

Műtrágyázás hatása a telepített gyep aminosav tartalmára és hozamára 5.

Kádár Imre¹ – Győri Zoltán²

¹MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

²Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Agrárműszerközpont, Debrecen

ÖSSZEFOGLALÁS

Egy műtrágyázási kísérlet 28. évében, 2001-ben vizsgáltuk az eltérő N, P és K ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz vezérnövényű nyolckomponensű pillangós nélküli gyepkeverék aminosav tartalmára és hozamára. A termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3% humuszt, 3-5% CaCO₃-ot és 20-22% agyagot tartalmazott, N és K elemekben közepesen, P és Zn elemekben gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N x 4P x 4K = 64 kezelést x 2 ismétlést = 128 parcellát foglalt magában. A talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2001. évben kielégítő, 621 mm csapadék hullott és annak eloszlása is kedvező volt. A kísérlet módszerét és a főbb tanulságait előző közleményeink foglalták össze (Kádár, 2005; Kádár és Győri, 2005). Levonható következtetések:

1. A vizsgált 18 aminosavból 8 változott igazolhatóan a N-trágyázás hatására: A GLU, ASP, HIS, ARG 12-19%-kal nőtt; míg a PRO 23, CYS 25, TRY 42, ALA 48%-kal csökkent a maximális N-adagolás nyomán a nyersfehérjében, a N-kontrollhoz viszonyítva. Az emelkedő P-kinálattal nőtt az ASP, LEU, GLY, PHE, HIS, CYS koncentrációja, ill. drasztikusan 41%-kal esett az ALA tartalma a P-kontrollhoz képest.
2. Az NxP pozitív kölcsönhatások nyomán az NP kontrollon mért ASP 7,2-ről 10,3%-ra, HIS 3,8-ről 5,8%-ra, ARG 3,2-ről 4,2%-ra emelkedett az együttes NP trágyázással. Ugyanítt az ALA 5,8-ről 2,2%-ra, ill. a TRY 1,3-ről 0,6%-ra zuhant. A TRY koncentrációját a K-trágyázás is mérsékelte átlagosan 0,3%-kal, így az abszolút kontrollon mért 1,59-ről 0,35%-ra esett vissza a maximális NPK kezelésben.
3. A gypszena aminosav hozamát a N-trágyázás átlagosan 3-4-szeresére, a P-trágyázás 2-2,5-szeresére, míg a K-trágyázás 20-30%-kal növelte. A 28. éven át nem trágyázott abszolút kontroll és a maximális N₃P₃K₃ trágyázási szint között az ALA és TRY hozama 3-4-szeres, a szénatermés 5-szörös, az egyéb aminosav hozamok átlagosan 8-12-szeres növekedést mutatott. A HIS 14, PRO 16, GLY 18, CYS 20-szoros hozamnövekedést ért el a kontrollhoz képest. Az esszenciális aminosavak tömege 774 kg/ha, összes aminosavak tömege 1552 kg/ha, nyersfehérje hozama 1779 kg/ha-t ért el a N₃P₃K₃ ellátottságon.
4. Az NxP kölcsönhatások eredményeképpen az ASP/ALA aránya az NP-kontrollon mért 1,2-ről 4,7-re, ARG/TRY aránya ugyanítt 2,5-ről 6,3-ra, HIS/TRY aránya 2,9-ről 9,7-re tágult az együttes NP-túlsúly nyomán. A trágyázás inbalanszt hozhat létre egyes aminosav-párok között, antagonizmust indukálva. Hasonló viszonyok között a takarmány triptofán kiegészítésre szorulhat az aminosav egyensúly helyreállítása céljából.

Kulcsszavak: telepített gyep, NPK műtrágyázás, aminosav tartalom, aminosav hozam

SUMMARY

The effects of different N, P and K supply levels and their combinations were examined on the amino acid content and yield of an established all-grass sward with seed mixture of eight grass species in the 28th year of a long term fertilization field experiment set up on a calcareous chernozem loamy soil. The lay-out and method of the trial, as well as the fertilizer responses on the hay yield and quality parameters, were published elsewhere (Kádár, 2005; Kádár and Győri, 2005). The soil of the growing site contained around 3% humus, 5% CaCO₃, 20-22% clay in the ploughed layer and was originally moderately well supplied with available K, Mg, Mn and Cu and poorly supplied with P and Zn. The trial included 4Nx4Px4K=64 treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. The fertilizers applied were Calcium ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The groundwater table was at a depth of 13-15 m and the area was prone to drought. In 2001, however, the area had a satisfactory amount of 621mm precipitation with a fairly good distribution. The grass was established on 21. September 2000. The main results and conclusions can be summarised as follows:

1. The content of GLU, ASP, HIS and ARG increased in the crude protein of the 1st cut hay as a function of N-fertilization up to 12-19%. The same time the content of PRO decreased up to 23%, CYS up to 25%, TRY up to 42% and ALA up to 48% compared to the N-control. The P fertilization raised the concentration of ASP, LEU, GLY, HIS, PHE and CYS, while the content of ALA dropped down to 41% that of P-control.
2. As a function of NxP positive interactions the content of ASP rose from 7.2 to 10.3%, HIS from 3.8 to 5.8%, ARG from 3.2 to 4.2% compared to the NP control, while the content of ALA diminished from 5.8 to 2.2%, TRY from 1.3 to 0.6%. The K fertilization also depressed the TRY synthesis. The N₀P₀K₀ plots showed 1.59% TRY in protein, while the N₃P₃K₃ maximum supply plots only 0.35%.
3. The yield of amino acids was enhanced 3-4 times by N fertilization, 2.0-2.5 times by P fertilization and 20-30% by K fertilization. The amino acid yield increased on the N₃P₃K₃ plots, compared to the N₀P₀K₀ plots, in the case of ALA and TRY 3-4 times. Most of the other amino acids yielded 8-12 times more, HIS 14 times, PRO 16 times, GLY 18 times and CYS 20 times more. The maximum yield of essential amino acids made up 774 kg/ha, the total amino acid yield 1552 kg/ha and crude-protein 1779 kg/ha in the 1st cut hay.
4. As a result of NxP interactions the ratio of ASP/ALA changed from 1.2 to 4.7, that of ARG/TRY from 2.5 to 6.3, that of HIS/TRY from 2.9 to 9.7 with the increased NP supply. Thus, fertilization can induce an imbalance of amino acids and so change or deteriorate the biological quality of protein. In

similar circumstances the forage may require a TRY supplement to restore the imbalance of amino acids.

