

A talajfizikai állapot, valamint a műtrágyázás és a kukorica termése közötti összefüggések

SIPOS SÁNDOR és HEGEDŰS ISTVÁN

Agrártudományi Egyetem, Gödöllő és Mg. Termelőszövetkezet, Okoc (Csehszlovákia)

A kukorica talajművelési rendszerében általánosan elterjedt az őszi alpművelés. Újabban az ekés módszer helyett a nehéz kultivátor alkalmazási lehetőségét is vizsgálják nagyüzemi körülmények között [4]. Legelterjedtebb azonban a forgatásos alpművelés és a kutatások nagyobb része is ennek a mélysége és a kukorica termése közötti összefüggéseket vizsgálja.

GYÓRFFY [1] megállapította, hogy közép kötött csernozjomon váltás nélküli kukoricatermesztésben 15 év átlagában a 30 cm-es szántás a 15 cm-eshez viszonyítva 293 kg/ha-ral növelte a szemtermést évente. Hasonló talajon, más kísérletben GYÓRFFY és SZABÓ [2] 12 év átlagában nem találtak jelentős termésbeni különbséget.

KOVÁTS [6] barna erdőtalajon végzett ötéves tartamkísérletében megfelelő műtrágyázás esetén évi 1842 kg/ha termésnövekedést mutatott ki a 20–25 cm-es őszi szántás javára a művelés nélküli kontrollhoz viszonyítva. HEPP [3] homoktalajon végzett kísérletében a kukorica szemtermése nem növekedett az 50 cm mélyen végzett lazítás hatására a 20 cm-es szántáshoz viszonyítva. KÁPOSZTA [5] réti csernozjom talajon három évig végzett kísérletében, a művelés nélküli direkt vetéshez viszonyítva, a 25–30 cm mély őszi szántás évi átlagban 1416 kg/ha-ral növelte a termést.

SIPOS [7] kötött csernozjom talajon beállított tartamkísérletében a négy évenként egyszer végzett 60 cm-es mélylazítás a négy év alatt trágyázás nélkül összesen 2712 kg-mal, nagyobb adagú NPK-műtrágyázás esetén pedig 1236 kg-mal növelte a termést. Kötött réti agyagtalajon SIPOS [9] több tartamkísérlet átlagában a 60 cm-es mélylazítás hatására 1582 kg/ha termésnövekedést állapított meg négy év összességében.

A példaként felsorolt néhány szabatos szántóföldi kísérlet eredménye tehát igen jelentős különbségeket mutat. Ennek oka — véleményünk szerint — nem a talaj típusával, hanem mindenképp művelés előtti természetes fizikai állapotával, valamint a művelő eszköznek a fizikai állapotra gyakorolt hatásával magyarázható. A szerzők azonban nem közölnek ilyen vizsgálatokat.

SIPOS és SZIRTES [10] szabadföldi körülmények között elhelyezett, nagy méretű tenyészedényes módszerrel lefolytatott kísérleteik alapján egzakt módon először bizonyították, hogy a kukorica fejlődése és termése nagymértékben függ a felső 40 cm-es talajréteg összes pórustérfogat %-kal ($P_0\%$) jellemzett fizikai állapotától. Réti agyag és kötött csernozjom talajon végzett kísérleteik szerint a kukorica igénye P_0 40–60%-os értékhatárok között olyan optimum görbével jellemezhető, amelynek maximum pontja $P_0 = 52\%$ körül van.

Később SIPOS [8] arra is rámutatott, hogy a talaj P_0 %-kal jellemzett fizikai állapota a növények alá adott műtrágyák érvényesülését is megbízhatóan befolyásolja.

Nagyszámú vizsgálat alapján mondhatjuk, hogy nagyüzemi körülmények között a nagyobb mértékű taposás hatására a felső 40–50 cm-es talajréteg tömődöttsége jóval nagyobb, mint a kísérleti tereken. Ebből is következik, hogy a művelés mélységének a kukorica termésére gyakorolt hatását üzemi körülmények között is tanulmányozni kell szabatos kísérletekkel, amelyekben nagyon fontos vizsgálni az eredeti állapothoz viszonyított talajfizikai változásokat. Ilyen vizsgálatok hiányában a különböző kísérleti eredményeket nem tudjuk megfelelően adaptálni.

Anyag és módszer

Kísérleteink és vizsgálataink céljait a következőkben határoztuk meg:

— Különböző talajművelési eljárásokkal létrehozott fizikai állapot megállapítása.

— A kialakított fizikai állapot tartósságának vizsgálata.

— A talajművelési rendszerek termésre gyakorolt hatásának vizsgálata.

— A műtrágyázás, valamint a talajművelési rendszerek hatása közötti összefüggések elemzése.

A fenti célok érdekében 1976 augusztusában Csehszlovákia délkeleti részében az Apátújfalvi (Opatovska Nova Ves) Mezőgazdasági Termelőszövetkezet területén négy évre tervezett kéttényezős tartamkísérletet állítottunk be őszi búza elővetemény után a következő kezelésekkel:

„A” tényező = Talajművelés

1. Lazítás 60 cm mélyen 70 cm-es késtávolságra, utána szántás 20–25 cm mélyen minden évben ősszel.

2. Szántás 40 cm mélyen, a következő három évben szántás ősszel 20–25 cm mélyen.

3. Szántás 30 cm mélyen, a következő években őszi szántás 20–25 cm mélyen.

4. Talajmarozás 15 cm mélyen tavasszal a kukorica vetése előtt.

5. Tárcsázás 15 cm mélyen tavasszal a vetés előtt.

6. Szántás 20–22 cm mélyen tavasszal a vetés előtt.

„B” tényező = Műtrágyázás (hatóanyag)

1. Kontroll (műtrágya nélkül)

2. N = 120; P_2O_5 = 120; K_2O = 120; összesen: 360 kg/ha

3. N = 174; P_2O_5 = 173; K_2O = 173; összesen: 520 kg/ha

A kísérletet üzemi táblán háromszoros ismétléssel, sávos elrendezésben állítottuk be úgy, hogy a műtrágyázási kezeléseket a talajművelés sávjaira helyeztük el. A kísérletben a legkisebb nettó parcella 0,1 ha volt, tehát az összes nettó terület 5,4 hektárt tett ki.

Az 1., 2. és 3. sz. talajművelési kezeléseknél a P- és K-műtrágyát az őszi szántással, tehát ősszel, a N-műtrágyát pedig tavasszal, a magágykészítés

I. táblázat

A kísérlet talajának vizsgálati adatai

(1) Mélység, cm	pH (KCl)	CaCO ₃	(2) Humusz	(3) Összes N	(4) AL-oldható	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
		%				
0–20	5,7	0,00	2,16	0,281	3,9	11,8
20–40	5,6	0,00	2,04	0,129	2,7	12,6
40–60	5,5	0,00	1,25	0,080	1,5	12,4
60–80	6,2	0,20	0,46	0,062	1,1	8,3
80–100	5,9	0,14	0,38	0,014	0,6	4,0
100–120	6,4	0,23	0,12	0,010	0,4	2,1

alkalmával dolgoztuk a talajba. A tavaszi művelési változatoknál (4., 5. és 6. sz.) a NPK-műtrágyákat egy adagban, a tavaszi művelések előtt szórtuk ki.

A kísérletekben váltás nélkül mindegyik évben OSSK-218 hibridet termesztettünk 70 × 26 = 1820 cm²-es tenyészterülettel, azaz kereken 58 000 hektáronkénti tőszámmal.

Az összes pórustérfogat (P₀ %) vizsgálatához a talajmintákat mindegyik kezelésben 500 cm³-es patronokkal vettük meg 10 cm-es rétegenként 60 cm mélységig, hatszoros ismétléssel, a kukorica címerhányása idején.

A 0–60 cm-es talajréteg nedvességtartalmát évente háromszor vizsgáltuk 10 cm-es rétegenként, mindegyik kezelésben: közvetlenül a vetés után, címerhányáskor, valamint betakarításkor.

A kísérleti tábla kb. 5–8%-os enyhén lejtős, nem erodált területen helyezkedik el. Talaja középkötött barna erdőtalaj, melyet az 1. táblázatban közölt vizsgálati eredmények jellemeznek.

