
ALGUNOS NUEVOS METODOS PEDOBIOLOGICOS

G. BACHMANN, K. SPADINGER

Instituto de Fisiología Vegetal de la Universidad de Viena Departamento de Fisiología química de las Plantas, Althanstrasse 14, A-1091 Viena, AUSTRIA

RESUMEN

El suelo rizosférico de seis especies diferentes de plantas que crecieron en una combinación factorial con cuatro clases diversas de suelos, fue analizado a fin de obtener información sobre la cantidad de metabolitos orgánicos y su origen en la rizosfera. Se determinaron cuantitativamente los aminoácidos, los azúcares y la evolución del dióxido de carbono, así como algunas actividades enzimáticas. Los resultados fueron comparados utilizando varios métodos estadísticos tales como correlación múltiple, análisis factorial, análisis de componentes principales y análisis de grupos. Las cantidades de azúcares, aminoácidos y las actividades enzimáticas de ciertos metabolitos se comportan interdependientemente, sugiriendo una relación muy íntima con los organismos implicados. Mientras en la mayoría de los casos el suelo fue el factor dominante en la combinación, en otras pocas ocasiones fueron las plantas las que jugaron un papel preponderante. Algunas combinaciones sugirieron una simbiosis muy especial de los organismos implicados. Se hace énfasis en la importancia de este tipo de investigaciones fisiológicas como herramienta de diagnóstico para la determinación del estado biológico de suelos naturales y agrícolas.

SUMMARY

The rhizosphere soil of six different plant species grown in a factorial combination with four different types of soil was analyzed to gain information about the amount of organic metabolites and their origin in the rhizosphere. Amino-acids, sugars, carbon dioxide evolution and some enzyme activities were estimated. The results were compared using various statistical methods such as

multiple correlation, factor analysis, principal component analysis, and cluster analysis. The amounts of sugars, amino-acids, and the enzyme-activities of some metabolites behave in an interdependent way, suggesting a very close interrelationship with the involved organisms. While in most cases the soil was the dominating factor in the combination, sometimes the plant played a major role. Some combinations suggested a very especial symbiosis of the involved organisms. Emphasis is made on the importance of such physiological investigations as a diagnostic tool for the assessment of the biological state of various natural and agricultural soils.

Palabras claves: Rizosfera, enzimas, respiracion, Pedobiología.

INTRODUCCION

El suelo no debe ser visto como una estructura estable formada por componentes minerales y orgánicos. Más que eso es un ecosistema muy complejo, en el cual están en permanentes interacciones tanto factores físicos y químicos, como clima, organismos del suelo y plantas. Las relaciones dominantes en un instante determinado son expresión de un equilibrio dinámico. A los organismos del suelo les corresponde en este complejo sistema el papel de recicladores, pues remineralizan el material orgánico. La totalidad de cada uno de los trabajos efectuados por los organismos del suelo se resume bajo el concepto de **actividad del suelo**. La actividad biológica del suelo puede ser referida a la caracterización del estado del suelo.

Esta actividad microbiana puede ser medida fundamentalmente de diferentes maneras. Uno de estos métodos es la estimación de las **actividades enzimáticas del suelo**. Los primeros indicios de la existencia de enzimas extracelulares en el suelo fueron detectados en 1899.

¿De dónde provienen las enzimas del suelo y en qué forma se encuentran?

En general, se reconoce como principal responsable de las actividades enzimáticas del suelo a la microflora. Las plantas contribuyen también en forma considerable a la actividad enzimática en el suelo por medio de exudados de sus raíces. Los animales mayores, como las lombrices y las hormigas, tienen mucha menor importancia.

Tan polifacética como su origen es la forma en que actúan las enzimas del suelo. Una parte de estas enzimas está unida al citoplasma de células vivas. Estas enzimas están relacionadas con funciones metabólicas fundamentales (ciclo de Calvin, glicólisis).

Otras de origen igualmente intracelulares, pueden mantener su actividad tras la lisis celular (ureasa). A aquellas vinculadas con superficies exteriores de células vivas o excluidas por estas, se les considera enzimas extracelulares. Son responsables de la hidrólisis de compuestos de alto peso molecular o de sustancias insolubles. Sin embargo, sólo una mínima parte de estas exoenzimas se presentan

libres en solución; casi siempre permanecen unidas a células o partes celulares o son adsorbidas por minerales arcillosos y/o coloides húmicos, o bien forman compuestos con materias húmicas. Una adsorción de este tipo conlleva por lo general una pérdida más o menos considerable de actividad.