Keywords: *established all-grass, NPK fertilization, amino acid content, amino acid yield*

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ismert, hogy a takarmányok fehérjetartalmának minősége, azaz biológiai vagy tápláléértéke eltérő. Meghatározó az alkotó aminosavak garnitúrája. A takarmányban található és az állat fehérjeszintézisében szereplő több mint 20 aminosav közel felét az állat nem képes előállítani, tehát a táplálékból készen kell kapnia. Ezek a nélkülözhetetlen vagy esszenciális aminosavak. A kérődzők kevésbé igényesek, mivel a bendő mikroorganizmusai segítségével megfelelő fehérjéket készíthetnek egyéb N-tartalmú anyagokból is. Feltételesen esszenciálisnak minősülhet egy aminosav, ha a szervezet más aminosavból előállíthatja. A metioninből például cisztin, fenilalaninból tirozin keletkezhet. Ha tehát a takarmányban elegendő a MET és a PHE, akkor a CYS és a TYR nem minősül esszenciálisnak (Schmidt, 1993; Fekete, 2003).

Az aminosavak szükséglet szerinti csoportosítása alapján a mindenevő állatok számára nélkülözhetetlennek minősül az ARG, HIS, ILE, LEU, LYS, MET, PHE, THR, TRY, VAL, GLY, PRO. Utóbbi két aminosav a baromfi számára. Feltételesen nélkülözhető a CYS és TYR, ill. nélkülözhető általában az ASP, ALA, GLU, SER, PRO, GLY és ARG. Általánosan elfogadott, hogy annak a fehérjének a legjobb a biológiai értéke, amelynek aminosav-garnitúrája legjobban megközelíti a belőle előállított termék aminosav-összetételét. Aminosavak meghatározott arányban épülnek be az állat testébe. Hiány esetén a többi esszenciális aminosav beépülése a limitáló aminosavhoz igazodik, tehát követi a Liebig-féle minimum törvényt. Egységnyi fehérje szintézise ugyanakkor meghatározott mennyiségű energiát igényel. Az energiataralom szintén limitálható, fontos tehát a takarmány fehérje/energia aránya (Schmidt, 1993; Fekete, 2003).

Az ásványi elemekhez hasonlóan az aminosavak között is felléphet egyensúlyzavar, pl. antagonizmus a kémiai rokon aminosavak között a közös transzportfehérje miatt. Ilyen antagonisták a LEU-ILE, ILE-VAL, PHE-VAL, THR-PHE párok. Az egyes aminosavak extrém túlsúlya toxicitást is eredményezhet. Az aminosavellátás folyamatossága hiányt szenvedhet az időbeni csúszás miatt, amennyiben a aminosavak készlete nem megfelelő az állati szervezetben. A fehérjeépítés zavartalanságához ugyanis elvileg az összes aminosav egyidejű jelenléte szükséges. Az állatok viszont gyakran jelentős időbeni eltéréssel kapják az eltérő összetételű takarmányokat.

Az aminosavakra, ill. a fehérjékre vonatkozó ismereteink nem régi keletűek. Günter (1992) a

takarmányozástannal foglalkozó tudomány fejlődését áttekintve az alábbi lépcsőfokokat különbözteti meg:

1. Tiszta empirikus takarmányozás
2. Thaer-féle szénaegyenérték szerinti empirikus takarmányozás
3. Liebig-féle tápanyagforgalom és tápanyag-funkciók (tudományos alapok)
4. Wolff és Kühn takarmányanalízisei
5. Henneberg és Stohmann takarmányvizsgálatai (emészthető tápanyagok)
6. Pettenkoffer és Voit gázcsere vizsgálatai
7. Berthelot és Stohmann kalorimetriás vizsgálatai
8. Kellner-féle energiamérlegek, zsírképződés, keményítőértékek
9. Zuntz-féle indirekt kalorimetria
10. Thomas és Mitchell nyomán a biológiai fehérjeérték fogalma
11. Funk és Scheunert nyomán a vitaminok és biológiai hatóanyagok

Valójában azonban a fehérjével kapcsolatos ismeretek gyökerei a liebigi korba nyúlnak vissza. Liebignél az ásványi elemek és a szerves tápanyagok együtt jelennek meg, melyek forgalma először válik mérhetővé és nyomon követhetővé. Így pl. az ásványi elemek mozgása a talaj-trágya-növény-állat rendszerben. A fehérje, zsír, szénhidrát szerves tápanyagok forgalma a takarmány-állat, vagy táplálék-ember viszonylatban. Liebig ezzel lerakta az érintett tudományágak alapjait, bevezetve a mennyiségi kísérleti módszertant a növénytáplálás, takarmányozást, élelmiszertémát, sőt a klinikai orvostudomány számára. A kémiában Lavoisier által az 1700-as évek végén bevezetett kvantitatív módszereket/mérlegeket alkalmazta és ehhez az analitikai eljárásokat is zseniálisan továbbfejlesztette (Liebig, 1840-1876; Liebig, 1842).

A liebigi módszertan és analitika ugyan zseniális volt és új területeket tárt fel, de következtetései és elméletei gyakorta nem állták ki az idők próbáját. Utalhatunk a fehérje-anyagszere, a fibrin és albumin keletkezése, vagy a növénytáplálásban hangoztatott légköri N-források szerepére. Mai szemmel talán túlságosan is primitívnek tűnhetnek esetenként magyarázatai, de elődeihez képest mégis új korszakot nyitott. Hibái döntően abból erednek, hogy nem végzett élettani kísérleteket. Sem növénytáplálási/trágyázási, sem takarmányozástani kísérleteket.

A jelenségek nem magyarázhatók pusztán kémiai folyamatokkal, hiszen élő szervezetekkel dolgozunk. Először kísérletesen kell feltárni a részjelenségeket, azután általánosítani. A liebigi dedukció módszere kevésbé alkalmazható, az általánosból a helyi konkrét viszonyokra nehéz következtetni, amikor a rendszerek túl bonyolultak. Liebig időnként túl bátran általánosított mások „megbízható” kutatási eredményeit szintetizálva, és vont le messzemenő következtetéseket. A röviden Állatkémia néven ismertté vált könyve előszavában a következőket írja: „Célom az új kémiai módszerek alkalmazása az élettan és a patológia területén.

Anatómia és a mikroszkópiai kutatások az élet törvényeit nem tudták feltárni, mert azok nem gondolhatók el a kémiai erők pontos ismerete nélkül” (Liebig, 1842).

Könyvének „A légzés és táplálkozás” c. fejezetében olvashatjuk a szerves tápanyagokra vonatkozó kitétel: „Az állati és emberi táplálék két osztályba sorolható, úgy mint N-tartalmú és N-mentes. Az első rendelkezik azzal a képességgel, hogy a vérbe jusson. A másik nem. A vérképzésre alkalmas táplálékból képződnek a szervek, míg a másik az egészséges állapot fenntartásához szükséges légzést biztosítja. A N-tartalmú fehérjéket plasztikus tápláléknak (plastische Nahrungsmittel), a N-mentes szénhidrátokat, zsírokat légzési anyagoknak (Respirationsmittel) nevezzük.”

