

A talajtakarás hatása néhány enzim aktivitására integrált gyümölcsös talajában

Varga Csaba¹ – Helmeczi Balázs²

¹Nyíregyházi Főiskola,

Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Kar,
Táj- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Nyíregyháza

²Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,

Mezőgazdaságtudományi Kar,

Talajtani Tanszék, Debrecen

vargacs@nyf.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataink célja, a különböző talajtakaró anyagoknak (feketefólia és agroszövet-fólia) a talajban előforduló néhány enzim (foszfatáz, szacharáz, ureáz, kataláz (1 és 2 perces), dehidrogenáz) aktivitására gyakorolt hatásának vizsgálata. A kísérletet az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. területén 1997-ben telepített almaültetvényben két cider fajta (Brown's Apple és Dabinett) talajából vett mintákon végeztük. Az enzimek aktivitásának meghatározását Krámer és Erdei (1959a), Kuprevics és Scserbakova (1956), Kuprevics et al. (1966), Frankenberger és Johanson (1983), illetve Mersi és Schinner (1991) szerint végeztük.

A talaj nedvességtartalmát minden mintavétel alkalmával hagyományos (szárítószekrényes) módszerrel mértük és az enzimaktivitási értékeket abszolút száraz talajra számítottuk át. Az így kapott értékeket matematikai (varianciaanalízis, korrelációs számítás) módszerekkel értékeltük. A kísérleti terület talajából kezelésenként a vegetációs időben évenként 5 alkalommal (2 havonként) márciustól novemberig vettünk mintát.

Az enzimaktivitások havi változását követve az alábbiakat figyeltük meg. A foszfatáz aktivitása általában májusban volt a legnagyobb és novemberben a legkisebb. Kezeléstől függően mértünk nagy aktivitást március és szeptember hónapban is. A szacharáz aktivitása általában novemberben volt a legnagyobb és júliusban a legkisebb. Ugyanakkor előfordult májusi és szeptember csúcs is. A legnagyobb ureáz aktivitást kezeléstől függően szeptember és november hónapban, a legkisebbet májusban és júliusban mértük. A kataláz aktivitása márciusi hullámvölgy után novemberben vagy egyes kezeléseknél szeptemberben csúcsosodott ki 2000-ben. 2001-ben a hullámvölgy szintén márciusban volt, azonban a csúcspont az egyperces kataláz esetében novemberben, a képercesnél májusban mutatkozott. Végül a dehidrogenáz aktivitása évről-évre és kezeléstől függetlenül novemberben volt a legnagyobb és júliusban a legkisebb.

A két vizsgálat év (2000-2001) havi és éves csapadék ellátottságában jelentős, az enzimek aktivitásában is érvényesülő különbség mutatkozott. A talajnedvesség és az enzimaktivitás között a foszfatáz, szacharáz és ureáz esetében gyenge (sorrendben 0,426; 0,480; 0,396), a kataláz (1), kataláz (2) és a dehidrogenáz esetében közepes (0,518; 0,556; 0,559) pozitív korrelációt figyeltünk meg.

Az egyes kezelések hatását értékelve azt az eredményt kaptuk, hogy az agroszövet-fóliával takart talajban mért enzimaktivitások, valamennyi vizsgált enzim esetében, szignifikánsan magasabbak voltak a feketefóliával takart, illetve a takaratlan kontroll talajban mért aktivitásértékektől. Ugyanakkor a feketefólia takarás is, mutatott szignifikánsan magasabb enzimaktivitást (a foszfatáz enzim kivételével), mint a kontroll talaj. Tehát a talajtakarás statisztikailag is igazolható mértékű előnyt jelentett az enzimek aktivitását illetően a takaratlan talajjal szemben.

Kulcsszavak: talajtakarás, enzimaktivitás, feketefólia, agroszövet

SUMMARY

The purpose of our experiments is to discover the effect of different soil cover matters (agrofoil and black polyethylene) on the activity of some enzymes (phosphatase, saccharase, urease, catalase, dehydrogenase) occurring in soil. Soil samples were taken from a cider apple plantation of the Fruit Producing Research and Advisory Kht Újfehértó. The enzyme activity was measured according to Krámer and Erdei (1959a), Kuprevič and Tsherbakova (1956), Kuprevič et al. (1966), Frankenberger and Johanson (1983), Mersi and Schinner (1991). Soil moisture content was by conventional (drying chamber) method measured during every sampling and enzyme activity was transpolated to absolute dry soil. Results were estimated by mathematical methods (variation analysis, correlation counting). Soil samples were taken by trials 5 times (in every two months) a year in the vegetation period from March to November.

By recording the monthly changes of the enzyme activity we have observed the following. The activity of the phosphatase was generally the highest in May and the lowest in November. Depending on the trials, high values were also measured in March and September. The activity of the saccharase was generally the highest in November and the lowest in June, but at the same time peaks even occurred in May and September. The highest urease activity was measured in September and November, and the lowest activity in May and July, also depending on the trials. In the year 2000, after a deep point in March, the activity of the catalase was the highest in November or by certain trials in September. In 2001, the lowest activity was also measured in March, but the highest activity appeared in November in case of one-minute trial, and in May in consequence of two-minute trial. Finally the activity of dehydrogenase was the highest in November and the lowest in July apart from the model years.

There were essential differences in rainfall of the two experimental years which was reflected in the enzyme activities. There was a poor positive significant relationship between soil moisture content and enzyme activity values in case of phosphatase, saccharase, urease ($r=0,426$; $0,480$; $0,396$) respectively. In case of catalase1 ($r=0,518$), catalase ($r=0,556$), dehydrogenase ($r=0,559$) we obtained a medium strong positive relationship between soil moisture content and enzyme activity values. By evaluating the effect of different trials in case of every examined enzyme significantly higher values were detected in soils covered by agrofoil (a porous black polyethylene) than in soils covered by black polyethylene or in uncovered soils. Moreover, the soil covered by black polyethylene showed significantly higher enzyme activities (besides phosphatase) than the control soil. Thus soil-covering meant statistically significant advantages in enzyme activity as opposed to uncovered soil proved.

Keywords: soil covering, enzyme activity, black polyethylene, agrofoil

BEVEZETÉS

Az integrált gyümölcsstermesztésben alkalmazott talajtakarás (mulcsozás) nem új keletű technológiai eljárás. Hazánkban azonban csak az utóbbi években (s főleg a gyümölcsstermesztésben) van terjedőben. Az eljárásnak talajvédő (kiszáradás, erózió, defláció stb.) hatásán kívül, a kedvező mikroklímátikus viszonyok alakításában játszott szerepe is jól ismert. A talaj életére, a talaj mikroorganizmusaira gyakorolt hatását azonban kevesen vizsgálták. Ilyen adatokkal szinte csak Bubán és szerzőtársai (1996a, 1996b) közleményeiben találkozunk. Ezirányú próbálkozásainkat elsősorban ez a körülmény indokolta.

