

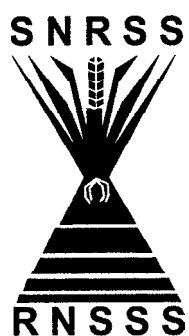
ȘTIINȚA SOLULUI

REVISTĂ A SOCIETĂȚII NAȚIONALE
ROMÂNE PENTRU ȘTIINȚA SOLULUI

Seria a III-a

SOIL SCIENCE

JOURNAL OF THE ROMANIAN
NATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE



1

2006, vol. XL

Editura SOLNESS
ISSN 0585-3052
Tipar executat la U.R.C. XEDOS S.R.L.

**CEL DE AL XVIII – LEA CONGRES MONDIAL DE
ȘTIINȚA SOLULUI (18TH WCSS), CU TEMA
“FRONTIERELE ȘTIINȚEI SOLULUI – ÎN EPOCA
TEHNOLOGIEI ȘI INFORMAȚIEI”,
FILADELFIA, SUA, 9-15 IULIE 2006**

I. Munteanu, R. Lăcătușu
Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Pedologie,
Agrochimie și Protecția Mediului, București

Congreșele Mondiale de Știința Solului constituie cele mai importante evenimente științifice ale comunității internaționale de specialiști angajați în slujba cunoașterii, valorificării și protecției solurilor lumii.

Cel de-al XVIII-lea Congres al acestei nobile ramuri a științelor naturii s-a ținut la Filadelfia – SUA, orașul simbol al democrației americane și a fost găzduit de Centrul de Convenții Pennsylvania (Pennsylvania Convention Centre), o clădire monumentală prin dimensiuni, confort, eleganță și spații pentru conferințe și expoziții. Organizatorii au asigurat condiții tehnice și de acomodare excepționale: echipamente adecvate pentru expunerea lucrărilor, săli pentru conferințe, săli și hale pentru prezentarea posterelor, bufete pentru servirea de gustări, răcoritoare și cafea (contra cost), birouri de înregistrare, telefoane, facilități internet ș.a.

Amplimea și importanța acestei manifestări științifice au fost relevate de numărul neobișnuit de mare de participanți, peste 2000, din majoritatea țărilor lumii. Este demnă de remarcat participarea masivă, de ordinul zecilor, a reprezentanților științei solului din țările africane și asiatice precum Egipt, Tunisia, Algeria, China, Japonia, India, Pakistan, Coreea de Sud, Iran, Tailanda, Indonezia ș.a., cât și insistența acestora de a se informa și a realiza contacte cu orice ocazie.

Au fost prezentate nu mai puțin de 7257 de lucrări științifice*, din care peste 800 de expuneri orale, în zece săli bine echipate, cu o foarte bună audiție și în trei spații amenajate sub formă de "teatre", care permiteau dialog între conferențiar și asistență.

Lucrările Congresului s-au desfășurat în cadrul a 179 de sesiuni (ședințe) tematice, din care 113 consacrate expunerilor orale și 66 prezentărilor de postere. Evidențiem faptul că organizarea prezentării posterelor – câteva mii – a fost foarte eficientă. Pe parcursul a două zile fiecare expozant și-a stabilit un program de câte 2 ore în care era prezent pentru explicații. În sala respectivă era prezent pentru monitorizare un membru al Comitetului de organizare. Pentru a înlesni comunicarea cu cei interesați s-a recomandat ca expozații să-și pună la baza posterului un set (pad) de foi pentru întrebări, un set de cărți de vizită și fotografii sau copii reduse ale materialului expus. Acest sistem a asigurat atât contacte directe cât și un schimb util de adrese pentru eventuale colaborări.

Congresul a fost nu numai un foarte bun prilej de comunicare și dezbateri a informațiilor științifice, ci și o excelentă ocazie de promovare a literaturii de specialitate și de expunere a aparaturii de teren și de laborator produse de edituri și respectiv firme cu renume mondial în domeniu. S-a observat gradul ridicat de informatizare a aparaturii și a metodologiei de colectare, stocare și prelucrare a datelor. Erau, de asemenea, prezente firme de consultanță în domeniul științei solului.

Tematic lucrările Congresului s-au desfășurat în cadrul celor 4 divizii în care este structurată Uniunea Internațională a Științelor Solului, astfel:

Divizia 1: Solurile în spațiu și timp – cu 6 comisii: (1.1.) Micro-morfologia solului; (1.2.) Geografia solurilor; (1.3.) Geneza solului; (1.4.) Clasificarea solurilor; (1.5.) Pedometrie; (1.6.) Paleopedologie.

Divizia 2: Procese și proprietăți ale solurilor – cu 5 comisii: (2.1.) Fizica solului; (2.2.) Chimia solului; (2.3.) Biologia solului; (2.4.) Mineralogia solului; (2.5.) Reacții inter-faciale chimice, fizice și biologice din sol.

* Abstractele lucrărilor prezentate la Congres au fost editate pe CD-ROM. Publicarea se face de către autori în reviste de specialitate – naționale sau internaționale.

Divizia 3: Managementul și utilizarea solurilor – cu 5 comisii: (3.1.) Planificarea folosinței terenurilor și evaluarea solurilor; (3.2.) Conservarea solului și apei; (3.3.) Nutriția plantelor și fertilitatea solului; (3.4.) Tehnologia și ingineria solului; (3.5.) Controlul degradării solului, remediere și ameliorare.

Divizia 4: Rolul solului în susținerea societății și a mediului - cu 5 comisii: (4.1.) Solul și mediul; (4.2.) Solurile, securitatea alimentară și sănătatea omenirii; (4.3.) Solurile și schimbarea folosințelor terenului; (4.4.) Educația privind solul și conștientizarea publică; (4.5.) Istoria, filozofia și sociologia științei solului.

Au mai funcționat, de asemenea, 6 grupe de lucru și două seminarii FAO/IAEA.

Subiectele lucrărilor prezentate s-au conformat temei *generale* cuprinse în denumirea Congresului *"Frontierele științei solului în epoca tehnologiei și informației"*.

O pondere ridicată au avut-o aspectele de ordin teoretic și tehnic și mai puțin cele orientate spre rezolvări pragmatice. S-a remarcat profunzimea investigațiilor pentru elucidarea proceselor care au loc în sol și nivelul foarte sofisticat al echipamentelor utilizate pentru cercetările de laborator, precum și cel al instrumentelor informatice (programe) utilizate pentru prelucrări și interpretări. Deși, în principiu, s-a păstrat profilul diviziilor și al comisiilor, gruparea lucrărilor pe sesiuni cu tematici apropiate a oferit posibilitatea unei informații mai complete privind problematica abordată. S-a acordat multă atenție aspectelor conceptuale. Cu toate acestea "atomizarea", respectiv dispersia foarte mare a subiectelor a făcut dificilă asamblarea unei imagini integrate privind problemele fundamentale ale sistemului sol, a funcționării acestuia și a relațiilor solului cu celelalte componente ale biosferei.

România a fost reprezentată la congres de o delegație formată din patru specialiști și anume: dr. dr. h. c. Ioan Munteanu, prof. dr. Constantin Rusu, dr. Ion Seceleanu și prof. dr. Radu Lăcătușu. Fiecare a participat cu lucrări sub formă de poster la comisii diferite. S-au prezentat lucrările: *"The main moments in the development of soil classification in Romania"* și *"Pedophilosophy, a new field of philosophy of science"* de către Ioan Munteanu, *"The soil cover of the volcanic area from Eastern Carpathians"*

(Romania)” de către Constantin Rusu, *”Romanian soil irrigation feasibility”* de către Ion Seceleanu, *”Carcinogenic factors in soil-plant- water system of some areas from Romania”* și *”Heavy metals in soil-plant system in a city with non-ferrous ores extraction and processing industry”* de către Radu Lăcătușu. Lucrările au fost apreciate de către participanți, autorii stabilind contacte în vederea unor posibile colaborări.

În zilele de 9 și 13 iulie au avut loc două ședințe ale consiliului Uniunii Internaționale a Științelor Solului, prezidate de Donald Sparks, președintele UISS. La ambele ședințe, din partea României, a participat cu drept de vot, Ioan Munteanu, președintele în exercițiu al SNRSS.

Pe lângă subiectele obișnuite al acestor tipuri de întâlniri (rapoarte de activitate, bilanț financiar, proiect de buget, modificări de statut ș.a.), un punct important a fost alegerea noii conduceri a UISS, alcătuită din reprezentanții Australiei, țara gazdă a viitorului Congres (al XIX-lea): Roger Swift – președinte și Neal Menzies – vice președinte; secretarul general - Stephen Nortcliff și secretarul general adjunct – Alfred Hartemink au fost reconfirmați în funcție. Conform unei decizii anterioare Congresul al XIX-lea se va ține între 1 – 6 august, 2010 la Brisbane. De asemenea, s-au discutat candidaturile pentru găzduirea Congresului al XX-lea, din 2014. Au licitat Coreea de Sud și Brazilia. Câștig de cauza l-a avut Coreea de Sud, care și-a argumentat mai bine oferta.

În cadrul Congresului s-au decernat distincții, medalii, premii și titluri de membri de onoare astfel: Rattan Lal (SUA), premiul Liebig – 2006; Victor Targulian (Rusia), premiul Dokucaev – 2006; Herman Mûcher (Olanda), medalia Kubiena – 2006; A. Jongerius (Olanda), (postum) medalia Kubiena – 2006.

Membri de onoare: Donald Nielsen (SUA), Hans van Barren (Olanda), Larry Wilding (SUA), Winfried Blum (Austria), Hans-Peter Blume (Germania), Johan Bouma (Olanda), Seong Jin Cho (Coreea de Sud), Jan Glinsky (Polonia) și Marcel Jamagne (Franța).

Activitatea de teren s-a desfășurat în trei etape. Înaintea congresului, în timpul congresului și după congres. Excursiile științifice organizate înainte și după congres s-au desfășurat pe mai multe trasee din SUA, începând cu Alasca și terminând cu statele din sud, dar și pe trasee din afara SUA și anume din Mexic și Cuba. Prof. Radu Lăcătușu împreună cu prof. dr. Constantin Rusu și dr. Ion Seceleanu au participat la aplicația de teren din zona deșertică situată în partea sud-vestică a SUA, respectiv în statele New Mexico, Arizona și Colorado. S-au

prezentat solurile, în mare parte predominând psamosolurile, și agricultura care se practică în condițiile de semipustiș și pustiș, numai în condiții de irigare. Apa provine din acumulările locale sau din lacurile de baraj de pe râul Colorado. În mare parte se practică irigația cu pivot central, complet automatizată. Principalele culturi sunt reprezentate de cereale, dar și de soia și alte leguminoase necesare hranei de origine vegetală.

În continuare s-au vizitat ecosistemele platourilor înalte cu pajiști, păduri de quercinee și de conifere, în principal situate la altitudini de 2200 m, până la 2500-3000 m. În cadrul acestei etape s-a văzut și o porțiune din Marele Canion al râului Colorado. La finalul etapei de teren s-a vizitat Parcul Național Yellowstone.

Ioan Munteanu a avut un program special organizat de prof. R. W. Arnold, în cadrul căruia a vizitat Universitatea Michigan, din East Lansing, Departamentul de "Culturi și Știința Solului" (Crops & Soil Science), câmpurile experimentale ale acestui Departament și ferme agricole din zona nord Detroit, din partea de est a statului Michigan.

Demne de menționat sunt organizarea agriculturii din zona East Lansing (în ferme de câte 1000 ha deservite doar de 3 persoane) și caracterul nepoluant al exploatațiilor agricole, bazat pe consum redus de erbicide și îngrășăminte chimice.

Universitatea din East Lansing ocupă un campus de câteva zeci de hectare și are peste 43.000 de studenți. O impresie deosebită o face biblioteca Departamentului de Culturi și Știința Solului, care cuprinde toată literatura de specialitate începând cu sfârșitul sec. XIX, până în prezent. Tot materialul este stocat pe CD-uri, fiind ușor accesibil oricărui solicitant.

Aprecieri generale, concluzii

Participarea la cel de-al XVIII-lea Congres Mondial de Știința Solului de la Filadelfia, 9-15 iulie 2006, a fost un bun prilej pentru a cunoaște situația în plan global, tendințele și orientările generale în domeniu. Pe baza celor observate la acest eveniment științific se pot face câteva observații care se redau în cele ce urmează:

- Numărul mare de participanți (peste 2000) arată că în plan mondial interesul societății pentru sol este în continuare ridicat.
- Se observă că țările cu populație numeroasă și cu resurse de sol relativ reduse, cum sunt: China, India, Japonia, Coreea de

Sud, inclusiv țările africane, manifestă un interes crescut pentru cunoașterea, și valorificarea agricolă a resurselor de sol.

Din acest punct de vedere se constată o divergență notabilă: țările dezvoltate care și-au rezolvat problemele de securitate alimentară insistă pe orientarea științei solului către problemele de mediu și depărtarea ei de agricultură, în timp ce țările sărace, nedezvoltate, insistă pe problematica agronomică, respectiv folosirea solului ca principal mijloc pentru producția agricolă.

- În plan științific se remarcă scăderea drastică a cercetării solului în teren, în favoarea utilizării investigației de laborator, a tehnologiilor informatice și a modelării matematice, respectiv a creerii unei imagini virtuale a relațiilor din natură. Această rupere a legăturii cu obiectul de studiu – solul – poate avea consecințe extrem de grave asupra capacității științei solului de a răspunde cerințelor deosebit de complexe ale societății contemporane.
- Din examinarea titlurilor prezentate, se constată că prioritate se acordă lucrărilor cu tematică de interes general, respectiv conceptuale, și mai puțin unor aspecte de interes local-regional. Cu alte cuvinte, accentul se pune pe creativitate și imaginație și nu pe descrieri și caracterizări. Desigur, fac excepție elementele de noutate, dacă acestea largesc orizontul de cunoaștere – soluri noi, metodologii noi de cercetare sau ameliorare și management al solurilor și protecția mediului ambiant.
- Există o intensă preocupare internațională privind viitorul Științei Solului. La Congres s-a distribuit o carte intitulată "The Future of Soil Science", care conține opiniile a nu mai puțin de 55 de pedologi din 28 de țări (România este din păcate absentă), referitoare la viitorul Științei Solului. Opiniile exprimate variază de la un pesimism total la un optimism exagerat, fapt ce denotă confuzia existentă în plan internațional asupra acestei probleme. Este de sperat ca la viitorul Congres, al XIX-lea, care se va ține în 2010 la Brisbane – Australia, treburile vor fi mai clare, iar actuala criză conceptuală se va diminua și locul solului în societatea contemporană va fi mai bine definit.

THE NEXT ONE HUNDRED YEARS - - A DREAM

Richard W. Arnold (retired),
USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington. DC

“The aim of education is knowledge, not of facts, but of values” William R. Inge [1]

INTRODUCTION

You and I are very fortunate; we have been provided with opportunities to see beyond the obvious. At any given place a soil has a sequence of horizons and there we sense the importance of history as we dig deeper into the genesis and evolution of a soil landscape. As we look out across a landscape there are boundaries of the surrounding area; they obviously are visual horizons. Through training and experience, each of us has learned how to “see beyond the obvious”; how to anticipate what lies beyond those horizons; and to recognize the deep-seated values associated with the temporal and spatial horizons of our world.

It is a humbling experience to comprehend the frailties of our own species and our seeming unwillingness to think and to act as rational beings. Consider this phrase - “nonmaterial needs of human development”. [2]. Is this jargon from a new trend in sociology? No, this phrase is about a critical aspect of being human. It simply means that we don't need big fancy houses and cars, we need admiration and respect. A steady flow of new fashionable clothes isn't needed, but we do need to feel that others consider us attractive. We need excitement and variety and beauty. We need something interesting to occupy our minds and emotions. Trying to fill these kinds of needs for a quality life with material things is a set-up for failure. Too many material goods are

false solutions to never-satisfied longings. Such actions create an unquenchable appetite - more, more, more - more growth for the sake of growth [3]. Beyond this short sightedness is the deeper, longer need - the far horizon of hope - to provide a sustainable habitat for the continual development of humankind in harmony with the available environmental resources.

THE MICROBE EXPERIMENT

Remember in Introductory Microbiology when you prepared a nutrient agar, put it in a petri dish, inoculated it with a microbial solution, and then measured the production of CO₂ as a surrogate for population growth? At first not much production, then some, and suddenly a rapid rise indicating that the population liked its environment and is rapidly reproducing. Eventually the rate of increase leveled off, and the sudden decrease of CO₂ production was about as exponential as had been the prior increase. The population fell to levels lower than the initial concentration.

What happened? The biological exponential growth phenomena happened - the famous S-curve response to a non-renewable resource followed soon after by the collapse and a new quasi-equilibrium as adjustment of demand and supply occurred. Someone once remarked that growth for the sake of growth is the ideology of the cancer cell. This little experiment illustrated what may well be a universal reaction - be it biological, physical, chemical, industrial, economic, or social. There are limits - there are boundaries - and it is worthwhile to know something about such horizons and thresholds.

EASTER ISLAND

One of the most remote places on this planet is Rapa Nui - Easter Island [4]. Sometime before 800 AD a few people reached this semi-arid, cool, isolated paradise forested with the huge Chilean wine palm and several other species, a few birds, but no large animals. The forest was cleared for gardens, the trees provided canoes to go to sea, and dolphins became the main animal food. The population grew. Tribal chiefs, convinced of their lineage to God, wanted statues to honor themselves [5]. Huge statues were hand-carved out of the volcanic lava formations,

trees were used as rollers to haul the statues many kilometers and by clever engineering the 10-15 meter high statues were raised. Prosperity was good, the volcanic soil fertility was replenished by organic debris, fishing was great, and as the population increased so did the chiefs' desires for more statues. But around 1600 shortages began to occur - fresh water, food, and fuel were in short supply - yet each was necessary to carry out the demands of the chiefs.

Prof. Jared Diamond [5] dramatized the situation by wondering what the Easter Islander who cut down the last Chilean palm tree might have said.

'What about our jobs? Do you care more for trees than for people? or 'Have some respect for private property rights. Get the big government of the chiefs off our backs!' or 'You predict environmental disaster, but your environmental models are untested. We need more research. 'Or perhaps. 'Never fear, technology will solve our problems somehow. We shall find substitutes for wood.'

There was revolt, the chiefs were overthrown, and new military leaders took over. With no canoes there were no dolphins to eat and the people turned to the next largest animal available; humans. The people were starving and became sick; eventually 70-90% died. Aha, a fundamental process of the universe at work.

Once the trees were cut down and people had no more canoes, they could not escape. There was nowhere to go when they got into trouble. Easter Island was so remote there was nobody to come help them. The 'ecological footprint of Easter Island humanity' was too much for the resources that were available. The social and economic systems did not function in a way that encouraged and implemented sustainability - thus collapse occurred.

HUMANITY'S FOOTPRINT

Can you imagine trying to figure out the carrying capacity of our world? If the Easter Islanders 'couldn't do it for their world, how will we do it for ours? Well, a few years ago Prof. Mathis Wackernagel [6] in collaboration with 10 other international economists devised an interesting measure of the carrying capacity of the earth. They wanted to account for humanity's current demands on the planet's resources and the wastes produced in terms of biologically productive areas necessary to

maintain the flows needed for such an assessment. The usable biomass productivity of different kinds of areas were expressed as standardized, 'global hectares'. The details are provided in their paper and include the following six human activities that require mutually exclusive productive land:

1. Growing crops for food, animal feed, fiber, oil and rubber requires the most productive land of all. There are 1.5 billion ha (1.3 cultivated, 0.2 unharvested) with an equivalent productive factor of 2.1 gha/ha.
2. Grazing animals for meat, hides, wool, and milk requires pasture land. There are 3.5 b ha with an equivalence factor of 0.5. The metabolic needs for 5 major classes of livestock are estimated and the needs met from feed and crop residues are subtracted.
3. Harvesting timber for wood, fiber, and fuel requires natural forest and plantations. There are 3.8 b ha with an equivalence factor of 1.3. Production estimates made for a number of kinds of forests
4. Marine and freshwater fishing requires productive fishing grounds. Coastal waters provide 95% of marine catch (2.0 b ha and inland waters add 0.3 b ha) with an overall equivalent productive factor of 0.4.
5. Accommodating infrastructure for housing, transportation, industrial production, and hydroelectric power requires built-up lands. This is the least well documented but estimated to be 0.3 b ha with an equivalent productive factor of 2.2.
6. Burning fossil fuels requires land to sequester enough emissions to avoid an increase to atmospheric CO₂. Oceans handle about 35%, thus forests must sequester about 65%. Sequestering by forests is a weighted average for 26 forests biomes. The equivalence factor is 1.3.

To aggregate the impact components, they adjust the land and sea areas according to their bioproductivities and multiply each land use category by an equivalence factor. These factors scale each area in proportion to its maximum potential yield and the global average each year is assigned a value of 1. In 1997 the global average human demand was 2.3 global hectares of productive land equivalent per person. The highest was for the US with 9.7, the UK used 5.4 and Germany used 4.7 global hectares per person. The average existing global biocapacity

in 1997 was 1.9 global hectares per person [6].

There has to be equilibrium (balance) between the resources used and the wastes produced, otherwise if they are not balanced the global system is not operating in a sustainable manner. Their current estimates indicate that, our global community started to overshoot the planet's available resources sometime in 1980.

Our collective economies, societies, and resource uses have all been experiencing exponential growth since the Industrial Revolution, pushing them ever closer to critical thresholds. At the present time we are using 20% more resources than are globally available on a sustainable basis.

The UNDP Millennium Ecological Assessment [7] released earlier this year reports that 60% of the ecosystems that they evaluated are experiencing severe degradation. It is obvious that humanity's ecological footprint, regardless of how we measure it, is too large. Aha, a fundamental process of the universe - showing up again.

ECONOMICS OF SUSTAINABILITY

“To know when you have enough is to be rich.” Luo Tsu [1]

Often when our bank accounts get low, we consider getting a loan to cover our current expenses. We borrow from the future to pay for the present. Credit cards have made the borrowing process easier and faster. Pay back is less certain.

The concept of a global society incorporates the effects of both the size of population and the size and composition of its consumption [8]. Our ecological footprint grows when population grows because it increases with consumption. The borrowing has been easy, the pay back is less certain.

In 1987 the so-called Brundtland Report, Our Common Future, stated that a sustainable society is one that “meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” [2,p.254]. Almost two decades later it still conjures up ideals of stewardship, conservation, respect, empathy, and a vision of humanity in a sustainable environment.

To be materially and energetically sustainable, economic throughputs would have to meet three conditions:

1. the rates of use of renewable resources (such as freshwater supplies, timber, and soil productivity) do not exceed their rates of regeneration
2. the rates of use of nonrenewable resources (such as oil and metals) do not exceed the rate at which sustainable renewable substitutes are developed, and
3. the rates of pollution emission (waste disposal) do not exceed the assimilative capacity of the environment.

For a society to be sustainable, the combination of population and capital and technology would have to be configured so that the material living standard is adequate and secure for everyone and fairly distributed [2]. Hear again these words, "... without compromising the ability of future generations" " Such a society, with a sustainable ecological footprint, would be vastly different from the one in which most people now live.

WHY A SOCIETY MAKES MISTAKES

Before the Agricultural Revolution, land was more or less public, or at least territorial as far as tribes and nomadic groups were concerned. Once rooted in place, private property and public domain became meaningful realities.

Do you remember the story that Prof. Garret Hardin called "The tragedy of the commons" when describing the problem of population? [9]. Picture a pasture that is open to all and that each herdsman will try to keep as many cattle as possible on the commons. As rational beings each herdsman seeks to maximize his own gain. On the plus side is the fact that he receives the proceeds of selling an additional animal. On the negative side are the effects of overgrazing and pollution, however, they are shared by all the herdsmen. Each herdsman concludes that the only sensible course is to add another animal to his herd, then another, and another. Every rational herdsman reaches the same conclusion.

Therein lies the tragedy! Each man is locked into a system that compels him to increase his herd without limit - in a world that is, itself, limited. The tragedy of the commons reappears with pollution and the disposal of wastes into "the commons".

A failure of group decision making is that no one says "Slop it!" Prof. Diamond suggests a hierarchy of 4 decision points that affect

actions, reactions, and implementation [5].

1. Does a group anticipate a problem? Often there is no prior relevant experience of such problems.
2. Does a group fail to recognize a problem when it has arrived? Some problems develop so slowly they are nearly imperceptible. (like the leaching of soil nutrients, the loss of one more tree, the addition of one more kg of contaminant).
3. Even when a problem is recognized does a group try to solve the problem? All too often not, because of what's called rational behavior on the part of the group. This is the story of "the tragedy of the commons". It is especially frequent when a decision making elite is able to insulate itself from the consequences of its action. It is hard for people to stop doing something that is intimately tied to their strongest held values. And finally -
4. Does a group give up because some problems are just too difficult to solve with the available technology?

Prof. Diamond concludes that our biggest risk is not of an asteroid collision about which we can do nothing - which would wipe us out like the dinosaurs. Instead, all of our major problems today are problems caused by us, primarily the consequences of population. Nevertheless, there are many bright spots where smaller segments of society, including many individuals, are working diligently to solve problems created by unsustainable activities and practices. Even with these bright spots, as a global community of nations and of individuals we appear to be somewhere between level 2 and 3 - failure to recognize a problem and not trying to solve it.

MOVING TOWARD NEW HORIZONS

So maybe the problem is the system we live with and are an intimate part of. What if? Dr. Meadows and her colleagues suggest a simple set of guidelines about restructuring any system [2]. These common sense ideas, as paraphrased below, can be worked out in hundreds of ways and at all levels of society.

- a. Extend the planning horizon. Choose options more for their long term costs and benefits. Develop incentives and provide tools and procedures to report, respect and be responsible for issues that unfold over decades.

- b. Improve the signals. Learn more about and monitor the real welfare of the human population and the real impacts of human activity on the world ecosystems. Include environmental and social costs in economic prices.
- c. Speed up response time. Look for signals that indicate when the environment or society is being stressed. Decide in advance what to do if problems appear, have in place arrangements necessary to act effectively. Educate in systems thinking.
- d. Minimize the use of nonrenewable resources. Fossil fuels, fossil groundwater and minerals should be used only with the greatest possible efficiency.
- e. Prevent the degradation of renewable resources. Protect soil productivity, surface water, rechargeable groundwater and all living things. Use only within regeneration rates.
- f. Use all resources with maximum efficiency. The more human welfare that can be obtained within a given ecological footprint, the better the quality of life can be while remaining below the limits.
- g. Slow and eventually stop exponential growth of population and physical capital. Very essential - involves institutional and philosophical change and social innovation. This guideline asks, simply, for a larger and more truly satisfying vision of the purpose of human existence than mere physical expansion and accumulation. New horizons lie beyond the obvious.

Why do we have this strong urge, this commitment to growth? Because we have been locked into a system of the commons for a long, long time. Most people in the world today desperately need hope. Growth may be a false hope, but it is better than no hope at all. Growth, however, is not solving the fundamental problems of humanity. These problems are poverty, unemployment, and unmet needs. Remember admiration and respect, dignity and integrity, excitement and beauty? We seem to be growing the wrong things if we want to restructure our global system.

All of us are in this overshoot together. There are enough resources to go around, if we manage well. If we don't manage well, no one, no matter how wealthy, will escape the consequences. If we cut down the symbolic last tree there is no escape - there is no place to go - and there is no one out there to help us.

THE ROAD TRAVELLED

Our hunter-gatherer ancestors increased their population to levels such that in places there was scarcity of abundant plants and game animals. Some intensified their migrations, others stayed in place domesticating animals and cultivating plants. For the first time it made sense to own land. Many anthropologists think that agriculture was not a better way of life, but a necessary one to accommodate increasing populations.

Larger populations created new scarcities, especially of land and energy. The industrial revolution began in England with the substitution of abundant coal for vanishing trees. Labor concentrated around mines and mills, eventually elevating technology and commerce above religion and ethics in human society.

Machines, not land became the central means of production. Feudalism gave way to capitalism. People were taught to constantly think in terms of money - finding a profit in the market. As wants multiplied, as markets grew more and more far flung, the bond between humans and the rest of nature was reduced to the barest instrumentalism. Instrumentalism is the doctrine that "use" determines the value of everything: it is the economics of pragmatism.

The incredible productivity and burgeoning population that the industrial revolution created has now created its own scarcity. Not only of game animals, not only of land, not only of fuels and metals, but of the total carrying capacity of the global environment. Yes, the carrying capacity of our planet is an endangered commodity. The sustainability revolution will arise from the visions, insights, experiments, and actions of billions of people scattered all over our world [2].

In complex systems, information is the key to transformation. Not more, but relevant, compelling, powerful, timely and accurate information. As each of us is painfully aware, systems strongly resist changes in their information flows, especially in their rules and goals. Someone once said that if you want to understand something, just try to change it.

Everywhere there are folks who care about the earth, about other people, and about the welfare of their children and grandchildren. They recognize the human misery and the environmental degradation around them, and they question whether policies that promote more growth along the same old lines can make things better [2]. But there is hope.

TOOLS OF HOPE

There are hundreds of governments or quasi-governments, and several thousand languages that bond us into groups, but we are 6 billion. Six billion individuals and growing. Our world is still structured more like a commons than a sustainable planet hurtling through space - alone and in potential danger of collapse. As a human species we have developed a fantastic plethora of unimaginable commodities and institutions. This legacy of exceptional growth, however, has not been sufficient for a peaceful, exciting, continual development of humanity in a world where future generations are as important, or even more so, than ours.

A revolution of sustainability will need to use data gathering, systems thinking, rational analysis, computer modeling and the clearest words possible. These are some of the usual scientific tools that can encourage peaceful restructuring of our current world system. But more powerful, meaningful and essential are the interpersonal tools; visioning, net working, truth-telling, learning and loving [2].

And this, my friends, brings my stories back to soils and the lessons they hold for us. Horizons are markers of change, of development, of transitions. A clear vision of what lies beyond the obvious - is the far horizon of hope at the beginning of a sustainable global habitat with harmony among humans and the ecosystems of their sustainability. Be a champion for that vision, never lose sight of the brilliance and comfort it kindles for all of humanity.

Networking with others, our spouses, friends, colleagues, institutions and individuals everywhere - with knowledge to share about sustainability is truly powerful. In a network all are equals - some may facilitate but they do not control. Ideas, techniques, experiences are everywhere and we can tap into each other's strengths and knowledge and overcome weaknesses and misunderstandings. Look at how far the Internet has brought us in a capacity to network globally as well as locally. Never underestimate the changes that individuals can and do make. Be active and network.

We often know an untruth when we hear one. Many are deliberate and understood by both speakers and listeners. Such untruths are meant to manipulate, lull, or entice us, or to postpone action, justify a self-

serving action, to gain or preserve power, or even to deny an uncomfortable reality. We are told that one of the most important tenets of systems theory is that information should not be distorted, delayed, or withheld. Lies corrupt and distort information systems.