Liebig helyesen utal arra, hogy a hőtermelést O_2 -felvétel és CO_2 -termelés kíséri. Szerinte azonban a légzési folyamat eltérő a fenntartó és a termelő állatnál. A légzés szénhidrátot és zsírt használ, míg a munkavégzés főként fehérjét. Ha kevés a fehérje a táplálékban saját izomszöveteit használja el. Extra nehéz munkánál tehát extra mennyiségű fehérjére van szükség. A felnőtt ember átlagosan 7 órát alszik, és 17 órát van ébren. Az idős ember fele annyit alszik, ezért fele annyi munkavégzésre képes. Ha többet dolgozik, lefogy/elfogy. Az újszülött sokat alszik és keveset mozog, így tömege gyorsan nő. A trópuson kevesebbet mozgunk és kisebb az O_2 -felvétel, ezért kevesebb táplálékra van szükségünk, mert a táplálékfelvétel a rendszerbe lépő O_2 -felvétel függvénye (Liebig, 1842).

Ma már tudjuk, hogy a hőképzés és a munkavégzés szénhidrátokkal, zsírokkal vagy fehérjével egyaránt biztosítható. A fehérje azonban kevésbé hatékony, mert némely alkotói nem teljesen égnek el a testben. Emellett több hőt termel, melyet nem tudunk munkavégzésre fordítani. A kísérletek is ellentmondanak a feltételezésnek. A N-kiválasztást kevésbé befolyásolja a sport vagy a munkavégzés. Liebig némileg misztifikálta a fehérje, ill. a hús fogyasztását utalva arra, hogy a húsevő ragadozók gyorsak és erősek a növényevőkhöz képest.

Howe (1992) szerint Liebig hibás szemlélete napjaink táplálkozási szokásaiban is tükröződik. Annak ellenére, hogy a liebigi húskivonat kimerültség, gyengeség, depresszió elleni hatását nem sikerült igazolni. Helyesen mutatott rá viszont arra, hogy a szénhidrátokból zsír képződik. Libahízalásnál több zsírt találunk a testben, mint a felhasznált takarmányban. A hús valóban fontos és ízletes táplálék, a benne levő zsír lassítja az áthaladást a gyomorban és hosszan tartó jóllakottság, ill. komfort érzését adja. Emellett vitaminok és egyéb tápelemek forrása, összetevőinek hatását nehéz szétválasztani.

Liebig úgy gondolta, hogy a testszövetek a vér fő alkotóiból, az albuminból és a fibrinből épülnek fel, és ezeket a növények szintetizálják. Növényevők közvetlenül a növényből, ragadozók pedig más állatokból veszik fel és építik be a testükbe. A fehérjék elemösszetétele, egyéb fiziko-kémiai tulajdonságai, mint az oldhatóság, koaguláció

azonosak a növényi és az állati szervezetben. Ma ismert, hogy a fehérjék aminosavakra esve abszorbeálódnak és a vér útján szállítva jutnak el azon szövetekhez, ahol új fehérjékké alakulnak. Az idegen fehérje allergiát vált ki, ezért határozzuk meg a vér típusát transzfúzió előtt. Fehérjeallergia esetén aminosavakkal helyettesíthető a hiányzó fehérje.

A fehérjék tápértékét, ill. minőségét megkülönböztetve ma esszenciális és nem esszenciális aminosavakról beszélünk. Liebig ismerte a leucint, glicint és felfedezte a tirozint. Tudta, hogy P és S lehet a fehérjékben. Érdekelték az ásványi összetevők: K, Na, P, S, Cl. Hangsúlyozta, hogy a Na és Cl főként a vérben, P és a K az izomban található. Az agyszövetben sok a P, ezért úgy vélte, hogy a gondolkodáshoz P-dús táplálék szükséges („Ohne Phosphor kein Gedanken”). A P-ra valóban szükség van, de mint utólag beigazolódott a P-dús táplálék semmiféle extra szellemi teljesítményt nem nyújt – jegyzi meg Howe (1992).

Liebig átfogó számításokat is végzett, hogy az élelem tápértékét, ill. annak „mechanikus erejét” megbecsülje annak C, H, N készlete alapján és magyarázza az állati mozgás jelenségét, a szerves anyag oxidációját. Glas (1976) utóbb arra hívta fel a figyelmet, hogy Liebig pusztán input/output adatokkal dolgozott. Azt vizsgálta, mennyi megy be és mi jön ki. A mérlegek arra azonban nem adnak választ, hogy mi történik a szervezetben. A takarmányérték egyébként sem azonos annak elemkészletével, s az állat nem egy önjáró kályha. Analitikai adatok nem helyettesíthetik a kísérleteket. Ami pedig a liebigi fehérje áthasonulását illeti, ellentétes a napi tapasztalattal is. A szoptatás anyatejet termel tejivás nélkül, ill. kazeint tartalmazó növényi táplálék nélkül. Az újszülött pedig pusztán az anyatej kazeinjából építi testét.

Nehring (1965) a takarmányérték, minőség és trágyázás kapcsolatát elemezve aláhúzza, hogy a minőség fogalma relatív, a használati cél függvénye. Fontos számunkra a takarmány biológiai értéke, mely az állat teljesítményét, egészségét és az állati termék minőségét meghatározza. Megkülönbözteti a szerves tápanyagok csoportját a takarmányban, melyek döntően az állati test építőanyagai és energiaforrásai: nyersprotein (fehérjét adja), nyerszsír (főként az energiát szolgáltatja), nyersrost (emészthetőséget segíti elő), N-mentes kivonható anyagok (energiaforrások). Az esszenciális tápanyagok csoportjába sorolja az esszenciális aminosavakat, zsírsavakat (többszörösen telített), vitaminokat, enzimeket, ásványi elemeket. Utóbbiaknak elsősorban az élettani funkciójuk a meghatározó, bár éles határ e tekintetben nem húzható a takarmány-összetevők két csoportja közé.

A szerző szerint a N-trágyázással nő a nyersprotein, ezzel az amid-N, NO_3 -N és az aminosavak %-a is a fehérjében, viszont csökken a valódi fehérje aránya. A P-trágyázás segíti a N beépülését, így közvetetten szintén serkenti a nyersfehérje felhalmozódását a szénában. A takarmány fehérje és P tartalma általában párhuzamosan nő. Az együttes PK trágyázás nagyobb

nyersfehérje és valódi fehérje tartalmát és hozamot, viszont kisebb nyersrost és N-mentes kivonható anyagot eredményezhet. Réti szénában ez a hatás arra is visszavezethető, hogy többszöröse nőhet a pillangósok aránya a füvek és a gyomok rovására (Nehring, 1965).

