

**Tízéves folyamatos termesztés hatása
a kukorica termésére és a talaj kémiai
tulajdonságainak változására
Nyugat-Nigéria trópusi humid-erdő zónájában**

A talajtermékenység fenntartása, tekintettel a népesség gyorsütemű növekedésére, egyike a trópusi mezőgazdaság leg-súlyosabb problémáinak. Régióta nyilvánvalóvá vált, hogy a munkaigényes ugarrendszerű gazdálkodás elavult, nem gazdaságos.

Néhány szerző (VELASCO és ALHAREDA [18], GRANT [8], CORBEANU [4], SPENSER és STERLING [16], valamint DUBETZ és HILL [5]) megállapítja, hogy magas termésátlag biztosítható hosszú idejű folyamatos termesztéssel is, ha elegendő mennyiségű szerves műtrágyát alkalmaznak. Más szerzők viszont ellenzik a folyamatos termesztést akár trágyázással, akár anélkül, SMYTH és MONTGOMERY [15] adataira hivatkozva, melyek arra utalnak, hogy a trópusi klímaviszonyok között elkerülhetetlen a szervesanyag-veszteség, ez pedig a mineralizáció és a felvehető tápanyag csökkenéséhez vezethet. JAMESON és KERKHAM [9] és DUBETZ és HILL [5] beszámoltak arról, hogy istállótrágya alkalmazása nélkül a talaj maximálisan 3 évig terem biztonságosan.

MAIGNEN [12] kimutatta, hogy folyamatos termesztés hatására a trópusi talajok eredetileg is alacsony humusztartalma csökken. FAUCK [7], VELASCO és ALHAREDA [18], valamint GRANT [8] a talaj pH értékének, humusz-, szén-, összes nitrogén-, kicserélhető kation- és felvehető foszfortartalmának csökkenésére mutattak rá. NYE [13] megállapította, hogy a termesztés alatt bekövetkező szervesanyag-veszteség gyorsan megy végbe trópusi körülmények között. ANDERSON és munkatársai [1] adatai szerint Tanzániában elsősorban a talaj szervesanyag-vesztesége és szerkezeti leromlása idézte elő a folyamatos termesztés alá vont talajok termékenységének csökkenését. GRANT [8] viszont, — a közép-afrikai homokos préritalajokat a folyamatos termesztés körülményei között vizsgálva — arra a következtetésre jutott, hogy a talaj általános értelemben vett termékenysége fenntartható

műtrágyázással, szerves trágyák használata nélkül is. Az ismertetett ellentétes vélemények tisztázására kukorica jelzőnővényvel kísérleteket állítottunk be, hogy megállapíthassuk a folyamatos termesztés hatását a talaj szervesanyag-, szén-, nitrogén-, kicserélhető kálium- és felvehető foszfortartalmára, pH értékére és a C : N arányra.

Anyag és módszer

A kísérletet az Ibadani Egyetem kísérleti gazdaságában állítottuk be, amely Nyugat-Nigéria alföldi humid-erdő zónájában terül el (KEAY [10]). Az átlagos évi csapadék 1350 mm. Ezen a területen száraz és nedves évszakok váltják egymást; a nedves évszak általában március közepétől október végéig tart, egy rövid száraz időszakkal augusztusban. Az átlagos évi középhőmérséklet 25 °C. A kísérlet talaja a trópusi vasas (ferruginous) talajok főcsoportjába sorolható (FAO [6]). A talajok kilügzöttségének mértéke a közepestől az erősig terjed, a humusztartalom az alacsony és közepes szint között változik, különbözően savanyú (gyengétől az erősen savanyúig) kémhatású altalajjal. A talaj morzsás pórusos homokot tartalmaz, színe rendszerint vörös, az Ibadan-sorozat durva szerkezetű agyagos barna talajaihoz sorolható SMYTH és MONTGOMERY [15] adatai alapján. Anyaközege gránit és gneisz.