A kísérletben a kukorica nagyüzemi termesztési módszereit alkalmaztuk, egyedül csak a betakarítást végeztük kézi munkaerővel, mely alkalommal csótermést mértünk. A szemtermésre való átszámítást a szokásos vizsgálatok (szem: csutka arány és nedvességtartalom) alapján végeztük el.

Eredmények és értékelés

A tartamkísérletet négy évig folytattuk. Eredményeinket ennek figyelembevételével a következő rendszerezésben ismertetjük.

a) A talajművelési eljárások és a 0–60 cm-es talajréteg fizikai állapotának változása.

b) A talajművelés és a kukorica szemtermése.

c) A műtrágyahatás elemzése.

a) A talajművelés és a talaj fizikai állapotának változása

Az összes pórustérfogat (P₀) meghatározása alapján tanulmányoztuk az egyes talajművelési változatok közvetlen hatását. A következő években pedig az előidézett változás tartósságát vizsgáltuk, egyrészt azért, hogy a természetes visszaülepedés és a termesztés során alkalmazott eljárások következményeként

2. táblázat

A talaj pórustérfogatának változása a különböző talajművelési eljárások hatására a kísérlet első és negyedik évében (1977. és 1980.)

(1) Talajréteg, cm	(2) Talajművelés („A” tényező)						(3) SzD ₅ %	(4) P%
	1. Lazítás 60 cm	2. Szántás 40 cm	3. Szántás 30 cm	4. Talaj- marózás 15 cm	5. Tárcsázás 15 cm	6. Tavaszi szántás 22 cm		
	P ₀ %							
	1977							
0–10	51,16	50,97	51,21	51,12	50,94	52,50	1,15	
10–20	49,23	49,30	50,76	46,95	46,18	47,13	1,02	0,1
20–30	48,82	49,24	48,98	41,42	41,54	41,98	0,62	0,1
30–40	47,49	48,30	40,06	39,86	39,73	39,44	1,18	0,1
40–50	45,73	38,24	37,58	38,73	38,45	38,29	0,91	0,1
50–60	42,58	36,17	36,81	26,50	36,68	36,47	0,66	0,1
a) átlag	47,50	45,37	44,23	42,43	42,25	42,64		
	1980							
0–10	51,30	51,32	51,54	52,26	50,80	51,71	1,27	—
10–20	50,86	51,13	50,70	51,00	50,90	50,86	0,71	—
20–30	47,96	48,07	47,50	41,05	41,73	40,95	1,38	0,1
30–40	42,00	41,85	39,13	39,01	39,75	39,06	1,36	0,1
40–50	39,00	37,59	37,96	37,52	38,09	38,02	0,49	0,1
50–60	37,06	36,41	36,71	36,76	36,48	36,59	0,82	—
a) átlag	44,70	44,40	43,92	42,93	42,96	42,87		

előálló tömörítő hatást megállapítsuk, másrészt azért, hogy a mélyebb művelés ismételt elvégzésének szükségességét igazolhassuk.

Az egyes talajművelési változatoknak a közvetlen hatását a 2. táblázat mutatja.

Az „A” tényező 4., 5. és 6. sz. kezeléseiben végzett vizsgálatok eredményei arról tanúskodnak, hogy az adott talaj művelő eszközzel nem bolygatott, 20 cm-nél mélyebb rétege igen tömődött. Már a 40 P₀% körüli 20–40 cm-es réteg sem biztosít megfelelő körülményeket, de ez a kedvezőtlen fizikai állapot a 40–60 cm-es rétegben még tovább romlik.

A 30 és 40 cm mélyen végzett szántás (3. és 2. sz. kezelés) hatására a felső 40 cm-es talajréteg fizikai állapota 47,7, illetve 49,5 P₀%-ot ér el. Ezzel szemben a 4., 5. és 6. sz. tavaszi művelésű változatok felső 40 cm-es rétegében csak 45 körül volt a P₀% értéke.

A 60 cm mélyen végzett lazítás hatására a 40–60 cm-es talajréteg 37 P₀% körüli természetes állapota 44%-ra növekedett. Ugyanakkor a felette levő 40 cm-es talajréteg állapota azonos a 40 cm mélyen szántott talajéval.

A fizikai változásokat jellemző vizsgálatok matematikai értékelését 10 cm-es rétegenként elvégeztük. Az első éves közvetlen hatások a legfelső 10 cm-es talajréteg kivételével P = 0,1%-os megbízhatóságot mutatnak.

A vizsgálatokat a következő években is elvégeztük a tartamhatás megismerése céljából. A kapott eredményeket az 1. ábrán mutatjuk be.

3. táblázat

A 0-60 cm-es talajréteg nedvességtartalma a címerhányás idején

(1) Talajművelés („A” tényező)	(2) A kísérleti évek				(3) Négy évi átlag
	1977	1978	1979	1980	
	súly%				
1. Lazítás 60 cm	24,12	24,13	22,46	23,41	23,53
2. Szántás 40 cm	21,34	22,96	21,73	22,79	22,21
3. Szántás 30 cm	19,83	21,32	19,31	20,96	20,36
4. Talajmarózás 15 cm	18,40	20,02	16,72	18,73	18,47
5. Tárcsázás 15 cm	16,19	17,30	15,01	17,50	16,50
6. Tavasz szántás	13,35	16,15	13,17	15,21	14,47
a) SzD _{5%}	0,45	0,80	0,87	0,91	0,38
P ₀	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

A második és a harmadik évben a 30 és a 40 cm mélyen végzett szántások közötti pórústérfogat-állapotbeli különbségek a felső 40 cm-es rétegben fokozatosan megszűnnek. Megbízható különbség csak a 60 cm mélyen végzett lazítás hatására mutatható ki a 40-60 cm-es talajrétegben. A tavasz művelési változatokhoz viszonyítva a 30 és a 40 cm-es szántásos, valamint a 60 cm-es mélylazításos változatok felső 30 cm-es talajrétegének fizikai állapota ugyancsak kedvezőbb és matematikailag is bizonyított.

Úgy gondoljuk, hogy az alpművelések negyedik évi utóhatásának vizsgálati eredményeit a bizonyítás miatt célszerű konkrét számokkal is bemutatni. Az adatokat ugyancsak a 2. táblázatban közöljük, a matematikai értékelés eredményeivel együtt.

Mivel a felső 20 cm-es réteget mind a hat talajművelési rendszerváltoztatban a tervezett eszközzel műveltük, ezért a P₀ %-kal jellemzett fizikai állapotban nem találtunk megbízható különbségeket. A négy évvel korábban végzett 30, illetve 40 cm-es szántások utóhatása azonban még megbízhatóan pozitív a nem bolygatott azonos rétegű talajállapothoz viszonyítva. A 60 cm mélyen végzett lazítás (1. sz. kezelés) viszont a 20-50 cm-es talajrétegben tartott fenn kedvezőbb körülményeket az eredeti fizikai állapothoz képest.

Az ülepedés, vagy visszatömörödés mértéke az 1. sz. kezelésnél 30 cm-től lefelé rétegenként 5 P₀ %-körül volt, és az eredeti állapot csak az 50-60 cm-es rétegben állott be. A tartamhatás minden bizonnyal azért ilyen kedvező, mivel az ésszerűtlen taposó hatást el tudtuk kerülni. A menetszámokat a minimálisra csökkentettük a megművelt területen (vetés és betakarítás), és ezeket is olyan nedvességállapotban végeztük, amikor a tömörítő hatás nem volt jelentős.

Az egyes talajművelési változatok által létrehozott fizikai feltételek különbözőségét bizonyítja a talaj vízgazdálkodása is. Ennek szemléltetésére a felső 60 cm-es talajréteg nedvességtartalmával kapcsolatos vizsgálati eredményeket mutatjuk be; ezek közül is azokat, amelyeket a kukorica fejlődésének kritikus időszakában kaptunk (3. táblázat).

A felső 60 cm-es talajréteg nedvességtartalma 8-10 súlysúlyszázalékos eltéréseket is mutat a talajművelési változatok függvényében. Bár az azonos időszakban végzett vizsgálat eredményei között évenként eltérések vannak,

de a talajművelések közötti különbségek mindig azonos törvényszerűségeket mutatnak.