Con el transcurso de los años, ha sido descubierto un espectro extraordinariamente grande de enzimas en el suelo (más de 50 según Ladd y Buttler 1972). Dos grandes grupos de enzimas pueden ser diferenciados fundamentalmente: por un lado las oxidorreductasas, propias de todos los microorganismos del suelo (dehidrogenasa, catalasa); y por el otro, enzimas que catalizan reacciones determinadas. Estas últimas se pueden relacionar selectivamente con diversos ciclos de materia: ciclo del carbono (celulasa, pectinasa, xilanasas, sacarasa), ciclo del nitrógeno (proteasa, ureasa), ciclo del fósforo (fosfatasa). Las determinaciones de las actividades enzimáticas se efectúan bajo condiciones de laboratorio, en tanto que los productos finales de las reacciones respectivas son medidos fotométricamente.

El objetivo principal de nuestros trabajos es el de hacer predicciones sobre la calidad de los suelos a partir de algunos métodos estandarizados, para, por ejemplo, establecer cambios derivados del ambiente partiendo de variaciones en las actividades enzimáticas del suelo antes de que puedan ser detectados daños en plantas superiores.

El Bosque de Viena es uno de los lugares de recreo cercanos más importantes para la población vienesa. En el marco de nuestras investigaciones se espera establecer daños por emisiones en el área de estos bosques.

METODOLOGIA

Para poder establecer que los daños detectados son realmente ocasionados por emisiones, se escogió el siguiente diseño experimental: muestras tomadas en el área inmediata alrededor del tronco fueron comparadas con muestras de áreas desnudas del mismo punto de recolección. Los compuestos nocivos se condensan en las ramas de los árboles y se acumulan al pie de los troncos. En el marco de este proyecto fueron analizados los efectos de estas fuertes acumulaciones sobre los microbios del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Es posible demostrar que las enzimas del suelo resultan excelentes bioindicadores de sobrecarga de compuestos nocivos, si bien debe ser destacado que al pie de los troncos se desarrollan muchos procesos, algunos de los cuales se oponen entre sí: por una parte hay una incorporación de compuestos nocivos y una acidificación del área inmediatamente adyacente; por la otra, puede ocurrir -especialmente en suelos muy pobres-, un aumento de la actividad por un incremento en la incorporación de material orgánico.

La dehidrogenasa, la proteasa, la ureasa y la fosfatasa alcalina resultan (en diferente grado) inhibidas, mientras que la fosfatasa casi no presenta efectos a

