

PAPER DETAILS

TITLE: A Research on Reducing the Potential Phtotoxicity of Plant Residues by Microbial Inoculation

AUTHORS: Kemal Gür

PAGES: 111-120

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4489374>

**BİTKİSEL ARTIK KÖKENLİ FİTOTOKSİTENİN
MİKROBİYAL AŞILAMA İLE AZALTIMASI
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Kemal GÜR*

ÖZET

Laboratuvar şartları altında yürütülen bu çalışmada, buğday samanı çeşitli mikroorganizmalar yardımı ile bir ön ayrıştırma işlemine tâbi tutularak, samanın buğday bitkisi üzerine olan fitotoksit etkisi azaltılmaya çalışılmıştır; 1) En yüksek fitotoksit etki hiçbir ön ayrıştırmaya tâbi tutulmamış saman içeren ortamda yetiştirilen buğday fidelerinde görülmüştür. 2) Çeşitli bakteri ve mantar türleri aşılayarak bir ön ayrıştırma işlemine tâbi tutulmuş samanın bulunduğu ortamlarda fitotoksite daha düşük olmuştur. 3) Araştırmada aşı olarak kullanılan mikroorganizmalar, samanın ön ayrıştırılmasındaki etkinlikleri bakımından kendi aralarında farklılık göstermişler ve en etkin mikroorganizmaların Azotobacter chroococcum ve Mucor plumbeus olduğu tesbit edilmiştir.

**A RESEARCH ON REDUCING THE POTENTIAL PHYTOXICITY OF
PLANT RESIDUES BY MICROBIAL INOCULATION**

ABSTRACT

Non-degraded and degraded straw samples, with various microorganisms used as inocula, were tested for their phytotoxic effects on germination, root extension and root elongation, of wheat seedlings grown in laboratory. The results obtained from the experiment were as follows; 1) The straw samples, which were not degraded with microbial inoculation prior to seeding, produced highly phytotoxic effect on germination, root extension.

* Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Prof.Dr. KONYA
Geliş tarihi: 27.2.1991

tion of the wheat seedlings, and the effects were significant. 2) The differences in effect between the decomposer microorganisms were also significant. 3) Mucor plumbeus and Azotobacter chroococcum were found to be most effective decomposer of the straw samples to minimize the potential phytotoxicity.

GİRİŞ

Bitkisel atıkların toprakta anaerobik şartlar altında mikrobiyolojik olarak parçalanması sırasında oluşan bileşikler arasında metan, etilen, hidrojen sülfür, asetik, laktik ve fenolik asitlerin önde geldiği belirtilmiştir (Martin, 1957). Fenolik asitler arasında en yaygın olanların ise, P-amino benzoik, P-kumorik, ferulik, vanillik ve sinnamik asitler olduğu ileri sürülmüştür (Börner, 1960; Shitehia, 1964).

Stevenson (1967) tarafından yapılan bir araştırmada, bitkisel artıkların topraktaki mikrobiyolojik parçalanması sırasında başta P-amino benzoik, P-kumorik, ferulik, vanillik ve sinnamik asit olmak üzere çeşitli fenolik asitlerin ortaya çıktığını ortaya koymuştur. Bu şekilde oluşan fenolik asitlerin bitki gelişmesini ne derece etkilediği çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Bu konuda Wang ve Yang (1965), Wang ve çalışma arkadaşları (1967) tarafından yapılan çeşitli çalışmalarda, bazı fenolik bileşiklerin şeker kamışı fidelerinin gelişmesini önlediği tespit edilmiştir.

Bitkisel artıkların anaerobik şartlar altında mikrobiyal dekompozisyonu sonunda oluşan fitotoksinlerin bitki üzerine olan olumsuz etkileri çeşitli şekillerde olmaktadır. Bunlar kısaca: a) Tohum çimlenmesinin kısmen veya tamamen önlenmesi, b) bitki büyümesinin tamamen önlenmesi, c) kök gelişiminin geriletilmesi, d) toprakta besin maddesi alımının önlenmesi, e) kloroz, f) bitkilerde solgunluk ve g) fidelerde ölümüne neden olmak gibi (Börner, 1960; Mecalla, Haskins, 1964). Fitotoksinlerin en çok zarar verdiği bitki organı ise köktür. Bu zararlar ise; a) kök uçlarının ve kılcal köklerinin solunumunun geriletilmesi, b) çabuk renksizleşme veya c) aniden kahverengileşmesi biçiminde ortaya çıkmaktadır (Chanramohan et.al. 1973).