A terület részletes története nem ismeretes. Mielőtt a kísérleti munka 1959-ben megindult, a földet már művelésbe vonták a helyi gazdálkodási módszerekkel. A kísérlet beállításakor a még néhány megmaradt fát gyökerestül eltávolítottuk és felszántottuk a területet.

A kísérleti területre négyszakasos vetésforgó került, jam (*Dioscorea batatas*) kasszava (*Manihot utilissima*), kukorica, tehénborsó (*Vigna sinensis*), okra (*Hibiscus esculentus*) és juta jelzőnővényekkel. A vetésforgó egy teljes ciklus után megszünt és a termesztés kukorica-pillangós

vetésváltással folytatódott. A kukoricát az év korai, a pillangós növényeket pedig ugyanazon év kései termesztési periódusában vetettük. Az első 4 évben csak a kukoricát műtrágyáztuk, 90 kg N, 45 kg P_2O_5 és 55 kg K_2O /ha hatóanyagoknak megfelelő ammónium-szulfátot, szuperfoszfátot, és kálisót szórtunk ki. A műtrágyázott parcellák mellett kontrollként trágyázatlan parcellákat is fenntartottunk. A forgó befejezése után a trágyázott és trágyázatlan kezelések 4–4 parcelláján a továbbiakban csak kukoricát termesztettünk és a korábbi kezelésekkal azonos mennyiségű műtrágyát használtunk.

A kukorica tőtávolsága 50 cm, sor-távolsága 90 cm volt, a hektáronkénti tőszám: 21 700. A pillangósok sor- és tőtávolsága, valamint hektáronkénti tőszáma a kukoricáéval azonos volt. A netto parcellák mérete: 6 × 14 m (7 sor), 192 növény/parcella növényállománnyal, amit törés után további vizsgálatok céljára használtunk fel.

A műtrágya keveréket a kukoricasorok egyik oldalán 8 cm távolságra nyitott 5–8 cm széles és 8–10 cm mély párhuzamos barázdába szórtuk ki. Termésbetakarítás után a kukoricaszárát minden esetben leszántottuk és előkészítettük a talajt a következő növény számára. A kísérletben két kukorica fajtát használtunk: a *Mexico 5* (1959–1965) és az *NS₁* (1966–1969) fajtát.

A kísérlet folyamán háromszor, és pedig 1959, 1963 és 1969-ben mindegyik parcelláról 30 talajmintát vettünk a talaj felső (0–15 cm-es) rétegéből. A mintákat laboratóriumi előkészítés után légszáraz állapotban 2 mm-es szitán átszitáltuk, majd darálás után egy részét 0,2 mm-es szitán engedték át a talaj szervesanyag-tartalmának meghatározásához.

A nitrogén meghatározásához a Kjeldahl módszert használtuk; a talajminták felvehető foszfor- és kicserélhető kálium-tartalmát LAVERTY [11] módszerével állapítottuk meg, ammónium-fluorid, sósav és ammónium-acetát keverékét használva kivonószerként. A talaj szervesanyag-tartalmát krómsavas roncsolást követően kolorimetriчески, pH értékét Coleman pH-mérővel (1 : 2 arányú talaj : víz oldatban) határoztuk meg. A talaj összes szerves széntartalmát WALKLEY [19] módszerével állapítottuk meg.

Kísérleti eredmények értékelése

Az 1. táblázat bemutatja a talaj szerves anyag-, szén-, nitrogén-, felvehető foszfor- és kicserélhető káliumtartalmában, vala-

mint a C : N arányban a tízéves folyamatos termesztés hatására végbement változásokat. A trágyázott és trágyázatlan parcellák szervesanyag-vesztése között nem volt szignifikáns különbség, jelezve, hogy a műtrágyák folyamatos használatával sem lehet fenntartani a talaj szervesanyag-tartalmát. Így ezek az adatok GRANT [8] megállapításaival ellentétes következtetésekre vezetnek. A termesztés első 4 éve alatt a trágyázott parcellák összes szervesanyag-készlete 17,8%-kal, míg a trágyázatlan kontroll parcellákon 13,6%-kal csökkent. Ez azt jelenti, hogy a trágyázott parcellák átlagos évi vesztesége 4,4%, a trágyázatlan kontroll parcelláké pedig 3,4% a talaj összes szervesanyag-tartalmához viszonyítva. A trágyázás hatására kismértékben növekedett a szervesanyag-vesztés. Az utolsó 6 év alatt a folyamatos termesztés a trágyázott parcellákon összesen 22%, a trágyázatlanokon pedig 14% szervesanyag-vesztésért eredményezett. Évi átlagban ez 3,9% veszteséget jelentett a trágyázott talaj és 2,4%-ot a trágyázatlan talaj esetében. A már redukált szervesanyag-szinten valamivel kevesebb veszteség volt kimutatható.