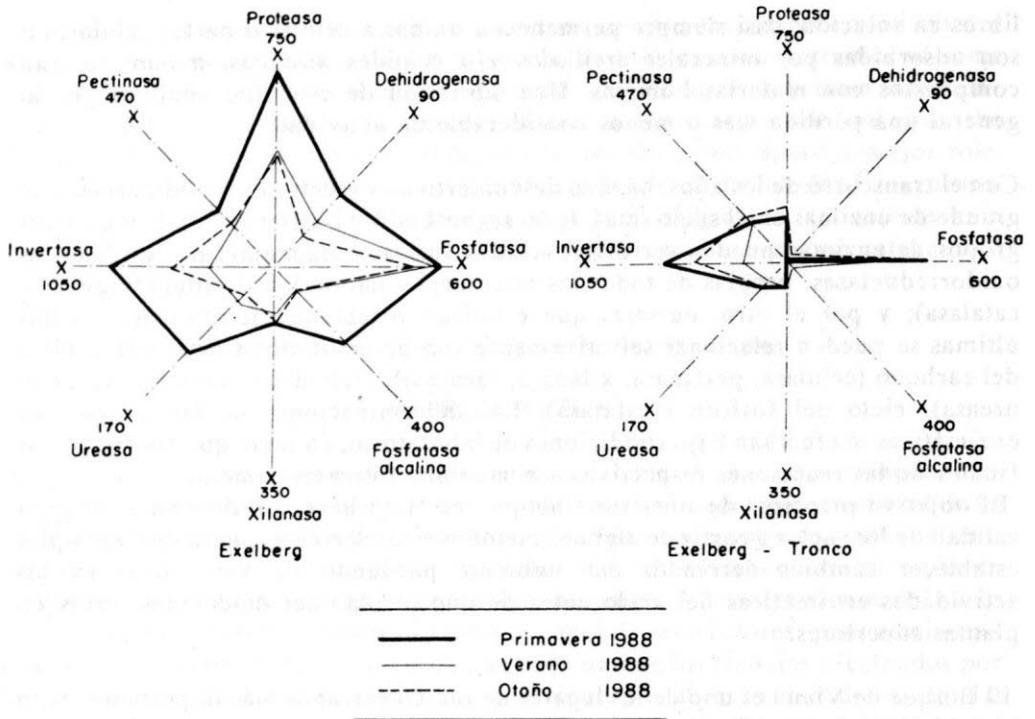


Fig. 1A. DIAGRAMA ESTELAR

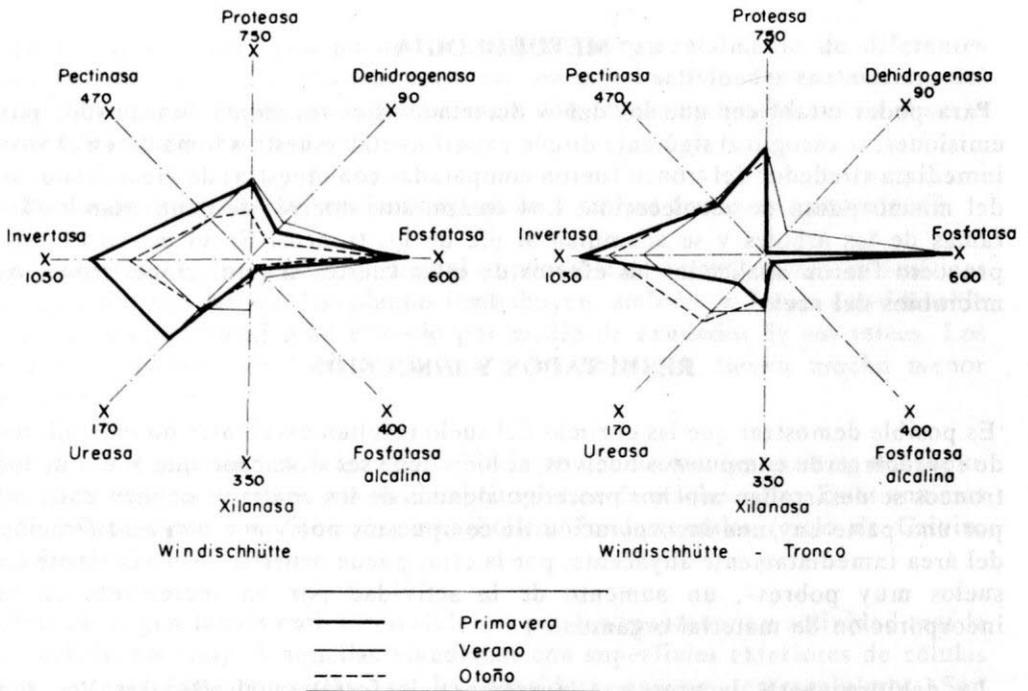


Fig. 1B. DIAGRAMA ESTELAR

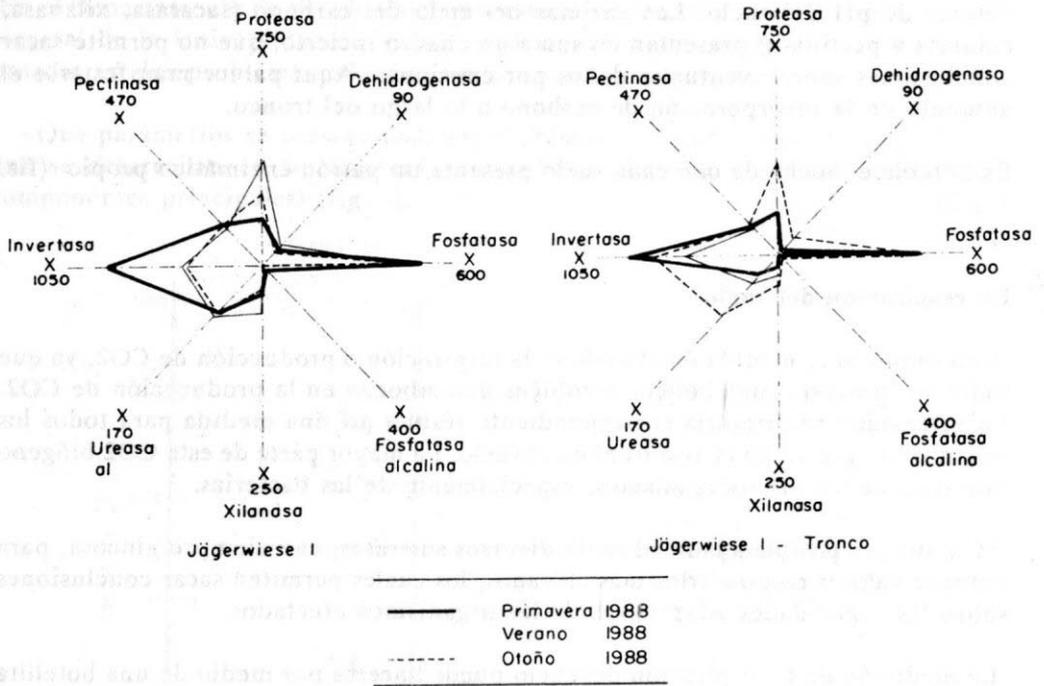


Fig. 2A. DIAGRAMA ESTELAR

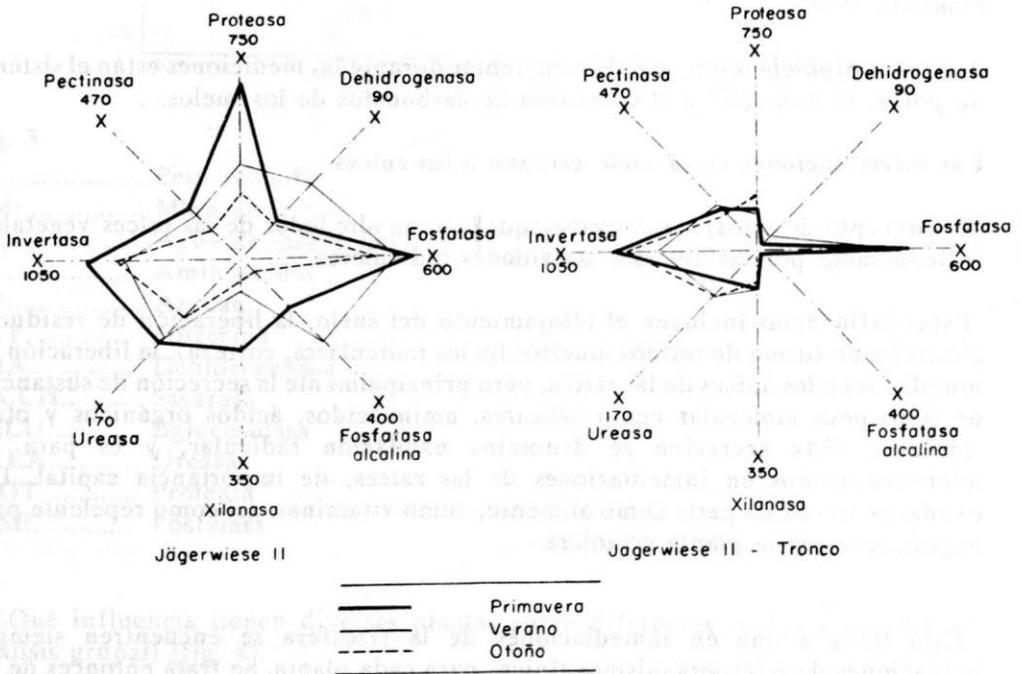


Fig. 2B. DIAGRAMA ESTELAR

valores de pH del suelo. Las enzimas del ciclo del carbono (sacarasa, xilanas, celulasa y pectinasa) presentan en suma un cuadro incierto, que no permite sacar conclusiones sobre eventuales daños por emisiones. Aquí parece manifestarse el aumento en la incorporación de carbono a lo largo del tronco.

Es notable el hecho de que cada suelo presenta un patrón enzimático propio (figs. 1 y 2).

La respiración del suelo

Una importante medida en el suelo es la respiración o producción de CO₂, ya que todos los procesos metabólicos aeróbicos desembocan en la producción de CO₂. La intensidad respiratoria correspondiente resulta así una medida para todos los organismos que viven (y respiran) en el suelo. La mayor parte de este CO₂ biógeno proviene de los microorganismos, especialmente de las bacterias.

Más aún, es posible añadir al suelo diversos sustratos, casi siempre glucosa, para obtener valores respiratorios más elevados, los cuales permiten sacar conclusiones sobre las capacidades adaptativas de los organismos afectados.