Be aware of verbal traps and popular untruths. You can deny the idea that having more things makes one a better person. You can question the notion that more for the rich will help the poor. And please remember that a warning about the future is not a prediction of doom, it is a recommendation to follow a different path.

We need the truth to be able to make informed actions. There are many things to do to bring about a sustainable world. New farming methods have to be worked out, new businesses have to be started and old ones redesigned to reduce their footprint. Land has to be restored, parks protected, energy system transformed, and international agreements reached. All people will find their own best role on this journey.

Learning means the willingness to go slowly, to try things out, and to collect information about the effects of actions including the crucial information that an action is not working. Whatever you do, do it humbly. No one can be free to learn, not even the world's leaders, without patience and forgiveness. "Finding the right balance between the apparent opposites of urgency and patience, accountability and forgiveness is a task that requires compassion, humility, clearheadedness, honesty, and - that hardest of words, that seemingly scarcest of all resources - love." [2.p. 281].

The deepest difference between optimists and pessimists is their position in the debate about whether human beings are able to operate collectively on a basis of love. Donella Meadows, a compelling futurist, believed that individualism and shortsightedness were the greatest problems of our current social system and the deepest cause of unsustainability. A far better alternative, she said, is love and compassion institutionalized in collective solutions. The sustainability revolution will have to be a collective transformation that permits the best of human nature to be expressed and nurtured.

"The world is too dangerous for anything but truth, and too small for any thing but love" William S. Coffin [1]

Humanity cannot triumph in this adventure if people do not learn

to view themselves and others as part of one integrated global society. Seek out and trust in the best human instincts in yourself and in every one. The most promising mental model of our world suggests that the limits are real and close and in some cases below our current levels of throughput. It also suggests that there is just enough time, energy, material, money, environmental resilience, and human virtue to bring about a planned reduction of the ecological footprint of humankind - a revolution to a much better world for the vast majority. There is no way of knowing for sure, other than to try it.

A CONCLUDING COMMENT

As part of our search for knowledge we have been involved with the pedosphere. We have been exposed to horizons and dreamed of what lies beyond; we have seen life grow and then disappear, and we realize that soils are systems comprised of many subsystems. We have seen use and abuse of soil resilience. We comprehend more fully the uncertainty of history and the vagaries of the present in the stories recorded in soils. We have learned that a soil at one place is a member of the vast community of soils at other places - a kind of global society. Soil reinforces our philosophy and belief in the values of humanity and enables us to finally recognize a key message about sustainability. It is simply this -"Sustainable Only If Loved". Yes, indeed, "So Obvious Is Love".

We thank you SOIL.

I leave you with a personal thought.

GO TOWARD THE LIGHT

It is dark now , not only does the moon not shine
The cleverness of world leaders still covet 'what's thine`
Exponential growth has captivated a world-wide soul
Unbridled consumption fosters poverty and takes its toll
Technology and runaway economics say 'that's mine'

We exist on a planet with the utmost of extremes
Starvation and malnutrition haunt like midnight screams
Excesses of materialism abound for over-developed ones

Unrealistic cities and roads, luxuries covering naked bones
Dehumanized entities have lost touch with nature's dreams

It is dark now in the hearts of a myriad of bewildered beings
"Near" sightedness is when visions see only such things
Immediacy will never offer us intergenerational equity
Nor safe promotion and protection of environmental quality
Moving fast over global limits toward the disaster it brings

We exist on a planet where the candle of hope is aglow
Although the flames of faith, truth and love no longer show
Hope remains bright in the hearts and souls of humankind
You and I and those around us are parts of a collective mind
With hope we can relight the other three that they may grow

With the power of vision to see far beyond the obvious
The horizon of this new found wisdom is truly glorious
A world once again within its limits to sustain us all
Sufficiency for humans and for all things "big and small"
Have Faith in the Truth of Love to make the dark obnoxious

rwa march 2005

REFERENCES

1. Lloyd, B. The wisdom of the world: messages for the new millennium. The Futurist (May-June 2000): 42-46. Also accessible at www.wfs.org/Q-intro.htm
2. Meadows, D., Randers, J., Meadows, D. L. Limits to Growth: a 30-year Update. Chelsea Green Publishing Co., White River Junction, Vt. 2004. 338 p.
3. Gardner, G., Assadourian, E., Sarin, R. The state of consumption today. In WorldWatch Institute, State of the World 2004. W.W. Norton & Co., New York, p 3-21.
4. Hyerdahl, T. Aku-Aku: The Secret of Easter Island. Rand McNally & Co.. New York. 1958. 384 p.
5. Diamond. J.M. Lessons from environmental collapses of past societies. Fourth Annual John H. Chafee Memorial Lecture on Science and the Environment. National Council for Science and the Environment, Washington DC.

6. Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Linares. A.C., Jenkins. M., Kapos, V., Monfreda. D., Loh. J., Myers, N., Norgaard, R. Randers, J. Tracking the ecological overshoot of the human economy. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 99(14): 9266-9271. 2002. Accessed online www.pnas.org/cgi/content/full/99/14/9266 on May 2, 2005.
7. United Nations Development Program. Millennium Environmental Assessment. 2005.
8. World Watch Institute. Vital Signs 2005; The Trends that are Shaping Our Future.W.W. Norton & Co., New York. 2005. 139 p.
9. Hardin. G. The tragedy of the commons. Science 162(5859): 1243-1249. 1968.

ADDRESSING PHOSPHORUS RELATED PROBLEMS IN FARM PRACTICE

E. Bomans¹, K. Fransen¹, A. Gobin¹, J. Mertens¹, P. Michiels²,
H. Vandendriessche¹, N. Vogels¹
¹Soil Service of Belgium
²Spatial Applications Division Leuven

SUMMARY

In 2005, on behalf of the European Commission, the Soil Service of Belgium, in collaboration with the Spatial Applications Division Leuven (SADL) of the Catholic University of Leuven, prepared a study on phosphorus related problems in the EU farming sector. The focus of this study is on the role and use of phosphorus in the agricultural sector of the current 25 European Member States, its actual and potential risk on the environment, on phosphorus legislation and on legal and practical measures that are or can be taken to reduce the losses of P from agricultural activities to the aquatic environment.

The phosphorus pressure on the agricultural land has been assessed at the regional scale (NUT II and NUT III) by means of the surface balance method, which calculates surpluses on the basis of inflow and outflow pathways. The inputs considered were mineral P-fertilisers and livestock manure; the outputs were crop production, including pasture, all for the year 2003. The results calculated per NUTS II/III region vary from -20 kg P/ha of farmland (deficit) to just over 50 kg P/ha (surplus) but most regions fall within the range of -5 to +20 kg/ha. High P-surplus levels are most often, but not always, linked to high livestock density.

Pedotransfer-rules using the Soil Geographic Database of Europe (SGDBE) were used to define areas at potential risk to P-surplus, i.e. land with a low sorption capacity, high erosion rates and increased risk

of accelerated drainage. Because of the unclear effect of the factor drainage and the lack of reliable data for the EU 25, efforts were focused on sorption capacity and erosion risk. Limited sorption capacity is typical of the dominant soils of northern countries. Erosion risk appears to be the major driving force to P-loss in the southern member states. The resulting phosphorus sensitivity map was subjected to frequency analyses at European, Member State and NUTS II/III level. The results of the surface balance model were confronted with the proportion of vulnerable soils in order to indicate areas at risk of encountering potential phosphorus excess.

The document further analyses in extenso the steps already taken by the member states in compliance with the Water Framework Directive (including the Nitrate directive), the Midterm Review of the Common Agricultural Policy and other EU legislations to monitor and combat P-related problems, in particular those affecting the quality of surface water and groundwater. Legislation regarding the application of fertilisers exists in most member states, most often as a means to comply with the Good Agricultural Practices as outlined in the Nitrates Directive, with the Codes of usual Good Farming Practices or with the Cross-Reference Requirements (GAEC Practices). However, only a few member states have put in place specific measures to control P-excess. These instruments can be of a legal, mandatory nature or can take the form of financial incentives.

An assessment was made of the financial and technical effectiveness of manure treatment and manure export, currently proposed as a means of reducing the nutrient surplus in areas with particularly high livestock density. The role of systematic soil testing for a better nutrient management was also highlighted.

Three European regions with known or expected problems of phosphorus surplus were studied and compared in detail: Flanders (Belgium), the Brittany region of France and the Po-valley region of Italy.

The last chapter contains a series of recommendations on measures to be taken by authorities at European, national or local level, as well as by farmers level to tackle the P-problem and to reduce the P-surplus at regional level or at farm level.

Key words: phosphorus, manure, farm practice

INTRODUCTION

In 2005, on behalf of the European Commission, the Soil Service of Belgium, in collaboration with the Spatial Applications Division Leuven (SADL) of the Catholic University of Leuven, prepared a study on phosphorus related problems in the EU farming sector (*Bomans E.¹, Fransen K.¹, Gobin A.¹, Mertens J.¹, Michiels P.², Vandendriessche H.¹, Vogels N.¹*).

The focus of this document is on the role and use of phosphorus in the agricultural sector of the current 25 European Member States, on phosphorus legislation and on legal and practical measures that can be taken to reduce the losses of P from agricultural activities to the aquatic environment. The contribution of agriculture to the phosphorus loads in surface waters is estimated by the EEA between 20 and more than 50% and includes both point sources (waste water from farms and seepage from manure stores) and diffuse contamination (agricultural land). Due to reductions in the discharge from household and industry sources, the relative contribution from agriculture has risen in recent years, and has reached more than 50 % in particular in areas with intensive agriculture.

Environmental side effects of P-use in agriculture

Phosphorus (P) is an essential element for plant growth and is also added to animal feed. In the soil, phosphorus exists in different forms: associated with soil particles; in mineral form mostly as Fe-Al oxides or Ca-carbonates; incorporated in organic matter; and, to a much lesser extent in soluble form dissolved in the soil solution. Phosphorus sorption capacity is the process in which soluble phosphorus is substituted for less soluble forms by reacting with inorganic or organic compounds of the soil so that it becomes immobilised.

Phosphorus can move into surface waters and cause water quality problems such as eutrophication. In surface waters, phosphorus is often found to be the growth-limiting nutrient. If excessive amounts of phosphorus and nitrogen enter the water, algae and aquatic plants can grow in large quantities. Cycles of algal blooms and periods of low dissolved oxygen concentrations can lead to fish kills and may ultimately result in a reduction of biodiversity.

Mineral and organic fertilisers contain varying amounts of micropollutants such as heavy metals (in particular cadmium, zinc and copper). Various regulations at Community and Member State levels are aiming at a limitation of the amount of such elements brought onto the land through fertilisers. These measures are not expected to have an effect on, or to constitute a limiting factor to the phosphorus input on agricultural land.

Current developments with respect to P use and P-management at farm level

Phosphorus is indispensable for crop production and economically viable yields; toxicity to crops due to excess has never been reported. Phosphorus is supplied to agricultural land by broadcasting mineral fertilisers (natural rock phosphate, super-phosphates and NPK mixtures) and organic fertilisers (mostly animal manure and slurry, to a lesser extent, compost and sludge). Since phosphorus is not very mobile in the soil solution, most soils contain too little quantities that are readily available for plants. Fertilising strategies therefore aim at building up and maintaining a certain soil reserve. However, once this optimum range has been reached, application rates exceeding crop requirements (plus an allowance for unavoidable losses) seem unwise from both environmental and economic viewpoints.

Trends in Northern Europe show a growing substitution of mineral fertilisers by manure due to an explosive development of intensive livestock farming that started in the 60's and stagnated somewhat since the 90's. In Mediterranean countries, soils are extremely phosphorus deficient so that consumption of mineral P-fertiliser is still on the increase, since the 80's a partial substitution with animal manure is taking place. In Eastern Europe, a sharp decline in livestock numbers and in the use of mineral P-fertilisers occurred in the early 90's; both are rising again since 2000. Current statistics demonstrate that manure is the main source of phosphorus in all but a few European Member States (figure 1).

P-use and P-management approaches vary widely in function of the farming system. In the 'old' member states, the CAP has led to specialised farming types and intensification of livestock breeding and

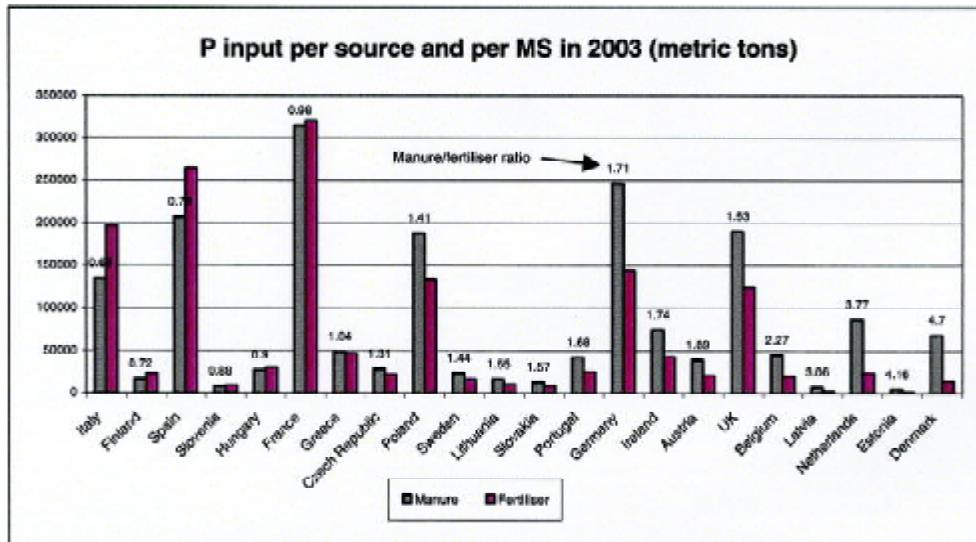


Figure 1: P input per source and per MS (2003)

arable farming. In the new member states, the use of inputs has sharply dropped during the transition period and is now picking up again (Figure 2).

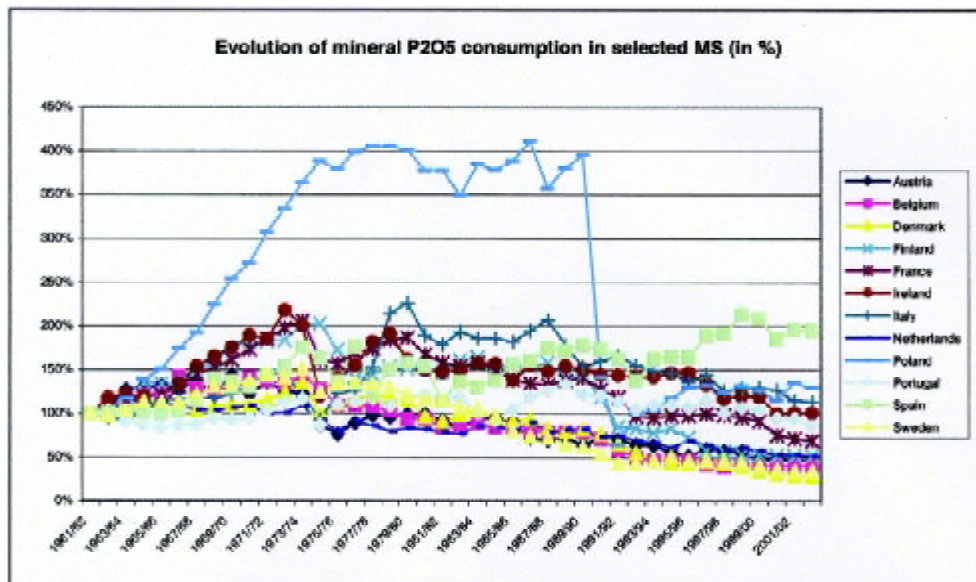


Figure 2: Evolution of P- consumption in selected MS (source IF A)

Low intensity farming systems account for tens of millions of hectares of land throughout the Union, but take up a small proportion of the input use. Nutrient balances in such systems are close to zero or even negative. Organic farming accounts for a few percentages only of the agricultural land, and has low P-surpluses at least when managed extensively.

Conventional specialist farming is by far the most widely spread system in the EU. Nutrient balances (including P) vary widely in function of the type of farm. Livestock farms (in particular dairy farms) and horticultural farms show high yearly surpluses on their P-balances. The lowest balance surpluses are recorded on cereal farms and on extensively managed cattle farms.

Fertiliser recommendation systems based on soil analysis are available in all member states, but are not equally called upon in all countries or regions. In particular in new member states, the activity of soil laboratories has fallen to a low level. The fertiliser advice systems currently used are mainly based on the determination of extractable soil P. Methods for P-extraction and the consecutive systems for P-advice vary widely between member states, and sometimes several systems co-exist within the same country. This can be explained by the fact that no single extraction method can be considered to be the best in all circumstances, and that the actual fertiliser advice bases have mostly been developed from empirical field work, carried out under the local agro-ecological conditions. The correlation between the extraction systems is not always strong, and varies mainly in function of soil type. At present, an advanced harmonisation of the analysis and advisory methods at European level is not considered to be essential. However, a confrontation of methods and units is desirable in order to make a better assessment and comparison of the current advice systems, in particular in view of any future definition of tolerable P-fertilisation ceilings.

Systematic analysis of farm yard manure or sludge is practiced in a limited number of member states, but would be a useful tool for fine-tuning of fertiliser recommendations.

Assessment of the pressure from P-use

The phosphorus pressure on the agricultural land has been assessed at the regional scale by means of the surface balance method,

which calculates surpluses on the basis of inflow and outflow pathways. The inputs considered were mineral P-fertilisers and livestock manure production; the outputs were crop production, including pasture, all for the year 2003. Data on crop areas and livestock numbers were taken from FAOSTAT. Coefficients for uptake and nutrient content were taken from literature and from the OECD data base on P-balances. For lack of detailed figures on mineral P-use at the local level, national figures were split up proportionally to the area of arable land. The results calculated per NUTS II/III region for 2003 vary from -20 kg P/ha (deficit)

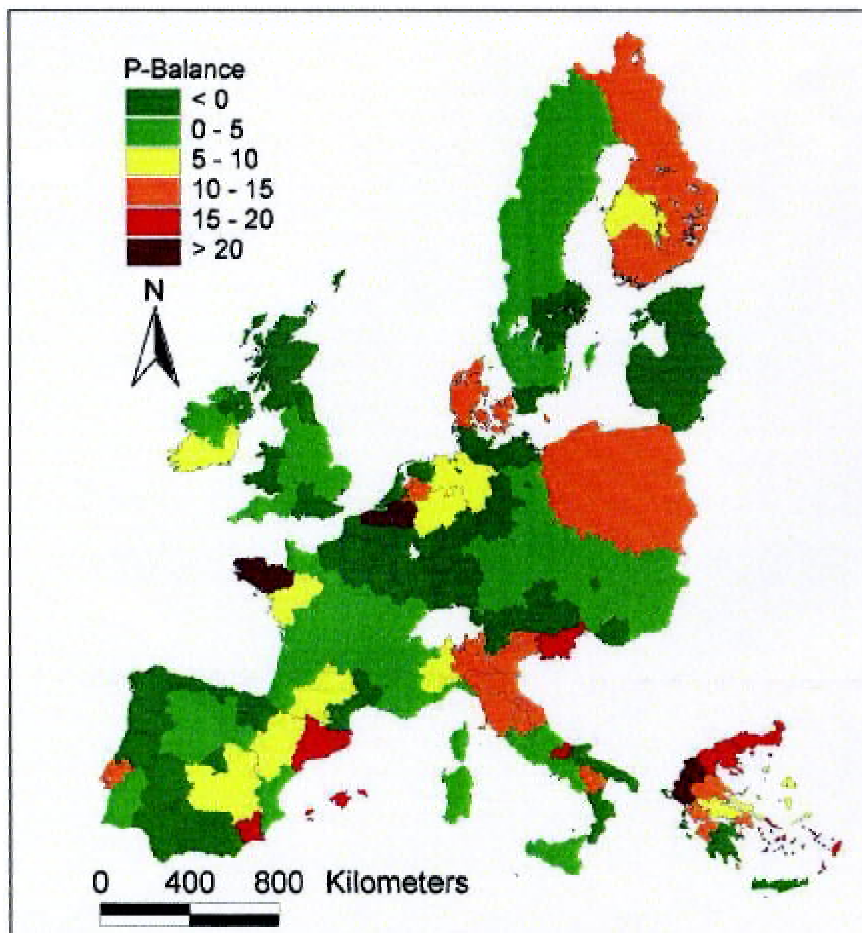


Figure 3: Balance result per NUTS II/III region

to just over 50 kg P/ha (surplus) but most regions fall within the range of -5 to +20 (Figure 3). High balances surpluses are often, but not necessarily, linked with high livestock densities. These figures do not take transfer of manure into account, nor the use of inputs other than manure and fertiliser. Further analysis of the results shows that, with respect to balance results, animal manure and fertiliser are interchangeable phosphorus sources.

Although manure transfers are a known practice between regions and Member States with surpluses and deficits, reliable figures are not readily available but for a few cases. The significant impact of manure transfers on the P-balance for the Netherlands and Flanders demonstrates that internal redistribution and/or export of animal manure helps to alleviate pressure in regions with high livestock densities.

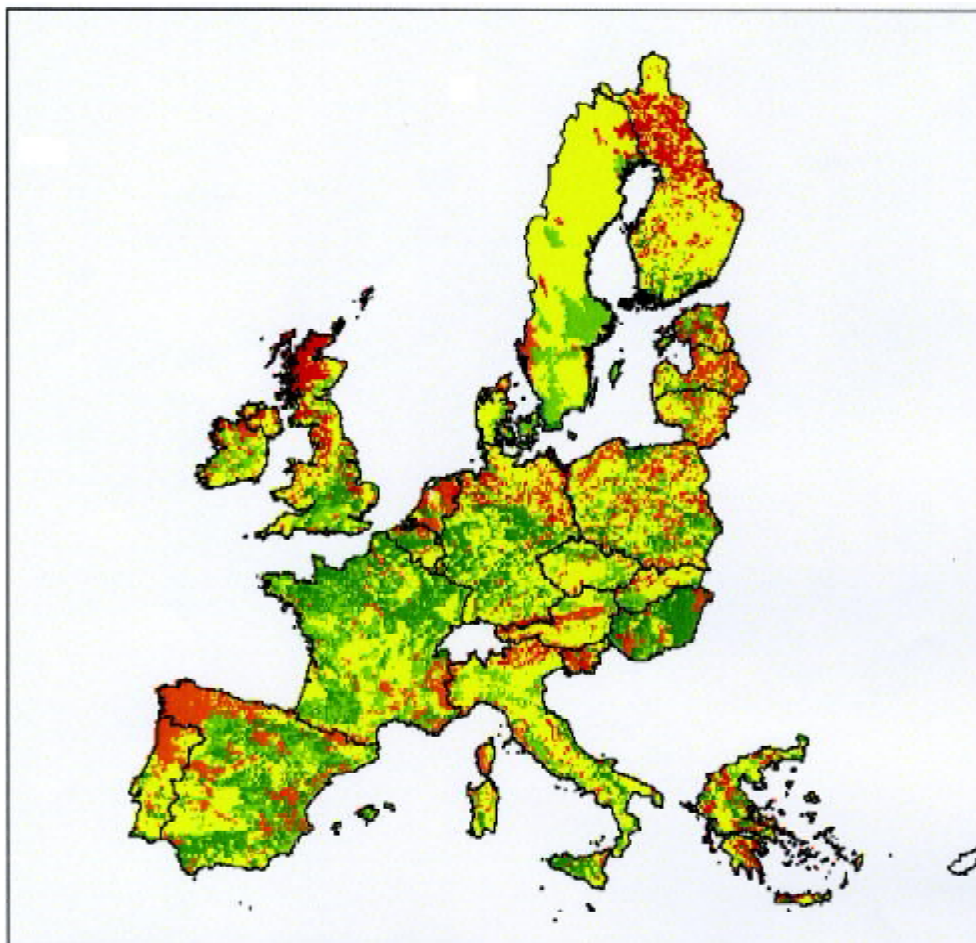
Sensitivity to P-surplus - areas currently at risk of P saturation

Phosphorus can be transported into surface waters associated with soil particles and organic matter during erosion processes, particularly on agricultural land where phosphorus fertiliser and manure have been applied. Soluble phosphorus can move off-site with run-off water during heavy rainfall, particularly from livestock confinement areas and grazing lands, or can reach the groundwater by leaching. Factors determining processes of leaching, run-off, erosion and sorption capacity were combined to arrive at vulnerability classes and sensitivity maps.

Pedotransfer-rules using the Soil Geographic Database of Europe (SGDBE) were used to define areas at potential risk, i.e. with a low sorption capacity, high erosion rates and increased risk of accelerated drainage. Because of the unclear effect of the factor drainage and the lack of reliable data for the EU 25, efforts were focused on sorption capacity and erosion risk. Five vulnerability classes for phosphorus retention capacity were determined, whereby soils with sandy texture, poor drainage and wet water regime or high water table, with low pH and with low content of sesquioxides and/or soluble salts are most susceptible. The sorption vulnerability class was corrected through iteration for erosion, runoff and drainage processes based on soil physical properties such as soil texture, erodibility and slope. Phosphorus can easily be leached from highly organic soils (e.g. peat) and from sandy soils with low retention capacity. Small amounts are lost

from most soils, but when the soils become phosphate saturated, leaching will be enhanced. P accumulation in soils might increase concentrations of dissolved and colloidal P in drainage. Calcareous soils on flat land were found to be the least sensitive to P-surplus.

The resulting phosphorus sensitivity map was subjected to frequency analyses at European, Member State and NUTS II/III level.



Dark red = highly sensitive, dark green = low sensitivity

Figure 4: Sensitivity to P surplus due to erosion and limited sorption capacity

At the Member State level the Netherlands, Slovenia, Latvia and Estonia show the highest share in sensitive classes. At the regional level, southern Greece and Scotland have the highest percentage in sensitive classes.

The results of the surface balance model were confronted with the proportion of vulnerable soils in order to indicate areas at risk of encountering potential phosphorus excess. Manure transfers were not included, and the mineral phosphorus input was assumed linearly proportional to arable land area. The soil sensitivity was determined for the entire NUTS II/III region or Member State, not taking into account that sensitive soils (i.e. easily erodible or with a low sorption capacity) are often considered marginal to agriculture. Areas (NUTS II/III regions or Member States) with high phosphorus surpluses (pressure) and at the same time a high proportion of soils prone to erosion and/or low P-sorption capacity are most vulnerable. The Netherlands and Slovenia display the highest rate of vulnerable soils and the highest balance surplus. In the Netherlands sensitive soils are prone to leaching, in Slovenia, erosion and run-off are the main agents of P-loss.

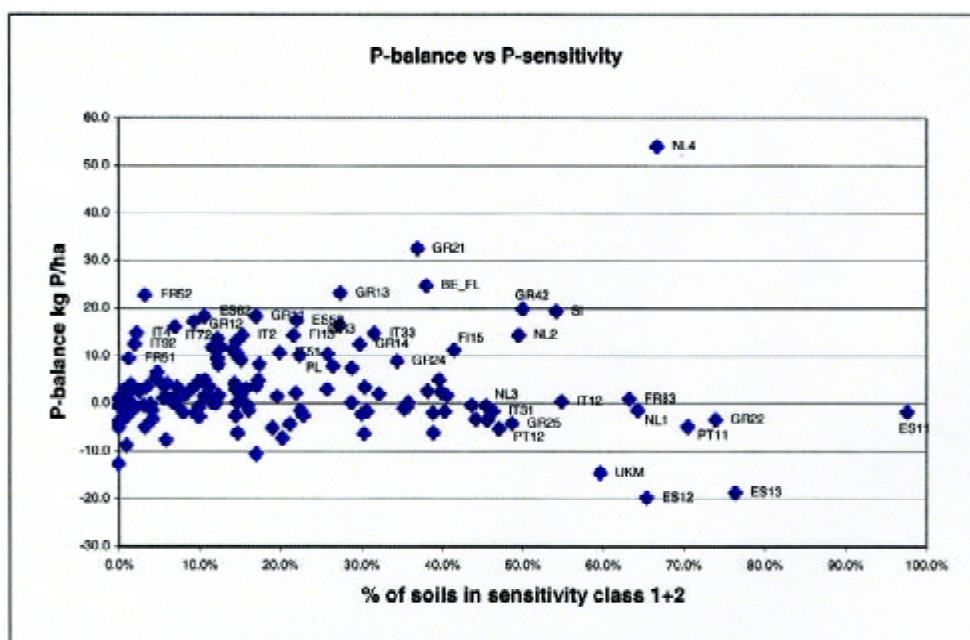


Figure 5: Comparison of pressure and vulnerability at NUT level

Actions taken by the member states

Monitoring the P-status

Monitoring the actual P-status of soils is taking place in several member states, sometimes at a detailed level (Figure 6). Maps are usually drawn from existing data on soil analysis, available from the advisory institutions. In countries where such monitoring is not taking place as yet, sufficient data are likely to be available to do so, though not always at a detailed scale or with recent figures. Insight into the actual P-status of the soils and to the susceptibility to P-loss is essential for the interpretation of the balance calculations. On soils with low P-status, relatively high P-surpluses are not necessarily a negative phenomenon, as such, since these soils require the build-up of P-reserves towards an optimum level.

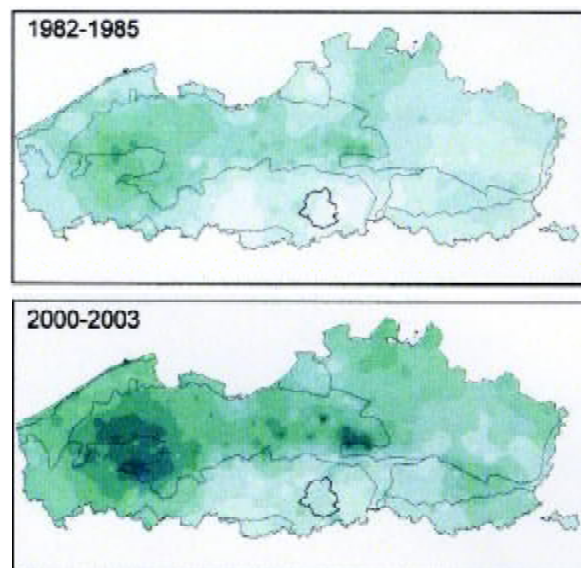


Figure 6: Evolution of the P-status of the soils in Flanders between 1982/85 and 2000/03 (the darker the color the higher the P-status), source: Soil Service of Belgium

Only in the Netherlands and in Flanders, zones vulnerable to or affected by P-saturation have been established (Table 1). In the Netherlands, this has no practical implication as yet to the farmers situated within such zone. In Flanders, application of P in vulnerable zones is restricted to a maximum of 40 kg P₂O₅ per hectare.

