *szárnyék környékének* talaja az egész 1 m rétegben elvesztette Na-készletének döntő hányadát. A nagy terhelésnek kitett *felhajtóút* szelvénye hasonlóképpen elszegényedett Na-ban. A *pihenődomb* Na tartalma a zavart profilt, pontosabban a kontroll talaj 0-40 cm rétegének készletét tükrözi. A kevésbé igénybevett *terelőút* talajszelvénye e tekintetben a kontrolltalajtal mutat analóg képet (6. táblázat).

A kálium felhalmozódása a káliumban gazdag trágya hatását mutatja mérsékeltén a *terelőút* és a *pihenődomb* feltalajában a kontrollhoz képest. A *felhajtóút*, *itatóhely* és a *szárnyék környékének* ezzel szemben a feltalajban már extrém mérvű a dúsulás, mely a 20-40 cm rétegben is megnyilvánul. Mindez többé-kevésbé hasonló módon nyomon követhető az oldható foszfortartalmakban is. Extrém mérvű, kiugróan nagy készletet jelez a *felhajtóút* 0-60 cm, valamint a *pihenődomb* 80-100 cm eltemetett rétege. A teljes 1 m-es szelvény átlagos P-készletét tekintve és a kontrollhoz viszonyítva a *terelőút* mintegy 2-szeres; a *pihenődomb*, *itatóhely* és a *szárnyékszél* 4-szeres; míg a *felhajtóút* 23-szoros többlettel rendelkezik (6. táblázat).

A stroncium általában a kalciummal együtt fordul elő a kőzetekben, talajokban. A szelvényekben a Ca-hoz hasonlóan dúsul a mélységgel. Ez alól kivételt a mesterségesen létrehozott *pihenődomb* és *felhajtóút* profilja képez. A foltszerű trágyaterhelés nem adott érdemi dúsulást, szennyezést a Sr tekintetében. A B a Na-hoz hasonlóan mobilis elem, a mélyebb rétegekben akkumulálódik genetikailag. A Na-hoz hasonlóan úgy tűnik, hogy a nagyobb kilúgzásnak kitett *szárnyékszél* és a *felhajtóút* talajszelvényeinek mélyebb rétegei B-készletük nagyobb részét elvesztették. A *pihenődomb* e tekintetben inkább a zavart, mesterséges képződmény képét tükrözheti (6. táblázat).

Az oldható Zn döntően a feltalajban akkumulálódott a kontroll talaj szelvényében. Ehhez hasonló eloszlást mutat, eltekintve a

heterogenitásoktól, az *itatóhely*, a *szárnyékszél* és a *terelőút* profilja. A genetikailag roncsolt szelvényű *pihenődomb* és a *felhajtóút* általja is erőteljes dúsulást vagy szennyezést mutat ezen elemben. Az 1 m-es szelvények átlagait tekintve a dúsulás a kontrollhoz képest mintegy 7-szeres a *felhajtóút* esetében. A jelenség magyarázata is további vizsgálatra szorul (7. táblázat).

A Cu oldható tartalma mérséklődik a mélységgel. Ez alól kivételt a *pihenődomb* és a *felhajtóút* szelvénye jelenthet. Érdemi vagy nagyságrendbeli dúsulás vagy szennyezés azonban nem figyelhető meg a foltszerű trágyaterhelés nyomán. Többé-kevésbé ugyanaz mondható el egy másik mikroelem a Co eloszlásáról. A Cd rendkívül veszélyes a tápláléklánc egészére, ezért figyelemmel kísérendő. A bemutatott adatok azonban megnyugtatóan jelzik, hogy a terhelés semminemű kimutatható akkumulációval nem járt. Az esszenciális molibdént a növényi gyökerek a feltalajban halmozzák fel. A foltszerű terhelés érdemi módosulást a talaj oldható Mo tartalmában nem okozott. A *pihenődomb* és a *felhajtóút* szelvényeinek zavart jellegét a Mo eloszlása is tükrözi (7. táblázat).

Az $\text{NH}_4\text{-acetát+EDTA}$ oldható Ca természetszerűleg követi az 5. táblázatban mért CaCO_3 %-át. Az oldható Ca a mélyebb rétegekben dúsul a kontroll talajszelvényben. Mindez az *itatóhely*, *szárnyékszél* és a *terelőút* esetében is megfigyelhető. A *pihenődomb* zavart profiljában az akkumuláció kevésbé látványos, míg a *felhajtóút* általja oldható Ca-ban szegényedik. Hasonló mondható el az oldható Mg készleteket illetően, hiszen a Mg a Ca-mal együtt fordul elő a vizsgált talajban, bár kevésbé látványosan nőtt a mennyisége a mélységgel. Az oldható Fe a *szárnyék* környékén extrém nagy tartalmat jelzett a feltalajban. A nem zavart profilú talajokban egyébként az altalaj oldható Fe-ban elszegényedik, míg a *pihenődomb* és a *felhajtóút* teljes szelvénye többé-kevésbé egyenletes eloszlását tükrözi (8. táblázat).