A legnagyobb vízkészletet minden évben a 60 cm mélyen végzett lazításos kezelésben találtuk, ahol négy év átlagában még a 40 cm-es szántáshoz viszonyítva is megbízhatóan nagyobb volt a súlyszázalékban kifejezett víztartalom. Bár az őszi művelések (1., 2., 3. sz. variánsok) minden esetben nagyobb vízkészletet biztosítanak, mint a tavasziak (4., 5., 6. sz. kezelések), mégis az őszi művelés mélységéből is jelentős különbségek adódtak. Ezeket még könnyebben érzékelhetjük, ha a súlyszázalékban kimutatott nedvességet csapadék mm-re számítjuk át. Ezek szerint 1 m² felületen a 60 cm-es talajrétegben a következő vízmennyiséget állapítottuk meg négy év átlagában:

1. Lazítás 60 cm	196,8 l	—
2. Szántás 40 cm	190,8 l	— 6,0
3. Szántás 30 cm	177,0 l	— 19,8
4. Talajmarózás 15 cm	165,2 l	— 31,6
5. Tárcsázás 15 cm	147,9 l	— 48,9
6. Tavaszi szántás 22 cm	128,6 l	— 68,2

A mélylazításhoz viszonyítva a 30 cm mélyen végzett őszi szántás esetén a 60 cm-es talajrétegben kerekén 20 mm csapadéknak megfelelő mennyiséggel kevesebb volt a vízkészlet a címerhányás idején. Különösen nagy vízvesztés mutatható ki a tavaszi művelések esetén. Ezek közül a víztakarékosság tekintetében a talajmarózás mutatja a legkedvezőbb eredményeket. A tavaszi szántásos rendszerben már olyan nagy a különbség a 60 cm-es rétegben, amelyet egyszeri öntözéssel nem is tudnánk pótolni, figyelembe véve a kukorica nagyfokú érzékenységét a talajlevegő iránt.

b) A talajművelés és a kukorica szemtermése

A tartamkísérlet mindegyik évében elvégeztük a szemtermés matematikai értékelését, de a terjedelemmel való jobb gazdálkodás miatt ezúttal csak a négyévi átlagtermést és ennek értékelési eredményeit közöljük a 4. táblázatban.

A négyévi átlagtermések egyben azt is bizonyítják, hogy a TSz-ben a kukoricatermesztés az átlagosnál jóval magasabb színvonalon folyik.

A kísérletben alkalmazott négyéves talajművelési rendszerváltozatok ilyen körülmények között is jelentősen befolyásolták az átlagtermést.

A legkisebb átlagtermést mindegyik műtrágyaváltozatnál a tavaszi szántás eredményezte, mely a legjobb eredményt elért talajművelési rendszerváltozathoz képest 25—27%-os csökkenést jelentett. A tavaszi szántásos rendszerhez viszonyítva a kukoricavetés előtt alkalmazott tárcsás, valamint talajmarós rendszerek megbízhatóan növelték a termést. A talajmaróval végzett talajelőkészítés még a tárcsás rendszerhez képest is megbízhatóan jobbnak bizonyult.

A tavaszi művelési változatok tehát egzakt módon bizonyítják, hogy abban az esetben, ha a tél beállta előtt a szántást nem tudjuk elvégezni, tavasszal a szántásos rendszert mellőzni kell, és helyette a lényegesen kevesebb ráfordítást igénylő tárcsás, vagy a még előnyösebb talajmarós rendszert kell alkalmazni a kukorica alá.

1. táblázat

A kukorica szemtermése négy év átlagában

(1) Talajművelés („A” tényező)	(2) Műtrágyaadag („B” tényező)			(5) Átlag	(6) Műtrágyahatás azonos talajművelés esetén	
	(3) Trágya nélkül	NPK kg/ha			SzD ₅ %	P%
		360	520			
(4) Szemtermés, kg/ha						
1. Lazítás 60 cm	6563	7259	8040	7287	172	0,1
2. Szántás 40 cm	6350	7104	7712	7055	394	1,0
3. Szántás 30 cm	6289	7082	7589	6986	194	0,1
4. Talajmarózás 15 cm	5725	6322	6788	6278	208	0,1
5. Társcázás 15 cm	5519	6056	6522	6032	94	0,1
6. Tavasz szántás	5042	5485	5873	5466	150	0,1
a) Átlag	5914	6551	7087			

b) Talajművelés-hatás azonos műtrágyaadag esetén

SzD ₅ %	94	280	200
P%	0,1	0,1	0,1

c) SzD₅%-os értékek :

„A” a „B” átlagában = 160 kg/ha
 „B” az „A” átlagában = 262 kg/ha
 azonos „B” különböző „A” = 175 kg/ha
 azonos „A” különböző „B” = 219 kg/ha

Az „A” és „B” tényezők változatai között P = 0,1%-os szinten szignifikáns különbségek vannak.

A kölcsönhatás P = 0,1%-on szignifikáns.

Az őszi alpműveléses rendszerek közül mindegyik esetben a legjobbnak bizonyult az 1. sz. változat, amelyben az első évben 60 cm mélyen lazítást végeztünk, a következő három évben pedig 20–22 cm mélyen szántottunk. A többi őszi alpműveléses rendszerhez viszonyítva a pozitív hatás matematikailag a trágya nélküli, valamint a nagyobb NPK-adagot kapott változaton igazolt.

A négyéves talajművelési rendszernek a termésmnövekedésre gyakorolt hatását a legkevesebb termést biztosító tavaszi szántásos rendszerhez viszonyítva évenként, valamint a négy év összességében is elemeztük különböző tápanyagellátás alapján. Az eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze.

Trágyázás nélkül a tavaszi műveléses, szántás nélküli rendszerekben a terméstöbbllet az első évhez viszonyítva jelentősen növekedett. A 30 és a 40 cm-es őszi szántás esetén a terméstöbbllet évenként jelentősen nem változott, tehát a negyedik évben is megközelítőleg olyan terméstöbblletet kaptunk, mint az első évben. A 60 cm mélyen végzett lazítás utóhatása viszont már jól érzékelhetően csökken.

Közepes NPK-adag alkalmazása esetén a szántás nélküli, tavaszi társcázásos rendszer termésmnövelő hatása aránylag kiegyenlített, a talajmarós rendszeré viszont csökkenő tendenciát mutat. Az őszi alpműveléses rend-

5. táblázat

A talajművelési rendszerek hatásának elemzése a tavaszi szántásos rendszerhez viszonyított terméskülönbségek alapján