Fenol bileşiklerinin canlı dokusu üzerindeki etki mekanizması ile ortaya atılan hipotezlerde, fenolik asitlerin bitki ve mikroorganizma hücresine toksik etki gösterdiği ve fenol bileşiği oksitlenmiş biçimde olursa toksik etkisinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Patrick, Koch,

1958; Patrick, 1971). Diğer taraftan Zenk ve Müller (1963) tarafından yapılan bir araştırmada, fenol bileşiklerinin "I AA Oksidaz" enzim sistemi için inhibitör veya aktivatör olarak hareket ettikleri belirlenmiştir. Aynı çalışmada, "chlorgenic, dihydro caffeic ve sinapic" gibi fenolik asitlerin birlikte etki göstererek I AA'nın dekarboksilasyonunu (auxin'ı serbest hale geçirme etkisini) önlediğini, buna karşılık "P-coumaric, ferulic, P-hydroxy benzoic ve O-coumaric" asitlerin ise I AA dekarboksilasyonunu teşvik ettiği belirlenmiştir (Kirkhom, 1954, Schridhar, 1970).

Toprağa ilave edilen saman ve benzeri bitkisel artıkların mikrobiyal parçalanması sırasında fenolik asitlerin yanında asetik asidin de üretildiği çeşitli araştırmacılar tarafından ileri sürülmüştür (Lynch, 1977; 1978; Tang, Waiss, 1978). Asetik asit ve benzeri organik asitlerin özellikle samanın anaerobik fermentasyonu sırasında oluştuğu belirlenmiştir (Wallace, Elliot, 1979; Lynch et.al. 1980).

Aynı konuda bir araştırma yapan Chapman (1965) ve Lyneh (1977), araştırma konusu toprağa ilave ettiği samanın anaerobik şartlar altında parçalandığında yaklaşık 8,3 mm (milimol) düzeyde asetik asit oluştuğu ve bunun da arpa bitkisinin fidesinin kök gelişmesini olumsuz yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Diğer taraftan samanın mikrobiyal parçalanması esnasında ortamda bırakılan çeşitli yan ürünleri besin kaynağı olarak kullanan mikroorganizma topluluğunun populasyon hacmini artırdıkları, oksijen ve azot gibi çeşitli besin elementlerini kullanma açısından tohum ve bitki fidesine karşı rekabet yaptıkları ve bu rekabetin tohumun çimlenmesini, çimlenen fidenin gelişmesini yavaşlattığı ortaya konmuştur (Borner, 1950; Harper, Lynch, 1981). Çeşitli araştırmacılar (Cochran et.al., 1977; Gür, 1981) samanın parçalanmasından birkaç ay sonra, parçalanmış samanın fitotoksik etkisinin önemli düzeyde azaldığını ve bunun nedeni ise fitotoksinlerin zamanla parçalanıp gelişme ortamından uzaklaşmalarına bağlanabileceğini savunmuşlardır. Diğer bir ifade ile, organik madde kaynağı olarak kullanılacak olan saman, tohumla birlikte verilmeden önce henüz çiftlikte iken belirli bir süre parçalanmaya tâbi tutulduğu takdirde fitotoksik etkisinin minimuma indirilebileceği ileri sürülmüştür (Lynch, Elliot, 1983).

Laboratuvar şartları altında iki aşamada yürütülen bu çalışmada; farklı cins ve türdeki mikroorganizmalar tarafından dekompoze olmuş ve olmamış (taze) saman örneklerinin besin çözeltisinde ve toprakta yetiştirilen buğday fidelerinin kök gelişmeleri üzerine olan etkileri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Labotatuvar şartları altında, samanın fitotoksik etkisinin azaltılması imkanlarının araştırıldığı bu çalışma iki aşamada yürütülmüştür.