Hasonló jellegű szervesanyag-vesztés csökkentésről számolt be STEVENSON [17] is. Megállapította, hogy a szervesanyag-vesztés összefügg a talaj szervesanyag-tartalmával.

A kísérlet során a folyamatos termesztés hatására végbement szervesanyag-tartalom csökkenés megegyezett SMYTH és MONTGOMERY [15], valamint JAMESON és KERKHAM [9] adataival, bár a veszteség mértékét kisebbnek találtuk. Ezt a talaj alacsony szervesanyag-szintjének tulajdoníthatjuk, amely valószínűleg a korábbi (azaz 1959 előtti) gazdálkodási módszerek következménye.

A talaj szén- és nitrogéntartalmának változása követte a szervesanyag-vesztések alakulását. A szerves széntartalom csökkenése közelítőleg 3,5% évente. Ez az érték alig tér el a NYE és STEPHANS [14] által becült adatoktól, amelyek (Ghana erdős zónájában) a folyamatos műtrágya használat következtében jelentkező veszteségekre vonatkoztak.

A talajok C : N aránya 12 : 1-ről 10 : 1-re változott. A folyamatos termesztés következtében fellépő C : N arány szűkülés összhangban áll FAUCK [7], valamint VELASCO és ALHAREDA [18] megállapításaival. SMYTH és MONTGOMERY [15] szerint a C : N arány csökkenése befolyásolja a mineralizáció mértékét. Adatainkból nehéz hasonló következtetésekre jutni, de mindenestre megállapítható, hogy a nitrogén-vesztés csökkent a termesztés folyta-

1. táblázat

A talaj pH értékének és tápanyagtartalmának változásai 10 éves folyamatos termesztés alatt

Talajtulajdonságok	Mintavétel éve					
	1959		1963		1969	
	trágyázott	trágyázatlan	trágyázott	trágyázatlan	trágyázott	trágyázatlan
Szervesanyag %	1,12	1,32	0,92	1,14	0,72	0,98
Szén, C %	0,65	0,79	0,58	0,66	0,41	0,49
Nitrogén, N %	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05
C : N arány	11 : 1	12 : 1	11 : 1	11 : 1	10 : 1	10 : 1
Kicszerűhető kálium, ppm K	130	107	127	133	65	35
Felvehető foszfor, ppm P	14	9	21	6	21	3
Talaj pH	6,8	6,5	6,4	6,2	5,0	5,8

Műtrágya adag: 90 kg N, 45 kg P₂O₅ és 55 kg K₂O hektáronként.

tásával. Ez a nitrát-nitrogén produkció csökkenéséhez is vezethetett. Azonban a folyamatos termesztés hatására nigériai viszonyok között jelentkező mineralizáció csökkenés még további részletes vizsgálatokat igényel.

A trágyázott parcellákon a talaj pH értéke gyors ütemben csökkent, az első 4 év alatt 0,4-del, az utolsó 6 év alatt viszont 1,4-del. A csökkenés összefügg az ammónium-szulfát használatával. WOLCOTT és munkatársai [20], valamint BACHE és HEALCOTE [2] szintén megállapították, hogy a műtrágyák, különösen az ammónium-szulfát rendszeres használata trópusi talajokban savanyító hatású. A kontroll parcellákon a talaj pH értéke 10 év alatt 1 egységgel változott.