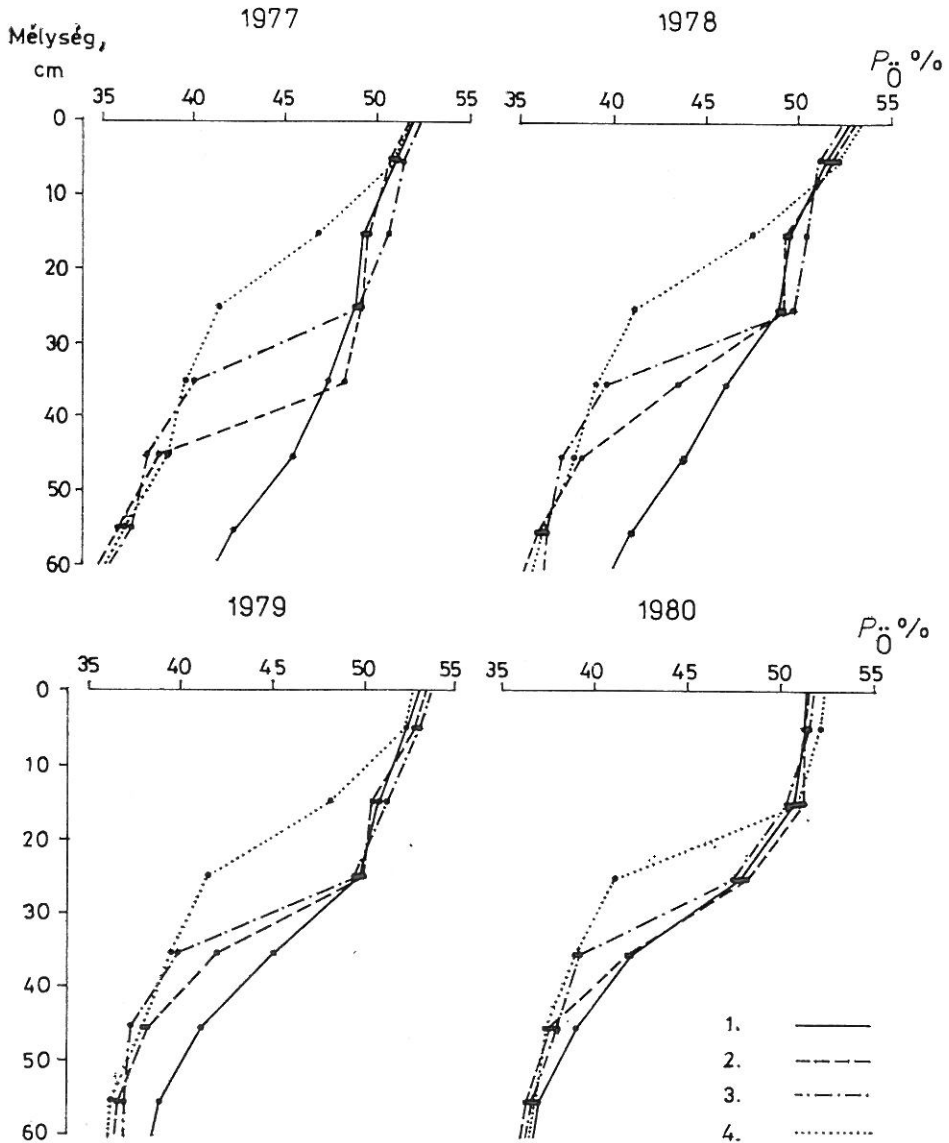
(1) A kísérleti évek	(2) „A”-Talajművelési rendszerek				
	1. Lazítás 60 cm	2. Szántás 40 cm	3. Szántás 30 cm	4. Talaj- marózás 15 cm	5. Táraszás 15 cm
kg/ha					
„B ₁ ” — Trágyázás nélkül					
1977	1816	1456	1258	553	364
1978	1351	1019	1105	334	178
1979	1483	1346	1320	958	606
1980	1434	1411	1303	886	759
a) Összesen	6084	5232	4986	2731	1907
„B ₂ ” — 360 kg/ha NPK-műtrágya					
1977	2343	2059	1692	1109	577
1978	1749	1451	1644	734	463
1979	1667	1746	1657	805	735
1980	1336	1222	1402	699	507
a) Összesen	7095	6478	6385	3347	2282
„B ₃ ” — 520 kg/ha NPK-műtrágya					
1977	2653	2144	1904	1118	538
1978	2326	1923	1623	795	555
1979	2257	2029	2222	917	828
1980	1431	1261	1116	1033	674
a) Összesen	8667	7357	6865	3863	2595

szerek közül a 40 cm-es szántás és a 60 cm-es, forgatás nélküli lazítás utóhatása jelentősen csökkent. A két rendszerváltoztatban a terméstöbblet csökkenése 40% körüli relatív értéket mutat.

Nagyobb trágyaadag alkalmazása esetén a tavaszi műveléses rendszerek termésmenvelő hatása viszonylag egyenletes, az őszi alapműveléses rendszerek utóhatása viszont — főleg a negyedik évben — már jelentősen csökken. Például a 60 cm-es mélylazítás által eredményezett terméstöbblet az első éves közvetlen hatáshoz viszonyítva kerekén 46%-kal csökkent.

A négyévi összes terméstöbbletek alapján megállapíthatjuk, hogy a talajművelési rendszereknek igen jelentős szerepe van a kukoricatermés kialakításában. Különösen figyelemre méltónak tartjuk azt a törvényszerűséget, mely szerint a talajművelési rendszerek négyévi összhatása műtrágyázásos alapon, sőt fokozottabb tápanyagellátásnál nem csökken, hanem jelentősen növekedik. A legjelentősebb növekvő hatást a 60 cm-es mélylazításnál (2583 kg/ha), valamint a 40 cm-es szántásnál (2125 kg/ha) kaptuk, nagyobb adagú NPK-műtrágyázás esetén.

A talajművelési rendszerek termésmenvelő hatása kétségtelenül összefüggésben van az általuk megváltoztatott 60 cm-es talajréteg összes porus-térfogattal jellemzett fizikai állapotával. Ezen megállapításunkat a 2. és 3.



1. ábra

A talajművelési eljárások és a talaj összes pórustérfogatának (P_{2O_5} %) változása a négy kísérleti évben. 1. = Lazítás 60 cm mélyen; 2. = Szántás 40 cm mélyen; 3. = Szántás 30 cm mélyen; 4. = Talajmarózás 15 cm mélyen

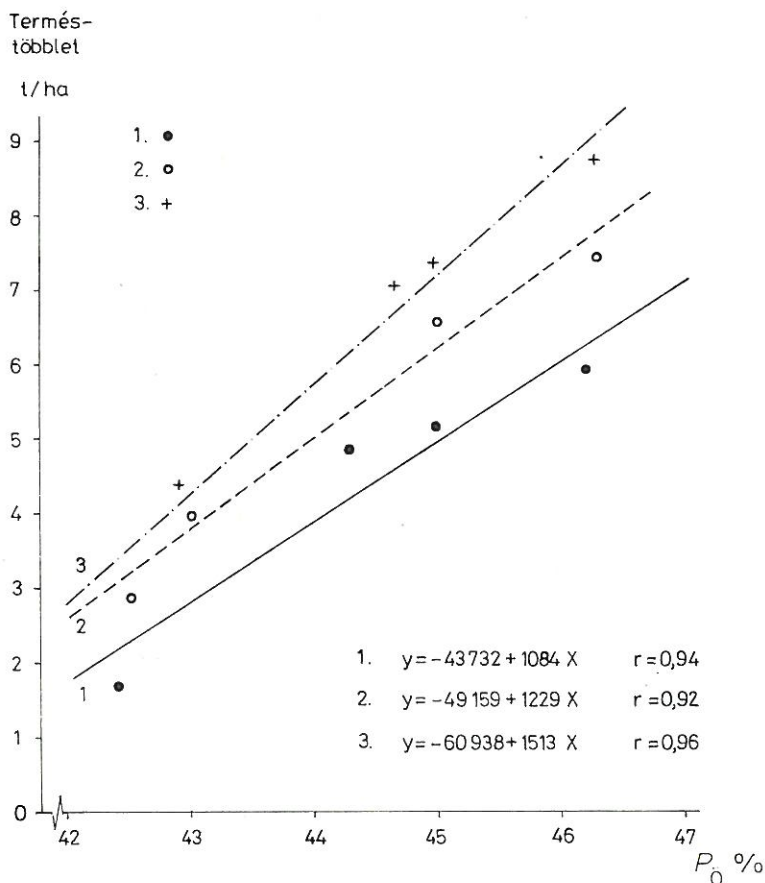
táblázatban, valamint az 1. ábrán bemutatott vizsgálati eredmények és az 5. táblázatban közölt termésadatok is jól érzékeltetik. Megfelelő bizonyítással azonban az az értékelés szolgál, amelyet a 2. ábrán mutatunk be.

Az ábra vízszintes tengelyén a talajművelési rendszerekkel létrehozott talajfizikai állapotot mutatjuk be a négyévi átlagos összes pórustérfogat- $\%$

alapján. A függőleges tengelyen a tavaszi szántásos rendszerhez viszonyított négyévi összes terméstöbbletet mutatjuk be.

A 0–60 cm-es talajréteg P_0 %-kal jellemzett fizikai állapota négy év átlagában 42,5–46,4 érték között változott, tehát a különbség kerekén 4%-nak mondható. Az egyes talajművelési rendszerekkel létrehozott különbségek és a terméstöbblet között szoros lineáris összefüggés bizonyított a számítások alapján.

A kukoricának a talajfizikai állapottal szemben támasztott igényességét mutatja az a tény is, hogy a mért négyévi átlagos határértékek közötti (42,5–46,4 P_0 %) különbségre eső terméstöbblet a tápanyagellátás (műtrágyaadag) növelésével fokozódott. Az ábrán bemutatott értékelési eredmények alapján világosan kitűnik, hogy a trágyázás nélküli kezeléshez viszonyítva a közepes adagú NPK alkalmazásakor 13,3%-kal, a nagyobb adagúnál pedig 39%-kal növekedett az egy P_0 %- növekedésre eső terméstöbblet.