Birinci aşamada, farklı cins ve türdeki mikroorganizmalarla dekompoze edilmiş ve dekompoze edilmemiş (taze) saman çözeltisi örneklerinin buğday fidesinin çimlenmesi ve kök gelişmesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, deneme materyali olarak farklı cins ve türdeki mikroorganizmaları temsil eden mikrobiyal aşı kültürleri, öğütülmüş ve 0,5 mm'lik elekten geçirilmiş buğday samanı kullanılmıştır. Mikrobiyal aşı kültürlerinin hazırlanması şu şekilde yapılmıştır; daha önce yürütülen bir ön deneme ile en etkin (dominant) saman parçalayıcısı olarak seçilen çeşitli bakteri ve mantar türleri (Azotobacter chroococcum, Enterobacter cloacae, Mucor plumbeus, Penicillium purpurescens, Tricoderma harzianum) ve bunların karışık kültürleri kullanılmıştır. Denemede aşı olarak seçilen bakteriler için besin çözeltisi "nutrient agar", mantar için ise "malt agar" besiyeri kullanılmıştır. Söz konusu mikroorganizmalar, içerisinde 20 ml. besiyeri (agar) bulunan (20x75 mm) boyutlarındaki deneme tüplerinde 20°C'de 5 gün süre ile inkübasyona tâbi tutulmuşlardır. Bu süre sonunda mikroorganizmaların besiyerleri üzerinde uygun büyüklükte koloni gelişmesi meydana getirdikleri tespit edilmiştir. Bunu takiben, koloniler saf su ile agar yüzeyinden yıkanarak her biri, içerisinde 20ml. saf su bulunan cam tüplere aktarılmış ve saf suyla iyice çalkalanarak mikrobiyal aşı çözeltisi hazırlanmıştır. Mikrobiyal aşının kültür çözeltileri bu şekilde hazırlandıktan sonra dekompoze saman örneklerinin hazırlanması işlemine geçirilmiştir. Bu amaçla, öğütülmüş ve 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş buğday samanı içerisinde 100 ml besin çözeltisi bulunan beherlere konulmuş ve daha sonra üzerlerine yukarıda açıklandığı şekilde hazırlanmış bulunan saf ve karışık mikrobiyal kültür çözeltilerinden birer ml ilâve edilmiş ve 20 °C'de bir ay süre ile inkübasyona terkedilmiştir. Bu süre içerisinde saman örneklerinin aşı olarak ilâve edilen saf veya karışık mikroorganizmalar tarafından iyice dekompoze edildiği belirlenmiş ve bu nedenle bir aylık inkübasyon süresinin yeterli olacağı sonucuna varılmıştır (Lynch and Elliot, 1983). Bu şekilde hazırlanmış (dekompoze olmuş) saman çözeltisi örnekleri (10 gr/lt) denemede kullanılmak üzere laboratuvarında muhafaza edilmiştir. Diğer taraftan esas denemenin

yürütülmesinden hemen önce, içerisinde 10 gr/lt düzeylerinde "taze saman + mikrobiyal aşı" ve sadece "taze saman" aşısız örnekleri ihtiva eden saman çözeltileri hazırlanmıştır. Bu arada ekim işlemiinde kullanılmak üzere içerisinde 10 ml eritilmiş yatık agar (50° C) bulunan cam deney tüpleri de ekime hazır duruma getirilmiştir. Daha sonra denemenin yürütülmesi işlemine geçilmiştir. Bu amaçla yukarıda "dekompoze" edilmiş saman, "taze saman + mikrobiyal aşı" ve aşısız taze saman" çözeltilerinden ayrı ayrı birer ml alınarak içerisinde yatık agar bulunan deney tüplerine aktarılmıştır. Aynı şekilde "kontrol" örnekleri olarak kullanılmak üzere 1 ml saf su alınarak yatık agar üzerine eklenmiştir. Bu şekilde hazırlanmış tüplerdeki yatık agarın tam orta kısmında ve yüzeyine daha önce çimlendirilmiş buğday fideleri yerleştirilmiştir. Deneme süresinde tüpler dik tutularak bitki fidesinin besiyeri içerisine batması önlenmiştir. Denemede her uygulama için on tekerrür uygulanmıştır. Bu şekilde ekimi yapılan buğday fideleri 23 C'de üç gün süreyle büyümeye bırakılmıştır. Uygun bir kök gelişmesi için bu üç günlük sürenin yeterli geleceği çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Harper, Lync, 1981). Söz konusu büyüme devresi sonunda tüm deney tüplerindeki buğday fidesi köklerinin uzunlukları ölçülerek kaydedilmiş ve samansız (kontrol) ortamda büyütülen bitki köklerinin uzunlukları 100 kabul edilerek diğer uygulamanın tatbik edildiği ortamlarda büyütülen bitki kök uzunlukları kontrol bitkilerin kök uzunluklarının yüzdesi (%'si) olarak hesaplanmıştır (Cetvel 1). Elde edilen bu değerler birbirleriyle "Duncans multiple range test) göre istatistiksel mukayese edilmiştir.

