

## TOPRAKLARDA POLİSAKARİT EVİMİ /1

Hasan Hayri TOK /2

### Ö Z E T

*Bu çalışmada, birbirinden farklı mikrobiyal aktivite yansıtan dört toprak örneğine karbon-14 ile etiketlenmiş olarak verilen ekstrase-lüler polisakkarit ve glikozun biyolojik parçalanmaları (biodegradasyon) ve mineral aksam ile bağlanmaları (humification) incelenmiştir.*

*Esas toprak mantarları üzerine kurulu mikrobiyal aktivite (podzol topraklarda olduğu gibi) basit organik maddeleri (glikoz ve basit şekerler) kolaylıkla mineralize etmektedir. Ancak bu maddeler toprağa kuvvetli elektrostatik bağlarla bağlanmayıp daha çok hümik ve fülvik bileşikler şeklinde kalmaktadırlar.*

*Kalsik mull ortamını yansıtan (rendzinalar) kuvvetli bir mikroflo-ranın varlığı halinde toprağa katılan her iki organik süpral kil, mina-rallerine kolayca ve fazla miktarda bağlanabilmekte ancak mineral aksam ile gevşek bağlar oluşturmaktadırlar.*

*Asit mull tipi mikrobiyal aktivitenin varlığı ise toprak, kil-or-ganik madde komplekslerinin stabilitesini temin etmektedir.*

*Topraklara basit organik madde (glikoz) katkısı, mikrobiyal metabolizma sonucu, killerle çok çabuk olarak kompleksleşmeye yol açmaktadır. Diğer taraftan polisakkaritler, toprak içinde daha yavaş bir evrim geçirmekte, ancak daha fazla ve daha dirençli kompleksler yapmaktadırlar.*

### G İ R İ Ş

Toprak polisakkaritleri, toprak mikrobiyal metabolizmasının bir ürünü o-

larak ortaya çıkmaktadırlar (MARTIN 1945; FORSYTH ve WEBLEY, 1949).

(1) 27.11.1975 tarihinde ENSAIA (NANCY-FRANSA) ve CNRS (Vandoeuvre-FRANSA) araştırma merkezlerinde kabul edilen doktora çalışmalarından bir bölümün özeti'dir.

(2) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak İlimi Bölümü Dr. Asistanı.

Toprakta polisakkaritlerin parçalanması birçok yazarın (MARTIN, 1946; SWINGER, 1968; CHESHIRE, 1968; GALLALI et al. 1972) dikkatlerini üzerine çektiği bir konudur. Bu araştırmacılar topraklarda polisakaridik yapıdaki organik bileşiklerin evrimlerini incelerken diğer bir grup araştırmacı da (MARTIN, 1945 ve 1946; GREENLAND, 1971; CLAPP et al. 1962; HARRIS et al., 1966; GUCKERT, 1973) aynı organik fraksiyonun mineral parçacıkların agregatlaşması olayında oynadığı rolün önemi belirtmişlerdir.

Bir çok araştırmacılar (GREENLAND 1956; PARFITT, 1971, GUCKERT et al., 1973) toprak polisakkaritlerinin

dallı-budaklı zincirler şeklinde olduğunu ve bu nedenle kil yüzeyleri ile kolaylıkla bağlanabildiklerini öne sürmüşlerdir.

Bu çalışmanın amacı etkilenmiş glikoz ve polisakkaritlerin organik horizonlardaki evrimi üzerindedir. Bu nedenle topraklara katkı maddesi olarak kullanılan radyoaktif polisakkaritler, etiketlenmiş sakkaroz içeren vasata aşılardan bir bakteri (*Achromobacter delicatulus*) yardımı ile elde edildikten sonra, farklı mikrobiyolojik aktivite gösteren topraklara verilerek mineralizasyon kapasiteleri ve çeşitli organik fraksiyonlarda dağılımı incelenmiştir.

## I. MATERYAL VE METOD

### I.1 Topraklar

Bu çalışmada farklı fiziko-kimyasal özellikler gösteren dört toprağın yüzey horizonları seçilmiştir (TOK 1975). Bu horizonların nitelik olarak yansıttığı "mikrobiyal yapı" da farklıdır:

- Rendzina'nın A<sub>1</sub> horizonu aktomiset çoğunluğu üzerine kurulu bir mikrobiyal topluluğu temsil etmektedir.
- Podzol'un A<sub>1</sub> horizonu daha çok fonjik bir aktivite gösterir.
- Asit mull katmanından A<sub>1</sub> horizonu ise çoğunluğu bakterilerin oluşturduğu mikrobiyal bir popülasyon içermektedir.
- Yıkanmış kahverengi topraktan A<sub>p</sub> horizonu: Bu son toprak örneği ekili bir araziden alınmış olup ka-

rışık bir mikroorganizma topluluğuna sahiptir.

### I.2. Substratlar (katkı maddeleri)

a) CEA (Centre d'Energie Atomique) kanalıyla temin edilen glikoz bütün karbon atomlarıyla etiketlenmiştir.

b) Radyoaktif polisakkaritler, etiketlenmiş sakkaroz içeren sıvı bir besleyici vasata *Achromobacter delicatulus* olduğu saptanan bir bakterinin neosentez yolu ile elde edilmişlerdir.

Sıvı vasattaki kesif bir bakteriyal gelişimden sonra, bu denemede kullanılan "ekstraselüler polisakkaritler" bakteriyal hücre çekirdeklerinden ve sıvı vasatta bulunan mineral tuzlardan 12000 devir/dakikahk bir ultra-santrifüjasyonla ayırılmışlardır. Santrifüj tüpünde çökelen kısım, bakteriyal

hücre çekirdeklerini ve sıvı ortamdan gelen mineral tuzları bulundurmaktadır. Bu kısım saf suda 24 saat boyunca diyalizden geçirilmiş ve daha sonra düşük ısıda (Lyophilisation) kuru ağırlık olarak elde edilmiştir.

Santrifüj tüpü solüsyonunda kalan kısım ise "Sephadex jel"inden (G25) geçirilerek küçük moleküller ve tuzlar uzaklaştırılmıştır. Sephadex'ten elde edilen fraksiyonlar ve pik'leri "Antron testi" yardımı ile yapılarak maksimum pikin temsil ettiği polisakkaritler daha sonra denemelerde kullanılmak üzere bir ortamda tutulmuşlardır.