A talajban az állatok, a növények, főleg pedig a mikroorganizmusok által termelt enzimek vizsgálatának (az ún. „talajenzimológia”-nak) kezdete az elmúlt század első éveibe nyúlik vissza. Teljes kibontakozásnak azonban csak az 1950-es években, Hofmann (1955) és követőinek tevékenységével indult, akik újabb és újabb kísérletet tettek arra, hogy a talajtermékenység és ezen paraméter szoros összefüggését igazolják. Elmondható ugyan, hogy a talajenzimológia számos adattal járult hozzá a talajbiológiai ismeretek gyarapításához, de mihamar kiderült (Szabó, 1955), hogy módszerei nem alkalmasak a talaj termékenységének jellemzésére. Ennek ellenére az elmúlt néhány évtizedben végzett vizsgálatok eredményeként a talajból kimutatott enzimek száma legalább megduplázódott, de szerepük, illetve jelentőségük a talaj termékenységének megítélésében továbbra is erősen vitatott. Vizsgálatainkat mi sem azzal a céllal végeztük, hogy annak alapján a talaj termékenységét értékeljük, csupán tájékozódni kívántunk arról, hogy ilyen feltételek mellett (számos egyéb paraméterrel együtt) hogyan változik a talajban előforduló néhány (fontosabbak közé tartozó) enzim aktivitása. Úgy véljük, hogy az általunk vizsgált egyéb paraméterekkel együtt (összes baktériumszám, összes gombaszám, néhány fiziológiai csoportba tartozó baktériumok száma, CO₂-produkció, cellulózbontó-intenzitás stb.) az enzimaktivitás mértéke is fontos mutatója lehet a talajtakarás talajéleti hatásának megítélésében.

Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a talajenzimológia bármennyire is nagy szolgálatot tett a talajok biodinamikájának jobb megítélésében, szerintünk sem helyettesítheti az egyéb talajbiológiai vizsgálatokat. Az ilyen jellegű kísérletek eredményei jelenleg is meglehetősen ellentmondásosak, ami jelzi azt is, hogy azt számos tényező befolyásolja, s így az eredményeket csak teljesen azonos kísérleti feltételek biztosítása mellett lehet összehasonlítani. Így pl. Moller (1979) pozitív korrelációt talált az ureáz aktivitása és a talaj pH-ja, szervesanyag bontottságának foka és a C/N aránya között, míg Borie (1982), Reddy (1996) negatív korrelációt tapasztalt az ureáz aktivitás és a talaj pH-ja között. Kovács (1990) minden ellentmondás ellenére a kataláz aktivitási értéket a talaj biológiai aktivitásának indikátoraként használta. Angers

(1993) szerint pedig a foszfatáz aktivitás mértéke a forgatás nélküli talajművelésnél nagyobb volt, mint a szántásosnál és a vetésforgóban is 15%-kal volt magasabb, mint monokultúrában.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat a T 016471 sz. OTKA pályázat keretében az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. területén 1997. tavaszán (április 14-16.) telepített almaültetvény talajából vett mintákon végeztük.

A kísérleti terület talajtípusa humuszos homok, amelynek a kísérlet kezdetén vízben mért pH-ja 5,77 (KCl-ben: 4,95) és humusztartalma 1,08%. A területre a telepítés előtt 70 t/ha istállótrágyát juttattak ki, amit mélyforgatással dolgoztak a talajba. Az 5,2 ha területen MM 106 és M 26 alanyú angol cider almafajtákat telepítettek 5x3 m-es tenyésztőterületre öt ismétlésben 5-5 fával. A telepítés során a területen 14 kezelést (14 almafajtát párhuzamosan 28 sorban) alkalmaztak. A 120 cm széles facsíkakat feketefóliával és agroszövetrel takarták, illetve kontrollként takaratlanul hagyták.

A fenti kísérletekhez talajbiológiai komplex vizsgálatokkal kapcsolódtunk, melyet talajenzimológiai vizsgálatokkal is bővítettünk. E helyen egy kétéves (2000-2001) talajenzimológiai vizsgálat sorozat eredményeiről számolunk be.

Vizsgálatainkat a következő kezelésekből végeztük:

Kezelés száma	Kezelés módja	Almafajta
1.	Kontroll (takaratlan)	Brown's Apple
2.	Agroszövetrel takart	Brown's Apple
3.	Feketefóliával takart	Brown's Apple
4.	Kontroll (takaratlan)	Dabinett
5.	Agroszövetrel takart	Dabinett
6.	Feketefóliával takart	Dabinett

A kísérleti terület talajának néhány fontos fizikai, kémiai paraméterét, tápanyag-, makro- és mikroelem tartalmát Buzás (1988) szerint határoztuk meg és a jellemző értékeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Közismert, hogy a talajenzimek aktivitásának meghatározása céljából ismert mennyiségű talajt (esetleg talajkivonatot) antiszeptikum (általában toluol) jelenlétében szubsztrátummal hoznak össze és a reakcióelegy pH-ját (megfelelő pufferoldattal) a vizsgált enzim pH optimumára állítják be (Kiss, 1958; Krámer és Erdei, 1959b; Burns, 1978; Szegi, 1979; Filep, 1990). (Az antiszeptikum alkalmazásának célja a vizsgált enzimet tartalmazó reakcióelegyben a mikroorganizmusok élettevékenységének, szaporodásának megakadályozása, mivel ezek a szubsztrátumot vagy a reakcióterméket (esetleg mindkettőt) felhasználnák, így meghamisítanák az enzimaktivitásként mért értéket).

A kísérleti terület talajának fontosabb (kémiai) paraméterei a telepítés előtt

Mért jellemzők(1)	A mintavétel mélysége cm-ben(2)			
	0-20	21-40	41-60	0-60 átlag(3)
pH (H ₂ O)	5,77	5,03	5,74	5,71
pH (KCl)	4,95	4,74	4,97	4,88
K _A	27	27	30	28
CaCO ₃	0	0	0	0
Humusz %(4)	1,08	1,19	0,8	1,02
NO ₃ +NO ₂ -N (mg/100 g)	0,3	0,5	0,76	0,53
NH ₄ ⁺ -N (mg/100 g)	0,11	0,13	0,11	0,12
P ₂ O ₅ (ppm)	55	60	41	0,52
K ₂ O (ppm)	131	213	73	139
Mg (ppm)	130	116	146	129
Na (ppm)	17	14	16	16
Zn (ppm)	1,5	2,8	0,6	163
Cu (ppm)	4,0	6,0	2,2	4,1
Mn (ppm)	200	212	104	192

Table 1: Main (chemical) parameters of soil in the experimental area before planting
Measured parameters(1), sampling depth in cm(2), average of 0-60 cm depth(3), humus(4)

Az így kezelt próbákat különböző ideig (általában 37°C-on) inkubálják, majd pedig az adott szubsztrátum mennyiségének csökkenése vagy a keletkezett termék mennyiségének mérése alapján jellemzik a vizsgált enzim aktivitását.

Az általunk is vizsgált kataláz (és dehidrogenáz) esetében antiszeptikum alkalmazására nincs szükség, mivel a szubsztrátum (pl. H₂O₂) maga is antiszeptikum és a reakciót olyan rövid idő alatt (1-2 perc) kell lefolytatni, hogy addig a mikroorganizmusok nem tudnak elszaporodni.