Araştırmanın ikinci kısmında ise, bir ön ayrıştırmayla dekompoze edilmiş ve edilmemiş saman örneklerinin, farklı tekstürdeki iki toprakta yetiştirilen buğday fidesinin kök gelişmesi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, araştırma materyali olarak seçilen kumlu tın (SL) ve killi tın (CL) tekstürdeki toprak örneklerinden fırında kuru ağırlık esasına göre 50 gr'lık örnekler tartılmış ve 85 mm çapındaki cam petri kaplarına konmuştur. Daha sonra petri kaplarındaki her bir toprak örneğinin yüzeyine 0,5 gr. öğütülmüş buğday samanı ilâve edilerek topraklar maksimum su tutma kapasitesi sınırına kadar ıslatılmış ve deneme süresince toprak örnekleri bu rutubet düzeyinde tutulmuştur. İlâve edilen samanın yeterli dekompozisyonunu sağlamak amacıyla örnekler 20° C'de 10 gün süreyle bekletilmiştir. İçerisinde dekompoze olmuş saman ihtiva eden bu toprak örnekleri ile birlikte denemeye dekompoze olmamış, öğütülmüş (taze) saman örnekleri (0,5 gr/petri) ve saman ilâve edilmemiş toprak örnekleri (50 gr/petri) de denemeye alınmıştır. Daha sonra, her petri kabına beşer adet olmak üzere, buğday tohumları

örneklerin yüzeylerine ekilerek büyümeye terkedilmiştir. Denemede her muamele için dört tekerrür kullanılmıştır (Lynch, Elliot, 1983). Altı günlük büyüme devresi sonunda buğday fidelerinin kök uzunlukları ölçülerek kaydedilmiştir. Deneme sonunda, "Duncan" testi (Duncan's multiple range test) uygulanarak muamelelere ait ortalamaların istatistiksel karşılaştırılması yapılmıştır (Cetvel 2).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Cetvel 1. Çeşitli mikroorganizmalarla parçalanmış samanın buğday fidesinin kök büyümesi üzerine olan etkisi

Parçalayıcı Mikroorganizma	Kök gelişmesi (%) (Kontrol bitkilerinin % olarak)
Azotobacter chorococcum.....	99 ab
Trichoderma harzianum.....	96 ab
Mucor plumbeus.....	99 ab
Penicillium purpureescens.....	86 be
Enterobacter cloacea.....	86 be
A. Chorococcum + T. harzianum.....	97 ab
M. plumbeus + P. purpureescens.....	97 ab
E. cloacea + T. harzianum.....	97 ab
Aşısız (saman).....	95 ab
Saman (ön ayrıştırmaya tabi tutulmamış).....	91 c
Kontrol (Safsu - aşısız).....	100 a

* Aynı harflerle ifade edilmeyen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak ($P<0.05$) farklıdır.

Cetvel 1'in incelenmesinden de görülebileceği gibi, samanın ilave edilmediği optimum (fitotoksik etkinin hiç olmadığı) gelişme ortamında (kontrol) bitkilerin kök gelişmesi %100 kabul edilmiş ve buna göre mikrobiyal aşı kültürü kullanarak herhangi bir ön ayrışmaya tâbi tutulmamış saman çözültisi ortamında yetiştirilen bitkilerin kök gelişmesi ise % 81 olarak tespit edilmiştir. Diğer bir ortamda yetiştirilen bitkilerin kök gelişmesinde kontrol bitkilere oranla %19'luk bir azalma görülmüş ve bu etki istatistiksel olarak 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Cetvel 1). Bu bulgu bizi hiç bir ön ayrışmaya tâbi tutulmayan saman çözültisinin fitotoksik etki göstererek buğday fidelerinin kök gelişmesini önemli düzeyde ($P<0.05$) yavaşlattığı sonucuna götürmektedir. Buna karşılık çeşitli mikrobiyal aşı kültürleri kullanarak daha