Province (total area in km ²)	Area of P-saturation (km ²)	Area at risk (km ²)
West-Vlaanderen (3 144)	17	141
Oost-Vlaanderen (2 982)	40	380
Antwerpen (2 867)	6	42
Limburg (2 422)	10	46
Vlaams-Brabant (2 106)	0	1
Flanders (13 522)	73	610

Table 1: Land area with P-saturation and areas at risk in Flanders

Legal actions taken by EU and member states

Several Member States are signatories to multi-national environmental agreements and initiatives, the majority of which aim at the protection of marine resources and include nutrient management in the marine environment. In the European Community environmental legislation and policy, several directives related to water, waste, air and biodiversity address the off-site impact of phosphorous use in agriculture. In the legislative text of the Water Framework Directive, an indicative list of pollutants includes organophosphorous compounds and substances that contribute to eutrophication (in particular nitrates and phosphates). The Groundwater Directive, which is repealed with effect from 13 years after the date of entry into force of the Water Framework Directive, explicitly states that Member States shall take the necessary steps to limit the introduction into groundwater of *inter alia*, inorganic compounds of phosphorus and elemental phosphorus so as to avoid pollution the groundwater. The measures and Code(s) of Good Agricultural Practice established within the Action Programmes of the Nitrates Directive aim to control diffuse and direct water pollution caused or induced by nitrates from agricultural sources and indirectly influence the use of phosphorus in farm practice.

The legal instruments of the Common Agricultural Policy (CAP) have formed the crucial driving force behind agricultural development and through land management changes have influenced nature and environment. The measures set out to address the integration of environmental concerns into the CAP encompass environmental requirements (cross-compliance) and incentives (e.g. set-aside) integrated into the market and income policy, as well as targeted environmental measures that form part of the Rural Development Programmes (e.g. agri-environmental measures). Some of the agri-environmental measures are directed at mitigating soil erosion; others tackle the problem of excess nutrients through reduced fertiliser use. From 2005 onwards, all direct payments are conditional upon 19 statutory requirements in the field of environment, food safety, animal and plant health, and animal welfare.

Codes of usual Good Farming Practice represent minimum standards for farmers to get, in the framework of the Rural Development Regulation, compensatory allowances/payments in the Least Favoured Areas and support for voluntary agri-environmental measures on the basis of income foregone, additional costs and the need to provide an incentive. Codes are set up by the Member States as verifiable standards in their rural development plans. The Rural Development Regulation for the period 2007-2013 contains compulsory cross-compliance and its implementation offers further scope to improve phosphorus management at the farm level. Beneficiaries of direct payments will be obliged to keep land in good agricultural and environmental conditions (GAEC).

In most Member States, three different groups of standards or requirements are applied with respect to nutrient related problems in farm practices. They are applied in different but sometimes overlapping situations in the Member States and comprise the Good Agricultural Practices of the Nitrates Directive, the Codes of usual Good Farming Practices, and Good Agricultural and Environmental Condition practices of the cross-compliance requirements. Different regulations and directives refer to definitions, implementation and control of Good agricultural Practices, Codes of usual Good Farming Practices and Good Agricultural and Environmental Condition Practices.

The mandatory standards of farm practices consist of existing legal obligations, mainly in the field of fertiliser use, laid down in EU, national

and regional law, and only few countries defined standards going beyond legislation. In addition, national and regional legislations include other control mechanisms related to phosphorous use in agriculture, mainly in the area of fertilisation practices and soil conservation. As national legislation would be too large a subject to be covered entirely and in detail in the framework of the current study, the member states were interrogated on their policy regarding P in agriculture through a questionnaire.

Water quality norms with respect to phosphorus in surface waters exist in almost all the Member States, but not for all uses of water. For groundwater, standards for phosphorus concentrations are sometimes lacking. Within the frame of the Water Framework Directive, water quality standards (e.g. for phosphate to combat eutrophication) will be reviewed in different Member States to achieve a good status of waters in 2015.

A sectoral discharge standard for waste water from manure treatment plants (2 mg P/l) is mentioned only by Belgium (Flanders). The Netherlands aim at reducing diffuse emission of P from agriculture using a gradual evolution to a situation of equilibrium P-fertilisation, but no specific discharge standards are mentioned.

Legislation regarding application of fertilisers exists in several countries, most often as a means to comply with the Good Agricultural Practices as outlined in the Nitrates Directive, with the Codes of usual Good Farming Practices or with the Cross-Reference Requirements (GAEC Practices). Codes of good practices devote chapters to reduce, directly or indirectly, the risk of P-pollution, but are often on a voluntary basis. The application of sewage sludge in agriculture is regulated through the national implementation of the Sewage Sludge Directive; restrictions apply primarily to the heavy metal content and in some countries on P-content too (e.g. Sweden and Latvia). Denmark applies a tax on phosphorus in mineral fertilisers. Some Member States report that regulations on P-use are in preparation (e.g. Poland, Malta and Ireland). Only Flanders (Belgium) and the Netherlands based their nutrient management legislation on phosphorus and have legal restrictions on the use of phosphorus fertilisers.

Legal restriction on P-production at farm level exists in Flanders (Belgium), The Netherlands and Sweden via limitations to the livestock density. In the Netherlands and in Flanders, the size of livestock units is expressed in terms of P-production, and farmers have a P-quota. In

Sweden, livestock density is limited to the equivalent of 22 kg of P per hectare. In Denmark there are no limitations to P-production, but a new tax on P in feedstuff should discourage its production. In the Walloon region of Belgium, livestock size (for the purpose of licensing) is expressed in terms of N-production, and therefore only indirectly in terms of P. Most of the new member states do not pay specific attention to P-production at farm level, since livestock densities have decreased significantly compared with the situation before 1990.

Technical measures - economic incentives

Measures to reduce phosphorus production at farm level include the use of low phosphorus animal feed, manure processing and export, taxation of phosphorus use in animal feeds and reduction of livestock numbers. Phosphorus intake must be balanced with dietary requirements; otherwise the manure N/P ratio will decrease, inducing phosphorus enrichment particularly on soils where manure applications are based on nitrogen content.

Best management practices for phosphorus use on agricultural fields fall into two main categories: phosphorus-use practices and erosion control. The potential for phosphorus movement into surface waters can be reduced by rational fertiliser applications rates linking soil and manure analysis to crop requirements. Applications of fertiliser and especially manure should be incorporated into the soil with light tillage or injected below the soil surface. Since most phosphorus under field conditions is strongly attached to soil particles, farm management practices that reduce soil erosion and run-off play an indirect, major role in reducing the potential for phosphorus movement. The effectiveness and feasibility of all measures and management practices is discussed.

Methods to reduce the P content of manure at the source are commonly practised in Flanders, the Netherlands, Sweden, Denmark and Austria; and include low P-content animal feed, phase feeding and the use of phytase in pig, poultry and egg production.

The OECD are presently co-ordinating a P-balance exercise at national level for all OECD member countries. For policy reasons, several member states (e.g. Malta, Spain, Austria, Flanders, and The Netherlands) calculate P-balances at national or regional level in order to identify any areas with high surplus or to monitor development. Farm

level nutrient balances are a compulsory practice in Flanders and the Netherlands, whereby farmers have to declare their annual input and output of P. Fines for non-compliance range from 1 €/kg P in Flanders to 9 €/kg P in the Netherlands. In the future, the Dutch levy will be set at 11€ per kg and legal prosecution will become possible. The Walloon region of Belgium has developed calculation methods to establish nutrient balances at various levels, but with the emphasis on nitrogen.

In order to reduce the use of mineral P in animal feed (and therefore the P-content of manure), and after having studied a number of scenarios, Denmark has recently established a tax of 4 DKK per kg of P added. To compensate the farming sector for the additional burden, the land tax was lowered. The Danish government hopes to achieve a reduction of 25 % on the balance surplus.

Manure treatment (without reduction of nutrients) and manure processing (with reduction of nutrients) is practised in Member States with high levels of manure production (Flanders-Belgium, The Netherlands, Brittany, Lombardy, Denmark) but remains expensive. Current methods mainly aim at a reduction of the water content or at its complete elimination, e.g. by incineration, and may be applied on-farm or off-farm. Apart from incineration, most treatment methods have little or no effect on the amount of phosphorus, but the resulting manure products are easier to transport and more attractive to potential users. Separation techniques allow to modify the nutrient ratios (in particular N/P), broadening the manoeuvring space for the use of manure products as a substitute to mineral fertilisers. Few figures have been released on the economic feasibility of the various methods that have been developed up to now. However, drying and composting of poultry manure seems to be the only technique with proven feasibility and profitability. Pending better prices for the electricity produced by the combustion of poultry manure, the profitability of this method is not proven either. Export, import and local transfer of manure and manure products are regulated by international and local regulations and through bilateral agreements. Red tape and uncertainty about the future possibilities for guaranteed export are the main constraints for the further development, and although not all MS are equally concerned, there is a need for a European approach to this problem.

Case studies: Flanders (B), Brittany (F) and the Po valley region (I)

Three European regions with known or expected problems of phosphorus surplus were studied in detail: Flanders (Belgium), the Brittany region of France and the Po-valley region of Italy. In Flanders, phosphorus balances have been highly positive for years, and considerable P-reserves have been built up in the Flemish farmland. Not surprisingly the phosphorus issue has been the focal point of the manure legislation from the very beginning. Vulnerable zones have been identified and delineated where excess P or an advanced state of P-saturation has been observed. Flanders is the only known area in the EU where specific restrictions on P are imposed in such zones, and one of the few regions where specific maximum rates are legally imposed on the input of P.

The measures taken by the Flemish authorities focus on effective and cost-efficient methods of input reduction (reduction of livestock and decreased P production in manure, improved uptake of P by the crops and manure processing/manure export. The latter is hampered mainly by the absence of a clear legal framework allowing increased export to neighbouring regions. Although Flanders has made good progress in decreasing the balance surplus, the region still has one of the highest surpluses of P per hectare, and the region still does not comply with the Nitrate Directive.

In Brittany, the government policy has been aiming so far mainly at the strict implementation of the Nitrate Directive, thereby paying little attention to phosphorus. Redistribution of the manure production, using N as the yardstick and compulsory manure treatment are the two major tools to reduce the size of the manure surplus. Only recently the Breton authorities are paying more attention to phosphorus, mainly influenced by environmental groups and water agencies, and under pressure of the Water Framework Directive. In 2004, a precedent was set by a court in Brittany when it ruled that a pig farm should not receive an extension permit for fear of possible P-pollution problem.

The Po-valley region of Italy shows comparable pressures in terms of phosphorus surpluses on agricultural land, but soils are not yet saturated with phosphorus and there is no specific legislation in place aiming at the control of P-use. However concern on the potential P-problem is clearly growing.

Conclusions and recommendations

Concerning the perception of the P-issue by the member states

Phosphorus in agriculture is to be put on the agenda of all member states as a specific item, and more attention is needed for the assessment of the current P-status of the soil, pressure at local level, effects of redistribution of manure and the expected impact from future agricultural developments

Concerning P-management practices

Due to the nature of the element and its role in crop production, phosphorus fertilisation requires a specific approach, different from nitrogen. Current strategies of building reserves of soil-P and compensation for uptake and unavoidable loss still apply, but more attention should be given to soils with high P-status. In these cases, very little or no P should be applied in order to bring down excessive levels to normal ranges. For farmers using manure as the main source of nutrients, this will require a change in approach. Manure separation, whereby the N/P ratio is changed, may provide a useful tool.

Since negative effect is to be expected from P-overdose, current advisory systems have considerable built-in safety margins for this element. Advisory institutes should therefore be encouraged to review their advice tables.

The nutrient content of manure is highly variable. Systematic use of manure analysis provides a much better picture of the actual nutrient content than the usual standard figures, and allows for more precise implementation of recommendations. Therefore this practice should be encouraged.

The usual formulae of commercial fertilisers are not necessarily adapted to the local situation. In particular in areas with high soil-P, popular formulae may provide too much phosphorus. Custom made mixtures, formulated in function of actual crop requirements provide a good alternative.

Fertiliser application methods should be adapted to improve the efficiency of P-use, and to reduce the risk of loss by runoff and erosion. In practice, all measures reducing the risk of erosion have a positive

effect on the prevention of P-losses. Other relevant techniques are row application of mineral fertiliser and sod injection of slurry in grassland. Homogeneous spreading of fertilisers reduces the risk of hot spots.

Concerning legal limits on P-doses

At present clearly defined general legal ceilings on P-application do exist in a few member states only. Limits on N-application imposed by the Nitrate directive have a predictable but varying effect on P-use, depending mainly on the type of manure. If and where it is deemed necessary to impose such limits, care should be taken to consider the actual P-status of the soil, its binding capacity, the agro ecological conditions, erosion risk and specific cropping system requirements. Therefore setting standard rates for P similar to the limit for nitrogen is not relevant.

In areas with known P-saturation, it would be preferable to link the maximum allowable P-rates to soil analysis and specific P-advice, rather than to set standard limits.

Concerning the use of balances and P-sensitivity maps as policy tools

Results of balance calculations should always be set against the actual P-status of the soil. On low P status soils with normal or high binding capacity, high surpluses are needed to bring the soil to the higher fertility level in order to improve its productivity. Providing erosion and runoff is sufficiently controlled, this should not lead to increased risk of P-loss.

In the current study, balances were calculated for the NUTS II/III level. It speaks for itself that more detailed calculations are necessary when tackling the P-problem at a lower scale. When assessing the sensitivity of the soils to P-loss, it may be more relevant to limit the assessment to the agricultural land only, as sensitive zones often correspond with marginal land, hardly or not used for high input agriculture.

Balances on P are useful only insofar they can be related to actual P-status figures. Therefore member states should be encourage to develop monitoring systems. In most cases, if such systems do not already exist, this can be done at minimal cost, since basic data are available. In areas prone to P-saturation, efforts should be undertaken

to identify zones of saturation or likely to be saturated. Such areas are expected to occur widely in all northern member states.

Concerning P-balances per farming type

The current regional imbalances in nutrients use and nutrient production are partly due to the development of specialised farming as a consequence of the EU CAP. A complete return to the pre-CAP situation of mixed farming is hardly an option. As an alternative, exchange circuits between farming systems could be encouraged. With respect to soil fertility management, this would mean a further substitution of mineral fertilisers on arable farms by manure and manure products provided by the surplus sectors. In order for such exchange system to succeed, the arable farm sector must have at its disposal a product of consistent and regular quality, available at the right time and place, and must be convinced of the feasibility of such substitution by information and demonstration actions.

On legislation

Agriculture must play its part in ensuring that water is as clean and healthy as practicable, which translates in this case to reducing concentrations of phosphorus. The issue of phosphorus pollution of water should be addressed in the development of river basin management plans to apply from 2009 under the Water Framework Directive (WFD) in conjunction with action programmes under the Nitrates Directive. Should positive results not ensue then it may be necessary to establish a more coherent approach to the issue.

Long-term surpluses in risk areas can be tackled by reductions in inputs, through extensification, land use change and mutual adjustment of farming systems. Possible responses by agriculture include changes in management practice such as better soil conservation; better precision in applications of fertiliser; extensification of agricultural systems such as livestock reductions, lower yields with lower inputs, conversion to low-intensive farming particularly on sensitive soils; changes in land use within farming areas to include natural/seminatural habitats, woods, hedges and woodlands. Many of these farm practices should be and are incorporated in the Codes of usual Good Farming Practice, defined by the Member States.

Reductions in stocking numbers and fertiliser use but allowing

intensification in risk-free zones should be and are to a large extent enforced by responses of the Common Agricultural Policy, through continued reforms, cross-compliance conditions on direct payments, and continued agri-environment support. Particularly the compulsory cross-compliance conditions on direct payments offer scope to couple CAP 1st and 2nd pillars in order to implement better phosphorus management at the farm level. Phosphorus pollution in surface waters ultimately requires a catchment approach. The establishment of a nutrient balance at field or farm level is a first step in budgeting phosphorus pollution. However, the extent to which phosphorus will impact upon a water body is determined by several catchment-related factors such as its size, the location of pollutant sources and the degree of hydrological connectivity. In order to be effective European environmental legislation must be fully and correctly implemented by the Member States, particularly in the case of diffuse contamination of waters where transboundary environmental health is at stake. A standardised reporting procedure on phosphorus is required in order to monitor and assess progress of implementation in the national legislation of the Member States.

On measures to control/reduce P balance surpluses

Reducing the amount of P excreted by animals by acting on the feed composition is a proven, effective, safe and viable technique that should be further developed and encouraged by the member states.

Manure treatment and processing techniques have been developed and applied with variable success in several member states. Drying and composting of poultry manure has given the best results so far. Methods for the treatment of slurry, be it separation or digestion techniques, are less successful today and do not have the same economic viability, but new developments are under way. Obtaining operating licences, emission standards and profitability remain major constraints. Another problem to be solved is to produce manure products that can be transported easily to P-deficient areas and that are attractive to the potential user.

The most important limiting factor however is the absence of a well-defined and unambiguous legal framework that would allow easy transfer of manure products beyond the regional or national boundaries. This problem should preferably be tackled at the European level.

Economic measures to reduce the input of P have recently been

studied in Denmark. Following the outcome of the evaluation of a number of alternatives, the Danish government imposed a tax of 4 DKK on the use of added P in feedstuffs (compensated by a reduction of the land tax). By doing so it hopes to reduce the P-surplus by 25 %.

Similar taxes imposed in Flanders on the production and use of P and N in manure and fertilisers have a limited effect on the use of P. Significantly higher levels on P produced beyond the authorised quota (1 €/kg of P₂O₅ in Flanders or 9 € in the Netherlands) do have a marked effect on excess P-production.

WATER BALANCING-BIOCLIMATIC METHOD AS A FUNCTIONAL APPROACH TO PRECISE IRRIGATION

B. Pejić¹, B. Gajić²

¹*Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia*

²*Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia*

Abstract

To overcome difficulties in irrigation scheduling, an easy, simple, reliable and practicable approach has been developed. It is called the bioclimatic method. Based on local information (soil, climate and crop parameters), hydrophytothermic coefficients are calculated for different crops. The method has been successfully applied in the Vojvodina Province. The method can be used in any region but it requires the calculation of the hydrophytothermic coefficients as the scope of its application is limited to a particular region.

Key words: bioclimatic method, hydrophytothermic coefficients, precise irrigation

Introduction

The rapidly increasing human population keeps increasing the global food demand. The challenge of increased food demand can be met by increasing food production. Irrigation ensures planned and safe agriculture production. High production potentials of agricultural crops can be realized only if suitable soil moisture content is maintained throughout the growing season. Hence, it must be emphasized that the application of any method of irrigation scheduling, including simplest ones that require no measurement or computing, is better than to base

the irrigation regime on weather changes and ad-lib decisions made without any criteria. Basic requirements for each method are quick and simple on-site determination of soil water status and efficient and practical treatment.

To overcome difficulties in determining irrigation schedule, an easy, simple, reliable and practicable approach has been developed. It is called the bioclimatic method (*Vučić*, 1971). Based on local information (soil, climate and crop parameters), hydrophytothermic coefficients are calculated for different crops. The method has been successfully applied in the Vojvodina Province. The method can be used in any region but it requires the calculation of the hydrophytothermic coefficients as the scope of its application is limited to a particular region.

Material and Methods

The bioclimatic method is based on the existence of correlation between evapotranspiration rate on one hand and physical factors of evaporation and biological features of plants on the other. Bioclimatic coefficients are obtained by dividing the total consumed water for an investigation period with sum value of any meteorological element e.g. air temperature, relative air humidity, deficiency in air humidity, vapor pressure, solar radiation, etc. It should be noted that soil moisture must be within the optimal range during the investigation period. It also means that the total amount of consumed water by plants equals or approximates the value of potential evapotranspiration (ETP). If mean air temperature is used as the base for calculating ETP, the obtained bioclimatic coefficient is called the hydrophytothermic coefficient. The air temperature is suitable because of two reasons i.e. evapotranspiration represents a thermal process and its extent depends upon the amount of energy, in this case, expresses as a sum of mean air temperature, secondly the air temperature is not liable to great changes within a region. Values of hydrophytothermic coefficients are not constant during growing season. They are low at the beginning and the end of the growing season and much higher during the full season. They are in correlation with plant growth stage and weather conditions which are changeable and which influence the water use for evapotranspiration.

To establish an irrigation schedule, ETP and readily available water status in active rhizosphere (active rooting depth) should be calculated

every day. Rainfall must also be taken into consideration. If rainfall is higher than the soil capacity for readily available water in active rhizosphere, water percolation into deeper soil layers must be calculated. When minimum readily available water in active rhizosphere is reached, it is time for irrigation. The same calculation is repeated throughout the period of irrigation.

$$DET_{crop} = h \times t$$

DET_{crop} = daily crop water requirement (mm)

h = hydrophytothermic coefficient (mm/°C)

t = mean daily air temperature (°C)

Results and Discussion

The bioclimatic method was developed by **Vučić** (1971) for conditions of the Vojvodina Province. The Province is geographically located between 44°38' and 46°10' northern latitude and between 18°0' and 21°15' eastern longitude, with the average altitude of 66-68 m from a mean sea level. The Vojvodina Province constitutes the northern part of Serbia, north of the Sava and Danube rivers.

In the period from 1971 to the present date, hydrophytothermic coefficients (average values for growing season) were determined for different agricultural crops: corn - 0.15 (**Vučić and Jocić**, 1970), sugarbeet - 0.18 (**Dragović**, 1973), hop - 0.18-0.19 (**Kišgeci**, 1974), soybean - 0.16 (**Vučić and Bošnjak**, 1980), alfalfa - 0.22 (**Bošnjak**, 1991), potato - 0.19 (**Bošnjak and Pejić**, 1995), apple - 0.17 (**Vučić et al**, 1980), pear - 0.16 (**Bošnjak et al**, 1994), sudan grass - 0.19 (**Pejić et al**, 2006).

Pejić (1993) claimed that there were no statistical differences in yield of soybean between the irrigation treatments according to soil moisture (preirrigation soil moisture of 60-65% of field water capacity - FWC) and water balancing by the bioclimatic method (Table 1). The absence of yield differences between the irrigation variants indicates that water balancing using the bioclimatic method, i.e based on hydrophytothermic indices, can be used in irrigation scheduling of soybean as well as other crops. Because of simplicity of application and satisfactory accuracy of ETP estimates (Table 2), the method is recommended for use in irrigation practice in the Vojvodina Province.

Table 1. Yield of soybean (t ha⁻¹) depending on year, cultivar and irrigation treatment

Year (A)	Cultivar (B)	Irrigation treatment (C)			AB	B	A
		60-65% of FWC C ₁	BM C ₂	Control C ₃			
A ₁ 1989	NS-6 - B ₁	3.47	3.47	2.43	3.12	3.21	2.99
	NS-9 - B ₂	3.65	3.53	2.36	3.18	3.24	
	NS-21 - B ₃	2.98	2.78	2.25	2.67	2.67	
AC		3.37	3.26	2.35			
A ₂ 1990	NS-6 - B ₁	3.93	4.41	1.57	3.30		3.07
	NS-9 - B ₂	4.36	4.54	1.02	3.31		
	NS-21 - B ₃	3.35	3.63	0.81	2.59		
AC		3.88	4.19	1.13			
BC		3.70	3.94	2.00			
		4.01	4.03	1.69			
		3.16	3.20	1.53			
C		3.62	3.72	1.74			
LSD	%	A	B	C	AB	BC	ABC
	5	0.16	0.16	0.19	0.27	0.34	0.48
LSD	I	0.21	0.26	0.26	0.37	0.45	0.64

Conclusion

High production potentials of agricultural crops can be realized only if suitable soil moisture content is maintained throughout the growing

Table 2. An example of calculating the interval between two waterings using the bioclimatic method for soybean

Date	Mean daily air temperature (°C)	Daily consumed water (mm)	Rainfall (mm) + irr. rate (mm)	Readily available water (mm)	Percolated water (mm)
15 July				22.0	
16 July	24.1	3.8	-	18.2	
17 July	22.1	3.5	17.3 rainfall	32.0	
18 July	20.0	3.2	-	28.8	
19 July	21.6	3.5	-	25.3	
20 July	23.4	3.7	1.7 rainfall	23.3	
21 July	24.0	3.8	-	19.5	
22 July	23.8	3.8	-	15.7	
23 July	19.9	3.2	-	12.5	
24 July	21.3	3.4	-	9.1	
25 July	22.8	3.6	-	5.5	
26 July	23.0	3.7	-	1.8	
27 July	24.5	3.9	60 irr. rate	57.9	
28 July	23.8	3.8	13.4 rainfall	60.0	7.5
29 July	21.3	3.4	-	56.6	

Readily available water = $100 \times 0.6 \times 1.3 \times 2.82 = 22.0$ mm

0.6 m = active rooting depth of soybean

1.32 g cm³ = average value of bulk density in the soil layer of 0.6 m

2.82 % weight = difference between soil moisture determined (15 July) in the soil layer of 0.6 m by the thermogravimetric method (19.32% weight) and preirrigation soil moisture for soybean (16.50% weight).

season. However, to achieve that objective, a functional and practicable method for determining the irrigation schedule has to be applied.

As the applicability water balancing using the bioclimatic method, i.e. applying hydrophytothermic indices, has been confirmed in irrigation practice in the previous period, the method is recommended for use in

irrigation scheduling of different agricultural crops in the Vojvodina Province. Because of its simplicity and satisfactory accuracy the method has been accepted both by experts and practitioners who want to get a quick and simple answer to the question when to start to irrigate their crops.

References

1. Bošnjak, Dj., 1991. Zalivni režim lucerke u agroekološkim uslovima Vojvodine. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 19: 235-245.
2. Bošnjak, Dj., Gvozdenović, D., Moldovan, S., 1994. Potrebe za vodom kruške Viljamovke u klimatskim uslovima Vojvodine. Jugoslovensko voćarstvo 28: 47-55.
3. Bošnjak, Dj., Pejić, B., 1995. Zalivni režim krompira u klimatskim uslovima Vojvodine. Savremena poljoprivreda 43: 1-2, 119-125.
4. Dragović, S., 1973. Navodnjavanje šećerne repe u uslovima različitog nivoa ishrane na černozeu. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
5. Kišgeci, J., 1974. Vodni režim biljaka hmelja u različitim uslovima navodnjavanja i mineralne ishrane. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
6. Pejić, B., 1993. Analiza vodnog bilansa i vlažnosti zemljišta kao osnove zalivnog režima soje. Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
7. Pejić, B., Maksimović Livija, Karagić, Dj., Milić, S., Čupina, B., 2006. Vodni bilans, bioklimatski postupak kao osnova racionalnog režima zalivanja sudanske trave. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 42: 51-60.
8. Vučić, N., Jocić, B., 1970. Prilog odredjivanja vremena zalivanja kukuruza na osnovu svakodnevnog utroška vode na evapotranspiraciju. Arhiv za poljoprivredne nauke, Beograd, sv. 80. 9. Vučić, N., 1971. Bioklimatski koeficijenti i zalivni režim biljaka, teorija i praktična primena. Vodoprivreda, Beograd, 26: 425-427.
10. Vučić, N., Milovankić, M., Vasiljević, Z., 1980. Uticaj navodnjavanja vetačkom kišom na prinos jabuka u Subotičko-horgoškom rejonu. Savetovanje o unapredjenju voćarske proizvodnje u Vojvodini, Privredna komora Vojvodine, 41-47.

CHARACTERIZATION AND MANAGEMENT OF CHERNOZEM USED FOR POTATO PRODUCTION

Livija Maksimović, P. Sekulić, Jovica Vasin
Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

ABSTRACT

Chernozem is a soil with ideal physical and chemical properties for crop production. When it comes to potato production, however, it has several drawbacks. One of the characteristics of chernozem is that it is a climatogenic soil, i. e. a soil of the semiarid climate. Such a climate is not optimal for potato growing, which requires a lot of precipitation, i. e. a humid climate. Also, the relief, being the third most important pedogenetic factor behind climate and the climate-dependent vegetation, makes chernozem a soil of flat terrains situated at low altitudes and thus precludes its use in the production of virus-free seed potatoes.

Potato produces high and stable yields when grown on soils with good natural fertility under favorable climatic conditions. Weather conditions in the Vojvodina Province are those of a continental climate with a mean annual air temperature of 11.0 °C and a mean annual air temperature during the growing season of 17.6 °C. The precipitation pattern is typically central European, with the most precipitation occurring in early summer (84.9 mm in June) and the least either in early spring (38.7 mm, March) or mid-fall (39.4 mm, October).

Still, even on the best of soils developed under natural conditions, there is always some limiting factor that will cause yield losses relative to the genetic potentials of a given crop species. For this reason, we analyzed and recommended measures for improving the soil properties

of chernozem on which potato had been successfully grown for decades in the province of Vojvodina.

Key words: chernozem, chemical properties, heavy metals, PAHs, microbial activity, radionuclivity

INTRODUCTION

Potato is a root vegetable. To produce high yields, it requires soils of lighter mechanical composition that are fertile, rich in humus, structured and permeable, i. e. soils having good water, air and heat regimes. It is also one of the vegetable species with the highest requirement for fertilizers, both organic and mineral (Popović, 1989). Even when grown on a favorable soil such as chernozem, however, potato has been noted to produce variable yields. Such fluctuations in yield levels may come as a result of drought (Bošnjak et al., 2005), one-sided soil exploitation or insufficient or inadequate cultural practice.

For this reason, as part of the project Soil Characterization and Management for Potato Production, funded by the Ministry of Science and Environment of the Republic of Serbia between 2002 and 2005, a study was carried out to analyze and categorize arable chernozem in locations in the province of Vojvodina on which potato had been successfully grown for decades.

The present paper reports overall average results of a very extensive study on the characterization of soil used for the production of safe potatoes.

MATERIALS AND METHODS

Pursuant to the objectives of the project Soil Characterization and Management for Potato Production, funded by the Ministry of Science and Environment of the Republic of Serbia between 2002 and 2005, soil data were collected from the plots of AJD. "Maglić" from Maglić, soil profiles were opened, and, after surveying the terrain, samples were taken to be used in the analyses. The soil fertility control samples were taken with a probe from 0-30 cm depth. Each average sample represented 20-25 individual ones and was representative of an area of 2-5 ha.

The basic physical (mechanical composition, coefficient of filtration, volume mass, specific mass, total porosity) and chemical (pH in 1 M KCl

and pH in H₂O; free CaCO₃ content; humus content; total nitrogen content and available P₂O₅ and K₂O levels) soil properties and levels of trace elements (Cu, Zn, Fe, Mn and Co) and heavy metals (Pb, Cd, Ni and Cr) were determined in the laboratories of the Department of Soil, Agroecology and Fertilizers of the Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad. In the same laboratories, the average samples were used to determine the typical representatives of a number of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), namely:

- | | | |
|---------------|--------------------|------------------------|
| - Naftalen | - Antracen | - Benzo(b)fluoranten |
| - Acenaftilen | - Fluoranten | - Benzo(a)piren |
| - Fenantren | - Piren | - Benzo(k)fluoranten |
| - Acenaften | - Benzo(a)antracen | - Dibenzo(a,h)antracen |
| - Fluoren | - Krizen | -Benzo(g,h,i)perilen. |

Microbiological analyses of all the samples were performed at the Soil and Plant Nutrition Division of the Department of Field and Vegetable Crops of the Faculty of Agriculture in Novi Sad. The following parameters were determined: overall microbial abundance and the abundance of fungi, oligonitrophilic bacteria, ammonifiers, actinomycetes and azotobacters.