A talaj felvehető foszfortartalma a folyamatos termesztés 10 éve alatt a trágyázott parcellákon 16 kg/ha-ral növekedett, a trágyázatlan parcellákon pedig 14 kg/ha-ral csökkent. Ez időszak alatt a trágyázott parcellák összesen 145 kg/ha hatóanyagú foszforműtrágyát kaptak. Megfigyelésünkből az következik, hogy a foszforműtrágyák rendszeres évi alkalmazásával kismértékben növelhető a talaj felvehető foszfortartalma. Ez a növekedés jelzi, hogy a foszfor utóhatásával is számolhatunk, mint erre NYE és STEPHENS [14] ghanai talajokon végzett kísérleteik eredménye alapján felhívták a figyelmet.

A trágyázatlan kontroll parcellák 10 éves folyamatos termesztés alatt mindössze 14 kg/ha felvehető foszfort veszí-

tettek, ami jóval kevesebb, mint az ez időszak alatt termesztett növények által felvett foszfor mennyisége. Mivel a talajban levő foszfor jelentős része kapcsolatban áll a talaj szerves anyagával (NYE és STEPHENS [14]), a növények a szerves anyag mineralizációja útján szabaddá váló foszfort is felvehették. Erre mutat az is, hogy a felvehető foszfor meghatározásához használt módszer (P₁ teszt) nem veszi figyelembe a talaj szerves foszfor készletét, csak a talaj könnyen oldható szerves foszfor frakcióját vonja ki. Általában a növények a vegetáció alatt a szerves forrásokból származó foszfort hasznosítják, a trópusokon azonban valószínűleg a talajban levő szerves foszfor formák is szerepet játszhatnak a növények foszforfelvételében.

A kicszerűhető kálium gyors ütemben csökkent a talaj felszíni rétegében. A trágyázott parcella több káliumot veszített, mint a trágyázatlan. A termesztés 10 éve alatt összesen 450 kg/ha káliumot adtunk és 10 év után 145 kg/ha kálium-vesztés jelentkezett. Ez részben a kilúgzódás, vagy az erózió következménye lehet, de valószínűleg főleg a növények káliumfelvételével hozható összefüggésbe. Megállapításaink szerint a káliumműtrágyák hatása a kukorica termésére csak akkor várható, ha a talaj 60 ppm káliumnál kevesebbet tartalmaz. A 10 éves folyamatos termesztés után a kálium limitálta a kontroll parcellák termését. A kálium mozgékonyága következtében lassan ki-

lúgozódhat az olyan könnyű mechanikai összetételű, talajokból, mint amilyenek az Ibadan-sorozat talajai, sőt ha hosszú időn keresztül nagy adagokat alkalmazunk, a kilúgzódás okozta veszteségeket a kötöttebb talajoknál is számításba kell vennünk.

A foszfor- és kálium-veszteségekkel kapcsolatos megfigyeléseink megegyeznek COOKE [3] megállapításaival: szerinte az ésszerűen nagy adagokkal végzett foszfortrágyázás után a talajvizsgálat rendszerint foszfor felhalmozódást mutat ki, a kálium trágyázás hatására viszont ez nem figyelhető meg.

A foszforműtrágyák a talajban a növény számára nehezen felvehető formába alakulnak át és a növények a talajba adott foszfor adagoknak csupán negyedrészt tudják felvenni, míg a maradék felhalmozódik. Több növény ötször-nyolcszor annyi mennyiségű káliumot képes felvenni, mint foszfort. A kálium sokkal mozgékonyabb a talajban, mint a foszfor, és a káliumműtrágyák a gyökerektől kissé távolabbra is diffundálhatnak. A növények, gyökérrendszerükkel átszöve a talaj felszínhez közeli rétegeit, a talajba juttatott káliumműtrágya csaknem teljes mennyiségét felvehetik.