Polisakkaritlerin yapısını tespit etmek amacıyla bu organik substrat önce 80°C 'de 24 saat süre ile 3N H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> ile hidroliz edilmiştir. Alifatik polimer zincirlerden asiditenin tesiriyle oluşan monomerlerin nötral bir pH ortamında bulunmalarını temin etmek için hidroliz sıvısına toz halde BaCO<sub>3</sub> (pH 6.0 ile 6.5 arasına gelinceye kadar) ilâye edilmiştir. Daha sonra santrifüj edilen bu solüsyon iyon değişik-

tirici (anyonik ve kationik) rezinlerden geçirilmiştir.

Rezinlerden toplanan sıvı fraksiyonlar üzerinde yapılan kâğıt kromatografi (Whatman No. 1) neticelerine göre sözü geçen polisakkarit zincirinin % 50'sini glikoz, % 20 'sini mannoz meydana getirmektedir. Bu sonuçlar daha önce TACEY ve BARKER (1966) tarafından bulunanlarla benzerlik arzirmektedirler. "İz" oranda bulunan diğer bir monosakkaritte fruktoz'dur.

Belirlenen "basit şeker zincirinin" yanında kolorimetrik yolla ve karbazol yöntemiyle yapılan diğer bir değerlendirme ise "Üronik asitlerin varlığı" hakkında net ve pozitif bir fikir vermiş olup, bu neticeler kırmızı ötesi (infraröge) ışın tekniği ve gaz fazlı kromatografi ile de doğrulanmıştır. Ancak polisakkarit bünyesinde bulunan üronik fraksiyon (galaktüronik ve gliküronik asit) oranı % 4 ile %5 arasındadır.

Değişik karbon yüzdeleri yansıtma sonucu bakteriyel sentez yolu ile elde edilen organik substrallar değişik spesifik aktiviteye sahiptirler:

	% C	(x) dpm /mg Substrat
Bakteriyal hücre çekirdekleri	17.6	1121
Ekstraselüler polisakkaritler	37.5	5226

### I.3. İnkübasyon Kabı ve Dozaj Modeli

Toprak örnekleri kurutularak 2 mm. den geçirildikten sonra tarla kapasitesinin 2/3'üne kadar nemlendirilmişlerdir. Kuru ağırlık olarak her biri 50 gr. olan toprak örneklerine ih-

tiva ettikleri organik karbon oranının % 5'ine eşdeğer olacak şekilde solüsyon halinde gerekli olan glikoz ve ekstraselüler polisakkarit katılmıştır. Daha sonra tanık ve substratlı toprak örnekleri 500 cc'lik erlen-mayer'ler içinde 28°C'de GUCKERT ve çalışma

(x) Desintegration par minute (dakida parçalanma sayısı)

arkadaşları 1968) tarafından kullanılan bir inkübasyon kabı içinde 3 hafta boyunca denemeye alınmışlardır.

İnkübasyon aygıtına pompa ile yollanan hava, önce NaOH ihtiva eden bir kapta bileşimindeki CO<sub>2</sub> gazı tutulmakta ve sonra toprak örneklerinin kurumaması için su ihtiva eden diğer bir kap aracılığıyla nemlendirilmektedir.

Günlük CO<sub>2</sub> dozajı titrasyon metoduyla elde edilmektedir. Bunun için, toprak solunumu yolu ile yayımlanan CO<sub>2</sub>, NaOH (N/2) içinde tutularak HCl (N/5) ile titre edilmektedir.

Günlük radyoaktif CO<sub>2</sub> ise sayım yöntemi ile (comptage en Scin-

tillation) tayin edilmektedir. Böylece 14CO<sub>2</sub>, tamamı 10 ml. olan bir karışım (Ethanolamine (\*), 2 hacim/cellosalve (xx) 1 hacim) içinde tutulduktan sonra santiyatör (Toluan, PPO + POPOP) ilavesiyle 20 ml. ye tamamlanmıştır. Karışım PACKARD tipi (GUICKERT et al., 1968) bir alet aracılığıyla okunmaktadır.

Ayrışmaya yüz tutmamış organik, madde dansimetrik yolla (yoğunluğu 1.8 olan Alkol-Bromorform karışımı) ayrıldıktan sonra diğer organik fraksiyonlar çeşitli ekstraksiyonlarla DUCHAUFOR ve JAQUIN (1968) metotlarına göre yapılmaktadır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 2. BİYO DEGRADASYON

#### 2.1. Toplam mineralizasyon kinetiği

##### 2.1.1. Tank topraklar (Şekil 1 A)

Substrat katkısıyla zenginleştirilmemiş toprakların inkübe edilmesiyle toprağın "Öz Solunumu" (respiration endogone) belirlenmektedir. Podzol dışında diğer bütün topraklar için, 1 günden itibaren maksimum bir CO<sub>2</sub> çıkışı ile yoğun bir mineralizasyon safhası başgöstermiştir. Diğer taraftan, 5 ile 9 gün sonra rendzina ve kahverengi toprak örnekleri için çok belirgin, podzol için orantılı olarak daha az olan ikinci bir mineralizasyon devresi (sekonder mineralizasyon) izlenmiştir.

##### 2.1.2 Glikoz katkılı topraklar (Şekil 1 B)

Dört ayrı horizona glikoz katkısı, ilk günden itibaren maksimum bir mineralizasyon piki vermektedir. DOMMARGUES (1968) bu mineralizasyonun topraklara verilen "katkı maddelerinin" direk biyolojik parçalanması olduğunu ifade etmektedir. Gerek tank topraklarda ve gerekse glikoz verilen topraklarda podzol, diğer topraklara oranla bir gün sonra maksimum mineralizasyon verebilmektedir. Bütün topraklarda görülen bu ilk pikleri ani bir düşme izlemektedir. İlk hafta sonunda solunum eğrilerinde yeniden bir yükselme (asit mull hariç) kaydedilmiştir. Bu durum, gerek toprak mineral aksamına bağlanan glikoz komplekslerinin parçalanması ve gerekse toprak orijinal organik maddesi parçalanmasına yönelik, diğer bir deyimle, toprak mikrobiyal aktivitesini arttıran