At the Physics Department of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences in Novi Sad, the average samples were tested for the concentration and activity of the following radionuclides in the soil:

⁷⁵Se ¹⁰³Ru ¹³⁷Cs ⁶⁰Co ¹⁴⁴Ce ¹³⁴Cs ⁹⁵Zr ²³⁸U ¹⁴¹Ce ¹²⁴Sb
⁹⁵Nb ²²⁶Ra ¹²⁵Sb ¹⁰⁶Ra ⁵⁸Co ²³²Th ⁷Be ^{110m}Ag ¹⁶⁰Tb ⁴⁰K

In all the laboratories, the study parameters were determined using standard and generally accepted methods. These will not be described in detail in the present paper because of space constraints.

Because a very large number of parameters were studied, this paper will only deal with the most important parameters of chernozem fertility that are of significance in the production of safe potatoes.

RESULTS

1. Main characteristics of chernozem

Chernozem is a member of the automorphic soil order and belongs in the class of humus-accumulative soils with an A-C profile structure. It is a soil of arid to semi-arid steppe areas and forms more

often on calcareous, loamy soils than on sandy, loose substrates. The humus horizon is dark brown in color and has a well-defined grainy structure. The characteristic diagnostic signs such as krotovinas (deserted burrows of small steppe animals) and pseudomycelia (deposits of calcium carbonate) are found frequently.

Chernozem's profile has the Amo-AC-C structure. Chernozems formed on loess are mostly loams in their mechanical composition. The loamy mechanical composition, along with the grainy structure, gives these soils highly favorable physical properties. Porosity is around 50%, while the ratio of capillary pores to noncapillary ones is 3 to 2. The field capacity is 35-40% voi. and the air capacity 15-20% voi. Chernozem is most often calcareous from the surface, the pH value in water ranges between 7.5 and 8.5, while the humus content in the Amo horizon is 3-4%. The adsorption capacity is 30-50 milliequivalents of H/100 g, while the adsorbed cations are predominantly calcium and magnesium.

The inner morphology of the representative profile and the basic chemical, physical and water-physical properties of medium deep, calcareously gleyed chernozem on loess and loess-like sediments as the most common soil type used for potato growing in Vojvodina (Škorić et al., 1985) were analyzed and described in detail during the making of the Soil Map of the Bački Petrovac area R 1:25000 (Hadžić et al., 1996).

2. Soil fertility

Potato produces large amounts of organic matter, although its nutrient content is low. A yield of 40 t/ha of potato tubers removes 175 kg N, 80 kg P₂O₅, 310 kg K₂O, 40 kg MgO and 20 kg S from the soil (Kemmler and Hobt, 1985). The amount of nutrient removed is influenced by soil fertility and growing conditions.

Because of the high yield, enough nitrogen must be available to the potato crop up until budding (Džamić and Stevanović, 2000). For the large amounts of starch to form, extensive movement and relocation of sugars is required, and this can only happen if phosphorus nutrition is good. Potato is a potassium-loving plant that has a potassium content of 60%. This element has a favorable effect on the carbohydrate content and quality of potato. When applying potassium fertilizer, it is important to pay attention to what form of potassium is used. This is because potato is sensitive to chlorides and needs to be fertilized with potassium sulphate (Fink, 1982).

The table below shows the basic chemical properties of chernozem at the study sites.

Value	pH		CaCO ₃ (%)	Humus (%)	Total N (%)	AL-P ₂ O ₅	AL-K ₂ O
	1MKCl	H ₂ O				mg 100 ⁻¹ g	
Min	7.19	8.00	1.11	2.85	0.19	16.90	18.20
Max	7.68	8.43	12.95	3.91	0.25	40.20	30.50
Mean	7.41	8.22	6.50	3.33	0.22	26.15	24.00

The slightly alkaline reaction of chernozem is good for the growth of the above-ground green mass but not good for tuber growth, as tubers tend to be smaller under such conditions. Potatoes should definitely be fertilized with physiologically acidic fertilizers such as ammonium nitrate and urea.

Sufficient quantities of calcium carbonate, i.e. Ca⁺⁺ ions, affect chernozem structure favorably.

The optimum amounts of humus and total nitrogen that were found in most of the samples tested should be maintained by regular fertilization with organic fertilizers and by plowing under of harvest residues.

A soil with a good supply of total nitrogen and readily available phosphorus and potassium makes it possible to obtain high yields if there is sufficient moisture.

3. Heavy metals in soil

The natural levels of heavy metals in the soil are usually so low that they have no significant effect on the pollution of the agroecosystem.

Production of safe, quality food is possible only on soils that are of high quality, have favorable physical and chemical properties and a significant level of biological activity, and are not under threat from hazardous or harmful substances, The soil under study was tested for total levels of essential trace elements and heavy metals. The average results for chernozem (mg/kg) are shown in the table below.

Value	Cu	Zn	Fe	Mn	Co	Pb	Cd	Ni	Cr
Min	19.30	53.00	20683	500	16.13	23.17	0.97	26.73	34.53
Max	78.57	68.57	24730	656	23.07	31.20	2.27	34.73	59.93
Mean	24.86	59.01	22983	586	19.72	27.29	1.52	32.10	44.05
MAC in soil	100	300	-	-	-	100	3	50	100

In all of the samples, the levels of microelement and heavy metals were found to be far below the maximum allowable concentration (Official Gazette of the Republic of Serbia No. 23/1994), allowing the production of safe potato. Therefore, the study of the total levels of microelements and harmful elements in the soil at the sites traditionally sown to potato has shown that there is no danger that these heavy metals might either enter the food chain through plants or pollute surface and ground waters by leaching.

4. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a group of over 100 different hydrophobic organic compounds that at the same time belong in the group of persistent organic pollutants (POPs). A number of compounds from this group are cancerogenic, mutagenic and toxic. They enter the environment as by-products of incomplete combustion of organic material. Along with industry and traffic, home heating by fossil fuels is the main source of PAHs, which spread through the environment atmospherically carried by particles of dust. They settle on the surface parts of plants and soil. Chernozem samples have different levels of total PAHs. The total PAHs content is higher in soils with a higher organic matter content, where PAHs are bound chemically and are not readily available to plants. According to the literature, there is no strong correlation between the PAHs content of a soil and that of potato tubers (Samse-Petersen et al, 2002), so soils with such a low total PAHs content can produce quality potatoes.

5. Microbial activity

The soil has an abundance of all known microbial groups (bacteria, fungi, algae, protozoa, viruses). They form highly functional microbiocenoses well-adapted to the soil conditions and, together with the flora and fauna, give the soil characteristics of a living organism.

During the 2002-2005 period, the chernozem soil from our study was subjected to a large number of microbiological analyses. It was determined that the microbial abundance is very high and that the condition this soil is in allows humus synthesis and mineralization to proceed normally (Fig. 1.).

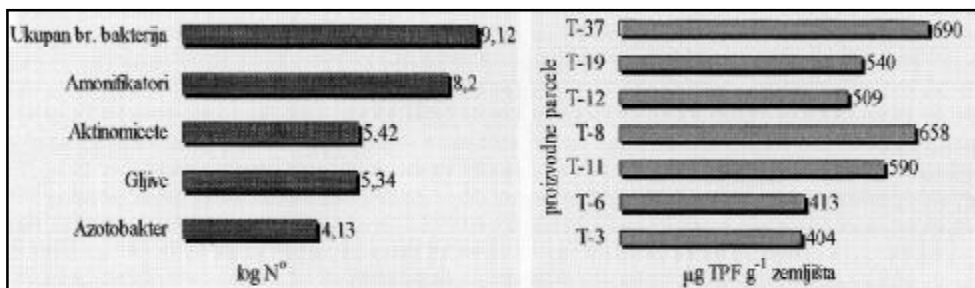


Fig. 1. Microbial abundance (log N₀ per gram of abs. Dry soil) and dehydrogenase activity (DHA, (µg TPF g⁻¹ soil) of chernozem at commercial plots of DPPD Maglić from Maglić

Having calculated the coefficients of correlation between chemical soil properties and the abundance of the microbial groups studied, we have concluded the chemical properties of the soil had no major effect on microbial abundance (r did not exceed the value of 0.5) in the soil samples analyzed (Đurić et al, 2004).

Coefficients of correlation between chemical and microbial properties of soil samples analyzed

Coefficient of correlation	pH _{in} KCl	CaCO ₃ %	Humus %	Total N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
Azotobacter	-0.005	0.127	-0.326	-0.390	0.139	-0.018
Ammonifiers	-0.149	0.069	0.095	-0.051	0.033	0.244
Oligon. bact.	-0.152	-0.009	-0.168	-0.186	-0.130	0.140
Fungi	-0.005	-0.057	0.066	-0.179	-0.125	-0.023
Actinomycetes	0.295	0.253	-0.216	0.046	0.092	-0.030
Tot. bact. abund.	0.197	0.151	0.261	0.188	-0.441	-0.418
Dehydrogenase	0.172	0.188	0.138	0.148	0.131	-0.068

6. Radioactivity of agricultural soil

The dominant portion of natural radioactivity originates from radioactive series of the long-lived radioactive isotopes ²³⁸U, ²³⁵U and ²³²Th.

Besides the members of the above series, there are also several

other isolated long-lived natural isotopes. Among them, the one most commonly found in the soil is ^{40}K . The concentration in the soil of natural radionuclides, especially those from the uranium series, can be increased by the use of mineral phosphate fertilizers (Manojlović et al, 1989). Phosphate ores used to produce artificial fertilizers contain a measurable amount of uranium. Another possibility for soil contamination are artificially produced isotopes, products of fission, which may enter the biosphere after nuclear power plant disasters and above-ground nuclear tests. From the environmental point of view, the most important among these radioisotopes is ^{137}Cs . By dispersion, artificial radionuclides arrive in the soil, which is a powerful absorbent and acts as a permanent reservoir supplying radionuclides that enter the human organism by ingestion via the food chain. The intensity of sorption/desorption, migration, retention and translocation is influenced both by the nature of the radionuclide itself and by the soil type and crop species grown on it.

The table below shows standard deviation and minimum, maximum and average concentrations of radionuclide activity in chernozem.

Radionuclide	Min.	Max.	Mean
	A[Bq/kg]		
^{137}Cs	4,5±1,3	8,7±1,9	5.4±0.9
^{238}U	40±15	70±30	60±24
^{226}Ra	38,0±1,7	49,3±2,8	39.6±1.6
^{232}Th	47,3±2,3	61±3	51±4
^{40}K	528±25	655±28	560±30

Radionuclide ^{137}Cs was present in all of the soil samples from the province of Vojvodina and central Serbia. This radionuclide originates from the disaster that struck the nuclear power plant Lenjin at Chernobyl in 1986. Because the half-life of this radionuclide is 30 years, it will be redistributed by relocation and leaching but will remain present in ecosystems for many more years. The large difference between the minimum and maximum concentration of ^{137}Cs activity is typical of a pollutant of artificial origin.

The ^{238}U to ^{226}Ra ratio did not vary significantly in the samples. Since the concentration of ^{238}U in all of the samples was at the usual level, we can conclude that there is no indication of the presence of

depleted uranium in the samples tested.

The concentration of activity of the natural radioactive series ^{232}Th and ^{40}K was within the normal range in all of the samples.

7. Recommendations

The slightly alkaline reaction of chernozem is good for the growth of the above-ground green mass but not good for tuber growth, as tubers tend to be smaller under such conditions. Potatoes should definitely be fertilized with physiologically acidic fertilizers such as ammonium nitrate and urea in order to create a pH reaction suitable for a larger presence of azotobacter in particular and microorganisms in general (Dugalić et al, 2004). Use of irrigation is recommended to create a constant supply of optimum soil moisture and readily available water for plants in the area characterized by a variable sum and distribution of precipitation during the growing season (Bošnjak et al., 2005), especially in light of the fact that irrigation does not negatively affect the other characteristics of chernozem (Belić et al., 2004).

The optimum amounts of humus and total nitrogen in the chernozem should be maintained by regular fertilization with organic fertilizers and by plowing under of harvest residues.

The use of microorganisms in these and other soils used for potato production is also recommended. This is supported by the findings of many earlier studies by numerous authors.

Since microorganisms produce different enzymes, antibiotics, growth substances, vitamins, organic acids, etc., they have found practical applications in crop production as well. Azotobacter and other microorganisms possess the enzyme nitrogenase that they use to fix up to 60 kg N/ha a year, thus partially supplying plants with this element and improving the yields, chemical characteristics and health status of potato tubers (Govedarica et al. 1994; Rayan and Kinkel, 1997; Najdenovska (2001)). Nitrogen-fixing bacteria synthesize growth substances as well and thus help plant development and resistance to pathogens and insects (Najdenovska et al, 1998).

CONCLUSION

Our study, carried out as part of the project Soil Characterization and Management for Potato Production funded by the Ministry of

Science and Environment of the Republic of Serbia between 2002 and 2005, has led to the following conclusions

Chernozem analysis showed that the soil is highly suitable for obtaining high and stable yields of top quality potato.

The good supply of the soil with total nitrogen and readily available phosphorus and potassium allows high yields to be obtained under conditions with sufficient moisture and irrigation.

It was determined that the microbial abundance is very high and that the condition of the soil allows humus synthesis and mineralization to proceed normally

The heavy metal content (Cu, Zn, Pb and Cd) was below the maximum allowable concentration. No heavy metal effects on microbial abundance were observed. The microbiological analysis of the soil has shown the chernozem plots to be suitable for potato production.

Generally, the chernozem samples gave no indication of increased radioactivity that would be a threat to food production. The concentrations of ^{137}Cs activity measured should not endanger the safety of the food produced on the plots, given the transfer factors of this isotope into plants.

REFERENCES

1. Belić, M., Pejić, B., Hadžić, V., Bošnjak, Đ., Nešić Ljiljana, Maksimović, Livija, Šeremešić, S. (2004): Uticaj navodnjavanja na strukturno stanje cernozema. "Zbornik radova", Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, voi. 40, 129-141.
2. Bošnjak, Đ., Maksimović, Livija, Milić, S., Potkonjak, Ksenija (2005): ETP osnova racionalnog navodnjavanja krompira u Vojvodini. Zbornik XI Kongresa društva za proučavanje zemljišta Srbije i Crne Gore, CD, 1-8, Budva.
3. Dugalić G., Stevanović D., Gajić B., Sekulić P., Maksimović L., Belić M. (2004): Characteristics of soil used for potato growing. Zemljište i biljka, Vol. 5., No 1., 55-63.
4. Đurić Simonida, Jarak Mirjana, Maksimović Livija (2004): Mikroorganizmi u zemljištu pod krompirom. Proceedings of VIII Symposium Biotechnology and Agroindustry - Vegetable, Potato, Decorative, Aromatic and Medicinal Plantd, Velika Plana, 311-315.
5. Džamić R., Stevanović D. (2000): Agrohemija. Partenon, Beograd.
6. Fink A. (1982). Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie, Weinheim, Germany.

7. Govedarica, M., Milošević Nada, Jarak Mirjana (1994): Ispitivanje efektivnosti primene asocijativnih azotofiksatora u proizvodnji povrća. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 42. vanredni broj, 303-308.
8. Hadžić V., Protić N., Antonović G., Nešić Ljiljana, Belić M. (1996): Pedološka karta opštine Bački Petrovac R 1: 25000. Osnova zaštite, korišćenja i uređenja poljoprivrednog zemljišta opštine Bački Petrovac. RS Republički fond za zaštitu, korišćenje i uređenje poljoprivrednog zemljišta, Beograd.
9. Kemmler G., Hobt H. (1985): German potash for world agriculture. Kali und Salz AG, Verkauf, Hannover.
10. Manojlović M., Bikit I., Slivka J., Vesković M., Čonkić Lj., Dozet D., Krmar M. (1989): Da li đubriva koja sadrže fosfor zagađuju zemljišta radionuklidima iz uranovog niza? "Zbornik radova", Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 16, 11-27.
11. Najdenovska O., Govedarica, M. Lazarevska S. (1998): Ulogata na azotobakterot vo zaštitata na krompirot od telenite crvi (Elateridae). Zduženie za zaštitata na rastenijata na Republika Makedonija. MAK-ISSN 1409-5084., Skopje, 191-197.
12. Najdenovska O. (2001): Azotobakter i njegova aktivnost kod krompira. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
13. Popović, M. (1989): Povrtarstvo. Nolit (četvrto prerađeno i dopunjeno izdanje), Beograd.
14. Rayan A.D., Kinkel L.L. (1997): Inoculum density and population dynamics of suppressive and pathogenic *Streptomyces* strains and their relationship to biological control of potato scab. *Biological Control*, Vol. 10, 180-186.
15. Samse-Petersen Lise, Erik H. Larsen, Poul B. Larsen, and Preben Bruun (2002): Uptake of Trace Elements and PAHs by Fruit and Vegetables from Contaminated Soils. *Environmental Science and Technology*, 36, 3057 - 3063.
16. Službeni Glasnik RS, 23 (1994): Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja.
17. Skorić, A., Filipovski, G., Cirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja knjiga LXXVIII, Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Knjiga 13, Sarajevo.

TECHNICAL AND BIOLOGICAL RECLTIVATION OF SOIL DAMAGED WITH OIL DRILING WASTE

P. Sekulić¹, Ljiljana Nešić², M. Belić²,
Mira Pucarević¹, Jordana Ralev¹

¹ *Research Institute of field and vegetable crops, Novi Sad, Serbia*

² *Faculty of Agriculture Novi Sad, Serbia*

ABSTRACT

The subject of this study was the Crna Bara site used for the disposal of drilling fluid waste material from oil and natural gas wells in the northeastern part of the Banat region. Soil analyses were used to determine the properties of the dump site soil and the surrounding native soil, so as to obtain a realistic picture of the type, level and extent of soil damage at dump sites. This information was then used as the basis of a proposal for the technical and biological recultivation of the site for the purposes of soil management and soil and environmental protection.

KEY WORDS: *dump site, deposol, recultivation.*

Introduction

The disposal of waste material such as the drilling fluid used at oil and natural gas wells causes damage to the soil. The drilling fluid dump sites existing in Serbia do not cover large areas individually, but their numbers are rather high, as the province of Vojvodina alone has several tens of such locations. These sites need to be studied in detail, so that they can become subject to appropriate recultivation measures that would restore them back to their original state and re-establish ecological balance in the area. The choice of the recultivation method depends on a large number of factors, both environmental (geographic location, topography of the terrain, lithosphere, atmosphere, hydrosphere,

ȘTIINȚA SOLULUI SOIL SCIENCE
2006, XL, NR. 1, P. 62-74

pedosphere, organic world) and economic (socio-economic conditions, levels of scientific and technical development, industry, agriculture, forestry, management of water resources, technical infrastructure in the area, population, recreation, etc). Therefore, soil recultivation is a complex problem that requires multidisciplinary solutions involving the fields of mining/geology, agriculture, water management and forestry.

Materials and methods

Our soil study involved field and laboratory work. Three soil profiles were opened in total — two at an actual dump site and one on a native soil next to the dump. After the profiles were opened, internal and external soil morphology was examined in detail. For the purposes of laboratory analyses, from all the soil layers (horizons) under study we took soil samples in naturally disturbed and undisturbed states using cylinders according to Kopetzki.

The laboratory analyses were performed at the laboratory of the Department of Soil,

Agroecology and Fertilizer of the Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad according to generally accepted methods (JDPZ, 1966, 1971 and 1997).

Sample preparation for the determination of **available metal content** was done by extraction with Na₂EDTA at pH=6.2 for 2 h in the ratio of 1:2. Sample preparation for determining total metal content was carried out by soil degradation by cooking in $\text{CC} \text{HNO}_3$ with the addition of H_2O_2 (3g soil / 30 ml, $\text{CC} \text{HNO}_3$), (Jakovljević and Antić Mladenović, 1997).

Concentrations of available and total metal contents in the prepared samples (Milovac et al., 1997) and (Jakovljević and Antić Mladenović, 1997) were determined using inductively coupled plasma on an ICP-OES VistaPro Varian.

Determination of soil hydrocarbon content was done by gas chromatography of pentane extract.

Results

Based on field and laboratory study, the following soil taxonomic units were found in the area studied (according to classification by

Skorić et al., 1985): type - deposol - dump site soils (profiles 2 and 3)
 type I- marshy black soil (profile 1), subtype - noncalcareous, variety - nonsalinated, nonalkalized, form - loamy.

Figure 1 shows the location of the studied soil on the Soil Map of Vojvodina, R= 1:50.000.

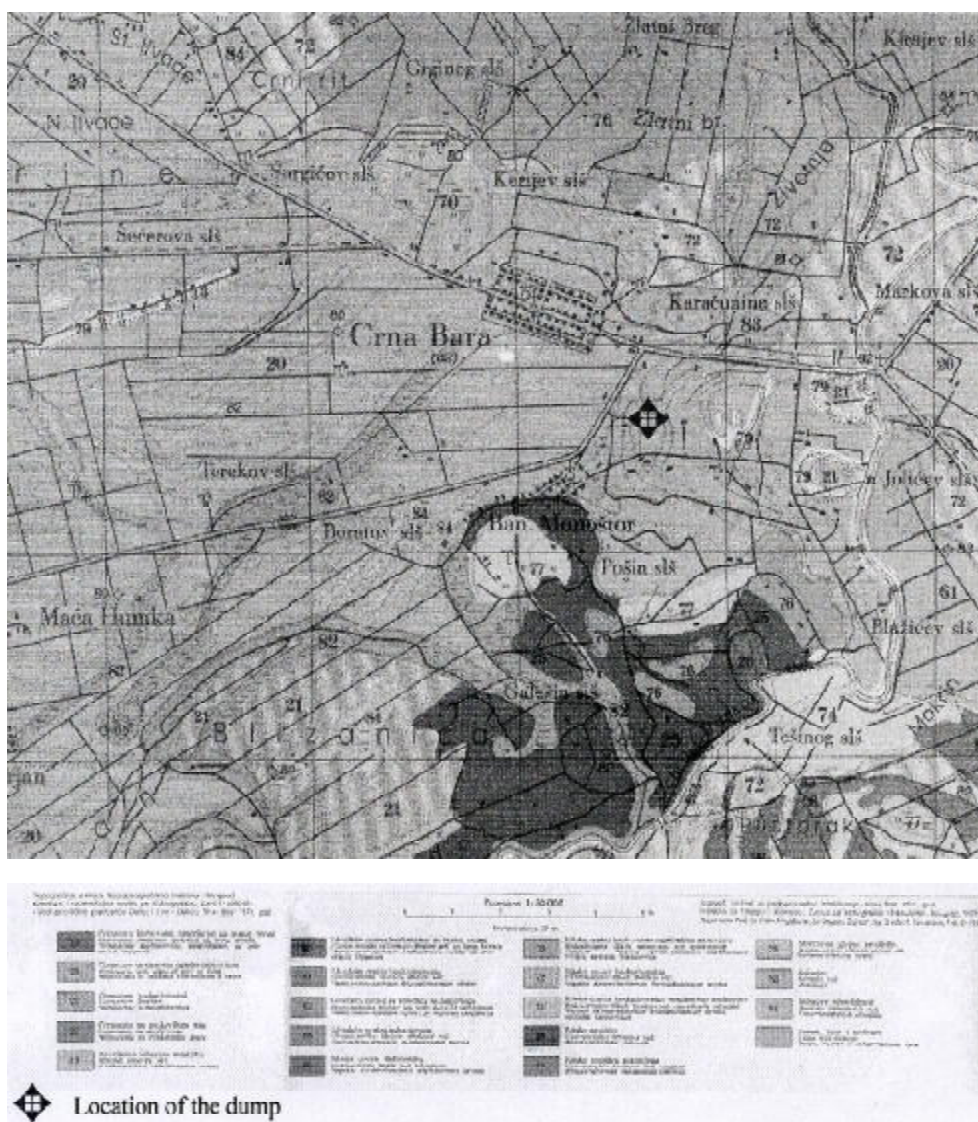


Figure 1: location of studied soil (Soil Map of Vojvodina, R=1:50.000)

Exterior and interior deposol morphology

Besides the drilling fluid waste material from oil and gas wells, the studied deposol is also covered with municipal waste of various origin and composition (remains of dead animals, bodies of defunct cars, packaging, household waste etc). The dump site is partially overgrown with weeds and or/marsh vegetation.

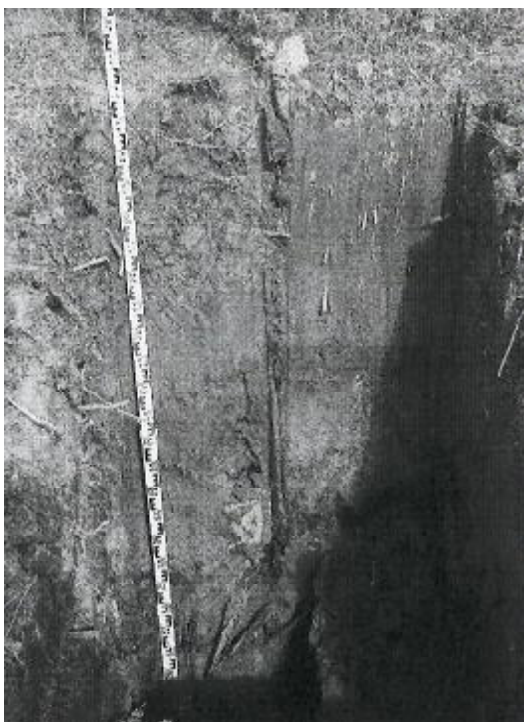


Figure 2. Deposol profile

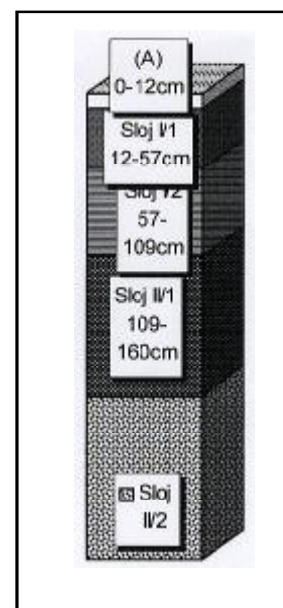


Figure 3. Interior morphology

Physical and water-physical properties

The deposol's and humogley's mechanical composition is shown in Table I and their basic water-physical properties in Table 2.

The water-physical properties of the deposol studied are heterogeneous and for the most part considerably poorer than those of the original soil on which it has formed. This is due to the amount and type of mineral clay and water-soluble and adsorbed cations found in the

deposited waste materials. A clayey subsurface layer (the clay fraction content of which can be as high as 62%) can be found in most deposols. This is important in view of the fact that bentonite clays are used when opening oil and gas wells

Table I . Mechanical composition

Profile No.	Horizon	Depth in cm	Coarse sand %	Fine sand %	Silt %	Clay %	Textural class
Profile 1 Humogley	Aa	0-58	29.1	32.66	13.16	25.08	Sandy clay
	AGso,r	58-72	28.1	46.42	9.88	15.60	Sandy/clayey loam
	Gr,so	72-90	29.7	62.74	12.12	20.92	Sandy /clayey loam
	CI	90-183	86.8	8.20	1.80	3.20	Loamy coarse sand
	C2	183-200	56.0	36.64	3.96	3.40	Loamy coarse sand
Profile 2 Deposol	(A)	0-12	24.4	36.28	24.92	14.40	Loam
	I/1 na	12-57	1.5	27.86	35.16	35.48	Loamy clay
	I/2sa,na	57-109	0.5	27.78	35.64	36.08	Loamy clay
	II/1sa,na	109-160	2.9	32.58	32.44	32.08	Loamy clay
	II/2na	160-210	5.3	37.62	27.44	29.64	Loamy clay
	Cna	210-235	86.2	10.68	1.28	1.84	Loamy coarse sand
Profile 3 Deposol	(A)	0-30	14.7	48.34	17.72	19.24	Sandy/clayey loam
	I	30-140	8.3	47.86	20.80	23.04	Clayey loam
	II	140-180	62.2	19.44	7.32	11.04	Coarse sandy loam

Table2: Water-physical properties

Profile no.	Horizon	Depth in cm	K-Darcy	Volumic mass (K/cm ³)	Specific mass (g/cm ³)	Total porosity (%)
Profile 1 Humogley	Aa	0-58	3.83x10 ⁻⁴	1.53	2.54	39.76
	AGso,r	58-72	7.43x10 ⁻⁴	1.68	2.58	34.88
	Gr,so	72-90	6.12x10 ⁻⁴	1.64	2.66	38.35
	CI	90-183	/	/	2.57	/
	C2	183-200	/	/	2.64	/

Profile 2 Deposol	(A)	0-12	1.33×10^{-3}	1.70	2.67	36.33
	I/1na	12-57	1.79×10^{-3}	1.57	2.71	42.07
	I/2sa,na	57-109	/	/	2.62	/
	II/1sa,na	109-160	/	/	2.47	/
	II/2na	160-210	/	/	2.66	/
	Cna	210-235	/	/	2.79	/
Profile 3 Deposol	(A)	0-30	/	/	2.78	/
	I	30-140	/	/	2.74	/
	II	140-180	/	/	2.49	/

Basic chemical properties

The basic chemical properties of the studied soil are shown in Table 3. The native marshy black soil/humogley was characterized by a neutral reaction and limelessness in the surface horizon. The surface horizon had a low humus content (1.64%), which then decreased sharply with increasing depth. Total nitrogen content was in accordance with the humus content. Readily available phosphorus levels in the surface horizon were low (4.9 mg/100 g), while the supply of readily available potassium was good (21.4 mg/100 g).

Similar to the water-physical properties, the chemical properties of deposol were highly heterogeneous. The unfavorable character of deposol chemical properties came from an alkaline reaction of the soil solution, increased concentrations of total water soluble salts (where sodium salts predominate), and an increased contribution of adsorbed sodium. The increased levels of sodium salts resulted in a number of unfavorable soil properties. Most notably, the Na^+ ions led to the peptization of soil colloids, which significantly degraded soil water-air regime.