Kísérletünkben a fontosabb talajenzimek közül a dehidrogenáz, a foszfátáz, a kataláz, a szacharáz (invertáz) és az ureáz aktivitását vizsgáltuk. Ezek aktivitásának meghatározását Krámer és Erdei (1959), Kuprevics és Scserbakova (1956), Kuprevics et al. (1966), Frankenberger és Johanson (1983), illetve a dehidrogenáz aktivitását Mersi és Schinner (1991) szerint végeztük.

A talaj nedvesség-, illetve szárazanyag-tartalmát

minden mintavétel alkalmával hagyományos (szárítószekrényes) módszerrel mértük és az enzimaktivitási értékeket abszolút száraz talajra számítottuk át. Az így kapott értékeket matematikai (varianciaanalízis, korreláció-számítás) módszerekkel értékeltük.

A kísérleti terület talajából kezelésenként a vegetációs időben évenként 5 alkalommal (2 havonként) márciustól novemberig vettünk mintát. A mintákból évente egy alkalommal (a szeptemberi mintából) a már ismertetett módszerekkel újból meghatároztuk a fontosabb kémiai paramétereket. Az enzimek aktivitását viszont minden mintavétel alkalmával mértük.

EREDMÉNYEK

A talaj fontosabb kémiai paramétereinek évenként mért értékeit a 2. táblázatban tüntettük fel.

A kísérleti terület talajának fontosabb kémiai paraméterei kezelésenként a felső 0-60 cm-es rétegben

Mért jellemzők(1)	Telepítéskor(2)	2000. évben kezelésenként(3)			2001. évben kezelésenként(7)		
		Kontroll(4)	Agro- szövet(5)	Fekete- fólia(6)	Kontroll(4)	Agro- szövet(5)	Fekete- fólia(6)
pH (H ₂ O)	5,71	6,44	6,23	6,45	6,31	6,07	6,12
pH (KCl)	4,88	5,55	5,04	5,84	5,62	4,78	5,03
Humusz %(8)	1,02	0,92	0,8	0,62	0,69	0,61	0,74
NO ₃ +NO ₂ -N (mg/100 g)	0,53	0,47	0,28	0,35	0,34	0,30	0,45
NH ₄ ⁺ -N (mg/100 g)	0,12	2,28	1,95	1,71	0,20	0,17	0,18
P ₂ O ₅ (ppm)	52	52	51	39	47	67	49
K ₂ O (ppm)	139	110	122	92	92	116	102
Ca (ppm)	-	113	96	124	97	85	103
Mg (ppm)	129	129	107	155	115	110	119
Na (ppm)	16	133	134	156	-	-	-
Zn (ppm)	1,63	2,55	3,05	3,04	1,18	1,77	1,33
Cu (ppm)	4,1	6,8	5,29	4,08	3,01	3,68	3,55
Mn (ppm)	192	84	69	89	120	105	138

Table 2: Main chemical parameters of top 0-60 cm soil-layer in experimental area by trials
Measured parameters(1), at planting-time(2), in 2000 by trials(3), control(4), porous black polyethylene(5), black polyethylene(6), in 2001 by trials(7), humus(8)

A talaj kémiai paraméterei a fák alatti talajban a két almafajta (Brown's Apple és Dabinett) esetében különbséget nem vagy alig mutattak, ezért az 1. és 2., illetve a 2. és 5., valamint a 3. és 6. kezeléseknél kapott eredményeket átlagoltuk és a 2. táblázatban ezeket mutattuk be.

Az enzimaktivitás 2000. és 2001. év különböző hónapjaiban mért számszerű értékeit a vizsgált öt enzimre vonatkozóan a 3. és 4. táblázatban tüntettük fel. Az aktivitás értékek grafikus ábrázolása az 1-6. ábrákon látható.

3. táblázat

Az enzimek aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint (I.)

Kezelések száma(1)	2000. évben(2)					2001. évben(3)				
	Hónapok(4)									
	III. hó	V. hó	VII. hó	IX. hó	XI. hó	III. hó	V. hó	VII. hó	IX. hó	XI. hó
a) Foszfátáz (P₂O₅ mg/g)(5)										
1.	2,11	2,24	1,48	1,82	1,29	2,23	2,96	2,20	2,97	2,06
2.	2,52	2,70	1,82	2,09	1,18	2,42	3,72	2,71	2,81	2,21
3.	1,86	2,20	1,76	1,95	0,91	2,51	2,86	2,52	2,82	2,33
4.	2,03	2,14	1,71	1,97	1,67	2,86	3,11	2,31	2,78	2,40
5.	2,43	2,68	1,76	2,01	1,81	3,16	3,30	2,90	2,86	2,47
6.	2,01	2,21	1,67	1,86	1,56	2,96	2,89	2,46	2,71	2,38
b) Szacharáz (glükóz mg/g)(6)										
1.	4,36	5,92	4,12	5,39	6,35	5,88	7,35	5,26	8,17	8,68
2.	5,69	6,86	5,21	6,92	6,84	6,91	8,41	6,37	9,65	10,23
3.	4,61	6,37	4,05	5,94	6,52	5,94	8,05	5,41	9,14	9,64
4.	4,31	5,22	3,88	5,43	5,87	6,86	7,65	4,95	8,21	8,73
5.	5,72	6,88	4,13	5,96	6,45	7,86	8,82	5,71	9,87	10,32
6.	4,82	5,95	3,94	5,45	6,12	6,92	7,96	5,06	8,66	9,11
c) Ureáz (NH₄ mg/100 g)(7)										
1.	30,6	40,3	29,6	43,2	41,2	33,5	42,4	31,2	41,3	45,1
2.	32,8	41,9	33,2	45,4	46,5	35,2	45,3	36,4	46,2	49,5
3.	29,4	37,8	26,6	42,8	41,5	33,1	43,2	32,1	42,4	46,3
4.	29,9	38,5	23,5	41,9	42,8	31,4	41,5	29,7	41,9	43,6
5.	33,1	42,7	25,1	44,2	48,6	34,6	44,7	33,4	45,2	51,4
6.	31,2	40,6	22,7	42,1	49,4	32,3	42,3	32,9	42,7	50,2

Table 3: Changes of enzymes activity effected by soil-covering according to years and months (I.)
Number of treatments(1), in 2000(2), in 2001(3), months(4), phosphatase(5), saccharase(6), urease(7)

4. táblázat

Az enzimek aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint (II.)