önce bir ön ayrıştırmaya tâbi tutulan saman çözeltilerinde ise yukarıda sözü edilen fitotoksite ön ayrıştırma işlemi ile azaltılarak minimuma indirilmiştir. Nitekim, Azotobacter chroococcum ve Mucor plumbeus kültürleri ile ön ayrıştırmaya tâbi tutulmuş saman çözeltilerinde yetiştirilen buğday fideleri kontrol bitkilere göre %99'luk bir kök gelişmesi göstermişler ve bunları sırasıyla "A. chroococcum + T. harzianum", "M. plumbeus + P. purpurescens" ve "E. cloacea + T. harzianum" karışık kültürleri (% 97) ve T. harzianum (% 89), P. purpurescens (% 86), E. cloacea (% 86) kültürleri ile ön ayrıştırma işlemine tâbi tutulmuş saman çözeltilerinde yetiştirilen bitkiler izlemiştir. Saf veya karışık aşı kültürlerinde yetiştirilen buğday fidesinin nisbi (%) kök gelişmesi ile hiç bir ön ayrıştırmaya tâbi tutulmamış saman çözeltilerinde yetiştirilen bitkilerin nisbi kök gelişmeleri arasındaki fark istatistiksel olarak 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Diğer bir ifade ile samanın yukarıda adı geçen saf veya karışık mikrobiyal aşı kültürleri ile bir ön ayrıştırmaya tutulması ile buğday fidesinin kök gelişmesi üzerine olan fitotoksik etkisi önemli ($P < 0.05$) düzeyde azalmıştır. Bu bulgular bu konuda yapılan çeşitli araştırma (Lynch, 1977, 1978; Tang, Waiss, 1978; Wallace, Elliot, 1979) sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

Cetvel 2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, samanın uygulanmadığı kumlu tın (SL) toprak (T₁) örneğinde çimlendirilen buğday fidesinin ortalama kök uzunluğu 40 mm, aynı toprağın taze saman uygulanan örneğindeki buğday fidesinin kök uzunluğu ise 30 mm olarak tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile "taze saman" uygulanması buğday fidesinin kök gelişmesi üzerine olumsuz (fitotoksik) etki göstermiş, bitki kök uzunluğu 40 mm'den 30 mm'ye düşerek % 20'lik bir azalmaya neden olmuş ve bu olumsuz etki istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Buna karşılık, aynı toprak örneğine (T₁) aynı miktar, ancak daha önce bir ön ayrıştırmaya tâbi tutulmuş saman örneği verildiğinde bitki kök uzunluğu 40 mm olarak belirlenmiştir (Cetvel 2).

Cetvel 2. Toprakta yetiştirilen buğday fidesinin kök gelişmesi üzerine samanın etkisi.

Çimlenme Ortamı	Ortalama Kök Gelişmesi (mm)	
	T ₁ (SL)	T ₂ (CL)
Toprak + Taze Saman (Ön ayrıştırma ile dekompoze edilmemiş saman).....	30a	16a
Toprak + Dekompoze Saman (Ön ayrıştırma ile dekompoze edilmiş saman).....	40b	36ab
Toprak (Kontrol).....	40b	48b

T₁ (SL) : Kumlu tın toprak örneği, T₂ (CL) : Killi tın toprak örneği,

Her toprak için, aynı harfle ifade edilmeyen değerler birbirinden istatistiksel olarak ($P < 0.05$) farklıdır.

Diğer bir ifade ile toprağa uygulamadan önce mikrobiyel aşılama ile bir ön ayrıştırma işlemine tâbi tutulmuş olması, samanın buğday fidesinin kök gelişmesi üzerine olan fitotoksik etkisini %100 azaltarak sıfıra indirmiştir. Benzer sonuçlar araştırmada kullanılan killi kın (CL) toprak (T₂) örneği için de elde edilmiştir (Cetvel 2). Ancak Kumlu tın toprak (T₁) örneğine oranla killi tın toprak (T₂) örneğinde, uygulanan taze samanın fitotoksik etkisi nisbi olarak daha yüksek (%32) buna karşılık mikrobiyal aşılama ile ön ayrıştırmaya tâbi tutulma işleminin samanın fitotoksik etkisi üzerine olan azaltıcı etkisi ise daha düşük (%75) olarak belirlenmiştir. Ancak her iki etki de istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Cetvel 2). Bu bulgular çeşitli araştırmacılar tarafından bu konuda elde edilen bulgularda uygunluk teşkil etmektedir (Lynch et.al. 1980; Börner, 1950; Harper, Lynch, 1981).

Laboratuvar şartları altında yapılan bu çalışmadan aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

1- Ön ayrıştırmaya tâbi tutulmadan toprağa uygulanan buğday samanı-Özellikle anaerobik şartlar altında-buğday fidesinin kök gelişmesini gerileterek fitotoksik etki göstermiştir.

2- Toprağa uygulanmasından belirli bir süre önce, saman çeşitli mikroorganizmalarla bir ön ayrıştırmaya (dekompozisyona) tâbi tutulduğunda, yukarıda sözü edilen fitotoksik etki önemli ($P < 0.05$) düzeyde azaltılabilmektedir.