The adsorbed sodium content of the native soil was negligible, ranging from 0.1 to 1.83%. However, the deposol layers studied differed significantly in their adsorbed sodium contents, or percentage contributions. The percentage contribution of adsorbed sodium to the sum of adsorbed cations ranged from 0.14% in Profile 3 to 21.92% in Profile 2. The high adsorbed sodium content of Profile 2 was indicative of alkalization in all the layers except for the shallow initial horizon at the surface. In Profile 3, adsorbed sodium content was below 7%, so

Table 3 : Basic chemical properties of soil samples from the the Crna Bara site

Location	Horizon layer	Depth in cm	pH		CaCO ₃ %	Humus %	Tot. N %	Tot. C %	Tot. S %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O	
			KCl	H ₂ O							mg/100g	Adsorbed Na ⁺ %
profile 1 native soil	Aa	0-58	5.57	6.85	0	1.64	0.109	1.133	0.058	4.9	21.4	0.10
	AC _{iso,r}	58-72	6.76	8.32	0.34	0.33	0.040	0.371	0.039	4.6	14.1	1.83
	Cr _{2,so}	72-90	6.81	8.54	0.86	0.26	0.031	0.217	0.044	11.3	11.8	0.00
	C1	90-183	6.71	8.09	0	0	0.012	0.049	0.035	13.3	5.0	0.84
	C2	183-200	6.59	8.03	0.26	0	0.014	0.058	0.034	6.5	6.8	1.77
profile 2 deposol	(A)	0-12	7.38	8.29	12.62	2.67	0.152	3.221	0.513	27.7	28.2	1.45
	I/1na	12-57	7.82	9.11	19.77	1.00	0.078	3.026	0.265	6.3	17.3	15.31
	I/2sa,na	57-109	7.90	9.15	17.25	0.89	0.073	2.697	0.166	5.3	17.7	21.92
	II/1sa,na	109-160	8.08	9.42	22.30	4.16	0.114	6.481	0.259	12.4	33.6	14.98
	II/2na	160-210	8.06	9.28	8.41	3.49	0.085	4.874	0.417	8.1	25.9	21.47
profile 3 deposol	Cna	210-235	6.50	8.11	2.10	0.37	0.025	0.360	0.080	6.7	5.5	9.61
	(A)	0-30	7.62	8.29	14.73	1.06	0.073	2.488	0.130	7.4	31.4	0.14
	I	30-140	7.98	9.29	16.83	0.97	0.067	2.882	0.480	7.2	18.2	5.21
	II	140-180	7.86	9.28	3.37	0.13	0.030	0.411	0.071	4.5	12.3	5.89

the soil could not be considered alkalized (FAO, ISRIC and ISSS, 1998). The different levels and distribution of adsorbed sodium in the deposol layers studied were a result of the different amounts of sodium salts in the drilling fluid waste material.

Microelements and heavy metal contents

Tables 4 and 5 show total and available levels of microelements and heavy metals and percentage contributions of available contents to total ones. Percentage contribution of available content to total content is a good indicator of how a particular soil has been contaminated. If said contribution is low, levels of the element concerned are geochemical in origin, i.e. they are of natural origin coming from the parent material.

The interpretation of the microelement and heavy metal levels found at the dump site at Crna Bara is made more difficult by the presence of a certain amount of different wastes materials that have been deposited at the site. There is a great likelihood that contamination may occur in the surface layers by heavy metals originating from the communal waste as opposed to the drilling fluid waste disposed of at the dump.

None of the **microelements** studied (Table 4) exceeded the maximum allowable concentration (MAC) prescribed by law (Guidelines on Allowable Amounts of Hazardous and Harmful Substances in Soil, Official Gazette of the Republic of Serbia No. 23/1994). Using the MAC for undamaged soils to evaluate soil at a dump site may appear too strict, but Serbian legislation does not yet prescribe different MAC values for different categories of soil damage.

Based on the total and available contents determined, it can be concluded that the soil at the dump site is in good condition with respect to microelement levels and that there is no danger that these elements might limit normal plant growth and development. Total Zn and Mn contents were somewhat higher than in the control but still below the MAC.

With respect to heavy metal content (Table 5), eight of the 18 samples were above the MAC listed in the Guidelines on Allowable Amounts of Hazardous and Harmful Substances in Soil (Official Gazette of the Republic of Serbia No. 23/1994).

Although total levels of chromium in the deposol were somewhat increased compared with the control, this element was determined to be present in a form that cannot be taken up by plants and can hence have

Table 4: Microelement levels and forms in samples from the Crna Bara site

Lab. No.	Sample description	Depth (cm)	Cu			Zn			Mn			Co		
			mg/kg total	mg/kg avail.	% avail./tot	mg/kg total	mg/kg avail.	% avail./tot	mg/kg total	mg/kg avail.	% avail./tot	mg/kg total	mg/kg avail.	% avail./tot
49	A	0-58	18.67	5.33	28.55	27.53	0.39	1.42	167.71	38.21	22.79	7.78	1.111	14.28
50	profile 1 ACso,r	58-72	14.30	3.21	22.46	28.13	0.44	1.58	190.17	43.14	22.68	10.17	1.116	10.97
51	native soil Gr,so	72-90	12.50	2.62	20.96	27.99	0.35	1.24	173.83	34.14	19.64	11.42	0.908	7.96
52	humogley C1	90-183	2.76	1.19	43.00	22.54	0.54	2.42	69.18	6.89	9.96	5.14	0.227	4.42
53	C2	183-200	6.66	1.15	17.23	40.57	0.40	1.00	106.04	7.36	6.94	9.92	0.329	3.32
54	(A)	0-12	24.36	3.47	14.25	119.77	11.76	9.82	511.42	35.19	6.88	9.18	0.099	1.08
55	I/Ina	12-57	29.37	4.97	16.91	145.40	14.45	9.94	684.19	38.94	5.69	12.56	0.107	0.85
56	profile 2 I/2sa,na	57-109	23.48	4.12	17.55	87.89	9.21	10.48	646.18	51.88	8.03	12.37	0.203	1.64
57	dump II/1sa,na	109-160	26.61	3.91	14.70	234.67	88.06	37.53	582.36	40.17	6.90	10.54	0.644	6.11
58	II/1na	160-210	32.60	4.53	13.90	153.24	65.52	42.76	561.88	43.74	7.79	10.85	0.633	5.83
59	Crna	210-235	4.01	1.12	27.84	13.06	0.53	4.02	186.38	23.50	12.61	9.15	0.279	3.05
60	Profile 3 (A)	0-30	15.70	2.96	18.88	106.75	13.92	13.04	479.26	30.54	6.37	9.00	0.075	0.83
61	I	30-140	34.28	4.78	13.95	109.17	11.77	10.78	503.83	41.71	8.28	10.06	0.192	1.91
62	II	140-180	12.52	1.50	11.98	28.36	0.75	2.65	456.34	39.68	8.70	10.24	0.119	1.17
45	Probe 1 - dump	0-30	19.41	3.04	15.67	126.21	11.84	9.38	501.97	28.87	5.75	9.25	0.065	0.70
46	Probe 2 - dump	0-30	38.68	7.61	19.67	159.22	16.47	10.35	698.09	33.95	4.86	11.38	0.114	1.00
47	Probe 3 - dump	0-30	54.42	8.82	16.21	172.79	12.74	7.37	818.50	29.92	3.66	12.35	0.078	0.63
48	Probe 4 - native soil.	0-30	27.83	9.13	32.80	43.70	1.73	3.96	244.38	74.07	30.31	9.00	1.443	16.04
	MDK		100.00			300.00								

MAC maximum allowable concentration according to Guidelines on Allowable Amounts of Hazardous and Harmful Substances in Soil and Irrigation Water and Methods of their Study (Official Gazette of the Republic of Serbia No. 23/1994)
 avail.= available content (in EDTA)
 avail./tot.= percentage contribution of available to total levels of a given metal

Table 5: Heavy metal levels and forms in samples from the Crna Bara site

Lab. no.	Sample description	Depth (cm)	As		Cd		Cr		Ni		Pb		Hg				
			mg/kg tot.	% avail./total	mg/kg tot.	% avail./total	mg/kg tot.	% avail./total	mg/kg tot.	% avail./total	mg/kg tot.	% avail./total	mg/kg tot.				
49	profile 1 naive soil	0-58	3.90	nd	0.10	0.024	23.71	24.96	0.051	0.20	21.58	2.577	11.94	13.53	3.081	22.78	nd
50		58-72	3.84	nd	0.09	0.007	7.43	26.45	0.035	0.13	29.40	1.504	5.11	12.78	2.439	19.08	nd
51		72-90	2.19	nd	nd	nd	nd	26.23	0.037	0.14	34.31	1.081	3.15	11.88	2.723	22.92	nd
52	C1	90-183	nd	nd	nd	nd	nd	8.81	0.017	0.19	13.84	0.696	5.03	5.17	1.364	26.37	nd
53		183-200	nd	nd	nd	nd	nd	13.82	0.016	0.12	26.62	0.443	1.66	6.71	1.517	22.62	nd
54	(A)	0-12	6.44	0.030	0.47	0.31	0.052	121.31	0.164	0.14	25.54	0.526	2.06	14.69	6.026	41.04	0.613
55	profile 2 dump	I/Ina	8.29	0.005	0.06	0.39	0.049	103.94	0.159	0.15	38.89	0.956	2.46	20.71	2.502	12.09	nd
56		I/2sana	7.85	nd	nd	0.35	0.045	57.35	0.133	0.23	38.56	1.498	3.88	16.22	3.363	20.74	nd
57	II/Isa,na	109-160	6.46	0.034	0.53	0.38	0.029	118.75	0.644	0.54	33.36	2.411	7.23	17.41	4.957	28.47	0.081
58		160-210	8.18	0.040	0.49	0.33	0.033	156.15	0.917	0.59	33.27	2.311	6.95	15.81	4.567	28.88	1.014
59	Cna	210-235	8.38	0.044	0.52	0.18	0.009	12.62	0.104	0.82	16.63	0.466	2.80	6.12	1.475	24.09	nd
60	profile 3 dump	(A)	6.26	nd	nd	0.22	0.030	96.93	0.292	0.30	26.34	0.517	1.96	11.61	8.643	74.45	0.127
61		I	7.08	nd	nd	0.27	0.035	320.63	0.581	0.18	30.69	0.878	2.86	18.91	2.457	13.00	2.114
62		II	3.95	0.014	0.36	0.13	0.018	30.95	0.062	0.20	24.81	0.435	1.75	10.41	1.554	14.93	nd
45	probe 1 - dump	0-30	6.27	nd	nd	0.24	0.030	114.23	0.301	0.26	27.86	0.510	1.83	13.79	1.274	9.24	0.454
46	probe 2 - dump	0-30	9.07	nd	nd	0.39	0.057	221.27	0.286	0.13	38.07	0.651	1.71	17.81	1.243	6.98	2.140
47	probe 3 - dump	0-30	11.02	nd	nd	0.48	0.052	265.52	0.343	0.13	40.60	0.622	1.53	21.60	2.452	11.35	2.557
48	probe 4 - nat. soil	0-30	3.89	0.058	1.48	0.22	0.079	30.26	0.118	0.39	25.82	4.125	15.98	20.42	6.024	29.50	nd
	MAC		25.00		3.00		100.00			50.00			100.00				2.00

nd = not detected

MAC= maximum allowable concentration according to Guidelines on Allowable Amounts of Hazardous and Harmful Substances in Soil and

Irrigation Water and Methods of their Study (Official Gazette of the Republic of Serbia No. 23/1994)

avail.= available content (in EDTA)

avail./tot.= percentage contribution of available to total levels of a given metal

no toxic effects on living organisms, so no large-scale environmental pollution by this metal can be said to exist at the site. Similarly, the mercury levels were increased but very close to the MAC for undamaged soils, so there is no major environmental pollution by this element either.

The most significant impact on the environment by the drilling fluid dump sites comes from the application of an already outdated technology for the preparation of drilling fluid that makes use of the ferrochrome lignosulfonate additive. An effort should definitely be made to start thinking about using new drilling fluid technologies that are less harmful to the environment.

Organic pollutants

Table 6 shows total hydrocarbon (TH) levels determined in the samples from the dump site and native soil expressed as grams per one kilogram of soil.

Table 6: Total hydrocarbon content at the Crna Bara site

Location	Horizon	Depth cm	Total hydrocarbons g/kg
Profile 1 Humogley	Aa	0-58	0.68
	AGso,r	58-72	0.69
	Gr,so	72-90	0.72
	CI	90-183	1.03
	C2	183-200	0.55
Profile 2 Deposol	(A)	0-12	1.81
	I/1na	12-57	0.81
	I/2sa,na	57-109	1.35
	II/1sa,na	109-160	35.30
	II/2na	160-210	22.94
	Cna	210-235	4.00
Profile 3 Deposol	(A)	0-30	0.84
	I	30-140	17.43
	II	140-180	0.99

The TH content of the native soil ranged from 0.55 to 1.44 g/kg. TH levels decreased with increasing profile depth and were the lowest at the greatest depth (0.55 g/kg). The total hydrocarbons found in the native soil did not come from the dump site and their quantities can be considered to be at a level normally found in the soil.

The largest amount of hydrocarbons was found in Layer II (109-160 cm) of Profile 2 (35.30 g/kg soil). In Profile 3, layer I (od 30-140 cm) was polluted by hydrocarbons, whose content was 17.43 g/kg.

Conclusion

Based on our study of physical and chemical soil properties, we can conclude the deposol from our study is characterized by unfavorable physical and water-physical properties, increased levels of total water soluble salts, a highly alkaline reaction, and high levels of water soluble and adsorbed sodium. Therefore, the natural habitat conditions have been changed permanently and are no longer adequate for plant growth and development of most species. Consequently, in order for the area concerned to become biologically active again, a complex set of ameliorative measures involving biological and technical recultivation must be put into effect.

Proposal for Technical Recultivation

The technical recultivation stage should include the following potent ameliorative measures: 1. Removal of waste from the deposol (communal waste, concrete slabs, etc), 2. Treatment with 25 t/ha of air-dried phosphogypsum to neutralize the alkalinity. 3. The dump should be subsoiled and flattened, i.e. levelled. The subsoiling and leveling will cause the phosphogypsum and deposol to merge, thus promoting the neutralization of alkalinity.

Proposal for Biological Recultivation

Biological recultivation should include afforestation of the dump site, which would have multiple benefits, including environmental protection, increased forestation in the area, soil protection from wind erosion, improvement of microclimactic conditions, etc.

Used for the afforestation of the dump should be tree and shrub species that are tolerant of soluble salts (especially sodium ones) and well able to withstand climatic conditions of the region.

Once the technical and biological stages of recultivation are completed, a program must be put in place to monitor the properties of the soil, groundwater, and vegetation planted.

At least one piezometer should be installed at the dump site. The precise number and position of piezometers should be determined based on the area of the dump and hydrogeological properties of the site (according to map of groundwater flow towards residential area, etc).

REFERENCES

- FAO, ISRIC and ISSS (1998): World reference base for Soil Resources, World Soil Resources Reports, 84.
- Jakovljević, M., Antić Mladenović, S. (1997): Usporedno proučavanje metoda za ocenu rastvorljivosti teških metala u zemljištu. Radovi IX kongresa Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta - Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta. Novi Sad, str. 188-195.
- Milovac, M., Marković, B., Bjelić, I., Đujić, I. (1997): Cink, Bakar, Mangan i gvožđe u zemljištu. Radovi IX kongresa Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta - Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta. Novi Sad, str. 203-207.
- Nejgebauer V., Živković B., Tanasijević Đ., Miljković N. (1971): Pedološka karta Vojvodine R I : 50000, Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad.
- Službeni Glasnik Republike Srbije broj 23/1994: Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja.
- Škorić, A., Filipovski, G., Cirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, Knjiga LXXVIII, Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Knjiga 13, Sarajevo.

FERTILITATEA SOLULUI - O NOȚIUNE PERIMATĂ ?

Niculina Gheorghiu
*Universitatea de Științe Agronomice
și Medicină Veterinară București*

SOIL FERTILITY - AN OBSOLETE NOTION?

ABSTRACT

The soil fertility concept has been correctly understood until the using of modern means of increasing of agricultural yield. Since that moment it was made confusion between soil fertility and productivity. These two notions can not be used with the same meaning. The soil fertility belongs of the soil life while soil productivity is an economic concept and is the result of interactions among soil fertility, applied tehnology, climate conditions and the cultivated plant. So, soil productivity can not reflect in an objective way the soil fertility level. Because of this confusion one drew the conclusion that soil fertility is not a feature which follows correctly the soil evolution under the anthropic influences. According to that, many research workers have been trying to replace the soil fertility notion with soil quality. In our opinion, the soil quality notion must encompass both soil productivity and fertility.

Key words: Soil fertility, soil productivity, soil quality, biological indicators.

Solul este rezultatul acțiunilor factorilor abiotici și biotici ai mediului înconjurător asupra suprafeței scoarței terestre. Nu se poate vorbi de sol decât după ce materia organică începe să se acumuleze printre

particulele minerale. Precursorii formării solului sunt organismele vii, primele care se instalează fiind cele autotrofe care nu au nevoie de materie organică ca sursă energetică și/sau trofică. Din momentul în care avem, la un loc, material mineral și organic impregnat cu viață, putem vorbi de sol în faza inițială de formare. Noțiunea care desemnează caracteristicile fundamentale ale solului și îi asigură locul său în ecosistem precum și perpetuarea sa în timp este fertilitatea. Ca urmare, această noțiune aparține solului, aparține vieții și proceselor biochimice pe care aceasta le dezvoltă în sol. Datorită acestor procese, într-o masă de material inert, începe să se acumuleze materie organică ca produs al activității microorganismelor autotrofe și ulterior al organismelor heterotrofe și plantelor verzi. Această materie organică „brută” este prelucrată în continuare ajungându-se în final la forma cea mai evoluată, atât din punct de vedere calitativ cât și al rezistenței în timp, denumită humus. Fără acest compus organic nu putem vorbi de sol și implicit de fertilitate.

Consultând literatura de specialitate constatăm că fertilitatea, deși este o noțiune fundamentală, și care aparține solului, a primit mai multe definiții de-a lungul timpului (Vaillant, 1901; Villiams, 1927; Șișești, 1947; Chiriță, 1974; Davidescu și Davidescu, 1981; Ștefanic, 1994; Florea, 2003). Aceste definiții au apărut odată cu dezvoltarea științei care a condus la apariția mai multor discipline în cadrul aceluiași domeniu, cum ar fi în cazul de față, domeniul agronomic. Aceste definiții, cu privire la conținut, le-am putea încadra în patru sfere: biologică, pedologică, agronomică și agrochimică. Fertilitatea solului definită de agrochimiciști, în esență înseamnă însușirea solului de a oferi covorului vegetal apă și substanțe nutritive în cantități optime tot timpul perioadei de vegetație. Agronomii văd fertilitatea solului ca pe o însușire capabilă să genereze recolte. Pedologii consideră fertilitatea o însușire a solului care îl deosebește, din punct de vedere calitativ, de roca „mamă”. Biologii, așa cum este și firesc, nu pot separa fertilitatea solului de lumea vie a acestuia, inclusiv covorul vegetal.

Începând cu a doua jumătate a secolului trecut, agricultura, ca și alte sectoare de activitate, a cunoscut o creștere spectaculoasă sub raportul nivelului tehnologic aplicat. Până la apariția mijloacelor moderne de producție (mașini agricole, pesticide, îngrășăminte chimice, soiuri și hibridi cu capacitate ridicată de producție etc.), putem admite faptul că, solul producea recolte agricole la nivelul potențialului de fertilitate a

acestui, cu alte cuvinte solurile cu un nivel ridicat al fertilității, cele bogate în humus, produceau cele mai mari recolte (excepție făcând anii agricoli în care culturile puteau fi calamitate din cauza condițiilor meteorologice nefavorabile: grindină, secetă, îngheț etc.). În aceste condiții țăranul, pentru aprecierea fertilității solului, lua în considerare pe lângă aspectul fizic al pământului (culoare, aspectul grăunțos, grad de afânare) și producția pe care acesta o realizează, adică productivitatea solului. După apariția mijloacelor moderne de producție, de care aminteam mai sus, aprecierea fertilității solului folosind ca element producția agricolă nu mai poate fi valabilă deoarece conform acestei afirmații ar trebui ca odată cu creșterea productivității solului să crească implicit și fertilitatea acestuia, ori realitatea a dovedit că producțiile agricole au crescut în timp ce, uneori, fertilitatea solurilor s-a degradat. Despre acest aspect vom discuta în continuare.

Productivitatea solului este capacitatea acestuia de a produce biomasă vegetală. În concepție biologică fertilitatea și productivitatea solului sunt două noțiuni evaluate prin parametri diferiți, în concepție agrochimică și agronomică nu se face o separare clară între parametrii care definesc fertilitatea și cei care definesc productivitatea, lăsând loc de confuzie între aceste noțiuni. De exemplu, producția agricolă este folosită ca parametru atât pentru evaluarea fertilității cât și a productivității solului. Nici la nivel mondial aceste două noțiuni nu sunt totdeauna clar definite (Chaussod, 1996; Kubat, 2001; Filip, 2001).

Argumente în favoarea acestei delimitări clare între cele două noțiuni au fost aduse de-a lungul timpului de specialiști ai domeniului Biologiei solului și anume: Papacostea, Ștefanic, Eliade și Ghinea. Pledoariile acestora pot fi găsite într-un număr mare de publicații (Papacostea 1976; Eliade și colab., 1983; Ghinea, 1985; Ștefanic, 1999;) și sunt cunoscute în rândul specialiștilor în domeniu chiar dacă unii dintre aceștia nu le acceptă în totalitate. Productivitatea solului, măsurată prin recoltele care se obțin, este o consecință directă a fertilității, însă trebuie să ținem cont de faptul că la realizarea acesteia participă factori din afara sistemului sol (Ștefanic și colab., 2001; Florea, 2003).

Constatându-se în timp că productivitatea a crescut, iar fertilitatea solului a scăzut, s-a concluzionat că fertilitatea nu este o noțiune care să oglindească în mod fidel evoluția solului sub impact antropic, în realitate, fertilitatea solului nefiind definită corect nici mijloacele, parametrii de investigare nu au fost judicios aleși. Ca o consecință după 1990 a

apărut o altă noțiune, care poartă numele de calitate a solului (Elliott și colab., 1996 - citat de Vorisek, 2001; Filip, 2001; Ditzler și Tugel, 2002) sau calitate biologică a solului (Chaussod, 1996). Prin această noțiune se dorește o definiție mai exactă a însușirii fundamentale a solului, precum și un instrument de evaluare obiectivă a evoluției solului sub impactul intervenției antropice. De asemenea, noțiunea de calitate biologică a solului tinde să înlocuiască pe cea de fertilitate a solului sub pretextul că aceasta din urmă este o noțiune perimată (Chaussod, 1996).

Lucrarea de față își propune să pună în discuție conținutul acestor trei noțiuni și anume, fertilitatea, productivitatea și calitatea solului; vom insista în expunerea noastră asupra noțiunii de **calitatea solului**, despre **fertilitatea și productivitatea solului**; vom discuta atât cât este necesar pentru a înțelege problematica subiectului. De asemenea vom aduce argumente în favoarea folosirii în continuare a noțiunii de fertilitate pentru caracterizarea solului întrucât nu există o altă noțiune care să înglobeze toată istoria evoluției unui sol, mai exact, toate etapele prin care trece un sol de la stadiul de rocă până la stadiul de climax.

Fertilitatea solului. Menționăm mai sus faptul că fertilitatea solului este definită din mai multe puncte de vedere. Noi considerăm că aceasta nu poate fi exprimată decât prin intermediul factorilor care o formează și anume viața, cu tot ceea ce înseamnă entitate vie, în sol, implicată în circuitele materiei. De aceea, considerăm că una din cele mai complete definiții ale acestei noțiuni este cea dată de Ștefanic (1994): *“Fertilitatea este însușirea fundamentală a solului, care rezultă din activitatea vitală a micropopulației, a rădăcinilor plantelor, a enzimelor acumulate și a proceselor chimice, generatoare de biomasă, humus, săruri minerale și substanțe biologice active. Nivelul fertilității depinde de nivelul potențial al proceselor de bioacumulare și mineralizare, acestea depinzând de programul și condițiile evoluției subsistemului ecologic și de influențele antropice”*.

Această definiție are, pe lângă caracterul de a fi biologică, și calitatea de a fi analitică, înțelegând detaliile definiției, devine posibilă analiza probelor de sol și caracterizarea nivelului de fertilitate, prin determinarea potențialelor vitale și biochimice, precum și nivelul și calitatea acumulărilor de substanțe organice sau anorganice în sol. Noțiunea de fertilitate a solului nu poate fi ruptă de lumea vie a acestuia,

deoarece microorganismele joacă un rol cheie în funcționarea ecosistemului sol. Acestea sunt implicate direct în descompunerea materiei organice (resturi vegetale și animale, humus etc.), descompunerea xenobioticelor, circuitul nutrienților, formarea și asigurarea stabilității agregatelor structurale participând prin aceasta la dezvoltarea structurii solului. Prezența în sol a materiei organice humificate de bună calitate este cheia unui nivel ridicat de fertilitate, de aceea întreținerea conținutului de materie organică a solului trebuie să fie prioritară în orice sistem de agricultură, întrucât nu s-a înțeles acest aspect, însușirile biologice și fizice ale solului, care sunt influențate de starea materiei organice, au fost proprietățile cel mai mult alterate de către practicile agronomice. Trebuie să înțelegem faptul că activitatea biologică a solului reflectă starea fizică și chimică a acestuia, într-un sol care nu oferă condiții fizice și chimice corespunzătoare nu se poate dezvolta viață sau aceasta are un nivel scăzut sau foarte scăzut. Ca urmare, menționăm încă o dată că, fertilitatea este o însușire ce aparține solului și trebuie evaluată și urmărită, sub aspectul evoluției în timp, cu ajutorul parametrilor de investigare care să aparțină solului, ci nu folosind parametrii care acționează în afara sistemului sol, de exemplu producția agricolă. Cel mai bun exemplu care să vină în sprijinul celor afirmate este cel care arată că între cele două noțiuni, pînă în prezent a existat mai mult o corelație negativă, mai exact, producția agricolă a crescut considerabil în timp ce fertilitatea solului a scăzut. Producția agricolă a crescut remarcabil în ultimele decenii ajungându-se de la 1-1,5 t /ha la 7- 8 sau 9 t/ha de cereale.

Productivitatea solului. Aceasta poate fi definită ca o însușire a solului de a produce biomasă vegetală, în speță, recolte agricole. Dar, productivitatea solului nu reflectă în mod obiectiv nivelul de fertilitate al solului deoarece la realizarea producției nivelul tehnologic și condițiile climatice au un rol decisiv. Putem afirma că, productivitatea solului este rezultanta interacțiunilor dintre fertilitatea solului, tehnologia aplicată, condițiile climatice și planta de cultură (fig. 1).

Astăzi, mai mult ca oricând, în procesul de producție agricolă, factorul antropic deține controlul la nivelul tuturor verigilor tehnologice, influențând în mod decisiv nivelul producțiilor, astfel încât, sub raportul nivelului de producție, un sol fertil nu se mai poate diferenția de un sol mai puțin fertil. Totuși, există o diferențiere, demnă de luat în seamă, și

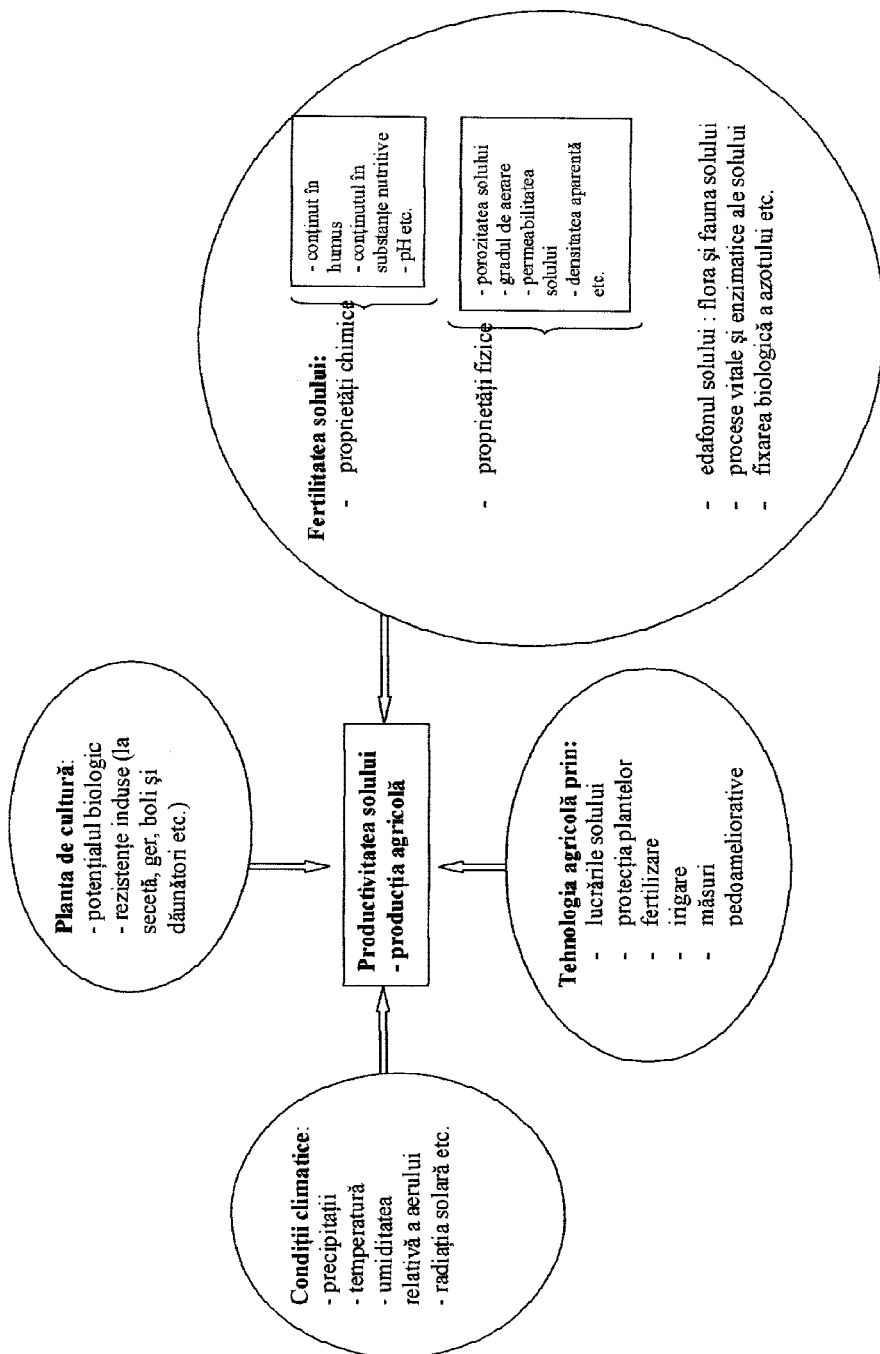


Fig. 1. Factorii care determină productivitatea solului
Figure 1. The factors which determine the soil productivity

anume, costul de producție, care pentru solul fertil este mai redus prin comparație cu solul mai puțin fertil, în timp, această diferență de cost va crește.