Voisin (1961, 1964, 1965) szerint az állat és az ember egészsége végső soron a talaj összetételétől függ, azaz a talaj-növény-állat-ember sorsa összefonódik, ahogy erre az 1964-ben megjelent könyvének címe is utal. A műtrágya csodálatos eszköz bölcsen alkalmazva: megtöbbszörözheti a termést, javulhat a minőség, nőhet a jólét. Franciaországi példákban azonban azt is bemutatta, hogy a tartós egyoldalú N-használat nyomán egy idő után csak a zöld fűtermés nőtt, míg a tej és hús termelése pangott. Fellépett helyenként a fűtetánia, sterilitás, csontdeformáció és egyéb rendellenességek. A N-túlsúly növeli a nyersfehérjét, de csökkentheti a valódi fehérje arányát és a limitáló esszenciális aminosavak mennyiségét. Így végső soron romolhat a fehérje biológiai értéke.

A szerző szerint az a régi mondás, hogy a talajtól függ az állat, napjainkban úgy módosulhat, hogy a műtrágyáktól függ az állat. A legelő állatnál, ill. ha a gazda a takarmányt maga eteti fel, a trágyák hatása közvetlenül jelentkezik. A következmények komolyak: „Egy mobilis elem túlsúlya a talajban csökkenti más elem hatékonyságát és idővel a termést is. Mindez érinti a biológiai minőséget. Műtrágyáknak elsősorban a minőségét kell javítani, vagy legalábbis nem rontani, a termést növelve. A minőség prioritást élvez a termés, a mennyiség felett, mert a normális anyagcserét tartja fenn állatban és emberben” (Voisin, 1965).

A tápláléklánc egészének vizsgálata nehézségekbe ütközik, mert ehhez szükség lenne az agrokémikus, az állatorvos és az orvos érdemi együttműködésére. A kiegyensúlyozatlan ásványi ellátás végső soron daganatos megbetegedéseket, rákot okozhat a fogyasztó állatban és emberben. Úgy tűnik, az emberi egészségnek nincs kereskedelmi értéke, az állat kondíciójának viszont igen. A talajtermékenység fenntartása céljából tehát nem csak vagy nem pusztán a terméssel elvitt elemeket kell pótolni, hanem a műtrágyázás nyomán minimumba került, vagyis az ionantagonizmusok eredőjeként „eltűnt” tápelemeket is, melyekkel kiegészítendő a rendszeresen alkalmazott műtrágyák (Voisin, 1961, 1964).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletet 1973. őszén állítottuk be Mezőföldön, Intézetünk nagyhőrsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3-5 % CaCO_3 -ot és 3 % humuszt tartalmaz. A pH(KCl) 7,3, az AL- P_2O_5 60-80 mg/kg, AL- K_2O 140-160 mg/kg, KCl-oldható Mg 150-180 mg/kg. Ami a KCl+EDTA-oldható mikroelemeket illeti a Mn 80-150 mg/kg, a Cu 2-3 mg/kg, a Zn 1-2 mg/kg értékkel jellemezhető. A hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek

alapján ezek az adatok igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a kísérleti terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny (Kádár et al., 2000).

A N-t megosztva, felét ősszel, felét tavasszal alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P_2O_5 ill. K_2O adaggal történik, 5-10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999. őszén végeztünk PK feltöltő trágyázást. A N, P és K műtrágyákat 4-4 szinten adagolva 1973. őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk $4\text{N} \times 4\text{P} = 16 \times 4\text{K} = 64$ kezelés $\times 2$ ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$, elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv ill. az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A vezérnövény virágzása előtti stádiumban, 2001-ben és 2002-ben 2-2 kaszálást végeztünk, míg a szárazabb 2003. évben csak egy kaszálásra került sor. A parcellák szegélyétől 1,4 m-et jobbról és balról hagyva $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$ nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás hatásának kizárása céljából. Laboratóriumi vizsgálatok céljára, parcellánként 15-20 helyről a fűkasza után, átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét 50 °C-on történt szárítást követően, majd finomra őröltük és 23-25 elemre vizsgáltuk cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos cc. H_2SO_4 +cc. H_2O_2 feltárásból határoztuk meg. A NO_3 -N készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük Thammné (1990) által ajánlott módszerrel.

Kaszálásonként és parcellánként bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, boritottságát, magasságát. Az egyes komponensek változását dr. Szemán László (SZIE Gödöllő), a gyomosodást dr. Radics László (KÉE, Budapest), a minőségi vizsgálatokat dr. Györi Zoltán (DE, Debrecen) végezte. A telepítés előtt talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20-20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a NH_4 -acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket Lakanen és Erviö (1971) szerint, valamint az NH_4 -laktát-oldható PK tartalmat Egnér et al. (1960) szerint.

Az $\text{N} \times \text{P} \times \text{K}$ másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős $\text{N} \times \text{P}$, $\text{N} \times \text{K}$, $\text{P} \times \text{K}$ táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8-8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük 32-32 ismétlés átlagában. A kétirányú vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az $\text{SzD}_{5\%}$ értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel.

Az aminosavak meghatározása ioncserés oszlopkromatográfias módszerrel történt a Magyar Takarmánykódex (1990) II/1. kötetében leírtak alapján a Debreceni Egyetem Műszerközpontjában. Korábbi vizsgálataink során azt találtuk, hogy az aminosav összetétel genetikailag viszonylag stabil és a növényfajra jellemző képet mutat. Ugyanebben a kísérletben, 1976-ban kukoricát termesztettünk. A kukoricafehérje különösen gazdag volt leucinban és glutaminsavban, valamint szegény hisztidin, lizin, metionin és triptofán aminosavakban. A magfehérje aminosav garnitúrája érdemben nem módosult az NPK ellátottság függvényében. Csökkenő sorrendben és átlagosan a glutaminsav 19; leucin 12; prolin 9; alanin és aszparaginsav 7; arginin, fenilalanin és szerin 4,5-5,0; izoleucin, lizin, metionin, glicin, treonin és tirozin 3,0-4,0; hisztidin 27; cisztin 2,4; valin 1,7%-ot tett ki a magfehérjében (Kádár et al., 2000).