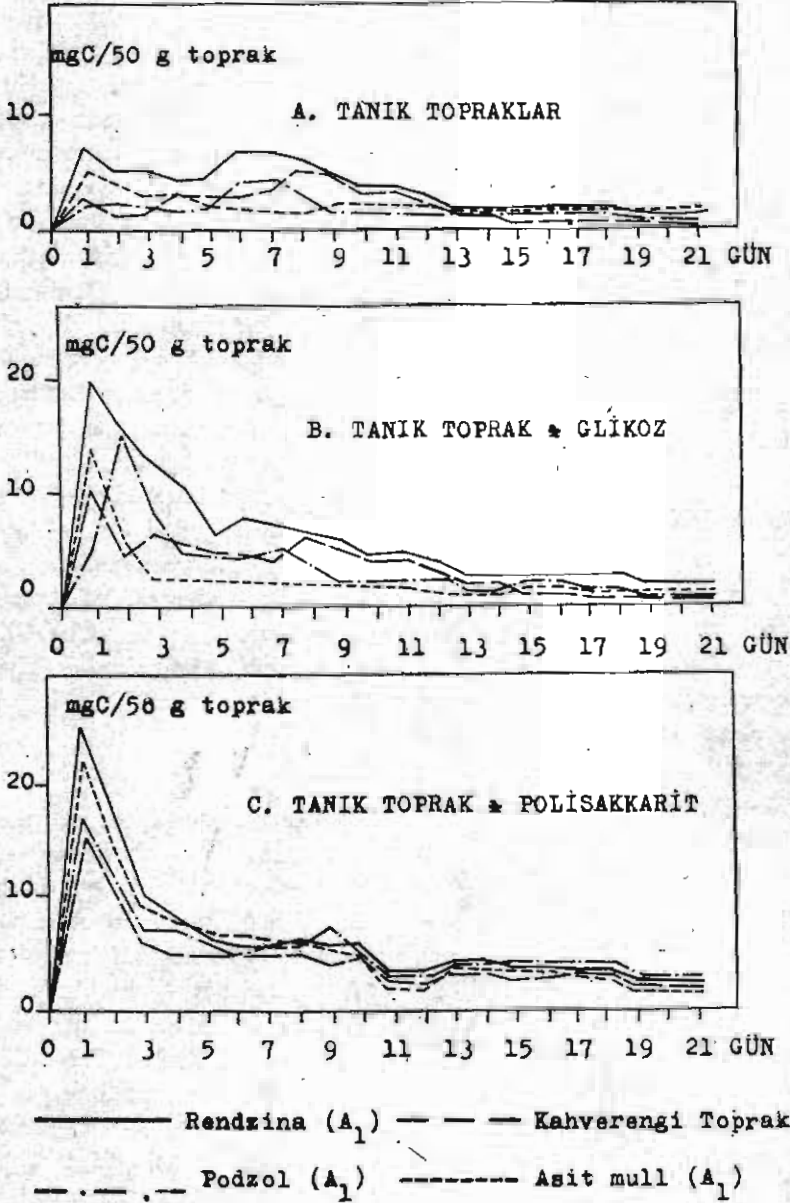
(x) CH<sub>2</sub>OH - CH<sub>2</sub> - NH<sub>2</sub>

(xx) Etilen glikolün monoetilik eteri.

bir kamçılama (stimulation) olayı ile açıklanmaktadır. Toprak solunumunu konu alan denemelerde bu devreye "sekonder mineralizasyon safhası" da denilmektedir.

2,3 Polisakkarit katkılı topraklar (Şekil 1 C)

Denemenin ilk iki işleminde olduğu gibi topraklara etiketlenmiş po-



Şekil 1. Günlük total CO<sub>2</sub> yayımı.



lisakkarit katkısı da yoğun bir mineralizasyon başlangıcına neden olmuştur. İlk gündeki piklerin, polisakkaritlerin kolayca parçalanabilen polimer yapısından (glikoz-mannoz mono ünitelerinden oluşan zincir) ileri geldiği söylenebilir. Eğrilerin ani bir düşüş göstermelerine podzol toprak örneği değişik bir tepki göstererek diğer üç topraktan gerek mikrobiyal karakteri ve gerekse kendi öz organik yapıyla farklı olduğunu göstermiştir. Polisakkaritlerin toprağa katılmasıyla kaydedilen sekonder mineralizasyon devresinin tanık toprak ve glikoz katkılı işlemlere oranla daha geç oluştuğu ve bu safhadan sonra dahi topraklar tarafından yayımlanan CO<sub>2</sub> seviyelerinin deneme sonuna kadar önemli olarak kaldığı göze çarpan farklı evrim şekillerindedir. Buna neden olarak polisakkaritlerin, örneğin glikoza göre, daha karışık ünitelere sahip olduğu ve bu ünitelerin zaman içinde mikrobiyal saldırıya direnç gösterdiği söylenebilir.

Diğer taraftan, kompleks bir yapıya sahip olmaları nedeni ile polisakkaritler, toprak mikroorganizmalarının çeşitli besin elemanlarına karşılık vermek suretiyle toprak organik maddesinin parçalanması üzerine kamçılayıcı (Stimulant) bir etki yapabilmektedir.

2.2 Radyoaktif substratın mineralizasyon (Şekil 3 A ve 3 B) 1. ve 2. tablolar açığa çıkan radyoaktif CO<sub>2</sub> miktarını ve substratların toprakta var olan organik madde parçalanmasına olan tesirlerini yansıtmaktadır.