Nivelul tehnologic practicat astăzi în agricultură modifică potențialul productiv al solului, mai mult ca oricând, din două motive esențiale:

- nivelul științei și tehnologiei este cu mult mai ridicat decât cel din a doua jumătate a secolului trecut, astfel încât aproape orice neajuns apărut în procesul de producție poate fi corectat;
- ecosistemul agricol este condus, prin intermediul tehnologiei, în sensul satisfacerii nevoii de hrană a plantei, astfel încât, se pornește de la nivelul producției planificate și se intervine la nivelul fiecărei verigi tehnologice pentru obținerea acesteia, în aceste condiții ecosistemul agricol este atât de artificializat, și în același timp atât de simplificat sub raport biologic, încât nu se poate menține fără intervenția antropică.

Iată de ce, am subliniat în repetate rânduri, în cadrul acestei expunerii, că nivelul producției agricole nu poate reflecta nivelul de fertilitate a solului, deoarece omul, prin tehnologie, poate corecta aproape orice neajuns al solului, în raport cu planta de cultură, îi poate corecta gradul de aprovizionare în substanțe nutritive, pH-ul, gradul de compactare etc. Trebuie subliniat că toate aceste măsuri tehnologice sunt făcute pentru ca planta să poată crește în condiții cât mai aproape de optim. Dar, ceea ce înseamnă optim pentru plantă nu totdeauna înseamnă optim pentru sol. Să luăm un singur exemplu, aplicarea îngrășămintelor chimice. Acestea se aplică cu scopul de a hrăni planta nu și solul. Mai mult, aplicarea îngrășămintelor chimice pe termen lung aduce numeroase neajunsuri solului (modifică pH-ul și determină scăderea conținutului de materie organică, prin faptul că accelerează mineralizarea acesteia). Dar, într-o gândire biologică, aceste neajunsuri se pot corecta prin aplicarea materiei organice compostate, care hrănește atât planta cât și solul. Ceea ce este foarte important constă în faptul că perturbările produse în sol de aplicarea îngrășămintelor chimice ar fi în mare măsură tamponate în condițiile aplicării materiei organice. De asemenea, microflora nu ar mai ataca cu precădere, sursa de carbon organic a solului, uneori chiar din formele foarte stabile ale acestuia, cum ar fi humusul, pentru că ar avea în același timp atât azotul cât și carbonul organic necesar. O altă soluție, pentru a evita perturbațiile produse la nivelul solului de aplicarea îngrășămintelor chimice, este fertilizarea foliară.

Nu dorim să se înțeleagă că fertilitatea și productivitatea solului sunt două noțiuni paralele, care nu se intersectează niciodată, deci, nu se influențează. Această influență este totuși unilaterală și nu bilaterală, în sensul că fertilitatea influențează în mod direct și pozitiv productivitatea, în timp ce productivitatea nu poate influența fertilitatea în aceeași direcție pozitivă. Această afirmație este valabilă doar în concepție biologică. Practicienii științelor aplicate din sfera biologiei, adică agrotehnicienii, consideră că și productivitatea influențează fertilitatea solului, însă aceasta este denumită fertilitate artificială. Nu suntem de acord cu această afirmație, pentru un singur motiv; fertilitatea înseamnă reproducerea pe cale naturală în timp, ori tot ceea ce se obține pe cale artificială nu se poate reproduce în timp decât cu ajutorul celui care a creat-o. În acest caz nu putem vorbi de fertilitate. De aici, agricultorul trebuie să înțeleagă că solul nu trebuie exploatat decât până la nivelul care îi permite menținerea însușirilor naturale. De asemenea, trebuie să se țină cont de faptul că la realizarea producției, factorul climatic își pune amprenta într-un mod decisiv. De aceea, pentru a obține producții mari și stabile în timp, fermierul trebuie să cultive acele plante care se pretează pedoclimatului din zona respectivă pentru a nu mai fi nevoie de „artificializarea” mediului natural în vederea asigurării condițiilor de creștere și dezvoltare cât mai aproape de optim. Revenind la legătura care există între fertilitatea și productivitatea solului trebuie să recunoaștem că pentru un practician al agriculturii, și anume pentru fermier, nu putem separa fertilitatea de productivitatea solului pentru că în acest caz, pentru acesta, fertilitatea solului nu mai prezintă interes, însă avem datoria, ca prin mijloacele de popularizare, acesta să înțeleagă că nivelul de fertilitate nu va putea fi evaluat în mod corect prin nivelul producției.

Calitatea solului sau calitatea biologică a solului. Consultând literatura, cu privire la conceptul de „calitatea solului”, se poate desprinde ideea că acest concept a apărut din nevoia de a urmări în mod fidel evoluția solului sub impact antropic, fertilitatea fiind considerată o noțiune depășită, în realitate însă, așa cum este definită calitatea solului în majoritatea publicațiilor, aceasta nu poate satisface această nevoie deoarece noțiunea de calitate, continuă, în marea majoritate a cazurilor, confuzia care exista între fertilitate și productivitate sau i se atribuie în mod unilateral conținutul definiției, fie fertilității, fie productivității solului. Înainte de a continua discuțiile pe acest subiect, considerăm că trebuie

să prezentăm, într-un mod succint, câteva definiții și caracterizări ale noțiunii de calitate a solului:

Elliott ș.a. (1996- citat de Vorisek, 2001): „definește calitatea solului ca fiind capacitatea solului de a produce recolte sănătoase și hrănitoare, de a rezista eroziunii și de a reduce impactul presiunii mediului asupra plantelor”. Conform opiniei acestora calitatea solului nu depinde numai de proprietățile chimice și fizice ale solului ci este foarte strâns legată de proprietățile biologice ale solului, în special de procesele microbiene.

Chaussod (1996): calitatea biologică a solului face referire la abundența, diversitatea și activitatea organismelor care trăiesc și participă la funcționarea solului. Mai precis, într-o perspectivă agronomică, se poate considera calitatea biologică a solului ca fiind formată din patru componente principale, fertilitatea (capacitatea unui sol de a răspunde nevoilor plantei, în special prin activitatea numeroaselor microorganisme care participă la circuitele biogeochimice sau la simbioza radiculară); starea sanitară (Incluzând populațiile de distrugători, patogeni sau buruieni); externalitatea (impactul de mediu al solului asupra apei de suprafață și freatică, precum și asupra atmosferei înconjurătoare); reziliența exprimată în rezistența la perturbații și revenirea la condițiile inițiale. În aceeași expunere, Chaussod afirmă despre calitatea biologică a solurilor cultivate că este în mod clar rezultanta unei combinații între factorii de mediu (tipul de sol, climatul) și factorii antropici (sistemul de cultură, practicile culturale).

Filip (2001): calitatea solului este o valoare integrală a componentelor structurale și funcționale ale ecosistemelor terestre în raport cu diferitele utilizări pe termen lung și condițiile de mediu locale. Același autor definește necesitatea evaluării caracteristicilor fizice, chimice și biologice ale solului ca o premisă obligatorie a unei evaluări efective a calității solului, punând totuși accent pe latura biologică (fig. 2).

Karlen ș.a. (1997-citati de Ditzler și Tugel, 2002): calitatea solului este capacitatea specifică a unui anumit sol să funcționeze între limitele ecosistemului natural sau condus, să susțină productivitatea plantelor și animalelor, menținând sau crescând calitatea apei și aerului și susținând sănătatea umană și habitatul.

Kubát ș.a. (2001): calitatea solului poate fi caracterizată nu numai prin intermediul materiei organice și biomasei microorganismelor solului, ci de asemenea prin intermediul activității biotei solului. Aceiași autori

afirmă că materia organică este o importantă caracteristică a calității solului.

Wander (2002) consideră că termenul de „calitatea solului” cuprinde atât productivitatea solului cât și posibilitățile mediului.

Ditzler și Tugel (2002): conceptul de „calitatea solului” este axat pe abilitatea solului de a îndeplini funcții specifice. Funcțiile solului includ activitatea biologică susținută, regularizarea și separarea curgerii apei, filtrarea, tamponarea, degradarea, imobilizarea și detoxificarea materialelor organice și anorganice, stocarea și reciclarea nutrienților, de asemenea, asigură suport mecanic pentru structurile socioeconomice și de protecție pentru comorile arheologice (Seybold ș.a., 1997 - citați de Ditzler și Tugel, 2002).

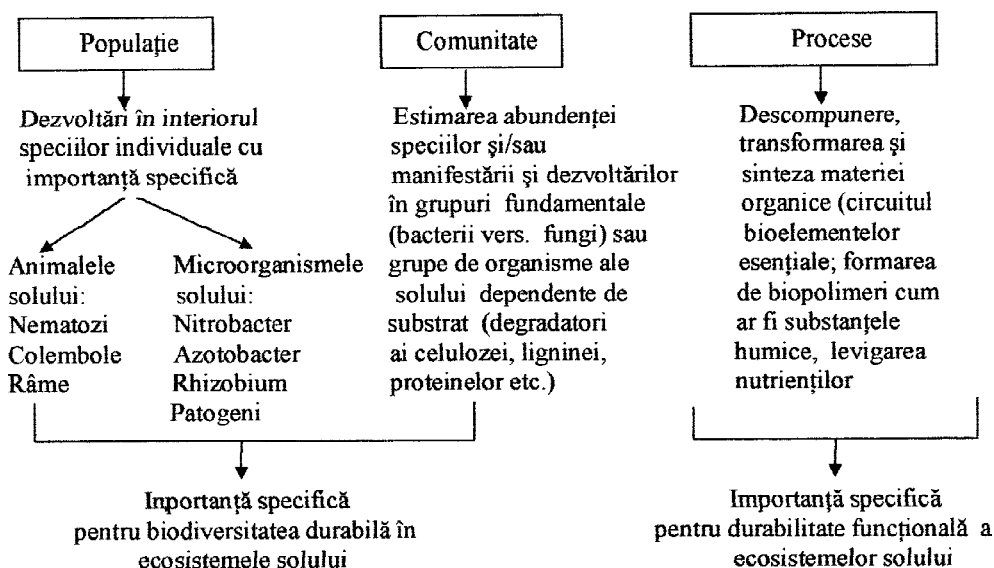


Fig. 2. Caracteristici ale populației, comunității și nivelului proceselor asociate în biodiagnosticarea calității solului (Filip, 2001).

Figure 2. Characteristics of population community and process related levels in the bioindication of soil quality.

De asemenea, definițiile generale pentru calitatea solului, în sens larg, reflectă capacitatea solului de a realiza servicii incluzând producția vegetală și animală, transportul și regularizarea materiei (apă și alți

componenti) prezente sau adăugate în sol (Doran și Parkin, 1994; Karlen ș.a., 1998 - citați de Wander ș.a., 2002). În plus, descrierile calității solului reflectă aprecierea pentru pretabilitatea solului la folosire (Larson și Pierce, 1994 - citați de Ditzler și Tugel, 2001) și capacitatea solului de a rezista și a se reface după degradare (Blum, 1998; Greenland și Szabolcs, 1994 - citați de Wander ș.a., 2002).

Conform conținutului acestor definiții sau caracterizări privind noțiunea de calitate a solului se desprind următoarele:

- calitatea solului asigură condiții de creștere și dezvoltare pentru plante, care înseamnă de fapt productivitatea solului;
- calitatea solului, prin definiție, nu se deosebește cu nimic de fertilitatea solului înțelesă în sens biologic.

Revenind la definiția dată de Chaussod (1996), se poate observa cu ușurință confuzia pe care o face între fertilitatea și productivitatea solului. Acesta definește fertilitatea solului ca fiind capacitatea acestuia de a răspunde nevoilor plantei, în special prin activitatea numeroaselor microorganisme care participă la circuitele biogeochimice sau la simbioza radiculară. În realitate, fertilitatea solului nu răspunde nevoilor plantei decât în mod indirect; ea răspunde în mod direct nevoilor microorganismelor care trăiesc în sol. În acest context merită să amintim faptul că microorganismele dezvoltă procese biochimice pentru satisfacerea nevoilor proprii și nu pentru a-și face "datoria" față de covorul vegetal. De fapt, elementele nutritive preluate de plante din sol nu sunt altceva decât „deșeurile” vieții microbiene, de aceea este deosebit de importantă întreținerea vieții în sol, altfel solul fără viață devine un suport mecanic, unde vom fi nevoiți să introducem, din sac, substanțele nutritive necesare plantei, iar costurile vor fi colosale. În aceeași expunere, Chaussod afirmă despre calitatea biologică a solurilor cultivate că este în mod clar rezultatul unei combinații între factorii de mediu (tipul de sol, climatul) și factorii antropici (sistemul de cultură, practicile culturale). O exprimare mai clară ca aceasta nu se putea da noțiunii de „productivitatea solului”. Dată fiind confuzia acestui autor îi înțelegem afirmația conform căreia fertilitatea este o noțiune perimată.

Admițând faptul că fertilitatea și productivitatea solului sunt două noțiuni distincte, poate era nevoie de un nou concept, fie el și sub numele de calitate a solului, care să înglobeze aceste două noțiuni la care se mai adaugă elemente de poluare a mediului înconjurător sau chiar elemente economice. Am denumit calitatea solului și nu calitatea

biologică pentru că termenul de biologic include în mod obligatoriu viața; ori în conceptul de „calitatea solului” intră și elemente care nu sunt legate de viață. Această precizare era necesară pentru a nu se înțelege faptul că sinonimia dintre calitatea solului și calitatea biologică a solului, enunțată anterior, aparține autoarei ci aceasta aparține autorilor citați.

Ca urmare, înțelegem tendința acestor curente de opinie privind monitorizarea evoluției solului, și anume, se caută trecerea principiilor și tehnicilor, care le era la îndemână mai mult specialiștilor și oamenilor de știință, către latura practică, adică se dorește ca și fermierii să-și poată urmări evoluția propriilor soluri. Și cum fermierul modern este în primul rând un agent economic, mai exact, trebuie să creeze profit, trebuie să fie capabil să-și analizeze singur tehnologia, sub raportul beneficiilor aduse, dar în egală măsură și efectele asupra solului și mediului înconjurător, în general.

În S.U.A. și Canada, există un real interes pentru dezvoltarea strategiilor de evaluare a calității solului care să fie utilizate de fermieri. Aceste preocupări au fost concretizate prin crearea unor institute de calitatea solului și grupuri de lucru formate din specialiști și fermieri, care au drept scop găsirea de soluții și mijloace de investigare, prin care fermierul să-și poată monitoriza, singur sau asistat, evoluția calității solului sub impact tehnologic.

Metodele de evaluare a calității solului, propuse de aceștia, pot fi:

- card de sănătate a solului (Soil Health Card);
- model de card de sănătate a solului NRCS (NRCS Soil Health Card Template);
- kit test de calitate a solului (Soil Quality Test Kit);
- analize de laborator.

Pentru a veni în întâmpinarea nevoii fermierilor americani de a-și aprecia singuri impactul tehnologic asupra evoluției solului, mai mulți autori au propus seturi de indicatori ai calității solului (Larson și Pierce, 1991; Doran și Parkin, 1994; Sarrantonio și colab., 1996; Karlen și colab., 1998 - citați de Ditzler și Tugel, 2002). O trăsătură comună a seturilor de indicatori propuși este că toți includ unele combinații ale proprietăților fizice, chimice și biologice. De aceea au fost realizate teste card, de către specialiști și fermieri, cu ajutorul cărora să se poată aprecia calitatea solului. Fiecare card conține o listă de indicatori ai calității solului cu un set de termeni descriptivi pentru fiecare indicator, definind trei niveluri de calitate a solului: bună, satisfăcătoare și slabă.

Notele sunt în general pe o scară numerică, cu 1 până la 3 - gradații pentru calitate slabă; 4 până la 6 pentru calitate satisfăcătoare și 7 până la 9 pentru calitate bună. În mod colectiv, cele 7 carduri (pentru 7 state din S.U.A: Illinois, Maryland, Montana, North Dakota, New Mexico, Ohio și Oregon) au identificați 32 de indicatori fizici, 12 indicatori biologici, 9 indicatori chimici și 15 indicatori de plantă sau reziduuri, ai calității solului. Tabelul I pune în evidență câțiva indicatori și termenii descriptivi ai calității solului.

Romig și colab. (1996 - citat de Ditzler și Tugel, 2002) notează că aceste carduri au perspectivă în aprecierea calității solului pentru că sunt înțelese de către fermieri.

Scopul acestor carduri este de a furniza fermierilor un instrument care va fi simplu de utilizat, necostisitor și care furnizează rezultate rapide. De asemenea, acest card este un instrument util fermierilor pentru compararea diferitelor efecte tehnologice asupra aceluiași tip de

Tabelul I. Exemplu de indicatori ai calității solului și termenii descriptivi ai acestora (Ditzler și Tugel, 2002)

Table 1. Examples of soil quality indicators and descriptive terms from soil quality

Indicatori	Termeni descriptivi		
	slabă	satisfăcătoare	bună
Organismele solului	puține insecte, viermi sau fungi	câteva insecte, viermi sau fungi	multe insecte, viermi sau fungi
Râme	0-1 pe brazdă	2-10 pe brazdă	> 10 pe brazdă
Descompunerea rezidurilor	Descompunere rapidă cu puține sau nici un reziduu evident în primii cm ai solului sau o foarte încetă descompunere cu reziduuri relativ nedezintegrate în primii cm ai solului	Unele reziduuri vizibile nedescompuse în primii cm ai solului	Reziduuri în diferite stadii de descompunere la suprafața solului sau în primii cm ai solului
Vigoarea culturii	Creștere pipernicită, decolorată, densitate neuniformă	O anumită creștere neuniformă, pipernicită; ușoară decolorare	Plante sănătoase, viguroase, crescute uniform

sol, monitorizarea schimbărilor în timp acolo unde un nou sistem tehnologic a fost introdus și detectarea zonelor cu probleme din câmp.

Cardul nu este destinat comparării observațiilor făcute de diverși fermieri, datorită naturii subiective a evaluării, în consecință, aceeași persoană trebuie să facă observațiile. Calitatea solului poate fi măsurată prin utilizarea proprietăților cheie ale solului sau indicatori care reflectă procese importante ale solului.

Pe baza celor expuse cu privire la abordarea americană a conceptului de calitate a solului putem spune că acesta are drept scop transferarea în practică a cunoștințelor științifice fundamentale din domeniul pedologiei, biologiei solului, și familiarizarea fermierului cu acestea. Aceste carduri sau kituri nu fac altceva decât să-i pună fermierului sub aceeași lupă, atât nivelul producției cât și valoarea indicatorilor fizici, chimici și biologici ai solului, astfel încât, acesta să poată vedea în care din cele trei direcții posibile (menținere, creștere, scădere sau degradare) se îndreaptă fertilitatea solului.

După cum am arătat, aceste carduri sunt destinate fiecărei zone în parte, chiar fiecărei ferme, și includ parametrii care interesează într-un anumit biotop. De exemplu, prezența sărurilor are tendința să fie văzută ca un indicator al unei calități slabe a solului de unii fermieri, în timp ce alții o pot vedea ca pe o însușire pozitivă, dacă funcția de interes este habitatul pentru speciile rare de plante halofite. De aceea, se insistă ca aceste carduri să nu fie utilizate pentru compararea calității solurilor ce aparțin diferitelor unități de sol, ci se urmărește evoluția aceluiși sol, în timp, sub impact antropic. Luând în considerare cele enunțate mai sus, îmi permit să afirm faptul că această noțiune de calitate a solului trebuie văzută ca o noțiune complexă, care pune laolaltă însușiri ale solului de prim rang, cum sunt fertilitatea și productivitatea sau capacitatea productivă, alături de alți factori, cum ar fi: starea sanitară a solului, starea de poluare și de asemenea, pretabilitatea pentru anumite folosințe (fig. 3)

Această radiografie a noțiunii de calitate a solului îndeplinește o realitate, și anume, faptul că fermierul astăzi trebuie să fie interesat în egală măsură atât de producțiile agricole obținute cât și de evoluția solului, protecției mediului înconjurător, în context economic, pentru că, înainte de toate, procesul de producție agricolă este o activitate economică care nu va avea continuitate decât dacă este rentabilă.

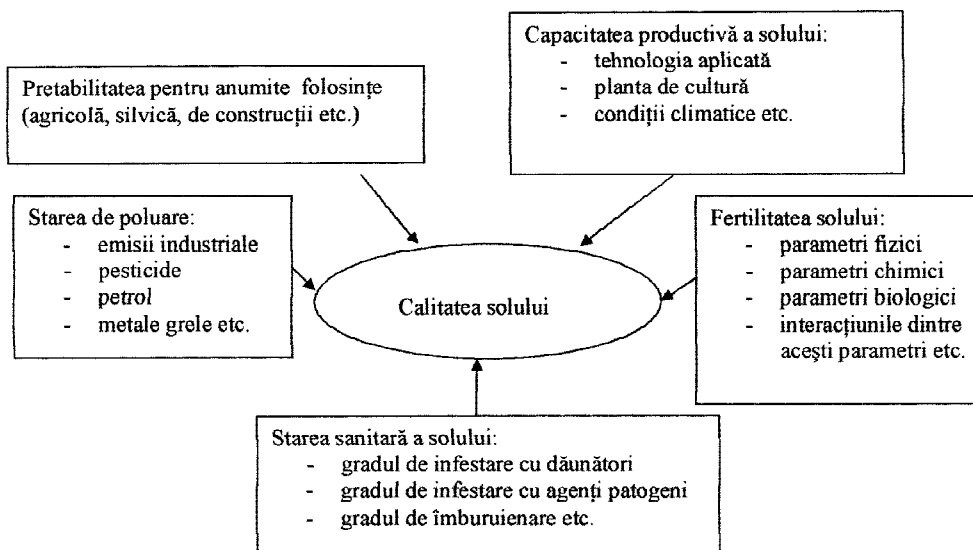


Fig. 3 - Factorii care determină calitatea solului
 Figure 3 - The factors which determining the soil quality.

Dacă adoptăm aceste afirmații, atunci nu ar trebuie să mai găsim în literatură, afirmării de genul „materia organică este un indicator al calității solului” (Kubat ș.a. 2001; Bending ș.a., 2004) sau „însușirile biologice ale solului sunt indicatori ai calității solului” (Chaussod, 1996; Filip, 2001; Bending ș.a., 2004) deoarece aceste însușiri aparțin fără echivoc fertilității solului și nu calității acestuia.

Calitatea solului, de altfel, nici nu poate fi măsurată, fiind o noțiune abstractă, filozofică, în cazul de față, această noțiune trece din sfera abstractului în cea a concretului prin intermediul unor indicatori bine definiți (fig. 3) și numai după ce facem o evaluare a acestor indicatori, care pot fi măsurăți, noțiunea de calitate capătă conținut, și anume, aceasta poate fi bună sau mai puțin bună. În această situație fermierul, având la un loc valoarea tuturor indicatorilor, atunci poate acționa diferențiat în funcție de nevoile concrete de corectare a acestora. De asemenea, el respectă condiția de bază a agriculturii durabile, și anume, producții rentabile și sănătoase fără să se aducă prejudicii solului și mediului înconjurător.

În condiții naturale (adică fără intervenția omului) solul nu va fi niciodată o sursă de poluare pentru mediul înconjurător. De exemplu,

solul nu va polua pânza freatică cu nitrați, dacă acesta își desfășoară toate procesele chimice și biochimice în condiții naturale; însă atunci când omul intervine asupra solului prin procesul de producție (fertilizare chimică și lucrări ale solului), în anumite situații, afirmația precedentă nu mai este valabilă.

Ca urmare, considerăm că, apariția acestui concept de „calitate a solului” se adresează în primul rând celui care practică agricultura, și anume, fermierului.

În concluzie, noțiunea de calitate a solului nu trebuie să o înlocuiască pe cea de fertilitate, ci să o includă; fertilitatea solului înglobează toată istoria unui sol din primele stadii ale evoluției acestuia și până la stadiul de climax, de aceea considerăm că nici o altă noțiune nu o va putea înlocui.

BIBLIOGRAFIE

1. Bending G. ș.a., 2004 - Microbial and biochemical soil quality indicators and their potențial for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology & Biochemistry*, no 36, p. 1785-1792
2. Chaussod R., 1996 - La qualite biologique des sols: evaluation et implications. *Etude et Gestion des sols*, numero special, Paris, p. 261-278
3. Chiriță C., 1974 - Cap. 2 Fertilitatea solului In: *Ecopedologie*, Ed. Ceres, București, p. 486-499
4. Davidescu D., Davidescu V., 1981 - *Agrochimia modernă*, Ed. Academiei R.S.R., 28
5. Ditzler., Tugel A, 2002 - Soil Qualitz Field ToolsȘ Experiences of USDA-NRCS Soil Quality Institute. *Agron. J.*, no.94, p. 33-38
6. Eliade G., Ghinea L., Ștefanic G, 1983 - Bazele biologice ale fertilității solului. Ed. Ceres, p. 7-24
7. Filip Z., 2001 - Ecological, legal and methodical approaches to biological indication of soil quality. *Symp. Crop science on the verge of the 21st century - opportunities and challenges*, Prague, p. 136-140
8. Florea N., 2003 - Solul (terenul), component al mediului ambient și resursă naturală; *Monitoringul calității solurilor României. În: Degradarea, protecția și ameliorarea solurilor și terenurilor slab productive*, București, p. 16-52 și p. 300- 309
9. Ghinea L., 1985 - *Viața în sol*. Ed. Ceres, p 49-53
10. Ionescu-Șișești G., 1942 - *Agrotehnică ediția 2*, Ed. Cartea Românească, p. 234-236

11. Kubat J. ș.a., 2001 - Relationships between soil productivity and soil quality. Symp. Crop science on the verge of the 21st century - opportunities and challenges, Prague, p. 154-156
12. Papacostea P., 1976 - Biologia solului. Ed. Științifică și Enciclopedică, București, p. 119-123
13. Ștefanic G., 1994 - Cuantificarea fertilității solului prin indici biologici. Lucr. Conf. Naț. de Știința solului, Tulcea SNRSS, p. 45-55
14. Ștefanic G., 1999 - Cercetarea pedo-biologică pentru o agricultură durabilă. Simpozionul Agricultura durabilă-performantă, p. 261-264
15. Ștefanic G., Săndoiu D. I. Niculina Gheorghiiță, Gheorghiiță Ș., 2001 - Principii pedo-biologice pentru agrotehnologiilor amelioratoare ale fertilității solurilor slab productive. Simpozionul „Ameliorarea solurilor slab productive din Oltenia”, Craiova, p. 325-330
16. Vaillant V., 1901 - Petite chimie de l'agriculteur. Ed. Felix Alean, p.26-27
17. Villiams V. R., 1927 - Agrotehnică cu baze de pedologie. Ed. Agro-Silvică de Stat, București 1954, p. 39
18. Vorisek K., 2001 - Evaluation of soil biological activity. Symp. Crop science on the verge of the 21st century - opportunities and challenges, Prague, p. 141-144
19. Wander M. ș. a., 2002 - Soil Quality: Science and Process. Agron. J., no. 94, p. 23-32
- 20 ***Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute, 2001

REHABILITATION OF SOILS POLLUTED WITH PETROLEUM

M. Dumitru, Anca-Rovena Voiculescu
*National Research and Development Institute for Soil Science,
Agrochemistry and Environment, Bucharest*

Abstract

Romania, as a country producing oil and with a tradition in its processing, unfortunately, is affected by some accidental, undesired phenomena that lead to the environmental pollution with oil, petroleum products and residues resulted from the oil processing.

Approximately 50000 ha agricultural and forestlands are polluted by petroleum hydrocarbons and brine, within the areas of petroleum extraction, transportation and processing in Romania.

These pollution phenomena induces important changes at the levels of the soil organisms, especially microorganisms, leading to the extinction of a large number of species and determining the decrease of the most important property of soil, fertility.

By avoiding the pollution effects and rebuilding the initial state of ecosystems, the first stage of the sustainable development concept is applied that, in the soil science field represent the optimisation of soil function that generate the fertility.

In this view, an experiment for rehabilitation of a petroleum-polluted soil was carried out using the bioremediation *in situ*.

Keywords: petroleum hydrocarbons, biodegradation, manure, bacteria inoculation

INTRODUCTION

Romania, as a country producing oil and with a tradition in its processing, unfortunately, is affected by some accidental, undesired phenomena that lead to the environmental pollution with oil, petroleum products and residues resulted from the oil processing.

The development of oil industry, both the extraction and processing branches, including transportation of oil and oil products, often takes together with several secondary, unforeseeable phenomena, with effects that are more or less harmful for the environment.

Among these, the most dangerous ones are related to soil pollution by petroleum with or without brine. Approximately 50000 ha agricultural and forestlands are polluted by petroleum hydrocarbons and brine, within the areas of petroleum extraction, transportation and processing in Romania. A severe soil salinisation takes place where the pollution with petroleum hydrocarbons and brine occurs. An alarming increase of exchangeable sodium was noticed within the Videle oilfield, on a Brown Reddish soil, the values reaching 20-30% (Toti, 1999).

Petroleum hydrocarbons radically modifying soil properties (physical, chemical and biological). They form an impermeable film on soil surface, which prevents water circulation in soil and gas exchange between soil and atmosphere, causing the suffocation of plants roots and favouring the reduction processes. As the conditions become more anaerobic, the number and metabolic activity of bacteria decrease (Hughes and McKenzie, 1975, in Dart & Stretton, 1980). As petroleum is rich in organic carbon (98% hydrocarbons), the C: N ratio from soil increases having a negative influence on microbiological activity and plant nitrogen nutrition.

The existence of petroleum hydrocarbons on the cultivated soils affect seed germination, plant growth and yield. The volatile components of crude petroleum have great penetration power. The hydrocarbons may penetrate the seeds when contact them and may kill the embryo or prevent the germination by reducing the water movement towards the seeds and by decreasing the necessary oxygen for germination. Soil pollution with 0.5% total petroleum hydrocarbons decreased the maize yield with 36%, while pollution with 1% total petroleum hydrocarbons reduced the maize yield with 57% (Dumitru et al., 1998).

These pollution phenomena induces important changes at the lev-

els of soil organisms, especially microorganisms, leading to the extinction of a large number of species and determining the decrease of soil fertility, the most important property of soil which sustains the vegetal and animal life, human life, respectively.

Human intervention, however, may be required to establish a suitable microbe community at the site or to apply agronomic techniques (such as tillage and fertilizer application) to enhance petroleum natural degradation or migration processes (Frick et al., 1999).

For establishing the most appropriate technologies of soil decontamination, a thorough knowledge of physical, chemical and biological characteristics of the polluted soils are necessary. The major process contributing to oil polluted soil decontamination is biodegradation that involves the participation of a large variety of microorganisms (Dart & Stretton, 1980). The process consists in the organic contaminants decomposition by the natural microbial inhabitants in soil, which use the pollutants as carbon and energy sources for producing the cell material. Among the microorganisms, some bacteria, yeasts, filamentous fungi and algae possessing the enzymatic equipment able to degrade the petroleum hydrocarbons in soil (Dinees et al., 1989; Prichard, P.H., 1992; Margesin R. & Schinner F., 2001; Vinas, M. et al., 2002). The great diversity and the abundant representation of bacterial and fungal genera with hydrocarbon metabolic capabilities render soil a favorable environment for petroleum biodegradation (Bossert & Bartha, 1984). Soil, as biologic system animated by the immense microbial communities, could influence through their physics and chemical properties the development and activity of these microorganisms.