Kísérletünkben az 1990. évben borsót termesztettünk. A borsómagban dominált a glutaminsav, arginin és az aszparaginsav 10-16% közötti koncentrációban; a lizin és a leucin 6-9% körüli mennyiséget tett ki, míg a metionin, triptofán és cisztin 0,5% körül alakult vagy alatta maradt. A N-trágyázással általában mintegy 5%-kal csökkent az aminosavak mennyisége a fehérjében. Kivételt az arginin jelentett. A kontroll kezelésben a magfehérje 97%-át, míg a N-nel túltrágyázott talajon 87%-át alkották az aminosavak. A nyersfehérje ugyanitt 23%-ról 30%-ra emelkedett. A PK ellátottsági szintek az aminosav-összetételt nem befolyásolták (Kádár et al., 2003).

A borsómaggal etetési kísérletet végeztünk patkányokkal. A patkánycsoportok átlagos testtömeg gyarapodása 2-3-szorosára emelkedett a kontrollhoz képest, azaz 5%-ról 10-14%-ra a 10. nap után, amikor P-dús maggal történt az etetés. A P-kontrollon 0,33%-ot, míg a P₃-ellátottságon 0,52%-ot tett ki a P-tartalom a magban. A N-hatások nem voltak igazolhatók a testtömeg gyarapodásában. A takarmány nyersfehérje beépült %-át, azaz a nettó fehérjehasznosítást (NPU) vizsgálva megállapítottuk, hogy a N-trágyázás mérsékelte, míg a P-dús takarmány növelte a fehérjehasznosítást. Maximális fehérjebeépülést az egyoldalúan P-túlsúlyos takarmány eredményezett (Kádár et al., 2003).

EREDMÉNYEK

Az 1. táblázatban bemutatott eredmények szerint igazolhatóan nőtt a GLU, ASP, HIS, ARG, valamint mérséklődött a PRO, ALA, TRY, CYS a gyepszéna nyersfehérjében N-trágyázás hatására. A N-kezelésektől függetlenül átlagosan a LEU 8,1, LYS 6,2, GLY 5,5, VAL 5,5, PHE 5,2, THR 4,9, SER 3,7, ILE 3,6, TYR 2,6, MET 1,0%-ot mutatott. Az adatok a PK kezelések átlagai. Az esszenciális, ill. az összes aminosav mennyisége igazolhatóan nem változott a N-kínálattal, csak tendenciájában mutatott emelkedést. A NO₃-N formát is figyelembe véve a N-kontrollon 84, míg a maximális N-adagnál a nyersfehérjének kerekén 89%-át azonosítottuk.

1. táblázat

A N-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna nyersfehérje aminosav tartalmára 2001. 05. 23-án, %

(Meszes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

Vizsgált Aminosav(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	0	100	200	300		
GLU	11,4	14,8	13,4	13,6	1,2	13,3
ASP	7,8	8,8	9,4	9,7	0,7	8,9
HIS	4,8	5,2	5,4	5,7	0,7	5,3
ARG	3,6	3,8	3,8	4,1	0,4	3,8
PRO	4,3	4,2	3,6	3,3	0,9	3,8
ALA	4,2	3,5	3,0	2,2	0,8	3,2
TRY	1,2	1,1	0,9	0,7	0,3	1,0
CYS	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3
Esszenc.(4)	43,7	44,1	44,7	44,5	2,5	44,2
Összes*(5)	83,6	86,5	86,0	86,0	4,1	85,6
NO ₃ -N	0,5	0,8	1,7	2,6	0,3	1,4
Együtt(6)	84,1	87,3	87,7	88,6	4,8	87,0

*A mért 18 aminosav összege. A N-kezelésektől függetlenül átlagosan a LEU 8,1, LYS 6,2, GLY 5,5, VAL 5,2, PHE 5,2, THR 4,9, SER 3,7, ILE 3,6, TYR 2,6, MET 1,0%-ot mutatott(7)

Megjegyzés: adatok a PK-kezelések átlagai(8)

Table 1: Effect N treatment on the amino acid content (%) of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscök, Mezőföld region)

Measured amino acids(1), N fertilization, N kg/ha/yr(2), mean(3), essential amino acids(4), total(5), total(6), total of 18 measured amino acids; Independent of the N treatments LEU showed 8.1, LYS 6.2, GLY 5.5, VAL 5.2, PHE 5.2, THR 4.9, SER 3.7, ILE 3.6, TYR 2.6, MET 1.0% in the crude-protein(7), note: data given as means of PK treatment(8)

Az említett 4 aminosav tartalmának emelkedése (GLU, ASP, HIS, ARG) a fehérjében nem tűnik jelentősnek, a N-kontrollhoz viszonyítva 12-19% között ingadozik a 300 kg/ha/év N-adagnál. Ugyanitt viszont a prolin 23, a cisztin 25, a triptofán 42, az alanin 48%-os visszaesést jelez az N-kontroll %-ában.

Aggudalomra elsősorban a gyakran limitáló esszenciális aminosav, a triptofán készletének esése adhat okot, mely 1,2%-ról 0,7%-ra süllyed (1. táblázat).

A P-ellátottság javulása 7 aminosav tartalmát módosította a fehérjében. Mérsékelten, de igazolhatóan nőtt az ASP, LEU, GLY, HIS, PHE és CYS, valamint drasztikusan 41%-kal esett az alanin mennyisége a P-kontrollhoz képest. Emelkedett az esszenciális aminosavak, ill. az összes aminosav mennyisége is a P-ellátottsággal, bár utóbbi esetben a növekedés statisztikailag nem bizonyítható (2. táblázat). Kifejezettebb módosulásokat tapasztaltunk az NxP kölcsönhatások nyomán. Az ASP 7,2-ről 10,3%-ra, HIS 3,8-ről 5,8%-ra, ARG 3,2%-ról 4,2%-ra nőtt az együttes NP-kínálattal. Ezzel szemben az ALA 5,8%-ról 2,2%-ra, a TRY 1,3%-ról 0,6%-ra esett ugyanitt.

2. táblázat

A P-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna nyersfehérje aminosav tartalmára, %
(Meszes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Vizsgált aminosav(1)	Ammóniumlaktát (AL)-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	66	153	333	542		
ASP	8,4	8,6	9,1	9,6	0,7	8,9
LEU	7,5	8,2	8,2	8,6	0,8	8,1
GLY	5,2	5,3	5,4	6,0	0,7	5,5
HIS	4,7	5,0	5,5	5,9	0,7	5,3
PHE	5,0	5,2	5,1	5,4	0,4	5,2
ALA	3,9	3,9	2,6	2,3	0,8	3,2
CYS	0,3	0,3	0,3	0,4	0,1	0,3
Esszenc.(4)	42,6	44,1	44,3	46,1	2,5	44,2
Összes*(5)	84,0	85,1	85,2	87,9	4,1	85,6

*A 18 mért aminosav összege(6)

Megjegyzés: adatok az NK kezelések átlagai(7)

Table 2: Effect of soil P-supply levels on the amino acid content (%) of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)

Measured amino acids(1), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer(2), mean(3), essential amino acids(4), total(5), total of 18 measured amino acids(6), note: data given as means of NK treatments(7)

Megemlítjük, hogy a K-trágyázás is mérsékelte a triptofán koncentrációját átlagosan 0,3%-kal. Ennek eredményeképpen az abszolút kontroll talajon mért 1,59% TRY tartalom a maximális NPK terhelés nyomán 0,35%-ra, kevesebb, mint ¼-ére zuhant (3. táblázat).