3- Bu konuda geniş çapta pratik bir uygulamaya geçmeden önce farklı toprak rutubeti seviyelerinde, değişik bitkisel artık ve mikrobiyal aşı kullanmak suretiyle bu çalışmanın tarla şartlarında denenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Börner, J. 1950. The role of toxic substances in the interaction of higher plants. Bot. Rev., 16: 51-65.
- Börner, H., 1960. Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem. Bot. Rev. 26: 393-424.
- Chapman, H.D. 1965. Chemical factors of soil as they affect microorgan-

- isms. In "Ecology of Soil Borne Plant Pathogens " K.F. Baker and W.C. Synder (eds.) University of California Press, Berkeley pp. 120-141.
- Chandramohan, D., Purushotaman, D., Kothandaraman, R. 1973. Soil phenolic acids as plant growth inhibitors. Soil Sci. 103, 239-246.
- Cochran, V.L., Elliott L.F. and Papendick, R.I. 1977. The production of phytotoxins from surface crop residues. Soil Science Society of America Journal, 41, 903-908.
- Gür, K., 1981. Muş ve Van Yöresi Topraklarında Mantar (Mikrofungus) Dağılımı ve bunlardan Aspergillus versicolor ile Penicillium chrysogenum'un Toprakların Agregat Stabilitesi ve Kırılma Değeri Üzerine Etkileri (Doçentlik Tezi). Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Erzurum.
- Harper, S.H.T. and Lynch J.M., 1981. The kinetics of straw decomposition in relation to its potential to produce the phytotoxin acetic acid. Journal of soil Science. 32: 627-637.
- Horborne, J.B., Biochemistry of phenolic compounds. Academic Press, New York.
- Kirkham, D.S., 1954. Significance of the ratio between the water soluble aromatic nitrogen constituents of apple and pear in the host parasite relationship of *Venturia* sp. Nature, 173: 670-671.
- Lynch, J.M., 1977. Phytotoxicity of acetic acid produced in the anaerobic decomposition of wheat straw. Journal of Applied Bacteriology 42: 81-87.
- Lynch, J.M., 1978. Production and phytotoxicity of acetic acids in anaerobic soils containing plant residues. Soil Biology and Biochemistry. 10: 131-135.
- Lynch, J.M., Gunn K.B. and Panting L.M. 1980. On the concentration of acetic acid in straw and soil. Plant and Soil, 56, 93-98.
- Lynch, J.M. and Elliott, L.F. 1983. Minimizing the potential phytotoxicity of wheat straw by microbial degradation. Soil. Soil. Biochem. Vol. 15 (2): 221-223.
- Martin, H., 1957. Chemical aspects of ecology in relation agriculture. Can. Dept. Agr., Publ. 1015, 96 p.
- Mc Calla, T.M. and Haskins, F.A. 1964. Phytotoxic substances from soil microorganisms in soil. In "The Ecology of Soil Bacteria" T.R.G. Gray and Parkinson (eds). University of Toronto Press, pp. 3-24.

- Patrick, Z.A. and Koch, L.M. 1958. Inhibition of respiration, germination and growth by substances arising during the decomposition of certain plant residues in the soil. *Can. J. Botany*, 36: 621-647.
- Patrick, Z.A. , 1971. Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plant residues. *Soil Sci.* 111: 13-18.
- Shitehia, D.C., 1964. Identification of p-hydroxybenzoic, vanillic, p-coumaric, and nitrogen fertilization. Doctoral Thesis, Annamalai University. Tamil Nadu. p. 443.
- Stevenson, F.J., 1967. Organic acids in soil, p. 119-146, in A.D. McLaren and G.H. Peterson (eds). *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker Inc., New York (1967).
- Tang, C.S., and Waiss A.C. 1978. Short-chain fatty acids as growth inhibitors in decomposing wheat straw. *Journal of Chemical Ecology*, 4: 225-232.
- Wallace, J.M. and Elliot L.F. 1979. Phytotoxins from anaerobically decomposed wheat straw *Soil Biology and Biochemistry*. 11. 325-330.
- Wang, T.S.C. and Yang, T.K., 1965. Soil phenolic acids. *Ann. Rept.*
- Wan, T.S.C., Yang, T.K. and Chaang T.T., 1967. Soil phenolic acids as plant growth inhibitors. *Soil Sci.* 103, 239-246.
- Zenk, M.H. and Muller, G.H. 1963. In vivo destruction of exogenously applied in doly-3-acetic acid as influenced by naturally occurring phenolic acids. *Nature*, 200: 716-763.