Many technologies developed in the last years for the decontamination of oil-polluted soil rely on the microbial degradation. The amazing physiological versatility of natural communities of microorganisms in various habitats and their ability to metabolize and often mineralize an enormous number of organic molecules has have permitted many decontamination technologies, generically named with the term "bioremediation" (Alexander, 1994).

The result of crude oil dispersal on the soil could be, in the first stage, the increasing of bacterial community by proliferation of hydrocarbons degraders strains. But, simultaneously, the decreasing of the diversity of populations is occurred. Very soon, after soil pollution with petroleum, the petroleum hydrocarbons degraders, both bacterial and fun-

gal strains, are about 50% bacteria, respectively 60-82% fungi, gradually becoming 100% from the entire microorganisms community, while in unpolluted soils these microorganisms represent only 0.1%. This fact is due to elimination of microorganisms sensitive to oil pollution of soil. In the last three years decade were identified more than 200 species of microorganisms with hydrocarbons breakdown capabilities.

As soil pollution with oil, petroleum products and residue affecting its capacity to sustain even the life, elaboration of a remediation technology adapted to Romanian economic conditions was very necessary.

Remediation technologies have to include the whole necessary measures to create the favorable conditions to intensively developing of those microorganisms that can degrade the petroleum hydrocarbons (such as tillage and fertilizer application) to enhance petroleum natural degradation or migration processes (Frick et al., 1999). If the natural communities are very poor in petroleum degraders is necessary to apply the technique of soil enrichment with selected microorganisms.

MATERIALS AND METHODS

The demonstrative pilot field was developed on the Albota-Arges Albic Luvisol polluted with 3% petroleum in the first 10 cm of soil. For this site the proper remediation technology we consider to be the bioremediation *in situ*. The melioration measured applied to oil-polluted soil was:

- > **Liming** with $6 \text{ t.ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$. Albic Luvisol is an acid soil, and liming applying is very necessary to improve its reaction and the state of base saturation.
- > **Deep loosening of soil** is the ameliorative operation that implies all the operations that aim to optimizing the ratio between the solid phase volume and that of the lacuna space. Deep loosening for extending the lacuna space of soil horizon was made up to 40-50cm and 75 cm apart, according to the depth of the Bt soil horizon. This operation does not imply the mixture or inversion of soil horizon.
- > **Organic fertilization** with 150 t.ha^{-1} or 300 t.ha^{-1} manure;
- > **Mineral fertilization** with different doses of nitrogen, phosphorous and potassium:
 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$, $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{200}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$, and $\text{N}_{200}\text{P}_{200}\text{K}_{100}$.
- > **Inoculation of soil with selected bacteria.**

Ameliorative fertilization, both organic and mineral, aims, firstly, raises the nitrogen content in soil in relation with the organic carbon (resulted from petroleum hydrocarbons), implicitly, the C: N ratio to an optimum level.

Albic Luvisol, as acid soils, native poor in nutrients, sustain usually small bacteria communities, being favourable for fungi development. In this case, soil enrichment with selected bacteria was necessary. These bacteria species isolated from other Luvisols very high polluted with oil, were purified and multiplied through successive dilution and inoculation in Petri dishes with different nutritive media (Topping, Potato Sugar Peptone Agar). These bacterial strains were tested in laboratory to reveal its capabilities to degrade the petroleum by cultivation on the mineral media without other carbon source than that from petroleum hydrocarbons. The bacteria strains that were used for soil enrichment belonging to the genera *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Micrococcus* and *Flavobacterium*. Other bacteria strains used for polluted soil inoculation, belonging to *Bacillus* and *Actinomyces* genera, because their high capacity to mineralize organic matter in soil.

Experimental field was divided in two equal plots, one without liming and one with $6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$. In the same mode, the experimental field was divided in a plot where soil was deep loose, and other without deep loosening. Each plot received those ameliorative measures that already presented. Each treatment had a land area of 300 m^2 ($20 \times 15 \text{ m}$). The test plant was maize (Turda 200 hybrid). Chemical and microbiological analyses, carried out every experimental year in spring and autumn (May and September), were: total organic carbon and nitrogen contents, nutrients contents (phosphorus and potassium mobile forms), soil reaction (pH - H_2O), total petroleum hydrocarbons, total number and taxonomic determination of bacteria and filamentous fungi (Bergey's, 1986, Pitt J.I., 1991)

RESULTS AND DISCUSSIONS

The interpretation of the obtained results aims to reveal the influence of each melioration measures applied on the petroleum degradation, and the interaction between these, for establish the most appropriate treatment for decontamination of an Albic Luvisol in these concrete ecological conditions and pollution level.

The most important indicators of the bioremediation technology efficiency are the total number (TNB) and variety of bacteria, mainly those bacteria with petroleum breakdown metabolic abilities, and the increasing of total petroleum hydrocarbons in polluted soil.

The liming effects

At the beginning of experience, the soil reaction was from very strong acid to strong acid, expressed in pH (H₂O) values between 3.5-5.0. This variation was due to different ameliorative measures applied. Obviously, the increasing of pH values occurred in treatments liming with 6 t.ha⁻¹ CaCO₃ and/or fertilized with manure, its reaction being neutral-weak alkaline. At the end of experimental time, after three years, pH values were moderate acid, almost in all treatments, varying between 5.0-5.8. In some of liming treatments the soil reaction becomes even weak acid-neutral.

Amelioration of soil reaction is very important for microorganisms developing, both those owned to the soil and those included by inoculation. Also, liming stimulate the increase of bacteria population proportion as compared with fungi population that could develop well in acid soils. To be effective, the oxidative enzymes that breakdown the petroleum hydrocarbons requires an optimum pH. A soil solution reaction around neutral is an optimum media for enzymes activity that enhancing the petroleum biodegradation process.

The deep loosening effects

The data reveal that the deep loosening without liming did not provide, neither increasing the efficiency of petroleum breakdown nor yield increases. But, deep loosening is a very important technologic link by creating an aerated media favourable for developing of oxidizing microorganisms that are the mainly hydrocarbons degraders. In the same time, deep loosening favouring the plant radicular system development.

The organic and mineral fertilization effects

The native Albic Luvisol used for this experiment being very poor in nutrients and humus, even unpolluted, requires fertilization, both organic and mineral.

Manure, as organic fertilizer, contain all substance necessary to plants growth, increases water hold capacity of soil, increases buffering capacity diminishing the noxiously action of different pollutants, improves the soil structure and permeability (mainly to soil with extreme texture), enhances the microorganisms activity, and by organic matter

decomposition release important quantities of nutrients and enzymes. Manure, is also, a reservoir of microorganisms active in organic matter decomposition. All these characteristics recommend addition of manure to petroleum-polluted soils.

In the first experimental year the organic carbon content increases in treatments with manure at both applied doses (150 t.ha^{-1} and 300 t.ha^{-1}). In the second year the organic carbon contents beginning to decrease, till the finish of the third experimental year, when the organic carbon contents in treatments with maximum manure dose was less than that from treatment without manure. Manure, very rich in microorganisms (bacteria and filamentous fungi), has been enhancing the organic carbon, both from manure and petroleum hydrocarbons, decomposition, respectively biodegradation process.

The effect of mineral fertilizer with different doses of nitrogen was the uniformity of total nitrogen values at the fine of the third experimental year. A highest value was obtained in inoculated treatment, as result of nitrogen released from died microorganisms cells.

At the fine of experiment the C: N ratio values were, generally, close by those characteristics to unpolluted soil at the neighboring territory. In treatments fertilized with 150 t.ha^{-1} manure the increasing of C: N ratio values were more significant than in that fertilized with a higher dose of manure (300 t.ha^{-1}). These suggest that, the proper dose of manure for petroleum-polluted soil decontamination technology is 150 t.ha^{-1} . The best results were obtained in inoculated treatments, where the values of C: N ratio varied between 12 and 13, reflecting a good balance of these nutrients in soil.

Mineral fertilizer with phosphorus and potassium has been maintaining, on the entire experimental time period, the high level of this nutrient available to plants.

Evolution of bacteria communities

In the first experimental year was reported the most spectacular values of total bacteria number, because, them reflected precisely the efficiency of every one of remediation measures applied to petroleum-polluted soil: liming, deep loosening, and organic and mineral fertilization. Moreover, the data reflect the interrelation between them that intensifying each other. In the treatment with all ameliorative measures applied was obtained the highest total number of bacteria value $159 \times 10^6/\text{g}$ dry soil respectively (Table 1).

Table 1. Total number of bacteria in petroleum-polluted Albic Luvisol with different treatments in field experiment, Albota County

Treatments	Total number of bacteria x10 ⁶ cfu /g dry soil		Treatments	Total number of bacteria x10 ⁶ cfu/g dry soil		Treatments	Total number of bacteria x10 ⁶ cfu/g dry soil	
	1 st year	2 nd year		1 st year	2 nd year		1 st year	2 nd year
Deep loosening			Deep loosening			Deep loosening		
Liming with 6 t.ha ⁻¹ CaCO ₃	0 t.ha ⁻¹ manure		Liming with 6 t.ha ⁻¹ CaCO ₃	150 t.ha ⁻¹ manure		Liming with 6 t.ha ⁻¹ CaCO ₃	300 t.ha ⁻¹ manure	
N ₀ P ₀ K ₀	59	27	N ₀ P ₀ K ₀	60	26	N ₀ P ₀ K ₀	82	35
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	66	29	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	52	28	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	117	29
N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	78	24	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	117	27	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	146	22
N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₁₀₀	122	28	N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₁₀₀	134	48	N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₁₀₀	125	46
N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀ +inoculum	145	32	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀ +inoculum	156	56	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀ +inoculum	159	64

In contrast with this, the smallest value of total number of bacteria, 15x10⁶/g dry soil, was recorded in treatment liming with 6 t.ha⁻¹ CaCO₃, but, without deep loosening, mineral or organic fertilization and inoculation. This treatment recorded very small values of total number of bacteria till the end of experiment.

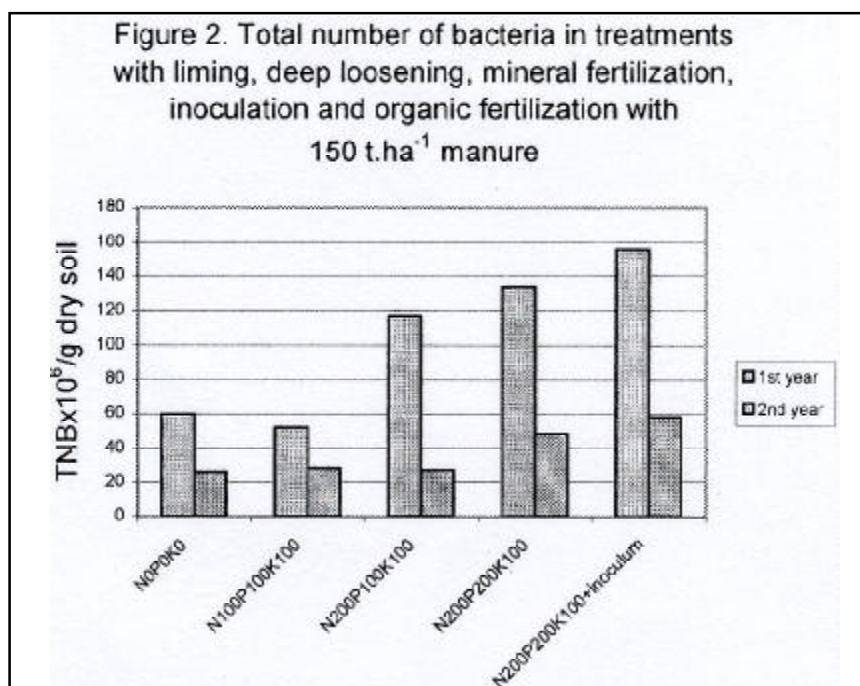
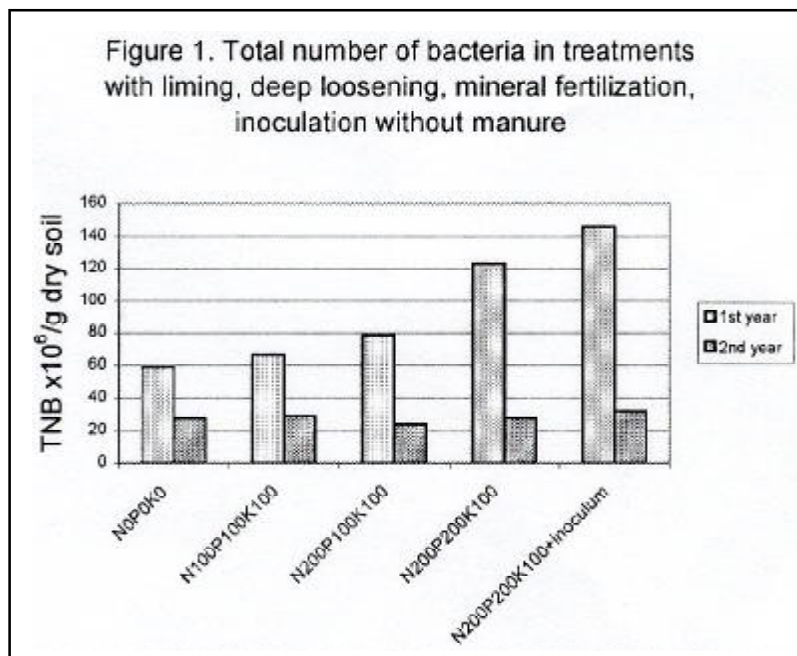
Liming with CaCO₃ has been intensifying the action of organic fertilization to stimulate the bacteria development, both at 150t.ha⁻¹ and 300t.ha⁻¹, manure.

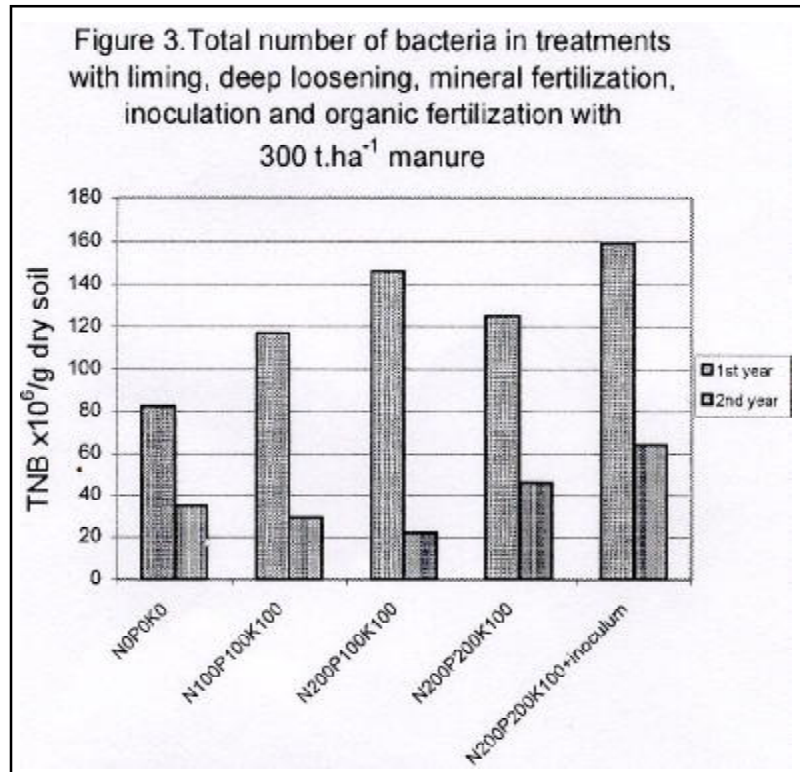
Mineral fertilization has been stimulated the proliferation of bacteria at all doses applied, but especially at

N₂₀₀P₁₀₀K₁₀₀
and

N₂₀₀P₂₀₀K₁₀₀ +
inoculation.

Ever since the beginning of the experiment, in the first year, in the inoculated treatments the total number of bacteria increased very much as compare with those who did not receive inoculum (figure 1, 2, 3).





This good developing of bacteria is due to proliferation of strains added to the polluted soil by inoculation, and confirms the acclimation of microorganisms to substrate. Moreover, the values reveal the stimulating effect of mineral fertilizers on bacterial communities.

In the autumn of the last experimental year, at the fine of experiment, there happened a uniformity of values of total number of bacteria at a low level, between 20-30x10⁶/g dry soil, in almost all treatments. Excepted from this rule were treatments with all ameliorative measures: liming, deep loosening, organic fertilization with both manure doses, mineral fertilization with maximum dose of NPK and inoculation.

Obviously, the total amount of bacteria in soil is a response to a great number of factors, among which petroleum residues determine new ecological conditions with high impact on the microbial evolution. These conditions influence not only the size, but also the diversity of bacterial communities. The soil becomes inhabited by bacterial genera and

species able to use and degrade the petroleum hydrocarbons.

Bacterial species frequently isolated from this soil were: *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas sp.*, *Arthrobacter globiformis*, *Arthrobacter citreus*, *Mycobacterium roseum*, *Micrococcus sp.*, *Flavobacterium sp.* and some *Bacillus species*.

These isolated bacteria genera and species are well known as hydrocarbon degraders. Species from all these genera belonging to inoculum applied in soil, and their high frequency indicate a good rate of survival and adaptability to environmental conditions. Also, data confirms good choice of consortium selected bacteria strains for inoculation.

In these three-year time (period of experimentation) was happened a selection of adapted and implied in petroleum biodegradation microorganisms, by quantitative and qualitative elimination of that sensitive part of them. As consequences, the dimension of bacterial populations were decreased but they have become more and more specialized in petroleum biodegradation. This fact is a good premise for decontamination of petroleum-polluted soil.

At the last year of experiment, the liming, loosening and application of organic and mineral fertilizers stimulated the developing of *Pseudomonas aurantiaca* and *Pseudomonas lemonnieri*, species that are indicators of higher ecological conditions. Their presence demonstrating a qualitative improvement of petroleum-polluted soil under melioration measures applied.

Evolution of fungi communities

Since the first experimental year the data reveal the modification as concerning the dimension and qualitative composition of fungal population caused by the meliorative measures applied. The values of total number of fungi (TNF) varied in wide range between $12-186 \times 10^3/\text{g}$ dry soil (table 2).

26 fungal genera were identified expressing a fungal community with high diversity. Generally, Albic Luvisol is very favourable for that microorganism that having a great nutritive opportunism, a high power to adapting at unfavourable environmental conditions, as small quantities of nutrients and acid reaction.

Moreover this impressive diversity of fungal communities reflecting a very good colonization of soil with microorganisms, that means a high equilibrium state of soil and a good premise to counteract the pollution effects.

Table 2. Total number of filamentous fungi in petroleum-polluted Albic Luvisol with different treatments in field experiment, Albota County

Treatments	Total number of fungi x10 ³ cfu/g dry soil		Treatments	Total number of fungi x10 ³ cfu/g dry soil		Treatments	Total number of fungi x10 ³ cfu/g dry soil	
	1 st year	2 nd year		1 st year	2 nd year		1 st year	2 nd year
Deep loosening			Deep loosening		Deep loosening			Deep loosening
Liming with 6 t.ha ⁻¹ CaCO ₃	0 t.ha ⁻¹ manure		Liming with 6 t.ha ⁻¹ CaCO ₃	150 t.ha ⁻¹ manure	Liming with 6 t.ha ⁻¹ CaCO ₃	300 t.ha ⁻¹ manure		Liming with 6 t.ha ⁻¹ CaCO ₃
N ₀ P ₀ K ₀	58	65	N ₀ P ₀ K ₀	109	N ₀ P ₀ K ₀	101	78	N ₀ P ₀ K ₀
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	35	160	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	61	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	75	160	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀
N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	95	148	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	65	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	75	114	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀
N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₁₀₀	52	255	N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₁₀₀	94	N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₁₀₀	205	248	N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₁₀₀
N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀ +Inoculum	75	202	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀ +inoculum	61	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀ +inoculum	128	153	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀ +inoculum

As concern the effects of meliorative measures application on fungi developing, the best results were obtained, all the time experimental period, in treatment with deep loosening of soil, fertilizing with N₂₀₀P₂₀₀K₁₀₀ and inoculation. Liming with 6 t.ha⁻¹ CaCO₃ was a certain limiting growing factor for fungi, because reaction of soil becomes unfavourable for them. Fungi having necessities for well oxygenated media to growth and the deep loosening of soil was a very stimulating measure for its proliferation.

An increase of mineral fertilizer rate stimulated the increase of soil fungi population. The highest value of total number of fungi was detected in treatments receiving 150t.ha⁻¹ manure.

The harmonization of C: N ratio and application of available nutrients (NPK) increased bacteria and fungi population, the maximum being reached with N₂₀₀P₂₀₀K₁₀₀.

Recent researches proved experimentally that an important number of filamentous fungi are integrally active in biodegradation of aliphatic fraction C12-n-C26 from oil (April et al., 2000, Lemos et al., 2002).

By cultivation on mineral media without other carbon source than that from petroleum hydrocarbons, was demonstrated the capacity to breakdown the hydrocarbons for certain species belonging to genera *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces* and *Fusarium*.

For this reason, the study of the dimension and mostly the taxonomic structure of fungal communities from petroleum-polluted soils become more and more important.

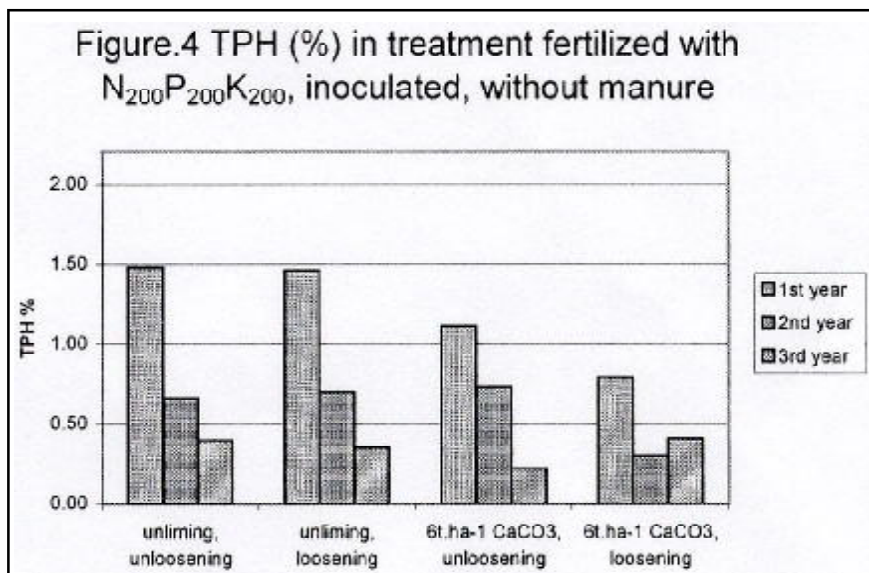
The very important aspect about taxonomic structure of fungi from Albic Luvisol under remediation process is about identification of two species *Paecilomyces marquandii* and *Aspergillus sulphureus*, their abundance being significant all the time experiment. Thus, at the fine of the third experimental year *Paecilomyces marquandii* was isolated in 43 from all 60 treatments. Also the diversity of fungal communities has been maintaining at high level, al the end of experiment being identified 24 species. Among these, we have to remark the *Aureobasidium pullulans* and an yeast belonging to genera *Rhodotorulla*, both having an enzymatic equipment that give them ability to breakdown organic substrate with very complex molecular structures, as heavy petroleum fraction. The high abundance of these two species could be an argument for their implication in petroleum biodegradation process.

Evolution of total petroleum hydrocarbons (TPH%)

Quantitative evolution of total petroleum hydrocarbons in the entire experimental time reveals very clearly differences between treatments and, also, the best combination between ameliorative measures applied (figure 4, 5, 6).

Organic and mineral fertilizing contributed to a drastically increasing of C : N ratio, ensuring proper quantities of available nutrients for microorganisms and plants, furnishing an adequate energetic support for microbial activities in soil. In the fist experimental year in treatments that did not receive manure and liming the total petroleum hydrocarbons valued presented was higher than that recorded in treatments liming and, mainly in those liming and loosening (figure 4). In all treatments the petroleum breakdown, reflected in the decreasing of total petroleum hydrocarbons, was emphasized by inoculation.

That is an evidence for efficiency of selected bacteria using for



inoculation in petroleum-polluted Albic Luvisol decontamination.

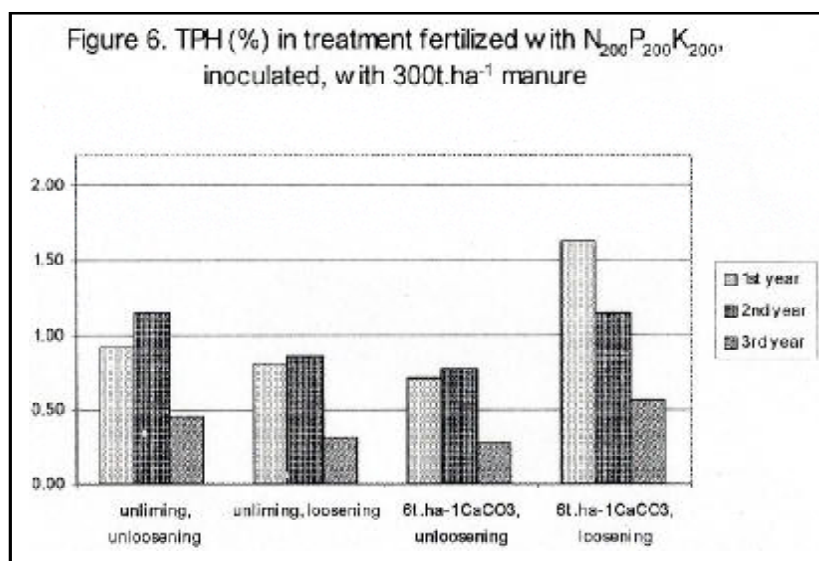
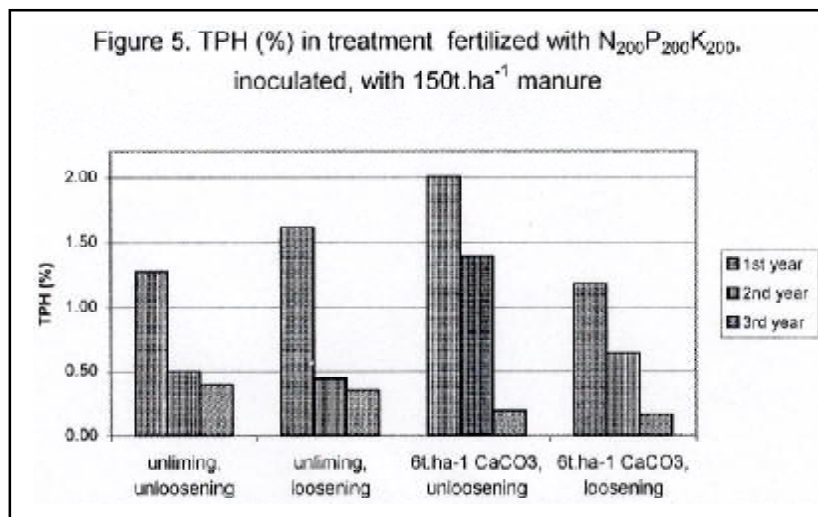
The total petroleum hydrocarbons contents, constantly decreased in these three experimental year, but the highest rate of the process was observed in treatment liming with $6 \text{ t.ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$, loosened, organic fertilized with 150 t.ha^{-1} manure, mineral with $N_{200}P_{200}K_{200}$ and inoculated. In this treatment the total petroleum hydrocarbons decreased up to 0.16% at the end of experiment that means the soil is practically decontaminated (figure 5).

Treatments organic fertilized with 300 t.ha^{-1} manure recorded, generally, the same pattern evolution of total petroleum hydrocarbons as treatments with 150 t.ha^{-1} manure, but in treatments where liming and loosening were applied the values of TPH are higher.

Explaining of this phenomena consist in releasing of a large quantities of products resulted from breaking down of organic matter and cells components of died microorganisms (who intensively proliferated in these treatments). This compounds analytical behavior is very close those of some petroleum fractions.

The yields results

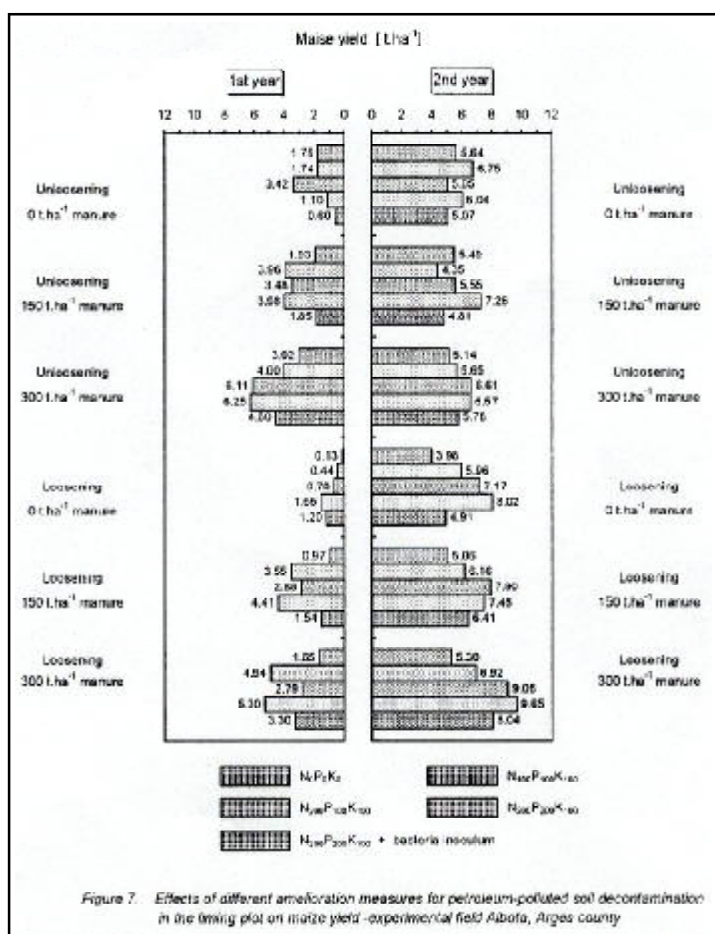
The maize yields results were, obviously, better in liming treatments compared with those who did not receive $6 \text{ t.ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$.



The yield data obtained in liming plot of experimental field reveal the influences of each of amelioration measures applied (figure 7).