Mindez megváltoztatta némely aminosav egymáshoz viszonyított arányát is. Amint a 4. táblázatban látható, az ASP/ALA aránya az NP-kontrollon mért 1,2-ről 4,7-re, az ARG/TRY aránya ugyanitt 2,5-ről 6,3-ra, a HIS/TRY aránya pedig 2,9-ről 9,7-re, több mint 3-szorosára tágult a K-kezelések átlagában és az együttes NP-túlsúly nyomán. Az NxP trágyázás következtében antagonizmus jelensége figyelhető meg a bemutatott három aminosavpár között és kialakulhatott az inbalansz. Különösen figyelemre méltó az esszenciális ARG/TRY és HIS/TRY aminosavak közötti arányeltolódás.

A N-trágyázással általában 3-4-szeresére nőtt az egyes aminosavak ha-kénti hozama. Ez alól kivételt tulajdonképpen csak a triptofán képez, mely 2,0-2,5-szeres emelkedést jelez.

A PK-kezelések átlagában számított esszenciális aminosavak mennyisége a N-kontrollon mért 154 kg/ha-ról 492 kg/ha-ra, míg az összes aminosavhozam 293 kg/ha-ról 953 kg/ha-ra emelkedett a maximális N-adaggal.

A szignifikancia határán hozamnövekedést mutatott a 100 kg/ha/év N-túlsúly nyomán a triptofán (5. táblázat).

3. táblázat

NxP ellátottsági szintek hatása a gyepszéna nyersfehérje aminosav tartalmára 2001. 05. 23-án, %
(Meszes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	0	100	200	300		
ASP						
66	7,2	8,7	8,4	9,1	1,4	8,4
153	7,0	8,8	9,4	9,2		8,6
333	8,0	8,7	9,6	10,0		9,1
542	9,1	8,9	10,1	10,3		9,6
Átlag(3)	7,8	8,8	9,4	9,7		0,7
HIS						
66	3,8	5,4	4,9	4,9	1,4	4,7
153	4,1	4,6	5,1	6,2		5,0
333	5,3	5,5	5,4	5,8		5,5
542	6,2	5,3	6,3	5,8		5,9
Átlag(3)	4,8	5,2	5,4	5,7		0,7
ARG						
66	3,2	3,6	3,8	4,0	0,8	3,6
153	3,3	3,8	3,7	4,2		3,7
333	3,6	4,2	3,7	4,2		3,9
542	4,2	3,8	3,9	3,8		3,9
Átlag(3)	3,6	3,8	3,8	4,1		0,4
ALA						
66	5,8	3,8	3,9	2,2	1,6	3,9
153	6,0	3,9	3,6	2,3		3,9
333	2,2	4,0	2,2	2,2		2,6
542	2,6	2,2	2,2	2,2		2,3
Átlag(3)	4,2	3,5	3,0	2,2		0,8
TRY						
66	1,30	1,02	1,10	0,76	0,49	1,04
153	1,36	1,16	1,08	0,74		1,09
333	1,00	1,19	0,71	0,75		0,91
542	0,96	1,16	0,74	0,60		0,86
Átlag(3)	1,15	1,13	0,90	0,72		0,25

Megjegyzés: adatok a K-kezelések átlagai. A K-trágyázás a TRY koncentrációját 0,30%-kal szintén csökkentette. Az abszolút kontroll 1,59%, az N₃P₃K₃ kezelés 0,35% TRY tartalmat mutatott(4)

Table 3: Effect of NxP supply levels on some amino acid contents (%) of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)

Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer(1), N fertilization, N kg/ha/yr(2), mean(3), note: data given as means of K treatments. The TRY content was depressed also by K fertilization, so TRY showed on N₀P₀K₀ 1.59%, while on N₃P₃K₃ plots 0.35%(4)

4. táblázat

NxP ellátottsági szintek hatása néhány aminosav
nyersfehérjében mért arányára a gyepszénában
2001. 05. 23-án

(Meszes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	0	100	200	300		
ASP/ALA						
66	1,2	2,3	2,2	4,1	1,4	2,4
153	1,2	2,3	2,6	4,0		2,5
333	3,6	2,2	4,4	4,5		3,7
542	3,5	4,0	4,6	4,7		4,2
Átlag(3)	2,4	2,7	3,4	4,3	0,7	3,2
ARG/TRY						
66	2,5	3,5	3,5	5,3	1,0	3,7
153	2,4	3,3	3,4	5,7		3,7
333	3,6	3,5	5,2	5,6		4,5
542	4,4	3,3	5,3	6,3		4,8
Átlag(3)	3,2	3,4	4,4	5,7	0,5	4,2
HIS/TRY						
66	2,9	5,3	4,5	6,4	1,6	4,8
153	3,0	4,0	4,7	8,4		5,0
333	5,3	4,6	7,6	7,7		6,3
542	6,5	4,6	8,5	9,7		7,3
Átlag(3)	4,4	4,6	6,3	8,0	0,8	5,8

Megjegyzés: adatok a K-kezelések átlagai(4)

Table 4: Effect of NxP supply levels on some amino acid ratios of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscök, Mezőföld region)

Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer(1), N fertilization, N kg/ha/yr(2), mean(3), note: data given as means of K treatments(4)

Mérsékeltbben 2-2,5-szeresére nő általában az aminosavhozam a P-kínálattal. Kivételt jelent ez alól a prolin, alanin és a triptofán, melyek hozamának maximumait nem az extrém nagy 542 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságon, hanem a „közepesnek” minősülő 153 mg/kg AL-P₂O₅ tartalmú talajon találjuk. Az NK kezelések átlagaiban számított esszenciális aminosavak mennyisége a P-kontroll talajon mért 212 kg/ha-ról 460 kg/ha-ra, míg az összes aminosavhozam 415 kg/ha-ról 879 kg/ha-ra emelkedik az extrém nagy P-ellátottság nyomán (6. táblázat). Kismértékben a K-kínálat is pozitív hatást gyakorolt az aminosavhozamra. A 7. táblázatban közölt adatok szerint nyolc aminosav esetében a változás igazolható volt és általában 20-30%-os növekedéssel párosult a kontrollhoz viszonyítva. Az NP-kezelések átlagaiban számított esszenciális aminosavak mennyisége a K-kontroll talajon mért 328 kg/ha-ról 402 kg/ha-ra, míg az összes aminosavhozam 625 kg/ha-ról 774 kg/ha-ra emelkedett a maximális K-kínálattal.