La medición de la respiración del suelo puede hacerse por medio de una botellita de absorción con legía y titulación final de CO₂ fijado (método según Isermeyer) o con un analizador infrarrojo de gases (AIRG) (método según Anderson & Domsch, 1978).

Entre los problemas que se deben enfrentar durante las mediciones están el sistema de poros, la humedad y el contenido de carbonatos de los suelos.

Las interrelaciones en el suelo cercano a las raíces

El concepto de *rizosfera* describe aquella zona alrededor de las raíces vegetales, influenciadas por las diversas actividades radiculares.

Estas influencias incluyen el aflojamiento del suelo, la liberación de residuos-almizcles en forma de tejidos muertos (pelos radiculares, corteza), la liberación de mucílagos en los ápices de las raíces, pero principalmente la secreción de sustancias de bajo peso molecular como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos y otros similares. Esta secreción se denomina exudación radicular, y es para los microorganismos en inmediaciones de las raíces, de importancia capital. Los exudados sirven en parte como alimento, como vitaminas, así como repelente para organismos que la planta no tolera.

Esto lleva a que en inmediaciones de la rizosfera se encuentren siempre poblaciones de microorganismos típicas para cada planta. Se trata entonces de un mutualismo, es decir, de una simbiosis en sentido estricto, entre la planta y los microorganismos asociados.

En el Departamento de Fisiología química de las plantas del Instituto de Fisiología Vegetal de la Universidad de Viena, se desarrollan actualmente investigaciones basadas en dos problemas relacionados con estos fenómenos:

1. ¿Qué parámetros se prestan para proporcionar un cuadro real de los procesos que se desarrollan en la rizosfera y como se relacionan entre sí? (análisis de componentes principales) (fig. 3).

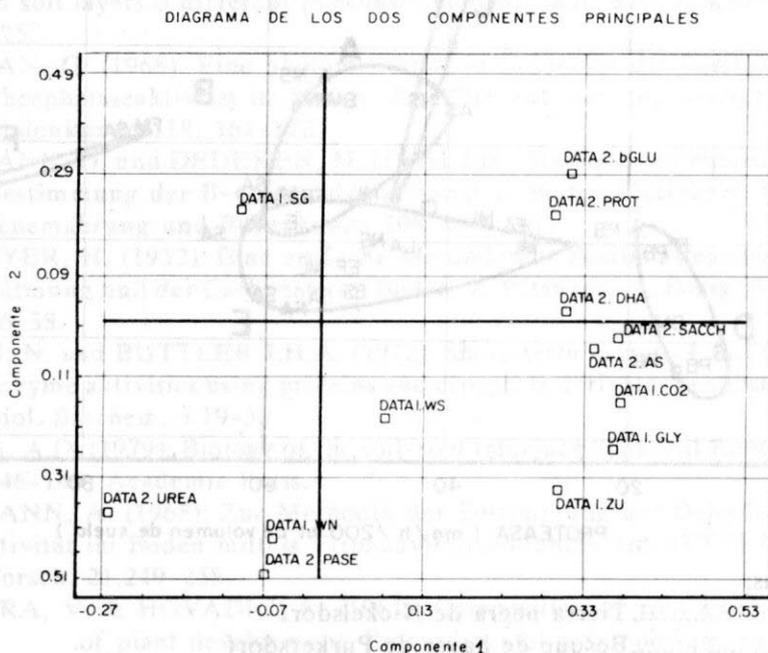
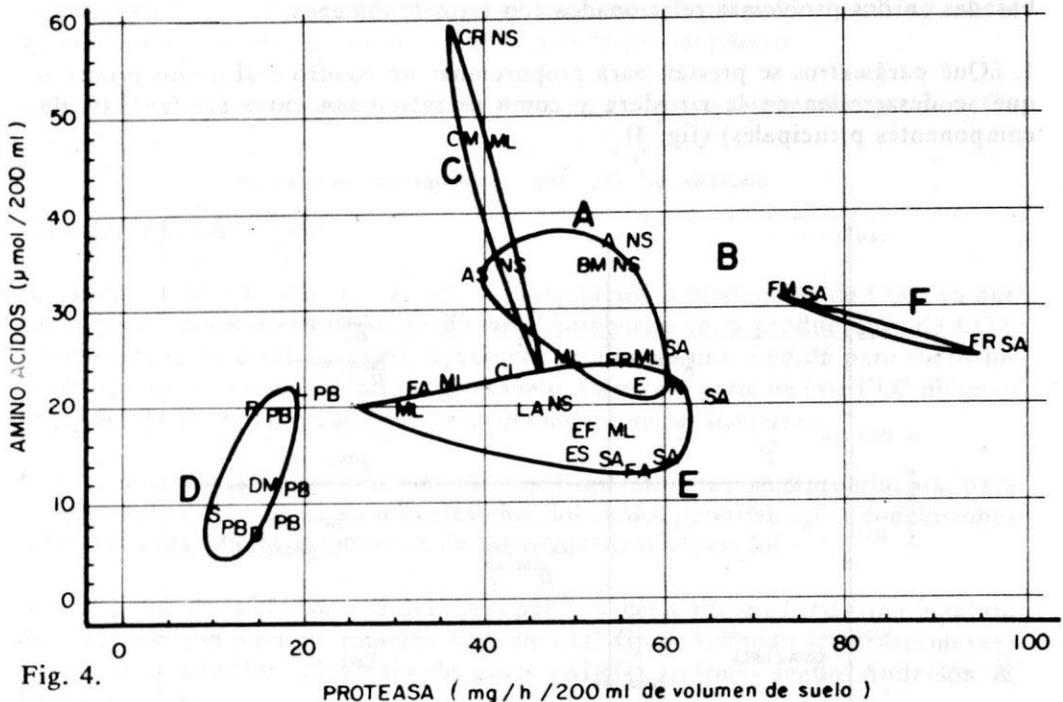