### 2.2.1 Rendzina

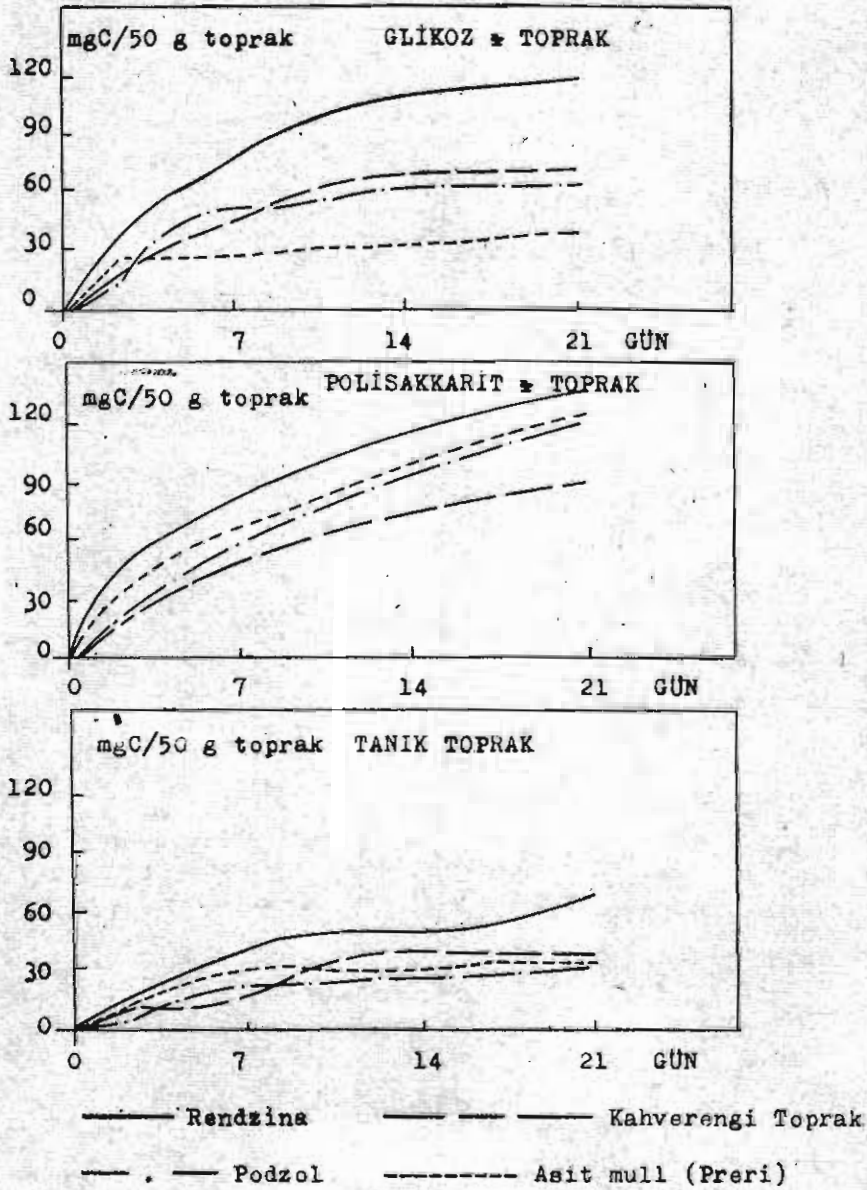
Gerek glikoz ve gerekse polisakkaritlerden mineralize edilen <sup>14</sup>C mik-

tarı diğer üç toprağa oranla en azdır (Tablo1). Tersine rendzina toprak örneği en fazla "total CO<sub>2</sub>" yayılımını temsil eder.

Özellikle polisakkarit durumunda daha net olan total CO<sub>2</sub> ve <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> arasındaki zıtlık, bu toprakta önceden varolan organik maddenin, karbonlu maddelerin katkısıyla kolaylıkla parçalanmasından ileri gelmektedir. Doğal olarak toprağa verilen substratlar yoğun mikrobiyal etken sonucu toprak organik fraksiyonları içinde gelişerek hümin bileşiklerine yönelen bir evrim şekli gösterirler. Bu durum, mikrobiyal parçalanmaya dirençli yapı gösteren polisakkarit durumunda daha nettir. Çünkü bu katkı maddesi, bileşiminde daha önce tanımladığımız CO-OH gurupları varlığıyla toprağa daha sıkı bağlanabilmektedir. (GUICKERT, 1973). Bu toprakta CaCO<sub>3</sub>'ün oluşan kompleksler üzerine muhafaza edici role sahip olduğu JACQUIN ve çalışma arkadaşları (1970) ile CHOULARAS ve çalışma arkadaşları (1975) tarafından gösterilmiştir.

### 2.2.2. Podzol

Rendzinaların tersine podzol toprak örneğinin A<sub>1</sub> horizonundaki mikrobiyal etkenlik deneme başlangıcından 1 hafta sonra glikozun büyük bir kısmını (% 65.5) mineralize etmiştir. Diğer taraftan polisakkarit varlığında bu değer çok daha düşük (% 20.0) olarak elde edilmiştir (Tablo 1). Bununla beraber, deneme boyunca her iki maddeden en fazla <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> üreten podzol toprak örnekleridir. Total CO<sub>2</sub> eğrilerine (Şekil 2) göz atacak olursak, podzol örneği tanık toprakta en az, glikoz katkılı işlemde ise orta değeri



Şekil 2. Yığılmalı (kümülatif) solunum eğrileri.

ifade etmektedir. Total radyoaktif solunum değerleri arasındaki bu zıtlık, bu toprakta glikozun öncelikle parçalanmaya yönelik basit bir substrat olduğunu kanıtlamaktadır. Buradan çıkarılabilece-

ğimiz diğer bir anlamda aynı toprakta "mikrobiyal olarak kolaylıkla parçalanabilen" gerekli organik bileşiklerin azlığıdır (GUILLET, 1972).

Tablo. 1. Deneme boyunca radyoaktif substrat mineralizasyon.

İnkübasyon	1. Hafta				2.ve 3. Haftalar				Toplam	
	Bulunan dpm	(*)% Mine. ed Rad.	% Günlük Ortal.	Bulunan dpm	% Mine. ed. Rad.	% Günlük Orta.	Bulunan dpm.	% Mine. ed Rad.	% Günlük Orta.	
A <sub>1</sub>	G 15 343 276	51.2	7.3	1 717 537	5.7	0.4	17 060 813	56.9	2.7	
Rendzina	P 384 780	15.0	0.7	81 990	3.2	0.1	466 770	18.2	0.8	
A <sub>1</sub>	G 21 711 242	65.0	9.3	3 068 407	9.2	0.6	24 779 649	74.7	3.5	
Podzol	P 164 340	20.0	1.0	71 240	8.7	0.4	235 580	28.7	1.4	
A <sub>1</sub>	G 17 834 272	53.7	7.7	1 910 718	5.7	0.4	19 744 990	59.4	2.8	
Asit mull	P 193 710	16.7	0.8	44 130	3.8	0.2	237 840	20.5	1.0	
	G 15 616 707	54.2	7.7	1 830 773	6.3	0.4	17 447 880	60.5	2.8	
	P 140 470	20.2	1.0	22 620	3.3	0.1	163 090	23.5	1.1	

G: Glikoz

P : Polisakkarit

(\*)  $\frac{\text{Bulunan radyoaktivite}}{\text{Verilen radyoaktivite}} \times 100$



Tablo 2. Menerelizasyon katsayısı ve karbon katkısının mikrobiyal aktiviteye etkisi

Topraklar		Mineralize edilen C (%)	GS — ÖS	PS — ÖS
	ÖS	23.48	(+ 13.21)	(+ 21.00)
A <sub>1</sub>	GS	36.69		
Rendzina	PS	44.48		
A <sub>1</sub>	ÖS	30.36		
	GS	62.90	(+ 32.24)	(+ 88.93)
Podzol	PS	119.49		
A <sub>1</sub>	ÖS	27.98		
Asit mull (preri)	GS	33.21	(+ 5.23)	(+ 64.00)
	PS	91.98		
A <sub>p</sub>	ÖS	48.09		
Kahverengi toprak	GS	81.30	(+ 33.31)	(+ 57.78)
	PS	105.87		

ÖS : Öz solunum (tanık toprak)

GS : Glikoz katkılı toprak solunumu

PS : Polisakkarit katkılı toprak solunumu.