Kezelések száma(1)	2000. évben(2)					2001. évben(3)				
	Hónapok(4)									
	III. hó	V. hó	VII. hó	IX. hó	XI. hó	III. hó	V. hó	VII. hó	IX. hó	XI. hó
d) Kataláz (O₂ cm³/1 perc)(5)										
1.	4,0	5,5	4,5	6,0	6,5	4,5	6,5	5,0	7,5	8,0
2.	4,5	6,0	5,0	6,5	7,0	5,0	7,0	6,5	9,0	10,0
3.	4,0	6,0	4,5	6,5	7,0	4,5	6,5	5,5	7,5	8,5
4.	3,5	6,0	4,5	6,0	6,0	4,5	7,5	6,0	6,5	7,0
5.	4,5	6,5	5,0	7,0	6,5	6,0	8,0	7,5	8,0	8,5
6.	4,0	6,0	5,0	6,5	6,5	6,0	6,5	6,5	7,5	7,5
e) Kataláz (O₂ cm³/2 perc)(6)										
1.	4,5	8,5	6,5	9,5	10,0	7,5	12,5	9,5	10,5	11,0
2.	6,0	10,5	7,0	10,5	11,5	8,5	14,5	11,5	12,0	13,0
3.	5,0	9,5	6,5	10,0	10,5	8,0	13,0	10,0	11,0	12,0
4.	5,5	9,0	6,0	9,5	9,0	7,0	12,0	9,0	10,0	10,5
5.	7,5	10,5	8,5	11,0	9,5	8,0	15,5	10,5	11,5	12,5
6.	6,0	10,0	7,5	10,5	9,0	7,5	13,0	9,5	10,5	11,0
f) Dehidrogenáz (INTF µg/g)(7)										
1.	52,2	57,5	51,5	55,5	62,5	61,2	65,5	58,5	63,5	68,5
2.	55,4	56,5	53,0	57,5	64,5	65,4	67,0	62,0	65,4	72,6
3.	52,7	54,0	51,9	58,5	63,0	60,5	65,3	58,5	62,3	69,9
4.	53,8	56,0	52,5	56,5	65,0	62,0	63,4	57,7	61,4	69,8
5.	56,9	58,0	55,0	57,5	71,2	66,2	65,9	59,5	62,5	77,4
6.	54,4	55,5	51,5	56,0	70,0	63,1	64,5	58,2	63,4	73,2

Table 4: Changes of enzymes activity effected by soil-covering according to years and months (II.)
Number of treatments(1), in 2000(2), in 2001(3), months(4), catalase(5), catalase(6), dehydrogenase(7)

1. ábra: A foszfatáz enzim aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint

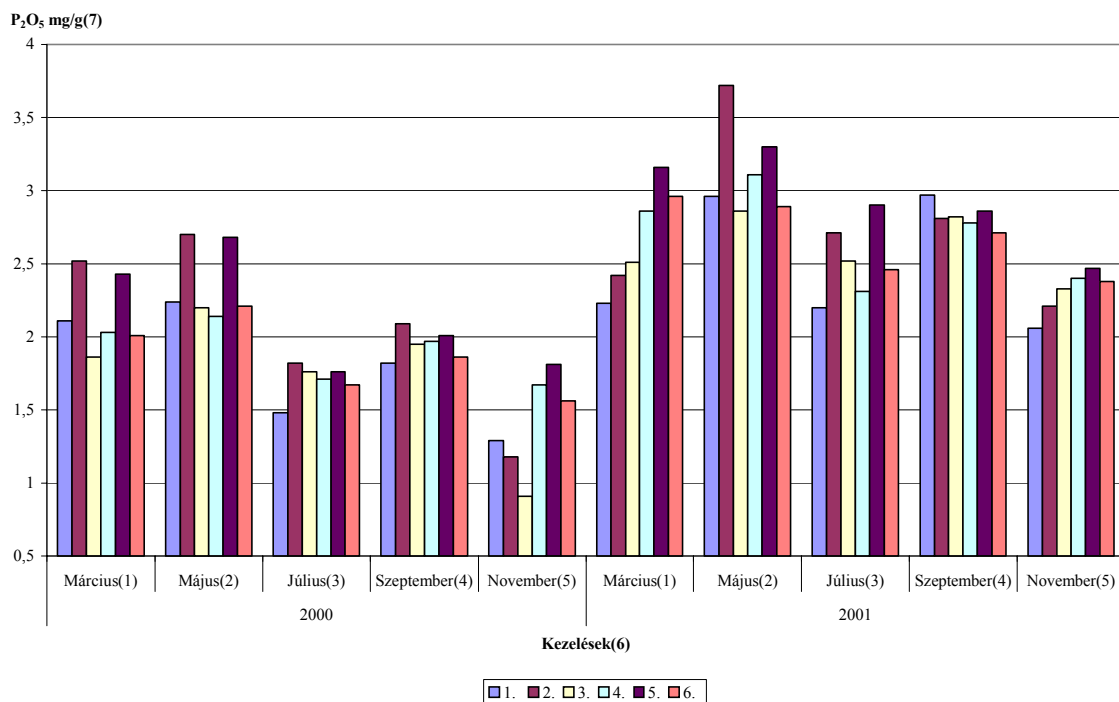


Figure 1: Effect of mulching on changing of phosphatase enzyme activity according to years and months March(1), May(2), July(3), September(4), November(5), Trials(6), P₂O₅ mg/g(7)

2. ábra: A szacharáz enzim aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint

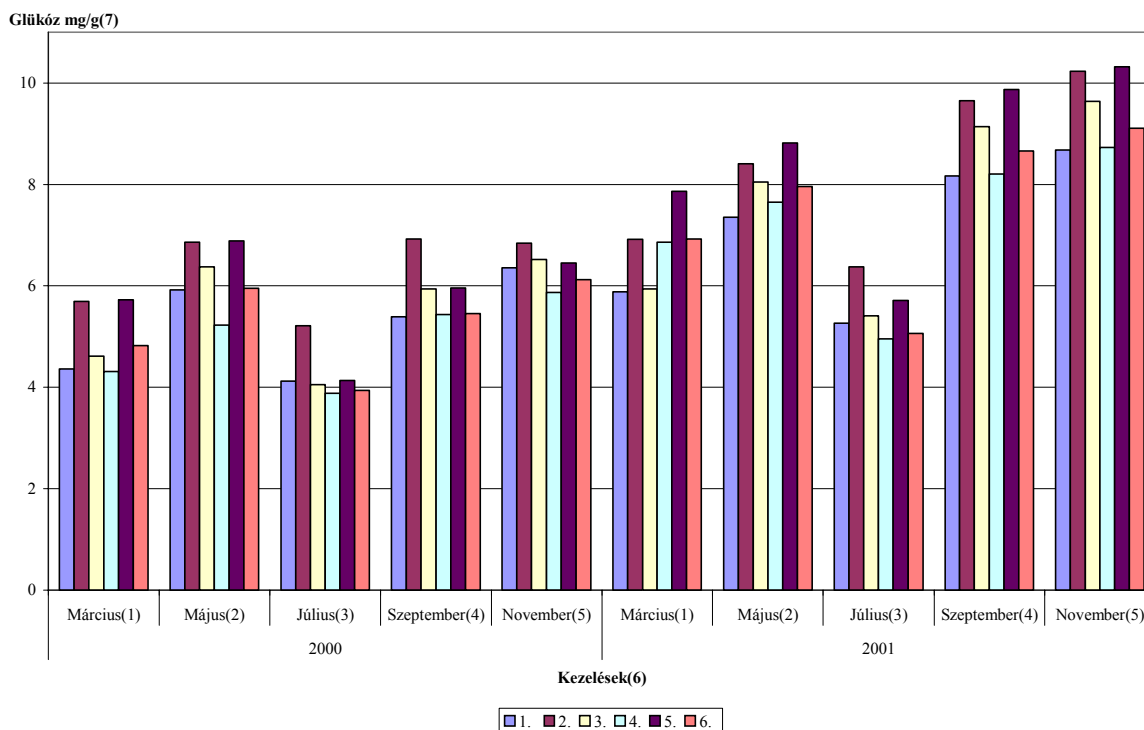


Figure 2: Effect of mulching on changing of saccharase enzyme activity according to years and months March(1), May(2), July(3), September(4), November(5), Trials(6), Glucose mg/g(7)