2. ábra

A 60 cm-es talajréteg összes pórustérfogata és a tavaszi szántáshoz viszonyított terméstöbblet. (P_0 % = négyévi átlag; Terméstöbblet = négy év összesen.) 1. = Trágyázás nélküli kontroll; 2. = 360 kg/ha NPK; 3. = 520 kg/ha NPK-hatóanyag.

6. táblázat

A műtrágyázás hatása különböző talajművelési rendszerek esetén
(Trágyázás nélkülihez viszonyított terméskülönbség)

(1) A kísérleti évek	(2) „A”-Talajművelési rendszerek					
	1. Lazítás 60 cm	2. Szántás 40 cm	3. Szántás 30 cm	4. Talaj- marózás 15 cm	5. Tárcsázás 15 cm	6. Tavaszi szántás 22 cm
kg/ha						
„B₂” – 360 kg/ha NPK-műtrágya						
1977	918	994	815	947	604	391
1978	698	732	839	700	585	300
1979	689	905	842	352	634	505
1980	478	389	674	389	324	576
a) Összesen	2783	3020	3171	1388	2147	1772
b) Évi átlag	696	755	793	597	537	443
„B₃” – 520 kg/ha NPK-műtrágya						
1977	1593	1444	1402	1321	930	756
1978	1694	1623	1237	1180	1096	719
1979	1637	1545	1763	822	1085	863
1980	983	836	799	1133	901	886
a) Összesen	5907	5449	5203	4456	4012	3324
b) Évi átlag	1477	1362	1301	1114	1003	831

A megfelelő időben végzett mélylazításnak tehát igen nagy jelentősége van a kukoricatermés növelésében az adott körülmények között, ahol a 30 cm alatti talajréteg összes pórustérfogattal jellemzett fizikai állapota 36–40% körül van. Ez a fizikai állapot adott esetben 1,6–1,7 körüli térfogat-tömeg-értéket jelent.

c) A műtrágyahatás elemzése

A 6. táblázatban a két műtrágyaadaggal elért évenkénti, valamint négy-évi összes és átlagos terméstöbbleteket mutatjuk be a tartamkísérletben alkalmazott hat talajművelési rendszerváltozat függvényében.

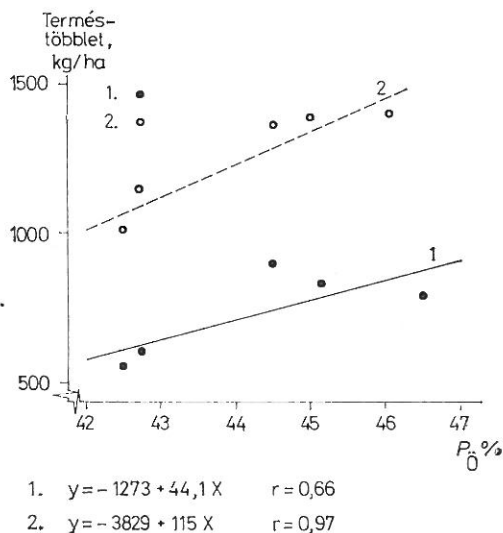
A 4. táblázatban bemutatott eredmények alapján már megállapítottuk, hogy a műtrágyázás hatására a kukorica termése minden talajművelési rendszerváltozat esetén megbízhatóan növekedett. A nagyobb műtrágyaadag a kisebbhez viszonyítva is megbízhatóan pozitív hatást mutat. A nagyobb adag termésnövelő hatása átlagosan 85%-kal haladja meg a kisebbét. A műtrágyázás évenkénti hatása is eléggé kiegyenlített; a négy év közül az utolsóban általában kisebb hatást kaptunk, a tavaszi szántásos rendszer kivételével.

A terméskülönbségek összesítése alapján is megállapíthatjuk, hogy a talajművelési rendszerek és a műtrágyázás hatása között összefüggés van. Mindkét adagra egyaránt érvényes törvényszerűség, hogy az őszi alapművelés nélküli, tavaszi vetés előtti műveléses rendszerekben lényegesen kisebb a műtrágyák hatása. Azonban a tavaszi műveléses rendszerek között is különbség van, miszerint a tavaszi szántásos rendszerben a legkisebb a műtrágyahatás.

Átlagosan a három őszi alapműveléses rendszerben a műtrágyahatás 40 %-kal jobb, mint a tavaszi műveléses rendszerekben. Az őszi alapművelés elmaradása esetén tehát a műtrágya-érvényesülés csökkenésével is számolni kell.

Elemzéseink szerint a műtrágyák érvényesülése nemcsak az alapművelés idejével, hanem ezenkívül még a talajműveléssel kialakított fizikai állapottal is összefügg. Elemzésünk eredményeit a 3. ábrán mutatjuk be.

Az előzőekben már megállapítottuk, most csak utalunk rá, hogy a felső 60 cm-es talajréteg P_0 %-kal jellemzett fizikai állapota a talajművelési rend-



3. ábra

A 60 cm-es talajréteg összes pórustérfogata és a műtrágyázás hatásaként kapott termés-többlet (négy évi átlag, kg/ha) 1. 360 kg/ha NPK; 2. 520 kg/ha NPK-hatóanyag.

szerekben négy év átlagában kerekén 4 %-os eltérést mutat. A műtrágyaadagok hatása a P_0 % növekedésével pozitív korrelációt bizonyít. Figyelemre méltó az is, hogy nagyobb adagú műtrágya alkalmazása esetén az összefüggés szorosabb, mint a kisebb adagnál. Az egy P_0 % növekedésre jutó hatásnövekedés ugyanis a nagyobb adag esetében 2,6-szorosan magasabb a kisebb adaghoz viszonyítva. A műtrágyázás általában, de főleg a nagyobb adag nem tud megfelelően érvényesülni olyan fizikai talajállapot esetén, ahol a felső 60 cm-es réteg P_0 % értéke átlagosan 42 körül van, és azon belül az alsó 30–60 cm-es rétegben 36–38 %-ra csökken.

Összefoglalás

Csehszlovákia délkeleti részében, az Apátújfalvi (Opatovska Nova Ves) Mezőgazdasági Termelőszövetkezet barna erdőtalaján négyéves, kéttényezős üzemi tartamkísérletet állítottunk be háromszoros ismétléssel. A kísérletben négy évig váltás nélkül kukoricát termesztettünk, és a következő összefüggéseket vizsgáltuk:

— A különböző (összesen hat) talajművelési rendszereknek a talaj fizikai állapotára gyakorolt közvetlen hatását és a hatás tartósságát;

— A talaj fizikai állapota és a kukorica szemtermése közötti összefüggéseket;

— A talajműveléssel létrehozott talajfizikai állapotot valamint a különböző adagú NPK-műtrágyák hatását.

Eredményeink alapján a következő megállapításokat tehetjük:

Az eredeti igen tömött, a 30–60 cm-es rétegben 39–36 P_0 (összes porustérfogat) %-os, vagyis 1,6–1,7 g/cm³ térfogattömegű talajállapotot a művelés mélységének növelésével jelentősen kedvezőbbé tehetjük. A fizikai állapot javulása arányos a művelés mélységével. A megfelelő körülmények között végzett 60 cm-es mélylazítás az eredeti talajállapotot a 30–60 cm-es rétegben 47–42 P_0 %-osra növelte, illetve a térfogattöméget 1,4–1,5 g/cm³-re csökkentette. A mélylazítás tartamhatása még a negyedik évben is megbízhatóan kimutatható volt a 30–50 cm-es rétegben.

A fellazított talajállapot következtében a 60 cm-es rétegben tárolt víz a kukorica kritikus fejlődési szakaszában, a címerhányás idején, mintegy 50–70 mm csapadéknak megfelelő mennyiséggel volt több a négy év átlagában, a tavaszi szántásos rendszerhez viszonyítva.