Fig. 3

- SG.....Peso del tallo
- WM.....Masa de la raíz
- WS..... Agua de saturación
- AS..... Aminoácidos
- ZU..... Azúcar
- GLY..... Glicerina
- DHA... ..Dehidrogenasa
- SACCH..... Sacarasa
- BGLU..... Bglucosidasa
- UREA..... Ureasa
- PROT..... Proteasa
- PASE..... Fosfatasa

2. ¿Qué influencia tienen diversas plantas sobre diferentes suelos y viceversa? (análisis grupal) (fig. 4).

DIAGRAMA DE SEIS GRUPOS RELACIONADOS CON TODAS LAS VARIABLES



Abreviaturas:

- Suelos: NS..... Tierra negra de Nickelsdorf
 PB..... Bosque de hayas de Purkersdorf
 ML..... Suelo cultivado de Marchfeld
 SA..... Bosque de madrevejas de Stopfenreuth

Plantas:

- F..... *Fagopyrum*
 L..... *Lolium*
 M..... *Medicago*
 R..... *Raphanus*
 A..... *Amaranthus*
 S..... *Scrophularia*

Hemos podido demostrar que algunas plantas ejercen una marcada influencia sobre el suelo en el que crecen. Por otra parte hay suelos que dominan fuertemente y dejan a la planta poca libertad de movimiento. Algunas combinaciones planta/suelo desarrollaron simbiosis propias.

Se aspira a lograr un diagnóstico del estado de los suelos y de su desarrollo futuro, para poder colaborar en la protección de paisajes y naturaleza en regiones amenazadas.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, J.P.E. and Domsch K.H. (1978): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biol. Biochem.* 10,215-221
- HELAL H. M. and SAUERBECK, D. (1983): Method to study turnover processes in soil layers of different proximity to roots. *Soil. Biol. Biochem.* 15. 223-225.
- HOFFMAN, G. (1968). Eine photometrische Methode für die Bestimmung der Phosphataseaktivität im Boden. *Z.f.Pflanzenernahrung. Düngung und Bodenkunde* 118, 161-172
- HOFFMANN, G. und DEDEKEN, M. (1965): Eine Methode zur kolorimetrischen Bestimmung der B-Glucosidaseaktivität in Boden. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde* 108, 195-201.
- ISERMAYER, H. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk.* 56, 26-38.
- LADD, J. N. and BUTTLER J.H.A. (1972): Short-term essays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil. Biol. Biochem.* 4.19-30.
- ROVIRA, A.D. (1979); *Biology of the soil-root interface "The Soil Root interface"* 146-149, Academic Press.
- THALMANN, A. (1968): Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid. (TTC) *Landw. Forsch.* 21,249-258.
- VANCURA, V. & HOVADIC, A. (1963): Composition of root exudates in the course of plant development. *Proceedings of a Symposium on Relationship between Soil Microorganisms and Plant Roots held in Prague, Sep 24-28*