A kén oldható mennyisége nagyságrenddel nő a mélységgel, a kimosódó elemek közé tartozik. A zavart profilú *pihenődomb* és *felhajtóút* talajában ez a jelenség nem igazán követhető nyomon természetesen. Az *itatóhely* és a *szárnyék* környékén a feltalaj feldúsul a trágyaterhelés nyomán. A friss, még el nem bomlott, ill. nem nitrifikálódott trágyázás hatását jelezheti az $\text{NH}_4\text{-N}$ forma, mely a *szárnyék* környékén 72,5 mg/kg értéket ért el. Ez mintegy 217 kg/ha N-nek felel meg a 0-20 cm rétegben. A $\text{NO}_3\text{-N}$ forma ugyanitt 25 mg/kg, azaz kb. 75 kg/ha mennyiséget tett ki az 5. táblázat adatai szerint. A *szárnyék* környékén tehát a N-terhelés elérheti akár a 300 kg/ha összes mennyiséget a feltalajban, így jelentős pontszerű szennyezést okozhat. Főként abból eredően, hogy ritka, pusztuló növényzet a N-többletet nem képes hasznosítani, így az a talajvízbe kerülhet (8. táblázat).

Foltszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére Bakonszegen 2006. május 30-án
Legeltetett ősgyep. NH₄-acetát+EDTA oldható elemek

Mintavétel, cm(1)	Foltszerű terhelési helyszínek megnevezése(2)					
	Kontroll(3)	Pihenődomb(4)	Itatóhely(5)	Szárnyékszél(6)	Terelőút(7)	Felhajtóút(8)
Na %						
0-20	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
20-40	1,1	0,4	0,6	0,1	0,7	0,1
40-60	2,0	0,7	1,2	0,1	1,6	0,2
60-80	2,6	1,0	1,4	0,1	2,2	0,2
80-100	2,7	1,1	1,9	0,2	2,2	0,3
Átlag(9)	1,7	0,6	1,1	0,1	1,4	0,2
K ₂ O mg/kg						
0-20	255	569	1908	2740	429	1331
20-40	175	219	471	365	199	588
40-60	149	187	204	206	165	310
60-80	154	179	185	168	158	245
80-100	136	169	127	163	147	226
Átlag(9)	174	265	579	728	220	540
P ₂ O ₅ mg/kg						
0-20	54	220	505	488	159	1673
20-40	12	47	34	29	19	672
40-60	17	44	17	9	11	142
60-80	16	25	10	4	15	37
80-100	12	173	9	4	12	21
Átlag(9)	22	102	115	107	43	509
Sr mg/kg						
0-20	15	36	18	24	17	35
20-40	28	31	19	26	18	26
40-60	64	36	38	40	35	18
60-80	76	39	57	59	74	19
80-100	75	42	74	62	89	19
Átlag(9)	52	36	41	42	47	23
B mg/kg						
0-20	0,7	1,5	1,5	1,4	1,0	2,4
20-40	2,2	1,7	1,6	1,0	2,1	1,7
40-60	3,4	1,6	2,9	0,9	4,6	0,8
60-80	4,2	1,9	3,1	0,8	5,0	0,5
80-100	4,0	2,0	3,9	0,7	3,9	0,6
Átlag (9)	2,9	1,7	2,6	1,0	3,3	1,2

Table 6: Effect of manure spot loads on the composition of soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland. NH₄-acetate+EDTA soluble elements
Sampling depth cm(1), Location of the spot loads(2), Control(3), Resting hump(4), Watering-place(5), Screen wall edge(6), Driveway(7), Passageway(8), Average(9)

Foltszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére Bakonszegen 2006. május 30-án
Legeltetett ősgyep. NH₄-acetát+EDTA oldható elemek