3. ábra: A ureáz enzim aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint

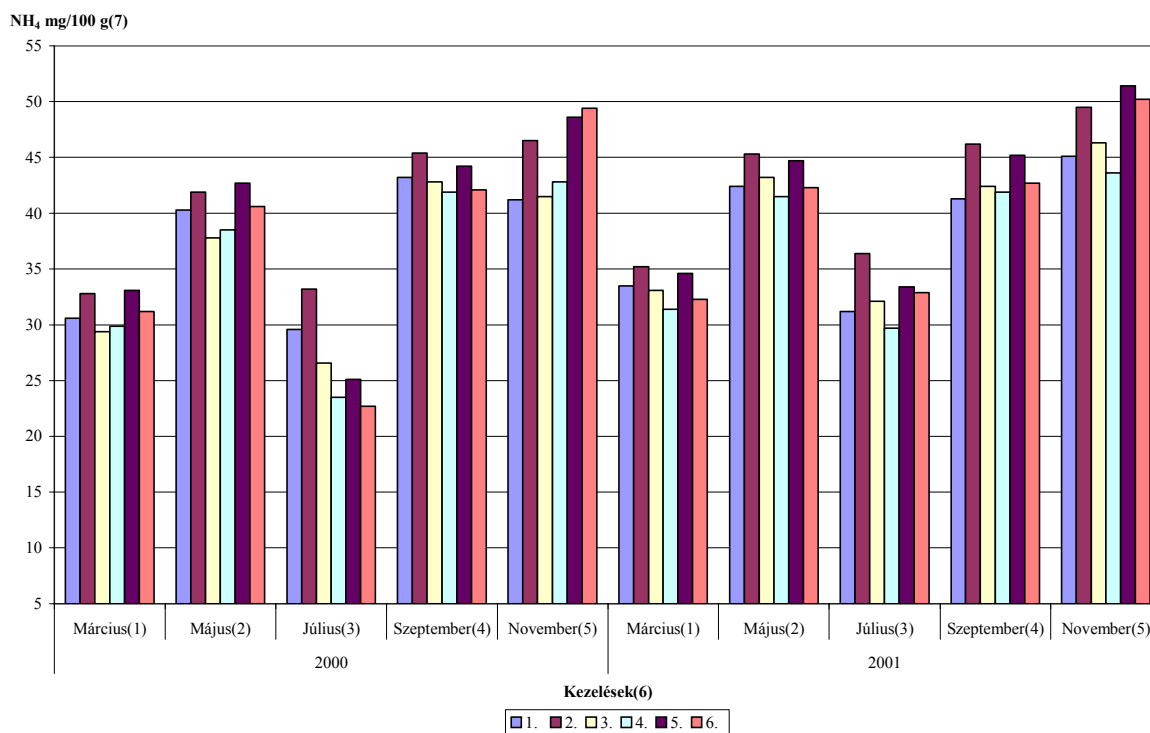


Figure 3: Effect of mulching on changing of urease enzyme activity according to years and months March(1), May(2), July(3), September(4), November(5), Trials(6), NH₄ mg/100 g(7)

4. ábra: A kataláz enzim aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint I.

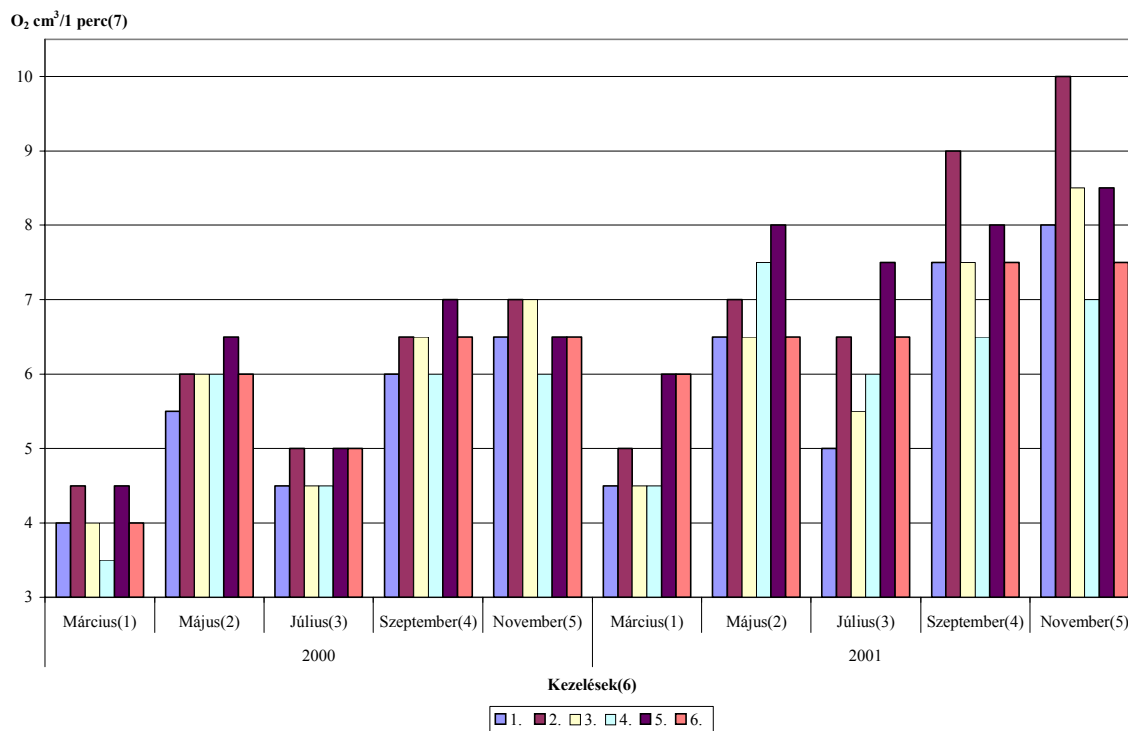


Figure 4: Effect of mulching on changing of catalase enzyme activity according to years and months I. March(1), May(2), July(3), September(4), November(5), Trials(6), O₂ cm³/1 minute(7)

5. ábra: A kataláz enzim aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint II.