5. táblázat

N-trágyázás hatása a gyepszéna aminosav hozamára
2001. 05. 23-án, kg/ha

8meszes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

Vizsgált aminosav(1)	N-trágyázás, N kg/ha/év(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	0	100	200	300		
1. GLU	40	123	124	151	15	109
2. ASP	28	75	90	107	9	75
3. LEU	28	73	79	86	10	67
4. LYS	23	54	55	69	6	50
5. GLY	21	40	52	66	10	45
6. HIS	18	44	52	63	7	44
7. VAL	18	40	54	58	7	43
8. PHE	17	45	49	58	7	42
9. THR	17	41	45	56	5	40
10. ARG	12	33	36	45	5	31
11. PRO	15	35	31	37	7	30
12. SER	13	32	33	42	4	30
13. ILE	12	29	36	38	4	29
14. ALA	14	29	26	25	7	23
15. TYR	8	23	25	30	3	21
16. MET	4	8	9	12	2	8
17. TRY	4	10	8	8	2	7
18. CYS	1	2	3	4	1	3
19.Esszenc.(4)	154	377	424	492	42	362
20.Összes (5)	293	735	809	953	76	698

Megjegyzés: Adatok a PK kezelések átlagai(6)

Table 5: Effect of N fertilization on the aminoacid yield (kg/ha) of hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscök, Mezőföld region)

Measured amino acids(1), N fertilization, N kg/ha/yr(2), mean(3), essential amino acids(4), total of 18 measured amino acids(5), note: data given as means of PK treatments(6)

A bemutatott adatokból az is megállapítható, hogy esetenként már a „közepes” 193 mg/kg AL-K₂O, vagy a „kielégítőnek” minősülő 279 mg/kg AL-K₂O tartalom felett az aminosavhozam többletei nem igazolhatók.

A 8. táblázatban a légszáraz gyepszéna %-ában tüntettük fel az aminosavakat csökkenő mennyiségük sorrendjében és az 5 kiemelt kezelés függvényében. Az adatokból látható, hogy a maximális NPK kínálattal az aminosavak koncentrációja a nyersfehérjével együtt a legtöbb esetben 2-3-szorosára emelkedik. Kivétel az alábbi aminosavak jelentik: LYS és TYR tartalma átlagosan 30-50%-kal nőhet; ALA igazolhatóan nem módosul; a TRY felére csökken, míg a CYS négyszereződik. Feltüntetjük a NO₃-N %-ait is. Az aminosavak + NO₃-N együttes mennyisége 8%-ot ér el az abszolút kontroll, ill. 18%-ot az N₃P₃K₃ kezelésben. Tehát követi a nyersfehérje %-át, annak mintegy 9/10 részét téve ki.

6. táblázat

P-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna aminosav hozamára
2001. 05. 23-án, kg/ha
(meszes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Vizsgált aminosav(1)	Ammoniumlaktát (AL) oldható P ₂ O ₅ mg/kg(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	66	153	333	542		
1. GLU	68	113	120	136	15	109
2. ASP	42	76	84	98	9	75
3. LEU	37	70	74	85	10	67
4. LYS	29	55	56	61	6	50
5. GLY	26	44	48	61	10	45
6. HIS	24	44	50	59	7	44
7. VAL	27	43	45	56	7	43
8. PHE	25	45	46	54	7	44
9. THR	24	40	45	50	5	40
10. ARG	18	33	36	39	5	31
11. PRO	18	36	32	33	7	30
12. SER	18	31	34	38	4	30
13. ILE	18	30	31	37	4	29
14. ALA	18	29	24	23	7	23
15. TYR	12	22	25	27	3	21
16. MET	5	9	9	10	2	8
17. TRY	5	9	8	8	2	7
18. CYS	1	2	3	4	1	3
19. Esszenc.(4)	212	377	398	460	42	362
20. Összes(5)	415	730	766	879	76	698

Megjegyzés: Adatok az NK kezelések átlagai(6)

Table 6: Effect of soil P-supply levels on the amino acid yield (kg/ha) of hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured amino acids(1), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer(2), mean(3), essential amino acids(4), total of 18 measured amino acids(5), note: data given as means of NK treatments(6)

Itt is szembevetendő a gyepszéna triptofánban való elszegényedése a műtrágyázás eredményeképpen. Így pl. az N₀P₀K₀ abszolút kontroll talajon fejlődött szénában a hisztidin/triptofán aránya 2,5. Ezzel szemben az N₃P₃K₃ maximális ellátottságon a hisztidin triptofánhoz viszonyított túlsúlya 15-re tágul, tehát 6-szorosára nőhet. A hasonlóképpen trágyázott széna elvileg triptofán kiegészítésre szorulhat az aminosav egyensúly helyreállítása céljából. Természetesen a többi aminosavra is fennáll a trágyázás módosító hatása, az inbalansz jelensége (8. táblázat).

7. táblázat

K-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna aminosav hozamára
2001. 05. 23-án, kg/ha
(Karbontásos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

Vizsgált aminosav(1)	Ammoniumlaktát (AL) oldható K ₂ O mg/kg(2)				SzD _{5%}	Átlag(3)
	135	193	279	390		
1. ASP	65	75	76	83	9	75
2. LEU	60	62	68	76	10	67
3. GLY	40	42	45	52	10	45
4. HIS	39	44	44	50	7	44
5. VAL	39	42	43	47	7	43
6. THR	35	39	41	44	5	40
7. ALA	20	23	23	27	7	23
8. CYS	2	2	3	3	1	3
9. Esszenc.(4)	328	353	363	402	42	362
10. Összes(5)	625	684	707	774	76	698

Megjegyzés: Adatok az NP kezelések átlagai(6)

Table 7: Effect of K supply levels on the amino acid yields (kg/ha) of hay on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld region)

Measured amino acids(1), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O in the plow layer(2), mean(3), essential amino acids(4), total of 18 measured amino acids(5), note: data given as means of NP treatments(6)

A kiemelt 5 kezelés reprezentálja, hogy milyen határok között változhat a gyepszéna aminosav hozama, hogyan alakult az esszenciális és összes aminosavak betakarított mennyisége, a nyersfehérje tömege és a szénatermés a 28 év alatt létrejött extrém tápláltsági szintek függvényében. Eredményeinket a 9. táblázat foglalja össze. Az alanin és a triptofán hozama 3-4-szeresére, a szénatermés 5-szörösre, az aminosavak többségének tömege 8-12-szeresére, tehát egy nagyságrenddel emelkedett a maximális N₃P₃K₃ ellátottsági szinten, viszonyítva az abszolút kontrollhoz. A hisztidin ezt meghaladóan 14-szeres, a prolin mintegy 16-szoros, a glicin 18-szoros, a cisztin 20-szoros hozamemelkedést ért el. Az esszenciális aminosavak tömege 774 kg/ha, az összes aminosav hozama 1552 kg/ha, a nyersfehérje hozama 1779 kg/ha mennyiséget jelentett a maximális N₃P₃K₃ szinten, egy nagyságrenddel haladva meg a kontrollon kapott értékeket.