Ilyen körülmények között a talaj fizikai állapotának megjavítása 60 cm-es mélylazítással, vagy 40 cm-es szántással a négy év összességében kedvezőbb termésmenővelő tényező volt, mint az évenként kiadott 520 kg/ha NPK-műtrágya-hatóanyag. Ez egyben azt is bizonyítja, hogy a 39–36 P_0 %-kal, illetve 1,6–1,7 g/cm³-el jellemzett fizikai állapot nagyobb mértékű relatív minimumot jelentett a kukorica számára, mint a tápanyag-adtógolás. Négy év összességében 1 P_0 %-növekedésre 1,08–1,51 t/ha termésmenővekedés esett.

A műtrágyázás a kukorica termését megbízhatóan növelte. A nagyobb adag termésmenővelő hatása a kisebbéhez viszonyítva is igazolt.

Az őszi alapműveléses rendszerekhez viszonyítva a tavaszi műveléses, vagyis őszi alapművelés nélküli rendszerekben lényegesen kisebb műtrágyahatást tapasztaltunk. A tavaszi műveléses rendszerek közül a szántásos lényegesen kedvezőtlenebb érvényesülést biztosított, mint a tárcsás és a talajmarós rendszerek. Tehát a tavaszi művelés a trágyák érvényesülésének csökkenése miatt is hátrányos.

A műveléssel kedvezőbbé tett talajfizikai állapot főleg a nagyobb adagú műtrágyák hatékonyságát fokozta: a P_0 érték 1 %-os emelkedésére 115 kg termésmenővekedés esett évente. A felső 60 cm-es talajréteg műveléssel szabályozható fizikai állapota tehát a műtrágya-érvényesülés egyik feltétele.

I r o d a l o m

- [1] GYÖRFFY, B.: A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártud. Közlem. **35**, 239–266. 1976.
- [2] GYÖRFFY, B. és SZABÓ, J. L.: A talajművelés optimális mélysége és a 'no tillage' vizsgálata kukorica monokultúrában. In: Kukoricatermesztési Kísérletek 1968–1974. 189–206. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1979.
- [3] HEPP, F.: A homoktalaj sekély- és mélyművelésének hatása a terméseredményekre. Növénytermelés. **23**, 357–366. 1974.
- [4] KAPOCSI, I.: Idő- és energiatakarékosabb talajművelés nehéz kultivátorok alkalmazásával. MÉM-AGROINFORM. 1–46. 1981.

- [5] KÁPOSZTA, J.: A különböző időben és módon végzett talajművelés hatása a kukorica termésére. In: Kukoricatermesztési Kísérletek 1968—1974. 207—211. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1979.
- [6] KOVÁRS, A.: Talajművelési kísérletek kukorica monokultúrában. Talajtermékenység. 5. 3—9. 1974.
- [7] SIPOS, S.: Talajművelési és trágyázási rendszerek hatása a kukorica termésére. In: Kukoricatermesztési Kísérletek 1965—1968. 156—168. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1969.
- [8] SIPOS, S.: Fiziceszkoe szosztojanie pocsvü kak faktor effektivnoszti minerál'nyü udobrenija. Dokládü zarubezsnyü ucsasztnyikov. VIII. Mezsduarodnyü Kongressz po minerál'nyü udobrenijam. Moszkva. Tom. I. 239—250. 1976.
- [9] SIPOS, S.: Talajművelési kísérletek eredményei réti talajon. In: Kukoricatermesztési Kísérletek 1968—1974. 213—221. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1979.
- [10] SIPOS, S. & SZIRTES, V.: A kukorica pórústérfogát igénye csernozjom és réti agyag talajon. In: Kukoricatermesztési Kísérletek 1965—1968. 120—128. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1969.

Érkezett: 1982. április 28.

Relationships Among the Physical Condition of the Soil, the Effectiveness of Fertilizers and Maize Yield

S. SIPOS and I. HEGEDŰS

University of Agricultural Sciences, Gödöllő (Hungary) and Co-operative Farm,
Okoc (Czechoslovakia)

Summary

A two-factor experiment was conducted in three replicate runs on a brown forest soil in the southeastern part of Czechoslovakia for four years. Maize was grown on a net area of 5.4 ha and the following relationships were studied:

- The direct effects of six different tilling systems on the physical condition of the soil; the endurance of the effects.
- The effects of the physical condition of the soil on grain yield.
- The effect of the physical condition of the soil on the effectiveness of NPK fertilizers applied at various rates.

In the previously uncultivated area the soil layer at a depth of 30—60 cm was very compact (total pore volume: 39—36%; bulk density: 1.6—1.7 g/cm³). This unfavourable condition can be considerably improved by proper tilling. Due to deep loosening, pore volume increased to 47—42% and bulk density decreased to 1.4—1.5 g/cm³. The longterm effect of deep loosening was found to be reliably positive even in the fourth year. The improved physical condition of the soil permitted the storage of surplus moisture (equal to 50—70 mm rainfall) in the upper 60 cm soil layer at the time of tasselling.

Such an improvement in the physical condition of the soil resulted in a higher yield surplus in four years than the annual application of 520 kg NPK/ha. Thus it was established that the detrimental effect of the original physical condition of the soil surpassed the beneficial effect of fertilizer application in the case of maize. On the average of four years, 1.08—1.51 t/ha yield surplus corresponded to 1% increase in pore volume.

The effectiveness of fertilizers was found to be lower when the soil was cultivated in the spring and not in the autumn.

The favourable physical condition of the soil effected by deep cultivation increased the effectiveness of higher rates of NPK fertilizers. 1% increase in the total pore volume brought about an annual increase of 115 kg in the yield surplus.

Table 1. Some characteristics of the soil. (1) Depth, cm. (2) Humus, %. (3) Total N content, %. (4) AL soluble P₂O₅ and K₂O mg/100 g soil.

Table 2. Changes in the total pore volume (P₀ %) of the soil due to the effect of various tillage systems in the 1st and 4th years (1977 and 1980) of the experiment. (1) Soil layer, cm. a) average. (2) Tillage ("A" factor): 1. Loosening to a depth of 60 cm (furrow width: 70 cm), then ploughing to a depth of 20—25 cm every autumn. 2. Ploughing

to a depth of 40 cm, then ploughing to 20–25 cm every autumn. 3. Ploughing to a depth of 30 cm, then ploughing to 20–25 cm every autumn. 4. Rotary tillage to a depth of 15 cm in the spring, before the sowing of maize. 5. Tillage with a disc cultivator to a depth of 15 cm in the spring, before sowing. 6. Ploughing to 20–22 cm in the spring, before sowing. (3) $LSD_{5\%}$. (4) $P\%$.

Table 3. Moisture content of the 0–60 cm soil layer (in weight %) at tasselling. (1) Tillage ("A" factor): for 1–6. see Table 2. a) $LSD_{5\%}$ and $P\%$. (2) Years. (3) Average of four years.

Table 4. Grain yield on the average of four years. (1) Tillage ("A" factor), 1–6. see Table 2. a) average; b) effect of tillage at the same fertilizer rates; $LSD_{5\%}$ and $P\%$. (2) Fertilizer rates ("B" factor). (3) Control (B_1); 360 kg NPK/ha (B_2) = 120 kg N, 120 kg P_2O_5 and 120 kg K_2O ; 520 kg NPK/ha (B_3) = 174 kg N, 173 kg P_2O_5 and 173 kg K_2O . (4) Grain yield, kg/ha. (5) Average. (6) Fertilizer effect in the case of the same tillage, $LSD_{5\%}$ and $P\%$. c) values at $LSD_{5\%}$: "A" on the average of "B": 160 kg/ha; "B" on the average of "A": 262 kg/ha; identical "B" and different "A": 175 kg/ha; identical "A" and different "B": 219 kg/ha. Between the variants of "A" and "B" factors there are significant differences at the $P = 0.1\%$ level. The correlation is significant at the $P = 0.1\%$ level.

Table 5. Analysis of the effects of the various tillage systems (1–5.) on the basis of yield differences. (The yields – kg/ha – obtained with systems 1–5. were compared to the yield obtained with spring ploughing.) (1) Years. a) total. (2) Tillage ("A" factor), 1–5. see Table 2. For B_1 – B_3 see Table 4.

Table 6. The yield increasing effect of fertilizer application with the various tillage systems. (Yield difference as compared to the control.) (1) Years. a) total; b) annual average. (2) Tillage. For 1–6. see Table 2. For B_2 and B_3 see Table 4.