A 2. táblázat a kukorica terméseredményeit mutatja be. A termés a trágyázott és trágyázatlan parcellákon egyaránt

2. táblázat

**A kukorica szemtermésének változása
10 éves folyamatos termesztés alatt
(q/ha)**

Év	Trágyázott	Trágyázatlan	Kukorica fajta
1959	—	—	Mexico 5
1960	36,3	13,0	Mexico 5
1961	—	—	Mexico 5
1962	—	—	Mexico 5
1963	25,2	6,5	Mexico 5
1964	32,4	4,7	Mexico 5
1965	21,9	5,7	Mexico 5
1966	52,4	36,9	NS ₁
1967	47,6	31,1	NS ₁
1968	40,8	22,6	NS ₁
1969	38,7	18,1	NS ₁

csökkent, hasonlóan a GRANT [8] által közölt eredményekhez. Ez valószínűleg összefüggésben áll a talaj szervesanyag tartalmának és pH értékének csökkenésével, valamint a talajszerkezet leromlásával. Mind a trágyázott, mind a trágyázatlan parcellákon a talaj felszíne elporosodott.

Ezek az adatok felvetik azt a gondo-

latot, hogy ha nem savanyító hatású műtrágyákat használnának a trópusokon, vajon fenntartható lenne-e a kukorica jelenlegi termésszintje? A trágyázott parcellákon tapasztalt termésnövekedés magyarázható a talaj pH csökkenésével, klimatikus okokkal, a gyökér kártevők elszaporodásával, vagy a talajszerkezet leromlásával ami alacsony vízkapacitás értékek kialakulásához és a tápanyagok gyors kilúgzódásához vezethet. Valamennyi felsorolt tényezőt részletesen tanulmányoznunk kell, mielőtt a folyamatos termesztés gyakorlati alkalmazhatóságáról döntés születik. Felmerülhet a mezo- és mikroelemek alkalmazásának szükségessége is, hiszen kísérletünkben csak NPK műtrágyákat használtunk. Ezek azok a kutatási területek, ahol még további vizsgálatokra van szükség.

Korábbi megfigyeléseink szerint a magnézium befolyásolja a kukorica nitrogénfelvételt, a cink hiánya viszont limitálhatja a kukorica termését. Megfigyeltük, hogy a trágyázott parcellák növényein a kísérlet 6. évétől kezdve Zn-hiánytünetek jelentkeztek. A nagy termések fenntartása érdekében nemcsak a talaj szervesanyag készletének megőrzésére kell figyelmet fordítanunk, hanem arra is, hogy hogyan lehetséges a talajok gyors pH csökkenését mérsékelni nem-savanyító hatású műtrágyák, vagy esetleg megfelelő meszezés alkalmazásával. Továbbá fokozni kell a különböző növényi kórokozók és betegségek kontrollját, meg kell vizsgálni a mezo- és mikroelemek termésbefolyásoló hatását a folyamatos termesztés körülményei között és figyelmet kell fordítani a talajszerkezetet javító anyagok felhasználására is. A heves trópusi esőzések következtében valamennyi makro- és több mikroelem is limitálhatja a termést. A mérsékeltövi országokban elterjedt gyakorlat a nagy termések fenntartása érdekében, hogy amennyiben a talaj termékenység szintje megfelelő, évente egyszer fenntartó trágyázást alkalmaznak. Úgy tűnik, hogy a trópusokon a nagy terméseket csak az évente felhasznált nitrogén műtrágyák mennyiségének növelésével lehet fenntartani. E kérdés részleteinek tisztázására kísérleteket folytatunk.

A rendszeres évi foszfor és kálium műtrágyázás ajánlatosnak tűnik, mivel az ismertetett kísérletben 20 kg P/ha foszforműtrágya évenkénti alkalmazásával a talaj felvehető foszfortartalma 10 év alatt 16 kg/ha-ral növekedett. A kálium műtrágyázás esetében 90 kg K/ha adag hatására a talaj kicsérélhető káliumtartalma a növények fejlődését kielégítő szinten maradt.