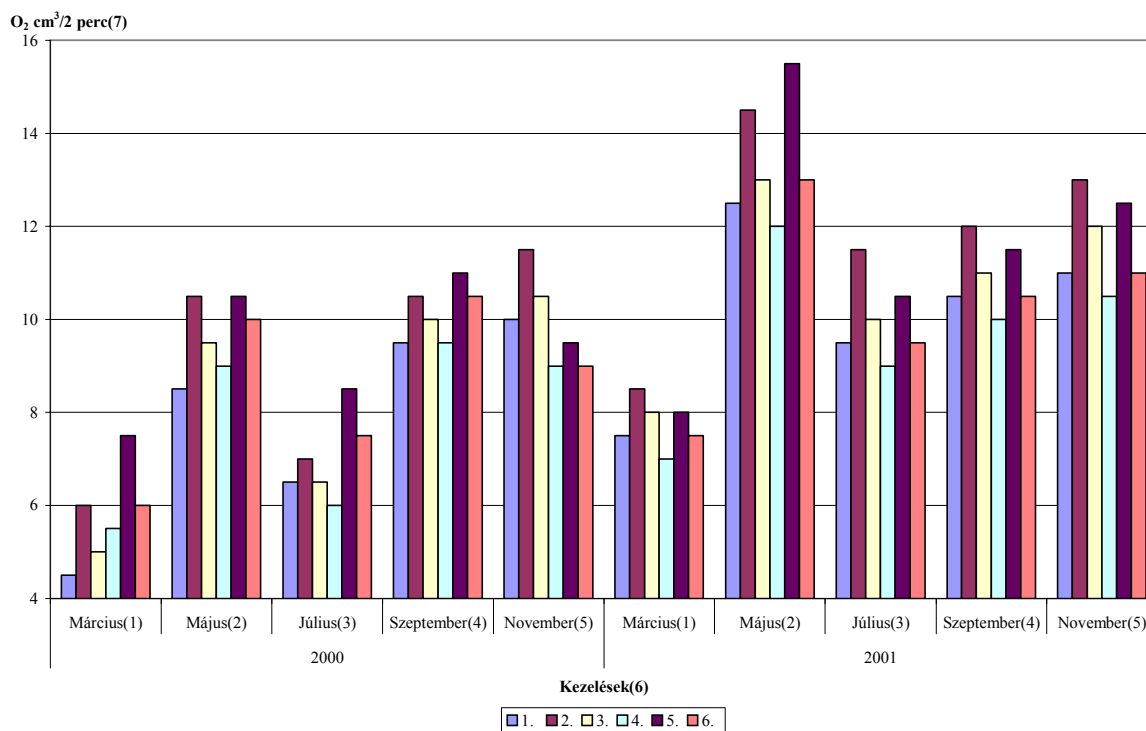


Figure 5: Effect of mulching on changing of catalase enzyme activity according to years and months II. March(1), May(2), July(3), September(4), November(5), Trials(6), O₂ cm³/2 minutes(7)

6. ábra: A dehidrogenáz enzim aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint

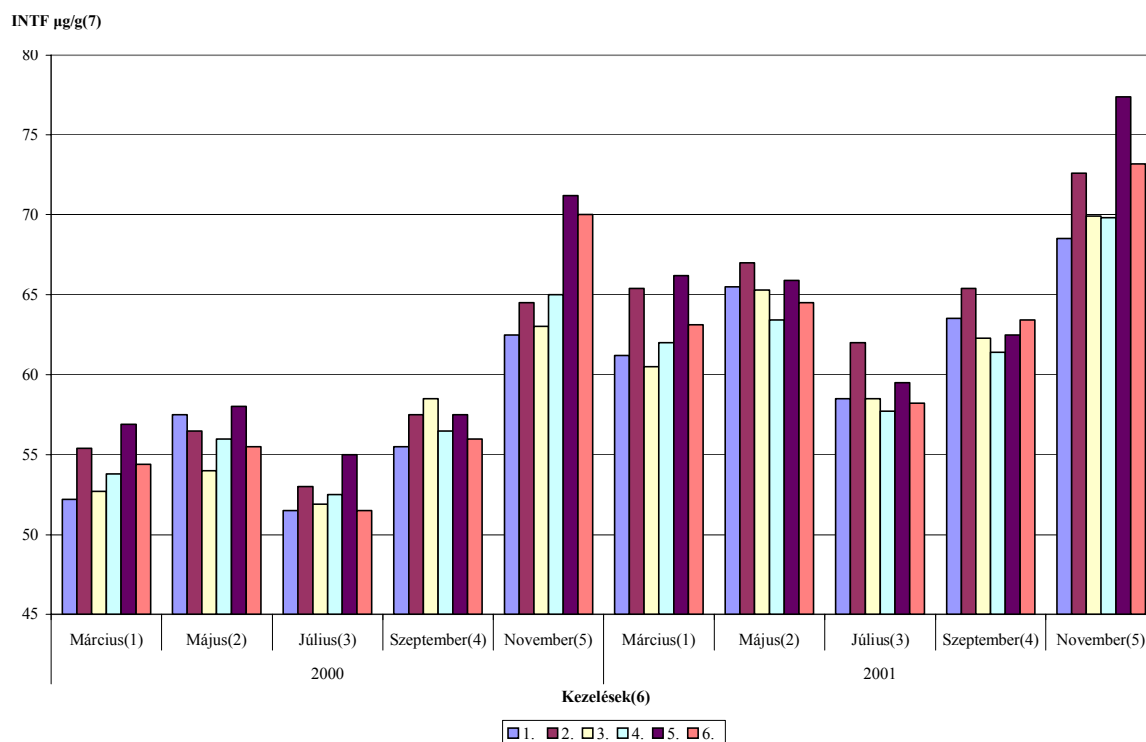


Figure 6: Effect of mulching on changing of dehydrogenase enzyme activity according to years and months March(1), May(2), July(3), September(4), November(5), Trials(6), INTF µg/g(7)

Az eddig közölt táblázatok és ábrák adataiból az alábbi tendencia figyelhető meg. A foszfatáz enzim aktivitása 2000-ben májusban volt a legnagyobb és az 5. kezelés kivételével (július) novemberben a legkisebb. 2001-ben a március (6. kezelés), május (2-5. kezelés) és a szeptember (1. kezelés) hónapokban mértük a legnagyobb és november hónapban a legkisebb aktivitás értékeket. Az aktivitás változásának tendenciája mindkét évben hasonló volt. Márciusról májusra az aktivitás 4,43-53,72%-kal nőtt, júliusra 18,90-34,33%-kal csökkent. Szeptemberre ismét növekedés (3,69-35%), novemberre pedig 9,96-53,33%-os csökkenés figyelhető meg. Az aktivitás növekedése 2000 novemberre és 2001 márciusa között 71,25-175,82% volt.

A vizsgált talajminták közül 2000-ben a májusi (5. kezelés), a szeptemberi (2. kezelés) és a novemberi (1., 3., 4., 6.) mutatta a legnagyobb, a júliusi a legkisebb szacharázaktivitást. 2001-ben valamennyi kezelésnél novemberben volt a legnagyobb és júliusban a legkisebb a szacharáz aktivitás. A szacharáz aktivitásának szezonális változása a következő képet mutatja. Májusban 20-38%-kal nagyobb, júliusban 25,68-39,98%-kal kisebb, szeptemberben 20,82-46,67%-kal nagyobb, novemberben (a foszfatáztól eltérően) 1,16%-kal kisebb, vagy 17,81%-kal magasabb aktivitás értékeket mértünk, mint az azt megelőző hónapban. Eltérést mutat a 2000 novemberre és 2001 márciusa közötti aktivitásváltozás is. Ugyanis a kísérlet második évének tavaszára lényegesen kisebb mértékű aktivitásnövekedést (2-30%), illetve egyes kezeléseknél (1. és 3.) kismértékű aktivitáscsökkenést (10%) tapasztaltunk.