8. táblázat

**NPK-ellátottsági szintek és kombinációik hatása
a légszáraz gyepszéna aminosav,
NO₃-N és nyersfehérje tartalmára
2001. 05. 23-án, %**
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj,
Nagyhörcsök, Mezőföld)

Vizsgált aminosav(1)	NPK-ellátottsági szintek ill. kombinációik(2)					SzD _{5%}
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	
1. GLU	1,08	2,30	1,74	2,04	2,65	,88
2. ASP	,79	1,13	1,16	1,56	1,98	,48
3. LEU	,69	1,12	,98	1,32	1,66	,56
4. LYS	,67	,79	,67	,99	1,07	,36
5. GLY	,54	,86	,39	,97	1,85	,52
6. HIS	,38	,71	,63	,87	1,12	,36
7. VAL	,56	,65	,66	,96	1,13	,28
8. PHE	,42	,67	,59	,81	1,01	,28
9. THR	,46	,63	,54	,82	,98	,26
10. ARG	,38	,42	,47	,61	,89	,24
11. PRO	,26	,36	,46	,22	,72	,42
12. SER	,33	,51	,42	,60	,72	,20
13. ILE	,33	,42	,42	,62	,73	,21
14. ALA	,55	,33	,48	,37	,40	,44
15. TYR	,26	,34	,32	,41	,45	,16
16. MET	,07	,19	,14	,17	,18	,06
17. TRY	,15	,10	,11	,13	,07	,06
18. CYS	,02	,08	,02	,07	,09	,04
19. NO ₃ -N	,06	,08	,07	,16	,43	,12
20. Összesen(3)	8,00	11,69	10,27	13,70	18,13	4,0
21. Ny.fehérje(4)	9,04	13,20	11,70	15,50	20,26	5,1

Table 8: Effect of different NPK supply levels and combinations on the amino acid, NO₃-N and crude-protein contents of the air-dried hay on May 23rd, 2001., % (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)

Measured amino acids(1), NPK supply levels or combinations(2), total of 18 measured amino acids + NO₃-N(3), crude-protein(4)

9. táblázat

**NPK ellátottsági szintek és kombinációik hatása a gyepszéna
aminosav és nyersfehérje hozamára (kg/ha), valamint széna
termésére (t/ha) 2001. 05. 23-án**
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Vizsgált aminosav(1)	NPK-ellátottsági szintek ill. kombinációik(2)					SzD _{5%}
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	
1. GLU	19	80	135	160	233	60
2. ASP	14	39	90	123	174	35
3. LEU	12	39	76	104	146	38
4. LYS	12	27	52	78	94	25
5. GLY	9	30	30	76	162	41
6. HIS	7	25	49	68	98	26
7. VAL	10	23	51	76	99	25
8. PHE	7	23	46	64	89	19
9. THR	8	22	42	64	84	19
10. ARG	7	15	36	48	78	18
11. PRO	4	12	36	17	63	30
12. SER	6	18	33	47	63	15
13. ILE	6	15	33	49	64	16
14. ALA	10	12	37	29	35	28
15. TYR	4,5	12	25	32	40	11
16. MET	1,2	6,6	10,9	13,4	15,8	3,5
17. TRY	2,5	3,6	8,6	10,2	6,2	3,5
18. CYS	0,4	2,8	1,6	5,5	7,9	3,5
19. Esszenc.(3)	71	198	405	574	774	170
20. Összesen(4)	138	403	793	1064	1552	305
21. Ny.fehérje(5)	157	458	909	1218	1779	318
22. Széna(6)	1,7	3,5	7,8	7,9	8,8	2,4

Table 9: Effect of different NPK supply levels and combinations on the yield of amino acids, crude-protein in kg/ha and hay yield in t/ha on May 23rd, 2001. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld region)

Measured amino acids(1), NPK supply levels or combinations(2), essential amino acids(3), total of 18 measured amino acids(4), crude-protein(5), hay(6)

IRODALOM

- Egnér, H.-Riehm, H.-Domingo, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. 26:199-215.
- Fekete S. (Szerk.: 2003): Állatorvosi takarmányozás és diétetika. Nyomdaipari és Szolgáltató Kft. Budapest-Zamárdi-Zebegény.
- Glas, E. (1992): The Liebig-Mulder controversy on the method of physiological chemistry. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 107-124. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Günter, K.D. (1992): Die Tierernährungswissenschaften im Wandel der Zeiten. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 89-93. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Howe, P.E. (1992): Liebig and the chemistry of animal nutrition. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 95-106. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Kádár I.-Gulyás F.-Gáspár L.-Zilahy P. (2000): A kukorica (Zea mays L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. I. Növénytermelés. 49-371-388.
- Kádár I.-Fekete S.-Radics L. (2003): A műtrágyázás hatása a borsó (Pisum sativum L.) termésére és minőségére. Növénytermelés. 52:229-242.
- Kádár I. (2005a): Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermetésére és N-felvételére. 1. Gyepgazdálkodási Közlemények. (In print).
- Kádár I.-Györi Z. (2005b): Műtrágyázás hatása a gyepszéna takarmányértékére. 2. Gyepgazdálkodási Közl. 2. (In print)
- 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.
- Liebig, J. von. (1840-1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényéletben. Szerk.: Kádár I.

1996. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Liebig, J. von. (1842): Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. Braunschweig. 342 p.
- Nehring, K. (1965): Düngung, Qualität und Futterwert. In: Handbuch der Pflanzenernährung und düngung. 1260-1354. Ed.: Linsler, H. Dritter Band. Zweite Hälfte. Springer Verlag. Wien. New York.
- Sigmond E. (1904): Mezőgazdasági Chémia. Kir. Magy. Természettudományi Társulat. Budapest.
- Schmidt J. (Szerk: 1993): Takarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Thamm Fné (1990): Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 39:191-206.
- Voisin, A. (1961): Lebendige Grasnarbe. BLV Verlagsgesellschaft. München.
- Voisin, A. (1964): A talaj és a növényzet, az állat és az ember sorsa. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Voisin, A. (1965): Fertilizer application. Soil, plant, animal. Crosby Lockwood. London.