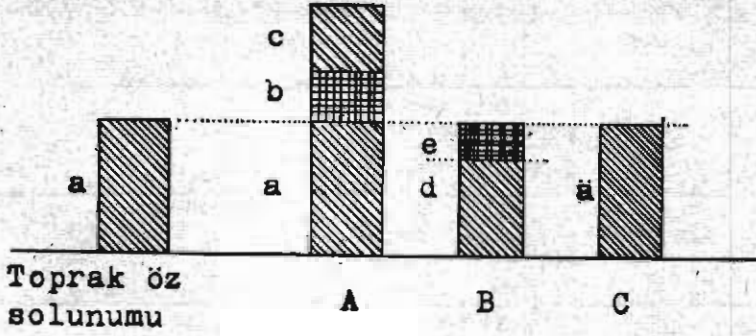
ANDERSON ve DOMSCH (1974) topraklarda mantar etkenliğinin metabolik olaylardaki önemini saptayarak podzol toprak örneğinde glikozun yüksek oranda parçalanmasını dolaylı olarak doğrulamaktadırlar.

Polisakkarit varlığında topraklar daha karışık görünüm yansıtırlar. Deneme sonunda glikoza göre üçte bir oranda daha az parçalandıkları halde polisakkaritler, katılmış olduğu örnekte önemli total CO<sub>2</sub> çıkışına neden olmuşlardır (Şekil 2). Bu neticeden hareket ederek, podzol toprak örneklerine polisakkarit katkısının bu toprağın "mikrobiyal etkenliği" üzerine bir kamçılama (Stimülasyon) tesiri yaptığını, böylece toprakta çok az bulunan ve kolaylıkla parçalanabilen bir

kısım organik bileşiklerinde metabolik olaylara karıştığı ileri sürülebilir.

### 2.2.3. Asit mull (preri)

Glikoz varlığıyla bu toprak örneklerinin aktif bir mineralizasyona sahip olduğu saptanmıştır. Ancak bu işlem şeklinde total CO<sub>2</sub> miktarı denemenin ikinci devresinde (2. ve 3. haftalar) tanık toprak örneklerine oranla daha düşük bulunmuştur. Diğer topraklarla karşılaştırıldığında durum bir terslik yansıtmaktadır. DOMMERGUES (1968) bu olayı, önce toprakta kolaylıkla parçalanabilen glikozun sonradan ortamda azalmasıyla, toprak mikrobiyal etkenliğinde bir "duraklama" (inhibition) ile açıklamaktadır. Diğer taraftan polisakkaritler toprak mikroorganizma aktivitesini arttırarak yoğun bir CO<sub>2</sub> yayılımına neden olmuşlardır,



Genel olarak toprağa verilen ve karbon içeren bileşikler toprak mikrobiyal etkinliğine üç şekilde tesir eder:

A- Toprağa verilen karbonlu bileşik, toprak öz solunumu (a) ve bizat kendi parçalanmasında meydana gelen solunum (b) toplamlarından daha fazla (c kadar) bir solunuma neden olmaktadır. Bu nedenle toprak mikrobiyal metabolizmasında c kadar bir kamçılama (stimulation) olmuştur.

B- Toprağa karbonlu bileşik verilmesi toprak mikrobiyal etkinliğini e kadar azaltmıştır, bir başka deyişle (a - d) = e kadar bir duraklama (inhibition) oluşturmıştır.

C- Toprağa verilen substrat toprak mikrobiyal aktivitesine herhangi pozitif veya negatif bir değişim getirmemiştir.

#### 2.2.4. Kahverengi toprak

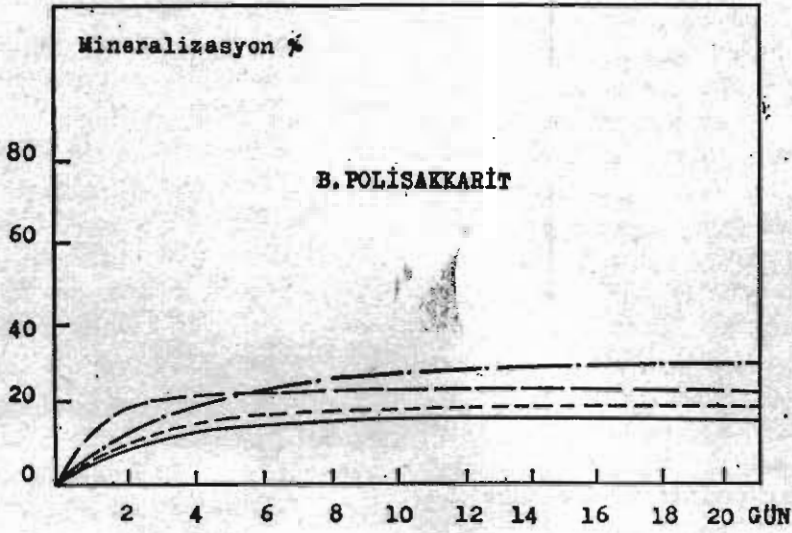
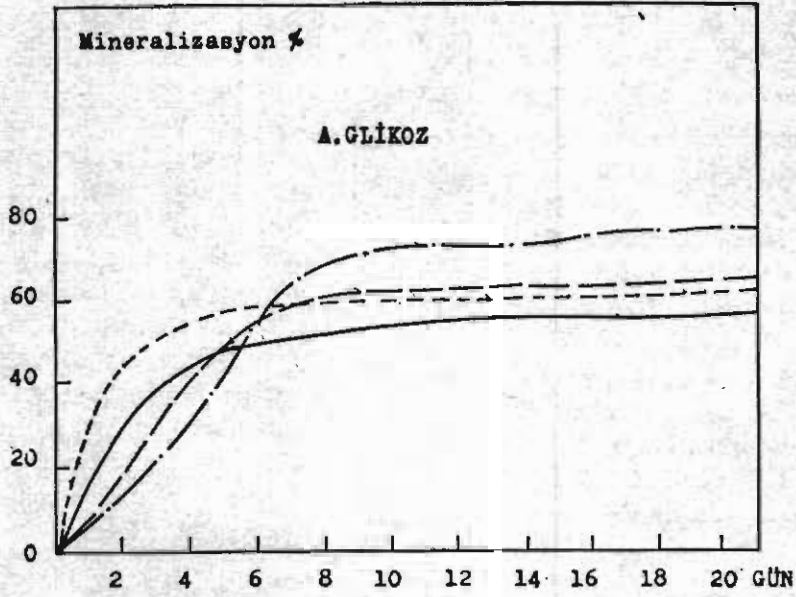
Bu toprak örneği yukarıda incelediğimiz preri toprak örneklerine eşdeğer bir evrim yansıtmıştır (Tablo 1 ve 2)