Fig. 1. Total pore volume ($P\%$) of the soil as influenced by various tillage systems during the four years of the experiment. For 1–4. see Table 2. Vertical axis: depth, cm.

Fig. 2. Total pore volume of the upper 60 cm soil layer and the surplus yield (as compared to spring ploughing). ($P\%$ = 4-year average; surplus yield = total of 4 years.) 1. Control. 2. 360 kg NPK/ha. 3. 520 kg NPK/ha. Vertical axis: surplus yield, t/ha. Horizontal axis: total pore volume % ($P\%$).

Fig. 3. Total pore volume of the upper 60 cm soil layer and the surplus yield effected by fertilizer application (4-year average, kg/ha). 1. 360 kg NPK/ha. 2. 520 kg NPK/ha. Vertical axis: surplus yield, kg/ha. Horizontal axis: total pore volume %.

Beziehungen zwischen dem mit verschiedenen Bearbeitungsverfahren erhaltenen physikalischen Zustand der Böden, sowie der Mineraldüngung einerseits und dem Maistertrag andererseits

S. SIPOS und I. HEGEDŰS

Agrarwissenschaftliche Universität, Gödöllő (Ungarn) und Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft, Okoc (CSSR)

Zusammenfassung

Auf dem braunen Waldboden der im süd-östlichen Teil der CSSR liegenden Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaft Opatovska Nova Ves wurde vier Jahre hindurch ein Dauerversuch mit zwei Faktoren, in dreifacher Wiederholung auf einer Nettofläche von 5,4 Hektar durchgeführt. Während des Versuches wurde ausschliesslich Mais angebaut. Die zu ermittelnden Zusammenhänge waren die folgenden:

Die durch die 6 angewendeten Bearbeitungssysteme ausgeübte unmittelbare Wirkung auf den physikalischen Zustand des Bodens und die Dauerhaftigkeit dieser Wirkung; Auswirkung des physikalischen Zustandes des Bodens auf den Kornertrag des Mais;

Wirksamkeit des durch die Bodenbearbeitung erreichten physikalischen Zustandes des Bodens auf die Effektivität der NPK-Mineraldüngergaben.

Die bisher nicht bearbeitete Bodenschichte in 30–60 cm Tiefe ist stark verdichtet, das gesamte Porenvolumen beträgt 39–36 $P\%$, die Lagerungsdichte 1,6–1,7 g/cm³. Dieser Zustand kann durch Bodenbearbeitung wesentlich verbessert werden. Infolge

Tieflockerung erhöhte sich der $P\delta\%$ -Wert auf 47–42, die Lagerungsdichte hingegen sank auf 1,5–1,4 g/cm³ ab. Die Dauerwirkung der Tieflockerung war auch noch im vierten Jahr gesichert positiv. Dieser physikalische Zustand ermöglichte gerade zur Zeit des Fahnschiessens beim Mais in der 0–60 cm Bodenschichte die Speicherung von einer Wassermenge, welche um eine, einem 50–70 mm Niederschlag entsprechenden Menge grösser war, als ohne diese Bearbeitung.

Eine physikalische Bodenveränderung von diesem Ausmass sicherte in der Gesamtheit der 4 Jahre einen höheren Ertragszuwachs als eine jährliche 520 kg/ha N + P₂O₅ + K₂O Düngergabe. Der mit 39–36 $P\delta\%$, bzw. mit 1,6–1,7 g/cm³ Lagerungsdichte gekennzeichnete physikalische Zustand hat für den Mais in höherem Masse ein relatives Minimum bedeutet, als ein eventueller Nährstoffmangel. Während der 4 Jahre entfiel auf 1 $P\delta\%$ -Zuwachs eine Ertragszunahme von 1,08–1,51 t/ha.

Den im Herbst üblichen Bearbeitungssystemen gegenüber stellten wir bei den im Frühjahr üblichen Bearbeitungssystemen eine wesentlich geringere Mineraldüngere Wirkung fest.

Der durch tiefere Bodenbearbeitung erreichte günstigere physikalische Zustand erhöhte die Wirksamkeit der grösseren NPK-Mineraldüngergaben gesichert. Auf den Anstieg des gesamten Porenvolumens um 1% fiel eine jährliche Ertragszunahme von 115 kg/ha.

Tab. 1. Kennwerte des Versuchsbodens. (1) Tiefe, cm. (2) Humusgehalt, %. (3) Gesamtes N, %. (4) AL-lösliches P₂O₅ und K₂O, mg/100 g Boden.

Tab. 2. Änderung des gesamten Porenvolumens ($P\delta\%$) im Boden infolge der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren im ersten (1977) und im vierten (1980) Versuchsjahr. (1) Bodenschichte, cm; a) Mittelwert. (2) Bodenbearbeitung (Faktor »A«): 1. Lockerung in 60 cm Tiefe mit einem Messerabstand von 70 cm, danach Pflügen bis zu 20–25 cm Tiefe im Herbst jedes Jahres. 2. Pflügen bis zu 40 cm Tiefe, in den darauffolgenden 3 Jahren in 20–25 cm Tiefe im Herbst. 3. Pflügen bis zu 30 cm Tiefe, in den darauffolgenden 3 Jahren im Herbst bis zu 20–25 cm Tiefe. 4. Bodenfräsen bis zu 15 cm Tiefe im Frühjahr vor dem Maisanbau. 5. Scheibenschältpflügen bis zu 15 cm Tiefe im Jahr vor dem Anbau. 6. Pflügen bis zu 20–25 cm Tiefe im Frühjahr vor dem Anbau. (3) GD₅%. (4) $P\delta\%$.

Tab. 3. Feuchtigkeitsgehalt (in Gw.%) der 0–60 cm Bodenschichte zur Zeit des Fahnschiessens. (1) Bodenbearbeitung (Faktor »A«): 1–6. s. Tab. 2. a) GD₅% und $P\delta\%$. (2) Versuchsjahre. (3) Mittelwert von 4 Jahren.

Tab. 4. Kornertrag des Maises im Mittel von 4 Jahren. (1) Bodenbearbeitung (Faktor »A«): s. Tab. 2. a) Mittelwert; b) Wirkung der Bodenbearbeitung bei gleichen Mineraldüngergaben, GD₅% und $P\delta\%$. (2) Mineraldüngergaben (Faktor »B«). (3) B₁ = ungedüngte Kontrolle. B₂ = 360 kg NPK/ha = 120 kg N + 120 kg P₂O₅ + 120 kg K₂O pro ha. B₃ = 520 kg NPK/ha = 174 kg N + 173 kg P₂O₅ + 173 kg K₂O pro ha. (4) Körnertrag, kg/ha. (5) Mittelwert. (6) Wirkung des Mineraldüngers bei gleichartiger Bodenbearbeitung, GD₅% und $P\delta\%$. c) GD₅%-Werte: Faktor »A« im Mittel von Faktor »B«: 160 kg/ha; Faktor »B« im Mittel von Faktor »A«: 262 kg/ha; gleiche »B«-Faktoren und verschiedene »A«-Faktoren: 175 kg/ha; gleiche »A«-Faktoren und verschiedene »B«-Faktoren: 219 kg/ha. Unter den Varianten der Faktoren »A« und »B« bestehen bei einer Wahrscheinlichkeitsgrenze von 0,1% signifikante Differenzen. Die Wechselwirkung ist bei einer Wahrscheinlichkeitsgrenze von 0,1% signifikant.

Tab. 5. Analyse der Wirkung der Bodenbearbeitungssysteme aufgrund der Erträge verglichen mit den nach dem Pflügen im Frühjahr erhaltenen Erträgen, kg/ha. (1) Versuchsjahre, a) insgesamt. (2) Bodenbearbeitungsfaktoren (Faktor »A«), s. Tab. 2. Düngungsfaktoren: B₁, B₂, B₃: s. Tab. 4.

Tab. 6. Wirkung der Mineraldüngung bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Ertragsdifferenz im Verhältnis zu jener der nicht gedüngten Parzelle). (1) Versuchsjahre, a) insgesamt, b) Jahresdurchschnitt. (2) Faktor »A«, Bodenbearbeitung s. Tab. 2. Faktor »B« Mineraldüngung s. Tab. 4.