Az ureáz enzim aktivitása 2000-ben szeptemberben (1. és 3. kezelés) és novemberben (2., 4., 5., 6. kezelés) volt a legnagyobb és júliusban a legkisebb. 2001-ben egyöntetűbb volt a tendencia. A legtöbb ureáz minden kezelt talajban novemberben, a legkevesebb júliusban képződött. A márciustól májusig tartó 25,56-32,16%-os növekedést júliusra

jelentős csökkenés (19,65-44,09), majd szeptemberre 26-85,66%-os növekedés követte. Novemberben az aktivitásváltozás -4,63% és +17,56% volt szeptemberhez képest. 2000 novemberre és 2001 márciusa között 18,69-34,62%-os aktivitáscsökkenés játszódott le.

A kataláz enzim aktivitását egy és két perces reakcióidő után is mértük. Mindkét esetben, mindkét vizsgálati évben márciusi minta produkálta a legkisebb értéket. A mintavétel időpontjait vizsgálva látható, hogy az aktivitás márciusról májusra 33,33-71,43%-kal nőtt, júliusra 16,67-25%-kal csökkent, szeptemberre 30-44,44%-kal növekedett. Novemberben a katalázaktivitás alacsonyabb (7,15%-kal), stagnáló, vagy magasabb (8,33%-kal) szintet ért el, mint szeptemberben. A kétperces reakcióidő után mért kataláz aktivitás 2000-ben tendenciájában és mértékében is szinte azonos volt az egyperces katalázéval, bár az aktivitás számszerű értékét tekintve minden hónapban a kétperces kataláz adta a magasabb értéket. 2001-ben a kataláz aktivitásának változása az előző évhez képest rapszodikusabban alakult. A legkisebb értéket szintén márciusban mértük, a legnagyobbat novemberben. A leglényegesebb különbség, hogy novemberben nem csökkenést vagy stagnálást, hanem kismértékű növekedést figyeltünk meg a kataláz aktivitásban szeptemberhez képest. Ugyancsak érdekes, hogy a májusi aktivitásnövekedés meghaladja az előző évit, de a szeptemberi növekedés alulmarad a júliusban, az előző évihez hasonló, aktivitáscsökkenéssel szemben.

A talajminták dehidrogenáz aktivitása mindkét évben júliusban volt a legkisebb és novemberben a legnagyobb.

Minden vizsgált enzim aktivitása a második, csapadékosabb évben mutatott magasabb értékeket. Az 5. táblázatban a vizsgált öt enzimre vonatkozó éves (2000 és 2001) aktivitási értékeket mutatjuk be. A táblázatban ismertetett átlagértékeket a tavaszi, nyári és őszi minták mindkét év azonos öt (március, május, július, szeptember, november) hónapjában mért aktivitási értékekből számítottuk.

5. táblázat

Az enzimek aktivitásának változása kezelésként a havonta mért adatok átlagában évek szerint

Kezelések száma(1)	2000	2001	2000	2001
	a) Foszfatáz (P₂O₅ mg/g)(2)		d) Kataláz (O₂ cm³/1 perc)(5)	
1.	1,79	2,48	5,30	6,30
2.	2,06	2,77	5,80	7,50
3.	1,74	2,61	5,60	6,50
4.	1,90	2,69	5,20	6,30
5.	2,14	2,94	5,90	7,60
6.	1,86	2,68	5,60	6,80
	b) Szacharáz (glükóz mg/g)(3)		e) Kataláz (O₂ cm³/2 perc)(6)	
1.	5,23	7,01	7,80	10,20
2.	6,30	8,31	9,10	11,90
3.	5,50	7,64	8,30	10,80
4.	4,94	7,28	7,80	9,70
5.	5,83	8,52	9,40	11,60
6.	5,26	7,54	8,60	10,30
	c) Ureáz (NH₄ mg/100 g)(4)		f) Dehidrogenáz (INTF µg/g)(7)	
1.	36,98	38,70	55,84	63,44
2.	39,96	42,52	57,38	66,48
3.	35,62	39,42	56,02	63,30
4.	35,32	37,62	56,76	62,86
5.	38,70	41,86	59,72	66,30
6.	37,20	40,08	57,48	64,48

Table 5: Changes of enzymes activity by trials average for monthly data of 2000 and 2001
Number of treatments(1), phosphatase(2), saccharase(3), urease(4), catalase(5), catalase(6), dehydrogenase(7)

Az 5. táblázat tanúsága szerint csapadékosabb 2001. és a szárazabb 2000. évben vizsgált enzimek aktivitása között egyes esetekben kisebb, más esetekben lényeges eltérés mutatkozik.

A 6. táblázat a talaj nedvességtartalmát foglalja össze kezelésként a mintavételek évi és hónapjai szerint. Itt van feltüntetve a vizsgált hónapok csapadékösszege is.

6. táblázat

Az egyes kezelések talajának nedvességtartalma a mintavétel időpontjában (0-20 cm; m/m%) és a csapadék mennyisége a vizsgált hónapokban (mm)

Kezelések száma(1)	Hónapok(2)											
	III. hó		V. hó		VII. hó		IX. hó		XI. hó		Átlag(3)	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
1.	12,17	13,63	4,51	8,33	5,88	7,84	11,90	15,54	9,30	11,20	8,75	11,31
2.	12,01	13,04	4,51	10,32	4,75	11,64	8,70	12,46	10,70	12,50	8,13	11,99
3.	13,00	13,73	6,18	9,20	7,26	10,00	13,70	14,00	11,20	12,80	10,27	11,95
4.	10,92	11,51	8,09	5,59	3,89	5,76	12,00	10,56	9,30	8,69	8,84	8,42
5.	11,05	12,11	7,41	6,34	5,92	7,63	11,30	11,58	10,10	11,10	9,16	9,75
6.	12,63	14,36	9,66	10,05	8,75	12,00	12,19	14,00	10,90	12,40	10,83	12,56
Csapadék(4)	49,10	105,00	22,00	13,80	82,40	111,50	38,40	86,70	27,00	32,30	43,80	69,86

Table 6: Soil moisture content of each trials in sampling time and rainfall in experimental months
Number of trials(1), months(2), average(3), rainfall(4)

A 6. táblázatból látható, illetve könnyen kiszámítható, hogy a két év öt azonos (március, május, július, szeptember, november) hónapjában hullott csapadék mennyisége között lényeges különbség van. A csapadék összege az öt hónapban 2000-ben 218,9; míg 2001-ben 349,3 mm, ami 159,57% csapadéktöbbletet jelent.

Az egész évi (illetve az I-IX. havi) csapadékmennyiség alapján a 2000. év (340,2 mm) száraz, a 2001. év (587,3 mm) viszont átlagos volt. Az év utolsó három hónapjában 2001-ben hullott 46,5 mm-rel együtt az éves csapadékösszeg 633,8 mm volt.

Ez a különbség az enzimek aktivitását mutató táblázatokban (3-5.) is megfigyelhető. Így például az 5. táblázatban szélső értékeket tekintve a foszfatáz enzim aktivitása az öt hónap átlagában 2000-hez viszonyítva 2001-ben 134,5-150,22%-os növekedést mutatott. Hasonló különbségek vannak a szacharáz enzim aktivitását illetően is, ahol a különbség 131,88-147,31% között változnak. Az említett két példa egyértelműen utal arra, hogy a két év csapadékmennyiségének különbsége (közel azonos értékkel) az enzimek aktivitásában is megmutatkozik. A csapadék mennyisége és az enzimek aktivitása közötti kapcsolat statisztikai vizsgálatát regresszió analízissel végeztük el (7. táblázat).