Összefoglalás

Nyugat-Nigéria humid-erdős zónájában 10 éves folyamatos termesztés alatt csökkent a talaj szervesanyag-, szerves szén- és nitrogéntartalma, valamint a talaj C : N aránya a műtrágyázott és trágyázatlan parcellákon egyaránt. A kicserélhető kálium- és felvehető foszfortartalom a műtrágyázott talajokban olyan szinten maradt, amelyik nem befolyásolta a terméseredmények alakulását. A műtrágyázás a talaj pH értékét az eredeti 6,8-ról 5,0-ra csökkentette. A kukorica termése mind a műtrágyázott, mind a trágyázatlan parcellákon csökkent.

Irodalom

- [1] ANDERSON, G. D., HUSTON, B. G. & NORTHWOOD, P. J.: Effects of soil, cultivation, history and weather on responses of wheat to fertilizers in Northern Tanzania. *Expl. Agric.* 2. 183—200. 1966.
- [2] BACHE, B. W. & HEALHCOTE, R. G.: Long term effects of fertilizers and manures on soils and leaves of cotton in Nigeria. *Expl. Agric.* 5. 241—247. 1969.
- [3] COOKE, G. W.: The control of soil fertility. Crosby, Lockwood & Son. London. 1967.
- [4] CORBEANU, S.: Influence of working the soil on activity of nitrate nitrogen and soluble phosphorus. *Murfatlar-Dobroges Comm. Acad. Rep. Pop. Rom.* 12. 107—115. 1962.
- [5] DUBETZ, S. & HILL, K. W.: Effect of irrigated crop rotations on yield and soil fertility. *Canad. J. Plant Sci.* 44. 139—144. 1964.
- [6] F.A.O.: Development in Nigeria 1964—1980. pA — 52. 1965.
- [7] FAUCK, R.: Soil evaluation under cultivated crops. The problem of pH and its correction. 6th Congr. Int. Sci. Sol. Rapp. D. 379—382. 1956.
- [8] GRANT, P. M.: Fertility of sandveld soil under continuous cultivation in Central Africa. Rhodesia, Zambia and Malawi *J. Agric. Res.* 5. 117—127. 1967.
- [9] JAMESON, J. D. & KERKHAM, R. K.: The maintenance of soil fertility in Uganda. *Emp. J. Expl. Agric.* 28. 179—192. 1960.
- [10] KEAY, R. W. J.: An outline of Nigerian vegetation. Fed. Gov. Print. Lagos-Nigeria. 1959.
- [11] LAVERTY, J. C.: The Illinois method of determining available potassium and phosphorus in soils. Illinois Agric. Exp. Sta. Pamphlet AG. 1866. 1961.
- [12] MAIGNIEN, R.: Organic matter and water in soils of North Western region of Senegal. *Bull. Agric. Congo Belge.* 40. 247—251. 1949.
- [13] NYE, P. H.: The level of humus under the system of shifting cultivation. *Proc. Third Interafr. Soil Conf. Dalaba.* 525—529. 1959.
- [14] NYE, P. H. & STEPHENS, D.: Soil fertility. Agriculture and land use in Ghana. 127—143. 1962.
- [15] SMYTH, A. J. & MONTGOMERY, R. F.: Soils and land use in Central Western Nigeria. The Gov. West. Nigeria Print. Press. Ibadan. 100—120. 1962.
- [16] SPENSER, W. F. & STERLING, H. O.: The effect of cultivation on the distribution of nutrients and organic matter in the soil profile of Lakeland fine sand. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 22. 56—59. 1962.
- [17] STEVENSON, J. L.: The effect of decomposition of various crop plants on the metabolic activity of the soil microflora. *Canad. J. Microbiol.* 8. 501—509. 1962.
- [18] VELASCO, F. & ALHAREDA, J. M.: A study of changes caused in the exchange complex and the composition and type of humus substances by cultivating a forest soil. *An. Edafol. Agrobiol.* 25. 1—8. 1966.
- [19] WALKLEY, A.: A critical examination of a rapid method of determining organic carbon in soils. *Soil Sci.* 63. 25—64. 1947.
- [20] WOLCOTT, A. R. et al.: Nitrogen carriers: I. Soil effects. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29. 405—410. 1965.

A. A. AGBOOLA

Érkezett: 1972. május 8.