Mintavétel, cm(1)	Foltszerű terhelési helyszínek megnevezése(2)					
	Kontroll(3)	Pihenődomb(4)	Itatóhely(5)	Szárnyékszél(6)	Terelőút(7)	Felhajtóút(8)
Zn mg/kg						
0-20	4,8	9,4	7,0	9,1	4,1	12,0
20-40	1,2	2,8	0,7	2,0	15,2	15,8
40-60	1,0	4,5	2,3	0,5	0,7	14,1
60-80	0,3	7,3	0,1	1,3	0,1	6,1
80-100	0,4	0,9	0,1	0,2	0,1	7,0
Átlag(9)	1,6	5,0	2,0	2,6	4,0	11,0
Cu mg/kg						
0-20	7,9	7,0	7,6	10,3	7,4	8,5
20-40	5,9	7,4	6,8	7,1	7,3	11,0
40-60	3,8	6,7	5,3	4,8	6,2	10,3
60-80	3,2	6,6	4,4	4,2	4,0	9,7
80-100	2,7	5,9	2,6	3,6	3,2	9,0
Átlag(9)	4,7	6,7	5,3	6,0	5,6	9,7
Co mg/kg						
0-20	4,3	3,9	3,1	2,6	4,2	4,3
20-40	4,6	4,8	4,4	4,3	5,2	4,0
40-60	2,0	3,8	3,6	3,8	4,0	2,7
60-80	1,5	3,2	2,6	2,8	2,2	4,1
80-100	1,8	3,6	1,7	2,5	2,0	5,3
Átlag(9)	2,8	3,9	3,1	3,1	3,5	4,1
Cd µg/kg						
0-20	137	99	115	119	94	163
20-40	110	97	83	91	72	128
40-60	130	106	88	116	74	127
60-80	132	102	108	123	100	108
80-100	139	103	113	119	113	107
Átlag(9)	129	101	101	114	91	127
Mo µg/kg						
0-20	-	54	49	25	64	49
20-40	-	99	34	25	62	94
40-60	-	65	26	5	51	53
60-80	-	36	5	5	5	37
80-100	-	51	5	5	5	55
Átlag(9)	-	61	24	13	37	58

Table 7: Effect of manure spot loads on the composition of soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland. NH₄-acetate+EDTA soluble elements
Sampling depth cm(1), Location of the spot loads(2), Control(3), Resting hump(4), Watering-place(5), Screen wall edge(6), Driveway(7), Passageway(8), Average(9)

Foltszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére 2006. május 30-án. Legeltetett ösgep. NH₄-acetát+EDTA oldható elemek

Mintavétel, cm(1)	Foltszerű terhelési helyszínek megnevezése(2)					
	Kontroll(3)	Pihenődomb(4)	Itatóhely(5)	Szárnyékszél(6)	Terelőút(7)	Felhajtóút(8)
Ca%						
0-20	0,40	0,87	0,87	0,76	0,44	1,50
20-40	1,26	0,66	0,43	0,92	0,32	0,78
40-60	3,28	1,12	1,48	2,20	1,01	0,48
60-80	4,83	1,54	2,63	3,77	2,82	0,50
80-100	4,05	1,67	3,67	3,86	3,65	0,52
Átlag(9)	2,77	1,17	1,87	2,30	1,65	0,76
Mg%						
0-20	0,09	0,14	0,10	0,11	0,12	0,16
20-40	0,16	0,18	0,14	0,10	0,16	0,17
40-60	0,24	0,20	0,21	0,14	0,24	0,13
60-80	0,28	0,21	0,26	0,20	0,35	0,12
80-100	0,30	0,20	0,31	0,23	0,41	0,12
Átlag(9)	0,22	0,19	0,21	0,16	0,26	0,14
Fe mg/kg						
0-20	557	243	878	1199	358	366
20-40	227	217	246	286	191	648
40-60	108	203	123	125	134	725
60-80	97	187	110	94	110	582
80-100	81	245	79	78	93	518
Átlag(9)	214	219	287	356	177	568
S mg/kg						
0-20	16	22	105	71	14	37
20-40	30	13	59	47	13	21
40-60	163	23	73	69	93	25
60-80	371	45	110	105	268	29
80-100	382	58	186	98	339	26
Átlag(9)	192	33	107	78	145	28
1M KCl-oldható NH ₄ -N mg/kg(10)						
0-20	11,2	8,5	11,8	72,5	6,2	7,8
20-40	12,5	5,5	5,1	6,3	7,9	8,5
40-60	5,5	6,0	3,1	2,6	4,9	6,5
60-80	2,8	5,2	3,4	2,0	3,5	5,8
80-100	4,4	4,9	3,1	2,9	2,6	3,9
Átlag(9)	7,3	6,0	5,3	17,3	5,0	6,5

Table 8: Effect of manure spot loads on the composition of soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland. NH₄-acetate+EDTA soluble elementsSampling depth cm(1), Location of the spot loads(2), Control(3), Resting hump(4), Watering-place(5), Screen wall edge(6), Driveway(7), Passageway(8), Average(9), 1M KCl-soluble NH₄-N mg/kg(10)

IRODALOM

Baranyai F.-Fekete A.-Kovács I. (1987): A magyarországi talajtápanyag vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Kádár I.-Márton L.-Ragályi P.-Szemán L.-Csatári G.-Nagy S.-

Ardai Á. (2006): Trágyázás hatása legeltetett ösgepekre.

Lakanen, E.-Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.