7. táblázat

A talaj nedvességtartalma és a vizsgált talajenzimek aktivitás közötti kapcsolat

	Korrelációs együttható (r érték)(1)	Kapcsolat erőssége(2)
Talajnedvesség-Foszfatáz aktivitás(3)	0,426	Gyenge(9)
Talajnedvesség-Szacharáz aktivitás(4)	0,480	Gyenge(9)
Talajnedvesség-Ureáz aktivitás(5)	0,396	Gyenge(9)
Talajnedvesség-Kataláz 1 aktivitás(6)	0,518	Közepes(10)
Talajnedvesség-Kataláz 2 aktivitás(7)	0,556	Közepes(10)
Talajnedvesség-Dehidrogenáz aktivitás(8)	0,559	Közepes(10)

Table 7: Relationship between soil moisture content and enzymes activity

Corelation coefficient(1), strength of the relationship(2), soil moisture-phosphatase activity(3), soil moisture-saccharase activity(4), soil moisture-urease activity(5), soil moisture-catalase1 activity(6), soil moisture-catalase2 activity(7), soil moisture-dehydrogenase activity(8), weak(9), medium(10)

Statisztikai vizsgálatot (varianciaanalízist) végeztünk annak eldöntésére, hogy a különböző kezelések talajában mért eltérő enzimaktivitás a kezelésnek vagy a véletlennek köszönhető-e. A számadatokat a 8. táblázatban tüntettük fel. Eszerint valamennyi vizsgált enzim aktivitása szignifikánsan a 2. és az 5. kezelés talajában volt a legnagyobb. Vagyis az agroszövet-fóliával takart talajban mért

enzimaktivitások, valamennyi vizsgált enzim esetében szignifikánsan magasabbak voltak a feketefóliával takart, illetve a takaratlan kontroll talajban mért aktivitásértékektől. Ugyanakkor a feketefólia takarás is, mutatott szignifikánsan magasabb enzimaktivitást (a foszfatáz enzim kivételével), mint a kontroll talaj.

Az enzimek aktivitásának változása kezelésként a két év átlagában

Kezelések száma(1)	a) Foszfataz(2) (P ₂ O ₅ mg/g)	b) Szacharáz(3) (glükóz mg/g)	c) Ureáz(4) (NH ₄ mg/100 g)	d) Kataláz(5) (O ₂ cm ³ /1 perc)	e) Kataláz(6) (O ₂ cm ³ /2 perc)	f) Dehidrogenáz(7) (INTF µg/g)
1.	2,136 a	6,148 a	37,840 a	5,800 a	9,000 ab	56,640 a
2.	2,418 bc	7,304 c	41,240 c	6,650 cb	10,500 d	61,930 c
3.	2,172 a	6,567 b	37,520 a	6,050 a	9,550 cd	59,660 b
4.	2,298 ac	6,111 a	36,470 ab	5,750 a	8,750 a	59,810 b
5.	2,538 b	7,172 c	40,300 c	6,750 c	10,500 d	63,010 d
6.	2,271 a	6,399 ab	38,640 b	6,200 ab	9,450 cb	60,980 bc
SZD_{p=5%}(8)	0,186	0,308	1,595	0,459	0,503	1,478

Az oszlopon belül a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek(9)

Table 8: Changes of enzymes activity by trials in average of two years

Number of treatments(1), phosphatase(2), saccharase(3), urease(4), catalase(5), catalase(6), dehydrogenase(7), significant difference(8), Different letters means a significant difference in column(9)

IRODALOM

Angers, D. A.-Bissonnette, N.-Legere, A.-Samson, N. (1993): Microbial and biochemical changes induced by relation and tillage in a soil under barley production. Canadian Journal of Soil Science, 73. 1. 39-50.

Borie, F.-Fuentecaba, R. (1983): Biochemistry of volcanic ash soils: 2. Urease activity. Agricultura-Tecnica, 42. 2. 135-142.

Bubán, T.-Helmeczi, B.-Papp, J.-Dörgő, E.-Jakab, I.-Kajati, I.-Merwin, I. (1996a): IPF-compatible ground-cover management system in a new-planted apple orchard. Proct. Int. Conf. Integrated fruit Production, Cedzyna, Poland, 28. August-2 1995. 263-267.

Bubán, T.-Lakatos, T.-Helmeczi, B.-Dörgő, E.-Papp, J.-Mező, M.-Jakab, I.-Merwin, I. (1997): Herbicidtakarékos facsikkezelés fiatal almaültetvényben (Ground-cover management systems by limited use of herbicides in young apple orchards). Növényvédelem, 33. 9. 445-452.

Bubán, T.-Vince, I.-Helmeczi, B.-Papp, J.-Dörgő, E.-Merwin, I. (1996b): Performance of young apple trees planted in replant soil. 3rd Int. Symp. on Replant Problems, Budapest

Burns, R. G. (1978): Soil enzymes. Academic Press, London, New York, San Francisco, 373.

Buzás I (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 244.

Filep, Gy. (1990): Talajvizsgálat. DATE, Debrecen, 156.

Frankenberger, W. T.-Johanson, J. B. (1983): Method of measuring invertase activity in soils. Plant and Soil, 74. 3. 301-311.

Hofmann, E. (1955): The enzymes in soil and their role in the biology and fertility of soil. Z. Acker.Pflanzenbau, 100. 31-35.

Kovács, G. (1990): Catalase Activity an Indicator of Biological Activity in Forest Soil. Agrokémia és Talajtan, 39. 3-4. 250-261.

Krámer, M.-Erdei, G. (1959a): Application of the method of phosphatase activity determination in agricultural chemistry. Soviet Soil Sci., 9. 1100-1103.

Krámer, M.-Erdei, G. (1959b): Primevenie metoda opredelenija aktivnoszti foszfatazū v agrihimicseszkih iszszledovanijah. Pocsvovedenie, 9. 99-102.

Kuprevics, V. F.-Scserbakova, T. A. (1956): Determination of invertase and catalase activity of soils. Vestsi Akad. Navuk. Belarusk. SSR, Ser. Biyal., 2. 115-116.

Kuprevics, V. F.-Scserbakova, T. A.-Csjupa, G. P. (1966): Soil urease activity. Dokl. Akad. Navuk. Belarusk. SSR, 10. 336-338.

Mersi, von W.-Schinner, F. (1991): An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with iodinitrotetrazolium-chloride. Boil. Fertil. Soils, 11. 216-220.

Moller, H. (1979): Saccharase and urease content of peat and muick soils in north-west German alder-communities. Thema, 9. 175-192.

Reddy, R. U.-Reddy, M. S.-Jayakumar, G. W. L. (1996): Urease activity in soils of northern Telangana of Andhra pradesh, and its relationship with various soil properties. Annuals of Agricultural Research, 17. 3. 261-264.

Szabó I. (1955): A talajenzimológia eredményeinek kritikai összefoglalása. Agrokémia és Talajtan, 4. 183-190.

Szegei J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 279.