### 3. HÜMİFİKASYON (humification)

Denemenin başlangıcından 1 hafta sonra ve denemenin sonunda organik maddenin çeşitli ekstraksiyon ve hidrolizle fraksiyonlara ayrılmasıyla gerçekleştirilen "bağlantı" mekanizmaları çalışmaları kil mineralleri içinde mineralize olmıyan etiketlenmiş kalıntıların verimi konusunda bilgi vermektedirler.

Mineralizasyon yeteneklerinin bir sonucu olarak glikoz katkısı yapılan bütün toprak örneklerindeki radyoaktif kalıntı, polisakkarit varlığına oranla çok daha azdır. Kil mineralleri içindeki kalıntı katkı maddelerinin büyük bir kısmının alkalınlarla veya su ile çözünmeyen organik fraksiyonlarda yani hümin bileşiklerinde yerleştiği denemelerle saptanmıştır. Aynı neticeler daha önce GUCKERT ve çalışma arkadaşları (1970) ve GALLALI (1973 tarafından elde edilmişlerdir. Bununla beraber topraklar (özellikle rendzina ve podzol) arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

3.1. Podzol hümin bileşiklerinde en az 14C bulduran topraktır. Bu durum gerek basit yapıya sahip glikoz ve gerekse polisakkarit katkısı yapılan örneklerde saptanmıştır. Ancak polisakkaritler podzol içinde da-



— Rendzina                      — Kahverengi Toprak  
 -.- Podzol                      -.- Asit Mull (Preri)

Şekil 3. Radyoaktif CO<sub>2</sub> şeklinde mineralize edilen Karbon-14 için yığılım eğrileri.

ha çok alkalınlarla çözünebilen önemli bileşikler yapmışlardır. Bu sonuçla podzol toprakların A<sub>1</sub> horizonunda

mikrobiyal sentez olayının kısır kaldığı, "organo-mineral" bağların zayıf ve az olduğu söylenebilir. A<sub>1</sub> horizonunun

kasyon ve kil içeriklerinin düşük oluşu bu olaya neden olarak gösterilmektedir.

Hümin bileşikleri, kil minerallerine bağlanma kuvveti derecesine göre "asitle hidroliz edilebilen" ve "hidroliz edilemeyen" bileşikler olarak sınıflandırılmaktadırlar. Kil fraksiyonu ile çok sıkı şekilde bağlanan organik bileşikler asit hidroliz ile çözünüp alınmamaktadırlar. Toprağa glikoz katkısı ile bu bağlanma şekli yok denecek kadar az olmasına karşın, hümin kapsamı içindeki polisakkaritlerin yarısına yakın kısmı daha sıkıca bağlanmıştır.

3.2. *Rendzina* varlığı halinde katkı maddeleri hızlı bir evrim geçirmekte olup özellikle hümin içinde olmak üzere katkı karbon-14 miktarının çok önemli bir kısmı hızlı bir şekilde toprak mineral aksamına bağlanmıştır. Bu bağların oluşum hızı ve entansitesi *rendzina* toprak örneğinin kalşık kil mineralleri ile zengin olması ve kuvvetli bir mikrobiyal aktivite yansıtması ile açıklanmaktadır. Hümin içinde oluşan kompleksler için karbonatların koruyucu nitelik taşıdığı (JACOÛN ve LETACON, 1970) ve bu toprakta kalsiyumla doymuş halde bulunan killerin organik polimerlerle daha dirençli kompleksler oluşturduğu daha önceki deneme sonuçları ile (GUCKERT, 1973) kanıtlanmıştır. Ancak *rendzinalardaki* hümin formları örneğin *çernozyemlerdeki* hümin komplekslerine oranla çok daha gevşek yapıya sahiptirler. Bu nedenle bu tip hümin bileşiklerine "Genç hümin bileşikleri" adı verilmektedir. (DUCHAUFOR, 1972). Konu üzerine çalışan CALVEZ (1970) ve DORMAR (1970) 'in yaptıkları elektroforez de-

neylerinde, *rendzinalarda* polimerizasyonunun yeterince oluşmadığı, gri hümik asitlerin (aromatik yapı gösteren) fülvik asitlere göre azınlıkta olduklarını saptayarak genç hümin deyimini doğrulamışlardır. Nitekim bu denemelerde de toplam hümin (Tablo 3) her iki katkı maddesi varlığında da 3. hafta sonunda net bir azalma gözlenmiştir. Ancak 3. hafta sonunda asitle hidroliz edilemeyen, diğer bir deyişle toprağa sıkı şekilde bağlanmış hümin kompleksleri, polisakkarit katkısı yapılan örneklerde % 35.3 gibi bir değere ulaşarak daha dirençli organo-mineral bağlanmalar yapabilmektedir.

3.3 *Yıkanmış kahverengi ve asit mull preri*) Toprak örnekleri birbirine çok benzer evrimler yansıtmaktadırlar. Her iki toprakta hümine karışan <sup>14</sup>C yüzdeleri diğer fraksiyonlara oranla daha yüksek olup zaman içinde çok kararlı bir yapıya kavuşmaktadır. Mikrofloranın aktif etkenliği sonucu oluşan "biyosentez" maddeleri kil yüzeyleri ile "kısa ve sağlam" bağlar yaparak biyolojik parçalanmaya direnç göstermektedirler (tablo 3.)

Polisakkarit katkısı yapılan örneklerde bu bağlar hem daha sağlam ve hemde daha kesif olduklarından glikoz katkısına oranla daha fazla hümin kompleksleri bulunmuştur. Bu denemelere ek olarak yapılan diğer bir çalışmada toprak kökenli "hümin polisakkaritleri" içeriklerinin 3. hafta sonunda çok az bir eksilme gösterdiği ve bu nedenle bu topraklardaki organik kompleksleşmenin dirençli bir yapı kazandığı anlaşılmıştır.

Topraklara verilen <sup>14</sup>C'ün büyük bir kısmını bünyelerinde absorbe et-



Tablo 3. Farklı organik fraksiyonlarda % radyoaktivite dağılımı.