Abb. 1. Bodenbearbeitungsverfahren und Änderung des gesamten Porenvolumens des Bodens ($P\delta\%$) in den 4 Versuchsjahren. 1. = Lockerung bis zu einer Tiefe von 60 cm; 2. = Pflügen bis zu einer Tiefe von 40 cm; 3. = Pflügen bis zu einer Tiefe von 30 cm; 4. = Bodenfräsen bis zu einer Tiefe von 15 cm. Ordinate: Tiefe, cm.

Abb. 2. Gesamtes Porenvolumen der 0–60 cm Bodenschichte und die mit dem Frühjahrspflügen verglichenen Mehrerträge. ($P\delta\%$ = Mittelwert von 4 Jahren; Mehrertrag = von 4 Jahren insgesamt.) 1. = ungedüngte Kontrolle; 2. = 360 kg/ha NPK-Wirkstoff; 3. = 520 kg/ha NPK-Wirkstoff. Ordinate: Mehrertrag, t/ha. Abscisse: gesamtes Porenvolumen, % ($P\delta\%$).

Abb. 3. Gesamtes Porenvolumen der 0—60 cm Bodenschichte und der infolge Mineraldüngung erhaltene Mehrertrag (Mittel von 4 Jahren, kg/ha). 1. = 360 kg/ha NPK-Wirkstoff; 2. = 520 kg/ha NPK-Wirkstoff. Ordinate: Mehrertrag, kg/ha. Abscisse: Gesamtes Porenvolumen, % (P₀%).

Зависимости между физическим состоянием почвы, созданным системами обработок, внесением минеральных удобрений и урожаем кукурузы

Ш. ШИПОШ и И. ХЕГЕДЮШ

Аграрный Университет, Гёдёллэ (Венгрия) и Сельскохозяйственный Производственный кооператив, Окоц (Чехословакия)

Резюме

В сельскохозяйственном производственном кооперативе Опатовска Нова Вещ, расположенном в северо-восточной части Чехословакии, на бурой лесной почве провели четырехлетний, двухфакториальный опыт в трех повторностях на нетто площади $6 \times 3 \times 3 = 5,4$ гектар. В опыте четыре года бесменно выращивали пшеницу и изучали следующие зависимости.

— Прямое влияние шести систем обработок на физическое состояние почвы и длительность этого влияния;

— Физическое состояние почвы и изменение урожаев зерна кукурузы;

— Физическое состояние почвы, созданное различными обработками и эффективность различных доз азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений.

Необрабатываемый до этого слой почвы, залегающий на глубине 30—60 см, весьма плотный, его общая порозность 39—36 P₀%, объемный вес 1,6—1,7 г/см³. Обработкой это состояние можно сделать более благоприятным. Под влиянием глубокого рыхления порозность увеличилась до 47—42 P₀%, а объемный вес снизился до 1,4—1,5 г/см³. Последствие глубокого рыхления было достоверно положительным и на четвертый год после его проведения. Такое физическое состояние почвы позволило в 60 см слое почвы в период выбрасывания кукурузой метёлки накопить влагу в количестве соответствующем 50—70 мм осадков.

Под влиянием такого значительного изменения физического состояния почвы в среднем за четыре года урожаи повысились больше, чем от ежегодного внесения 520 кг действующих начал азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений. Таким образом, физическое состояние почвы, характеризуемое 39—36 P₀% и 1,6—1,7 г/см³ объемным весом, означало для кукурузы более значительный относительный минимум, чем внесение минеральных удобрений. За четыре года на 1%-е увеличение общей порозности приходилась прибавка урожая 1,08—1,51 т/га.

В системах весенней обработки почвы по сравнению с системами основной осенней обработки отметили значительно меньший эффект от внесения минеральных удобрений.

Физическое состояние почвы, достигнутое более глубокой обработкой, достоверно повысило эффективность более высоких доз минеральных удобрений. На 1%-е увеличение общей порозности ежегодно приходилось 115 кг прибавочного урожая.

Табл. 1. Данные анализа почвы опыта. (1) Глубина, см. (2) Гумус, %. (3) Общий азот, %. (4) АЛ-растворимые P₂O₅ и K₂O в мг/100 г почвы.

Табл. 2. Изменение порозности почвы (P₀%) под влиянием различных обработок в первом и четвертом году опыта (1977. и 1980). (1) Слой почвы, см. а) Среднее. (2) Обработка почвы (фактор «А»): 1. Рыхление на глубину 60 см при расстоянии между ножами 70 см, затем пахота на глубину 20—25 см, осенью каждого года. 2. Вспахка на глубину 40 см, в последующие три года зяблевая вспахка на глубину 20—25 см. 3. Вспахка на глубину 30 см, в последующие три года озимая вспахка на глубину 20—25 см. 4. Фрезерование на глубину 15 см, весной перед посевом кукурузы. 5. Дискование на глубину 15 см, весной перед посевом кукурузы. 6. Вспахка на глубину 20—22 см, весной перед посевом. (3) СНР_{5%}%. (4) P%.

Табл. 3. Влажность почвы в слое 0—60 см (в весовых %) в период выбрасывания метёлки. (1) Обработка почвы (фактор «А»): смотри в таблице 2. от 1. до 6. а) СНР_{5%} и P%. (2) Годы опыта. (3) Среднее четырех лет.

Табл. 4. Урожай зерна кукурузы в среднем за четыре года. (1) Обработка почвы (фактор «А»): смотри в таблице 2. а) Среднее. б) Влияние обработки почвы при одинаковых дозах минеральных удобрений $СНР_5\%$ и $P\%$. (2) Доза минерального удобрения (фактор «В»). (3) V_1 = контроль без внесения минеральных удобрений. V_2 = $НРК$ 360 кг/га = 120 кг азота, 120 кг P_2O_5 и 120 кг K_2O . V_3 = $НРК$ 520 кг/га = 174 кг азота, 173 кг P_2O_5 и 173 кг K_2O . (4) Урожай зерна, кг/га. (5) Среднее. (6) Эффективность минеральных удобрений при одинаковых обработках почвы $СНР_5\%$ и $P\%$. с) Величины $СНР_5\%$: А) в среднем от «В» 160 кг/га. «В» в среднем от «А» 262 кг/га. При одинаковых «В» и различных «А» 175 кг/га, при одинаковых «А», и различных «В» 219 кг/га. Между переменными факторов «А» и «В» имеются достоверные различия на уровне $P = 0,1\%$. Взаимовлияние достоверно на уровне $P = 0,1\%$.

Табл. 5. Оценка влияния систем обработки почвы на основании различий урожаев, сравненных с системой весенних обработок (кг/га). (1) Годы опыта, а) Всего. (2) Факторы обработки почвы (фактор «А») смотри в таблице 2. V_1 без удобрений, контроль. V_2 и V_3 смотри в таблице 4.

Табл. 6. Эффективность минеральных удобрений при различных обработках почвы (разницы между урожаями по сравнению с неудобренным контролем) (1) Годы опыта, а) Всего, б) Среднее за год. (2) Фактор «А». Системы обработки почвы смотри в таблице 2., V_2 и V_3 смотри в таблице 4.

Рис. 1. Способы обработки почвы и изменение общей порозности ($P_0\%$) за четыре года опыта. 1 = рыхление на глубину 60 см. 2 = вспашка на глубину 40 см. 3 = вспашка на глубину 30 см. 4 = фрезерование на глубину 15 см. По вертикальной оси: глубину в см.

Рис. 2. Общая порозность почвы в слое 0–60 см и прибавка урожая по сравнению с весенней вспашкой ($P_0\%$ = среднее четырех лет. Прибавка урожая = всего за четыре года). 1. = контроль, без удобрений. 2. = 360 кг/га $НРК$. 3. = 520 кг/га действующих веществ $НРК$. По вертикальной оси: прибавка урожая в т/га. По горизонтальной оси: общая порозность почвы, % ($P_0\%$).

Рис. 3. Общая порозность почвы в слое 0–60 см и прибавки урожая, полученные под влиянием минеральных удобрений (среднее четырех лет, кг/га). 1. 360 кг/га $НРК$. 2. 520 кг/га действующих веществ $НРК$. По вертикальной оси: прибавки урожая, кг/га. По горизонтальной оси: общая порозность в %.