Topraklar	inkübasyon	1. Hafta sonra						3. Hafta sonra					
		Ekstraksiyon			<sup>14</sup> C-HÜMİNE			Ekstraksiyon			<sup>14</sup> C-HÜMİNE		
		Miner. <sup>14</sup> C	H <sub>2</sub> O	Alkalin	Hidro edile- edilen	Hidro meyen	Miner. <sup>14</sup> C	H <sub>2</sub> O	Alkalin	Hidro. edilen	Hidro edile- meyen		
RENDZİNA	Glikoz	51.2	0.9	8.6	38.0	35.7	2.7	56.9	0.6	7.8	31.7	27.8	3.9
	Polisak.	15.0	5.0	16.3	60.6	19.1	41.5	18.2	4.9	15.9	50.9	15.6	35.3
PODZOL	Glikoz	65.5	2.7	7.4	19.4	18.3	1.1	74.7	1.2	4.4	16.9	16.8	0.1
	Polisak.	20.0	12.8	44.8	19.2	14.2	5.0	28.7	10.2	40.5	19.5	11.4	8.1
PRERİ	Glikoz	53.4	0.2	6.6	36.0	34.2	1.8	59.4	0.1	3.0	34.0	30.3	3.7
	Polisak.	16.7	5.7	23.2	53.0	23.4	29.4	20.5	4.9	21.7	51.0	20.7	30.3
KAHVERENGİ TOPRAK	Glikoz	54.2	2.6	6.7	34.5	31.8	2.7	60.5	1.4	4.0	29.1	25.9	3.2
	Polisak.	20.2	4.4	14.8	50.0	21.6	28.4	23.5	4.1	13.9	51.3	23.0	28.3



meleri nedeni ile hümin maddelerinin iyon değiştirici rezinler yardımıyla "nitelik ve nicelik" olarak araştırılması gerekmektedir. Ancak incelenen dört toprak örneğinde poliskakkarit katkısı hümin içinde daha etkin görüldüğünden, hümin bileşiklerinin hidrolizinde başvurulan analizler de yalnız bu substrat varlığında yapılmıştır.

Tablo 4'ten görüldüğü gibi bu maddelerin büyük bir kısmı "nötr fraksiyon" diğer bir deyimle basit mono şeker içerikleri şeklindedir. Asit fraksiyon (üronik asitler) daha az bir yer tutmasına karşın toprak kil-organik madde komplekslerinin stabilitesi yönünden büyük öneme sahiptir.

Deneme sonunda yıkanmış kahverengi ve preri toprak örneklerinde mak-

Tablo 4. Hümin komplekslerinin hidrolizi ile elde edilen fraksiyonların dağılımı

Topraklar	İnkübasyon zamanı	I. Fraksiyon Basit şek.	II. Fraksiyon Üronik asit.	II. Fraksiyon Ammo şekerler.
RENDZİNA	1. Hafta	74.6(x)	17.4	8.0
	3. Hafta	65.1	30.9	4.0
PODZOL	1. Hafta	63.5	23.6	12.9
	3. Hafta	59.5	25.7	14.8
PRERİ	1. Hafta	49.8	37.4	12.8
	3. Hafta	51.4	31.7	16.9
	1. Hafta	45.3	43.9	10.8
	3. Hafta	48.7	44.7	8.6

(x) Toplam hümin radyoaktivitesinin yüzdesi olarak.

simum asit fraksiyon değerlerinin elde edilmesi bu toprakların "<sup>14</sup>C" ve "toprak kökenli hümin polisakkarit içerikleri" ile saptanan stabilitelelerini doğrulamaktadır. Bilindiği gibi üronik asitler fonksiyonel karboksil (COOH) gurupları vasıtasıyla adsorpsiyon mekanizmasını sağlayıp toprak organik komplekslerine sözü edilen stabiliteyi vermektedirler (GREENLAND, 1965).

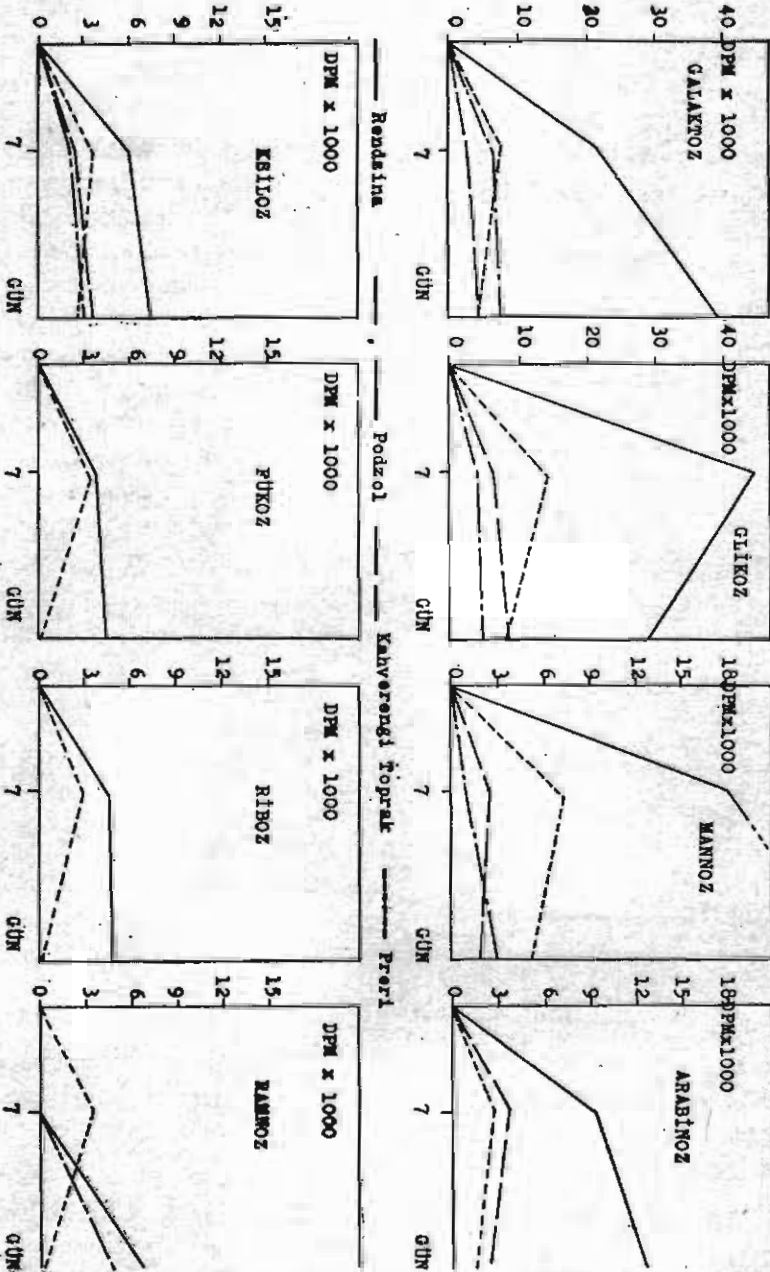
Podzol toprak örneğinde bu değerlerin daha düşük oluşu, bu toprakta kil-organik madde komplekslerinin, kil ve kolaylıkla parçalanabilen organik madde yetersizliğinden ötürü, tam olarak oluşmadığını göstermektedir.

Nötr fraksiyon olarak adlandırdığımız basit şekerleri de yine karbon-14'ü kıstas olarak kullanarak, kromotografik olarak analiz edersek (Şe-til 4) heksozların çoğunlukta olduğu çeşitli monosakkaritler elde edilmektedir (GUCKERT, 1971; CHESHIRE, 1973). Oysa topraklara verilen etiketlenmiş ekstraselüler polisakkaritlerin alifatik yapısında yalnızca glikoz ve mannoz üniteleri bulunmaktadır. Bu sonuç, deneme sonunda hümin içerisinde polimerize halde bulunan çeşitli şekerlerin mikrobiyal etkenlik sonucu oluşan neo-sentez maddeleri ile mineral aksama bağlandığını kanıtlamaktadır

(KIEFER ve MORTENSEN-, 1963; CHESHIRE, 1969).

Glikoz, galaktoz ve mannoz hümin içinde polimerize olarak en fazla bu-

lunan şeker üriteleridir (Şekil 4). Buna karşılık füköz, ramnoz ve riboz en az raslanan monosakkaritlerdir (BARKER, 1966; GUCKERT ve çalışma arkadaşları, 1971).



Şekil 4. Hümin bileşikleri içindeki basit şekerlerin (monosakkaritler) dağılımı.

## RESUME

L'étude conjointe de la biodegradation et de l'humification de polysaccharides marqués au cours de diverses incubations en présence de microflores variées, a permis de souligner les faits suivants:

1- Dans le cas d'une microflore de mor nous assistons à une forte minéralisation du substrat simple (glucose), mais à sa faible incorporation dans les composés humiques sans atteindre généralement le stade humine,

2- En présence d'une microflore du mull calcaïque (rendzine) l'incorporation devient prépondérante sur la biodegradation; les composés organomineaux restent labiles, qu'ils soient formés à partir de glucose ou de polysaccharides microbiens.

3- Enfin pour les mulls acides, les diverses cinétiques sont voisines

mais mettent surtout en évidence la stabilité des formes complexes.

Il nous faut mentionner qu'au cours de la formation d'humine microbienne, nous rencontrons une grande diversité quant aux formes biochimiques synthétiques.

D'autre part, plus les composés introduits possèdent une structure simple, plus les liaisons sont rapides par suite de l'apparition de produits microbiens résultant de leur métabolisme; à l'opposé en présence de polysaccharides bactériens les cinétiques sont plus lentes mais les formes complexes plus nombreuses et semblent plus stables. Une étude complémentaire vient d'être entreprise afin de déterminer le mode des liaisons organo-minérales et la résistance à la biodegradation des formes complexes (GUCKERT et al., 1976).

## KAYNAKLAR

ANDERSON, J.P.E., DOMSCH K. H. 1974.- Use of selective inhibitors in the study of respiratory activities and shifts in bacterial and fungal populations in soil *Ann. Mic.* (24), 189-194. BARKER (S.A.),

BARKER S.A., HAYES M.B., SIMMONDS R.G. and STACEY M. 1966.- Studies on soil polysaccharides. *Carbohydrates Research* (Belgium).

CHESHIRE M.V., MUNDIE C.M.; SHEPHERD H., 1969.- Transformation of  $^{14}\text{C}$  Glucose and

starch in soil. *Soil Biol. Bioch.*, 1, 117-130.

CHOULIARAS N. et al., 1975.- Fractionnement et caractérisation de la matière organique dans les rendzines. *Bull. ENSAIA*, 17, I, 65-74.

DOMMERMES Y., 1968.- Dégage- ment tellurique de  $\text{CO}_2$  mesure et signification. *Rapport général. Ann. Inst. Pasteur*, 115, 627-656.

DUCHAUFOR Ph., 1972.- Processus de formation des sols. C. R.D.P.w, Nancy, 182 p.

- DUCLAUFOR Ph. et JACQUIN F., 1966.- Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. Bull. ENSAN, 8, I, 5-21.
- GALLALI T., 1972.- Etude statique et dynamique polysaccharides et des amino-polysaccharides au cours de l'humification. These de specialite, Universite de Nancy.
- GREENLAND D.j., 1971.- Interactions between humic and fulvic acids and clays. Soil Sci., II, 34-41
- GUCKERT A., CURE B. et JACQUIN F., 1971.- Comparative evolution of the polysaccharides of the humin after the incubation of glucose  $14_c$  and straw  $14_c$ . V Symp. int. "Humus et Planta", Prague, 155-160.
- GUCKERT A., 1973.- Contribution a l'etude des polysaccharides dans les sols et leur role dans les mecanismes d'agregation. These d'Etat, Universite de Nancy.
- GUCKERT A., VALLA M., JACQUIN (F.), 1975.- Etude des mecanismes d'adsorption d'acides humiques  $14_c$  et de polysaccharides  $14_c$  sur une montmorillonite. Pochvovedenye., 2, 41-47.
- GUCKERT A.) TOK H.H., JACQUIN (F.), 1976.- Biodegradation de polysaccharides bacteriens adsorbés sur une montmorillonite. A paraître: Colloque international sur les études concernant les matières organiques du sol (Brunswick.).
- JACQUIN F., LE TACON F., 1970.- Influence des formes de calicum sur l'évolution des résidus ligneux sous climat tempéré. Bull. ENSAN, 12 12-20.
- SWINCER G.D., OADES J.M. GREENLAND D.j., 1968.- Studies on polysaccharides I. The isolation of polysaccharides from soil. Austr. j. Soil Res., 6, 211-224.
- TOK H.H., 1975.- Etude de la biodegradation des polysaccharides en présence de substrats minéraux. These de specialite, Université Nancy, I.