Thus, the best yields results, obtained under condition of liming with $6t \cdot ha^{-1} CaCO_3$, in the treatments receiving $300t \cdot ha^{-1}$ manure and the highest doses of mineral fertilizers, $N_{200}P_{100}K_{100}$ and $N_{200}P_{200}K_{100}$, were observed. The yields obtain in treatment with organic fertilizer with

150t.ha⁻¹ manure and selected bacteria inoculum, were smaller, though the results concerning the petroleum degradation were the best. Probably, the petroleum consumer microorganisms, intensely proliferating in these treatments, were the main consumers of nutrients from organic and mineral fertilizers.



CONCLUSIONS

It can be concluded that for the rehabilitation of the Albic Luvisol polluted with petroleum the following measures are necessary:

- > Avoiding water logging conditions;

- > Adequate tillage for tearing the petroleum film formed on the soil surface, permitting the soil aeration, mixing the non-polluted soil with polluted soil, reducing the petroleum concentration in soil, stimulating aerobic microorganism activity;
- > Liming to stimulate the increase of bacteria population proportion as compared to fungi population that prefers acid media. A soil solution reaction around neutral is an optimum media for enzymes activity that enhancing the petroleum biodegradation process;
- > Ensuring, on the long term, high rates of macro- and micro-nutrients in soil, available to microorganism and plants metabolism;
- > Applying high organic fertilization rate to enhance microbial petroleum breakdown activity;
- > Organic fertilizer is preferably to be manure, as an important nutrients and microorganism reservoir;
- > Applying high mineral fertilization rates;
- > Ensured a balanced C: N ratio. At the fine of experiment the C: N ratio values were, generally, close by those characteristics to unpolluted soil at the neighboring territory;
- > The proper dose of manure for petroleum-polluted soil decontamination technology is $150 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$;
- > The best results were obtained in inoculated treatments, where the values of C: N ratio varied between 12 and 13, reflecting a good balance of these nutrients in soil;
- > Though the greatest values of yield were proportionally with organic and mineral fertilization rates, the best for petroleum-polluted soil decontamination was treatment with liming, deep loosening, organic fertilization with $150\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ manure, mineral fertilization with $\text{N}_{200}\text{P}_{200}\text{K}_{100}$ and inoculation;
- > The amelioration measures applied in petroleum-polluted soil stimulated not only the increase of bacteria and fungi population, but also their taxonomic varieties;
- > Presence of bacteria *Pseudomonas lemonnieri* and *Pseudomonas aurantiaca*, species indicators of higher ecological condition, demonstrating a high qualitative improvement of soil at fine of the experiment;
- > Ameliorative measures applied in remediation field experiment

of petroleum polluted Albic Luvisol, Albota County, reduced the petroleum concentration in soil cultivated with maize below 0.2%, so that the soil could be considered rehabilitated.

REFERENCES

1. Alexander M., *Biodegradation and Bioremediation*, Academic Press, San Diego New York Boston London Tokyo Toronto, 1994.
2. Bergey's *Manual of Sistematic Bacteriology*, vol. 2, Williams and Wilkins, Baltimore, USA, 1986
3. Bossert I. And Bartha R., *The fate of petroleum in soil ecosystems*. Petroleum Microbiology, Ed. Ronald M. Atlas, New York chap. 10, 436-473, 1986.
4. Dart R.K. and R.J. Stretton, - *Microbiological aspecte of pollution control*. Elsevier Sci. Publ. Comp., Amsterdam - Oxford - NewYork, 202-216., 1980.
5. Dineen D., J.P. Slater, P. Hicks, J. Holland, L.D. Clendening, "*In Situ Biological Remediation of Petroleum Hydrocarbons in Unsaturated Soils*", Petroleum Contaminated Soils. The Proceedings of a Conference of Hydrocarbon Contaminated Soils. Massachusetts, USA, voi. 3, 177-187, 1989.
6. Dumitru M., M. Toti, C. Ceaușu, Carolina Constantin, Anca Voiculescu, V. Căpitanu, Elena Pârvulescu, Daniela Popa, *Bioremediation in Petroleum Contaminated Soils*, Știința solului, XXXII, nr. 1-2, p. 163-175, 1998.
7. Frick, C. M., R. E. Farrell y J. J. Germida, Assessment of phytoremediation as an in situ technique for cleaning oil-contaminated sites. Petroleum Technology Alliance of Canada. Vancouver, British Columbia, 1999.
8. Margesin, R., Schinner, F., *Bioremediation (Natural and Biostimulation) of Oil-Contaminated Soil in an Alpine Glacier Area*, Applied and Environmental Microbiology, 67(7): 3127-3133. 2001.
9. Pitt J.I., - "*A Laboratory Guide to Common Penicillium Species*", SUA, 1991.
10. Prichard, P.H., - *Use of inoculation in bioremediation*. Current Opinion in Biotechnology, 3, 232- 243, 1992.
11. Toti M., M. Dumitru, Carolina Constantin, - *Oil and salty waterpollution of soil in Romania*. Ed. RisoPrint Cluj Napoca, 227 pag., 1999.
12. Vinas, M., M Grifoll, J Sabate *Biodegradation of a crude oil by three microbial consortia of different origins and metabolic capabilities*, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Volume 28, Number 5/ May 2002.

RECICLAREA ÎN AGRICULTURĂ A ȘLAMULUI PETROLIER

2. Efectul materialului solid rezultat de la instalația de procesare a șlamului petrolier asupra creșterii plantelor de porumb

R. Lăcătușu¹, Beatrice Kovacsovics¹, Rodica Lazăr¹,
Nineta Rizea¹, Gabi-Mirela Matei¹, S. Matei¹, Mihaela Lungu¹,
Carolina Constantin¹, C. Vintilă², V. Iordache², Carmen Burtea³

¹*Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare
pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului*

²*SNP Petrom, BOSS Câmpina*

³*Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, Facultatea de Inginerie Brăila*

RECIRCULATING OIL SLUDGE ON AGRICULTURAL LAND

2. The effect of the solid material resulted from oil sludge processing installations on maize plant growth

ABSTRACT

Researches were carried out to demonstrate, through experiments with plants, if the materials resulted from oil sludge processing can constitute a source of nutritional elements for crops. This paper presents the first results.

The administration of the material from Suplacu de Barcău and Țicleni, in 10-40 t/ha doses, on a soil material, without fertilization, determines a growing tendency of the height and mass of maize plants for the first dose, and a depletion of the two parameters for the following doses (20 and 40 t/ha). The administration of the same materials accom-

ȘTIINȚA SOLULUI SOIL SCIENCE
2006, XL, NR. 1, P. 110-132

panied by fertilization determines a significant growth of the mass and height of maize plants. Soil pH increases with up to 0,71 pH units and total soluble salts content up to a maximum value of 148 mg/100 g soil. The soluble salts content increase was especially due to calcium and magnesium sulphates content increase.

The administration of phosphogypsum, sawdust, and inocul hâd no significant effect on maize plants growth.

Oil hydrocarbons content in the mixture of soil and solid material proceeded from oii sludge processing installations was below 1%, with lower values in the fertilized variant as compared to the un-fertilized one.

The maximum micro-biologic activity was registered in the inoculated variants.

1. Introducere

Analizele chimice efectuate asupra materialului solid rezultat de la instalațiile de procesare a șlamului petrolier, format la baza rezervoarelor de țiței, au evidențiat conținuturi semnificative de elemente chimice din gama celor nutritive pentru plante, și anume macro- și microelemente. În același timp, materialele mai conțin și anumite cantități de substanțe care, peste anumite limite, devin toxice pentru plante, cum sunt sărurile solubile și hidrocarburile petroliere (Lăcătușu și colab., 2003, 2004).

Depozitarea acestor materiale pe soluri de tipul preluvosolurilor nu modifică durabil însușirile solurilor, cu toate că, în timp, se petrece un fenomen degradator asupra hidrocarburilor petroliere și o levigare a sărurilor solubile (Lăcătușu și colab., 2004).

În condițiile în care substanțele potențial toxice se degradează sau se îndepărtează, rămân elementele chimice nutritive care pot constitui surse de nutriție pentru plante.

Având la bază această idee, s-a început un ciclu de experiențe cu plante. Primele rezultate sunt prezentate în lucrarea de față.

2. Material și metode

În vederea testării materialului solid rezultat în urma procesării șlamului petrolier depus la baza rezervoarelor cu țiței, s-a efectuat o experiență în casa de vegetație a ICPA București, folosind ca plantă test porumbul HD 386.

Pentru experimentare s-au ales două materiale solide provenite de la instalațiile de procesare amplasate la Țicleni (județul Gorj) și la Suplacu de Barcău (județul Sălaj). Au fost alese aceste două materiale deoarece ele sunt relativ contrastante din punct de vedere al însușirilor fizice, chimice și biologice (Lăcătușu și colab., 2004). Astfel, ele se deosebesc prin culoare și textură. Materialul de la Țicleni este mai deschis la culoare, cu o textură lutoasă, pe când cel de la Suplacu de Barcău are o culoare mai închisă și o textură nisipo-lutoasă.

Din punct de vedere chimic, cele două materiale au atât însușiri apropiate cât și contrastante; ambele au reacție alcalină, însă cel de la Țicleni are reacție slab alcalină, în timp ce cel de la Suplacu de Barcău are reacție moderat alcalină. Conținutul total de săruri este, de asemenea, diferit, materialul de la Țicleni are un conținut de săruri de 11,5 ori mai mare (1.683 mg sare la 100 g) față de cel de la Suplacu de Barcău (146 mg sare la 100 g), în ambele materiale predomină, procentual, CaSO_4 . Nivelul de conținut în Zn, Cu și Fe este mai mare în materialul de la Țicleni de 2; 3,4; respectiv 1,3 ori comparativ cu cel de la Suplacu de Barcău. Conținutul de S este de 7,9 ori mai ridicat în materialul de la Țicleni decât în cel de la Suplacu de Barcău.

Deosebiri sunt și în privința capacității de schimb cationic, în timp ce valoarea TNH_4 la materialul de la Țicleni este de 12,58 me/100 g material, la cel de la Suplacu de Barcău este cu aproape 3 me/100 g material mai redus (9,68 me/100 g material). Repartiția procentuală a cationilor în cele două materiale este, de asemenea, diferită. Astfel, în timp ce suma Ca+Mg este de 91% din T în materialul de la Țicleni, în cel de la Suplacu de Barcău este de 64% din T. În schimb, Na predomină în materialul de la Suplacu de Barcău (32% din T), față de numai 4% din T în materialul de la Țicleni. Ambele materiale au un grad de saturație în baze de 100%.

Celelalte însușiri chimice, și anume: conținuturile de C organic, N total, N-NH_4 , N-NO_3 , P_{AL} , K_{al} , Pb, Ni, Cr, Co, sunt apropiate.

În privința conținutului total de hidrocarburi petroliere (THP), valorile sunt asemănătoare: 7,38% în materialul de la Țicleni și 8,90% în cel de la Suplacu de Barcău, cu o diferență de 1,52% în favoarea sterilului de la Țicleni. Frațiunile hidrocarburilor din conținutul total diferă. Dacă suma hidrocarburilor alifatică și aromatică reprezintă 71% în materialul provenit de la Țicleni, aceleași fracțiuni sunt în proporție de 89% în materialul adus de la Suplacu de Barcău. O oarecare diferență s-a înregistrat și la

conținutul în rășini, acesta fiind de 4,7% în materialul solid provenit de la Țicleni și 3,2% în cel provenit de la Suplacu de Barcău. În schimb, conținutul de asfaltene este practic egal, de 7,1% în materialul de la Țicleni și de 7,7% în cel de la Suplacu de Barcău.

Din punct de vedere microbiologic, probele din cele două locații se deosebesc prin activitățile bacteriene și fungice. Astfel, conținutul de bacterii este de $38,8 \cdot 10^9$ celule viabile/g s.u. în materialul provenit de la Țicleni, pe când în materialul de la Suplacu de Barcău este de numai $6,8 \cdot 10^9$ celule viabile/g s.u. La fel, fungii sunt în cantitate de $11,9 \cdot 10^3$ ufc/g s.u., respectiv $5,4 \cdot 10^3$ ufc/g s.u.

Experimentarea s-a efectuat în vase de vegetație cu o capacitate de 8 kg, umplute cu material de sol provenit din faeoziomul cambic (cernoziomul cambic) de la SCDA Teleorman - Drăgănești Vlașca.

Solul este caracterizat prin indicatorii fizici și agrochimici prezentați în tabelul 1. Valorile acestor indicatori caracterizează faeoziomul cambic de la Teleorman ca fiind un sol cu un potențial de producție ridicat, cu o fertilitate naturală bună, cu permeabilitate și porozitate mijlocie. Are o reacție slab acidă și conținuturi mijlocii de humus și azot total. Solul este foarte bine aprovizionat cu fosfor și potasiu mobil.

Principalii factori cercetați au fost: doza de material steril adăugat solului, și anume: 10; 20 și 40 t/ha și nivelul de fertilizare, mai precis variante fără fertilizare minerală cu NPK și variante cu fertilizare în cantități de 2 g N/vas din NH_4NO_3 , 1 g P/vas din KH_2PO_4 și 1,26 g K/vas din KH_2PO_4 .

În paralel, s-a urmărit și efectul administrării fosfogipsului și rumeșului și al inoculării. Cantitatea de fosfogips adăugată a fost de 13 g/vas, echivalentă cu 5 t/ha, iar cea de rumeș a fost de 20 g/vas, echivalentă cu 7,7 t/ha.

În ceea ce privește inocularea, la patru variante experimentale, câte două pentru fiecare tip de șlam studiat, la cantitățile de 20 și 40 t/ha șlam, suplimentate cu rumeș și fosfogips, s-a adăugat inocul bacterian pentru mărirea numărului de microorganisme apte să degradeze hidrocarburi petroliere existente în șlamurile aplicate solului. În scopul realizării unui consorțiu eficient de bacterii hidrocarburi-oxidante, s-au selectat 10 tulpini aparținând unor genuri edafice de heterotrofi aerobi. Majoritatea tulpinilor utilizatoare de hidrocarburi din componența inoculului au fost selectate din microflora dezvoltată pe probe de la instalațiile de procesare a șlamurilor petroliere. Pe lângă acestea, au fost multiplicat

Tabelul 1
Indicatori fizici și agrochimici ai cernoziomului cambie de la SCDA Teleorman

Indicatori fizici									
Adâncime cm	Argilă < 0,002 mm	DA g/cm ³	PT %	PA %	CC	CO % din masă	CH		
0 - 16	46,2	2,68	56,1	24	27	14,2	9,5		
16 - 31	46,0	2,68	49,2	17	24	15,4	10,3		

Indicatori agrochimici						
Adâncime cm	pH _{H₂O}	V %	Humus %	N total %	P _{AL} mg/kg	K _{AL} mg/kg
0 - 16	6,58	91,2	4,7	0,224	68,4	388
16 - 31	6,51	90,4	4,1	0,193	38,3	291

și introduse în consorțiu două tulpini de colecție, respectiv o tulpină de *Arthrobacter citreus* adaptată la degradarea hidrocarburilor ciclice condensate, izolată din șlamurile de la Videle, analizate în anul precedent, și o tulpină aparținând unei specii a genului *Bacillus*, eficientă în degradarea hidrocarburilor aromatice din fracțiile petroliere ușoare.

Umiditatea solului în vas s-a menținut la 60% din capacitatea pentru apă în vas la însămânțare și în primele zile după răsărire, ridicându-se, în continuare, și menținându-se pe toată perioada de vegetație la 70% din capacitatea pentru apă în vas.

Experiența a fost instalată în trei repetiții.

S-au însămânțat 8 boabe de porumb/vas, pe data de 11 august 2004. După răsărire, la câteva zile, plantele s-au rărit, lăsându-se un număr de patru plante în fiecare vas. Pe data de 14 septembrie 2004, în fenofaza de 4-5 perechi de frunze, s-au recoltat câte două plante din fiecare vas. Experiența a fost oprită pe data de 25 octombrie 2004, atunci când începuse formarea paniculului. O dată cu cele două recoltări, s-

au făcut măsurători biometrice de talie, masă verde și masă uscată.

După recoltarea plantelor, s-au colectat și probe de sol din fiecare vas.

Probele de sol au fost analizate din punct de vedere al însușirilor chimice: pH, conținut de humus, N-NO₃, fosfor și potasiu solubile în AL (acetat lactat de amoniu). S-a determinat conținutul total de săruri solubile, conținuturile de anioni și cationi din acestea, precum și procentul de săruri solubile. De asemenea, s-a determinat conținutul total în hidrocarburi petroliere.

Determinările microbiologice din probele de sol au constat din stabilirea cantitativă și calitativă a speciilor de bacterii și fungi prezente în sol la sfârșitul perioadei de vegetație. Activitatea fiziologică globală a microorganismelor din probele de sol analizate, exprimată prin nivelul respirației potențiale a solului, a fost determinată prin evaluarea cantității de CO₂ eliberat de către spectrul global al microorganismelor din probă în urma utilizării unei surse de carbon ușor accesibile, într-o incintă standard, în unitate de timp și în condițiile întreținerii constante a concentrației de oxigen în respirometru (metoda Ștefanic, 1991). Respirația solului, ca parametru de evaluare globală a activității biotei solului, reprezintă o măsură a intensității cu care se desfășoară diferite procese din sol în care sunt implicate microorganismele (microflora bacteriană și fungică) dar și micro-, respectiv mezofauna solului.

Datele biometrice și analitice au fost prelucrate statistic utilizând analiza varianței și metoda regresiei

3. Rezultate și discuții

3.1. Influența naturii materialului solid rezultat de la instalația de procesare a șlamurilor și a fertilizării asupra dezvoltării plantelor de porumb

3.1.1. Prima recoltă

Valorile măsurătorilor biometrice calculate statistic prin analiza varianței arată că administrarea materialului solid provenit de la cele două instalații, pe fond de fertilizare minerală cu NPK, determină o creștere semnificativă a taliei și masei plantelor de porumb. Proveniența materialului nu are nici o influență asupra dezvoltării plantelor de porumb în fenofaza de 4-5 perechi de frunze, în schimb, mărimea dozei

Tabel 2
Influența naturii materialului solid, a dozei de material solid și a fondului agrochimic asupra taliei și masei plantelor de porumb în faza de 4-5 perechi de frunze
a. Analiză globală

	Talia cm		Masa uscată g	
Proveniența materialului solid				
Suplacu de Barcău	63,67	Mt	4,55	Mt
Ticleni	63,42	ns	4,10	ns
DL 5%	1,76		0,43	
1%	2,36		0,58	
0,1%	3,12		0,76	
Doza de material solid administrată, t/ha				
0	65,33	Mt	4,80	Mt
10	67,42	ns	4,93	ns
20	62,50	o	4,22	ns
40	58,92	000	3,31	000
DL 5%	2,48		0,61	
1%	3,34		0,82	
0,1%	4,42		1,08	
Fondul agrochimic				
Nefertilizat	58,63	Mt	3,25	Mt
Fertilizat	68,46	***	5,38	***
DL 5%	1,76		0,43	
1%	2,36		0,58	
0,1%	3,12		0,76	

b. Analiză combinată

Fondul agrochimic	Proveniența materialului solid	Doza de material solid administrată	Talia cm	Masa uscată g					
Nefertilizat	Suplacu de Barcău	0	62,00	Mt	3,88	Mt			
		10	67,67	*	Mt	3,94	ns	Mt	
		20	53,67	00	ns	3,00	ns	ns	
		40	53,33	00	ns	2,40	0	0	
	Țicleni	0	62,00	Mt	3,88	Mt			
		10	62,67	ns	Mt	4,55	ns	Mt	
		20	57,67	ns	0	2,86	ns	00	
		40	50,00	000	000	1,48	0	000	
	Fertilizat	Suplacu de Barcău	0	68,67	Mt	5,72	Mt		
			10	67,33	ns	Mt	6,49	ns	Mt
			20	68,33	ns	ns	5,76	ns	ns
			40	68,33	ns	ns	5,20	ns	0
Țicleni		0	68,67	Mt	5,72	Mt			
		10	72,00	ns	Mt	4,74	ns	Mt	
		20	70,33	ns	ns	5,27	ns	ns	
		40	64,00	ns	00	4,15	0	ns	
DL		5%	4,97		1,22				
		1%	6,68		1,63				
		0,1%	8,83		2,16				

influențează semnificativ talia și masa plantelor. Astfel, dacă prima doză, de 10 t/ha, aduce un spor de recoltă, materializat prin talie și masă, fără însă a fi asigurat statistic, dozele mai mari, de 20 și 40 t/ha, aduc o depresie semnificativă a recoltei, asigurată statistic (tabelul 2a).

La aceleași concluzii se ajunge și dacă se urmăresc valorile biometrice rezultate din analiza combinată (tabelul 2b). Mai mult, la utilizarea materialului solid provenit de la Țicleni pe fond fertilizat, tendința de creștere a taliei și masei, față de martorul fără material solid, se menține și la doza de 20 t/ha. Iar materialul solid provenit de la Suplacu de Barcău a asigurat un spor de recoltă semnificativ, asigurat statistic, la doza de 10 t/ha.

Curbele de regresie prezentate în figurile 1, 2 și 3 ilustrează foarte bine cele specificate mai sus.

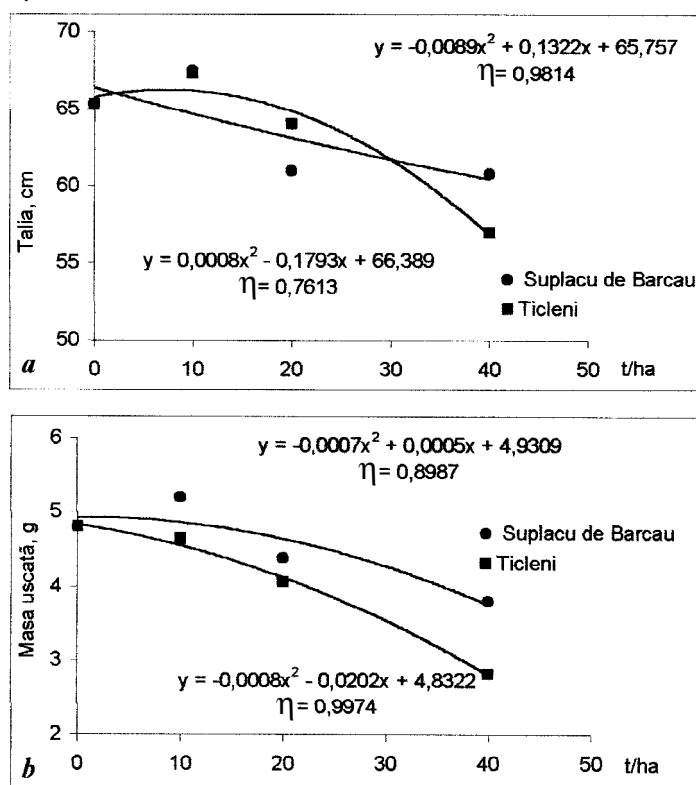


Figura 1 Influența tipului de material solid aplicat pe faeoziomul cambic de la Drăgănești Vlașca asupra taliei (a) și masei uscate (b) a plantelor de porumb în faza de 4-5 perechi de frunze

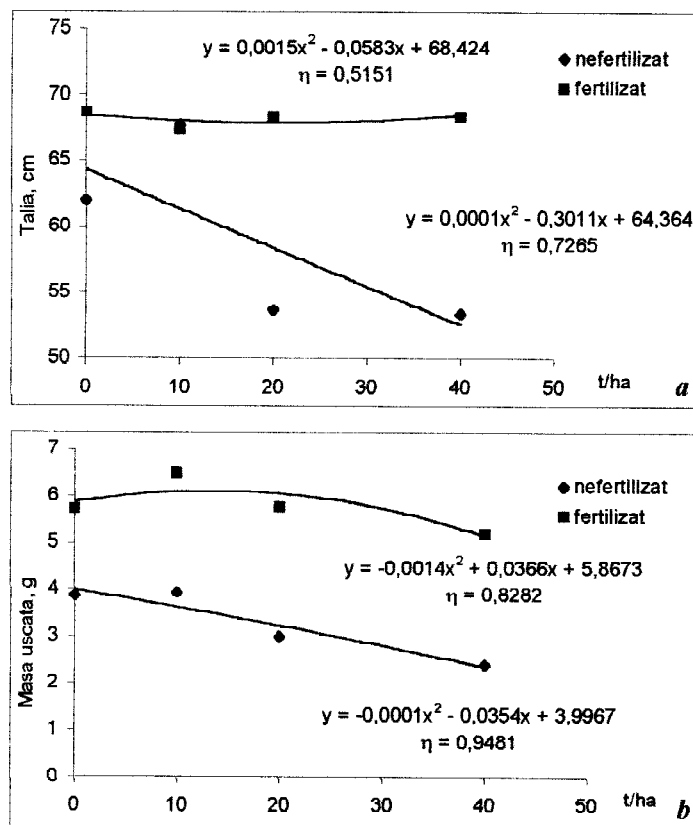


Figura 2 Influența dozei de material solid de la Suplacu de Barcau, aplicat pe faeziomul cambic de la Drăgănești Vlașca, și a fondului agrochimic asupra taliei (a) și masei uscate (b) a plantelor de porumb în faza de 4-5 perechi de frunze

Inocularea nu a adus nici un spor de recoltă, nici la talie și nici la masă. Global, s-a înregistrat chiar o tendință de scădere, nesemnificativă, cu 1,5 cm la talie, respectiv cu 0,10 g la masă. De asemenea, nici administrarea fosfogipsului și a rumegușului nu au adus sporuri ale biomasei.

3.1.2. Recolta a 2-a

La fenofaza de la începutul formării paniculului s-a înregistrat o creștere semnificativă a taliei plantelor crescute pe amestecul format din

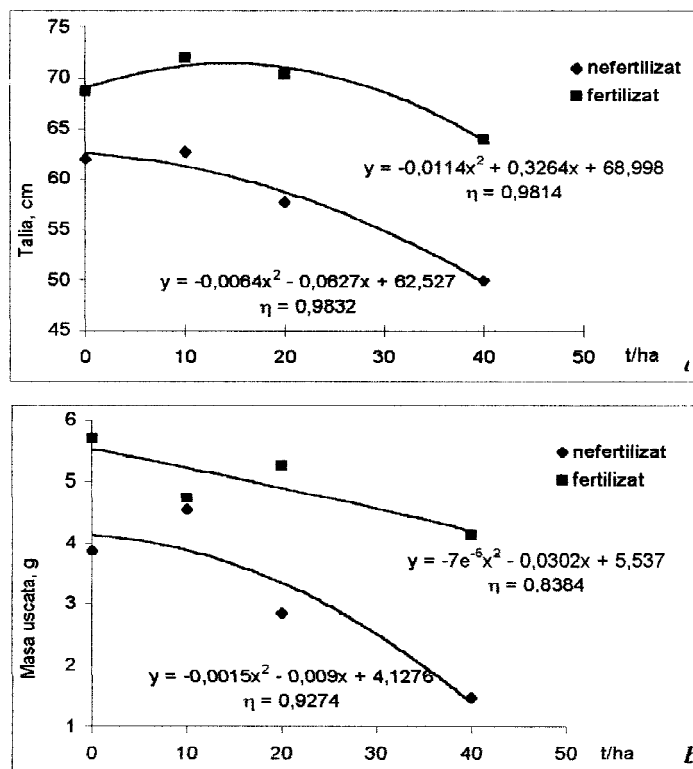


Figura 3

Influența dozei de material solid de la Țicleni, aplicat pe faeoziomul cambic de la Drăgănești Vlașca, asupra taliei (a) și masei uscate (b) a plantelor de porumb în faza de 4-5 perechi de frunze

materialul provenit de la Țicleni și sol, comparativ cu plantele crescute pe amestecul format din sol și materialul solid provenit de la Suplacu de Barcău. Inșă, creșterea taliei nu s-a reflectat și-n creșterea masei (tabelul 3a). Analizând în funcție de doza de material steril administrată, s-a constatat o creștere semnificativă a taliei plantelor, fără a fi însoțită de o creștere a masei la variantele care au primit câte 10 t/ha material solid. La celelalte variante, cu 20 și 40 t/ha, cu toate că nu s-a înregistrat un spor în talie, s-a înregistrat o depresie semnificativă a masei (tabelul 3b).

Fertilizarea a contribuit la creșterea foarte semnificativă atât a taliei cât și a masei uscate (tabelul 3a).

Analiza combinată a factorilor evidențiază faptul că s-a produs o creștere semnificativă a taliei plantelor numai la variantele realizate din material solid provenit de la Țicleni pe fond de fertilizare (tabelul 3b). Însă, masa plantelor, deși a înregistrat o creștere la doza de 10 t/ha material solid, creștere neasigurată statistic, la dozele mai mari de material solid s-a evidențiat o depresie semnificativă a masei uscate a plantelor. Se remarcă o greutate mai mare a plantelor crescute pe amestecul format din sol și materialul solid provenit de la Țicleni, pe fond fertilizat. De fapt, diferențierile apărute încă din fenofaza de 3-4 perechi de frunze între nivelul agrochimie fertilizat și cel nefertilizat s-au menținut pe întreaga perioadă de vegetație, și anume până în faza de formare a paniculului.

3.2. Efectul administrării materialului solid rezultat de la instalația de procesare a șlamurilor petroliere asupra însușirilor chimice ale faeoziomului cambic de la Drăgănești Vlaşca

Diferențele dintre însușirile chimice ale celor două materiale solide, provenite de la Suplacu de Barcău și de la Țicleni, au influențat și însușirile chimice ale materialului de sol pe care s-a experimentat. Astfel, dacă considerăm proba de la Suplacu de Barcău drept martor, constatăm că în solul amestecat cu material solid provenit de la Țicleni s-a produs o acidifiere semnificativă, cu 0,21 unități de pH și o creștere semnificativă a conținutului de săruri solubile, a celui de humus cu 0,11% și a conținutului de forme mobile, solubile în AL, de P și K, creșterea conținutului de P mobil fiind distinct semnificativă (tabelul 4a).

Creșterea dozei de material solid până la 40 t/ha a determinat ușoara alcalinizare a solului cu până la 0,71 unități de pH, o sporire a conținutului de săruri solubile cu până la 41 mg/100 g material solid, a conținutului de humus cu până la 0,49% și a formelor mobile de N, P și K cu până la: 2,11 mg N-NO₃/kg sol, 16,92 mg P_{AL}/kg sol, respectiv 60,84 mg K_{AL}/kg sol.

Toate creșterile sunt asigurate statistic, fiind foarte semnificative (tabelul 4a). Menționăm că toți parametrii chimici sunt în limitele normalului, cu toate că s-au înregistrat creșteri de pH sau de săruri solubile.

Examinarea datelor statistice provenite din analiza combinată a variantelor experimentale (tabelul 4b) conduce la concluzii asemănătoare, cu mențiunea conturării unor domenii de ne semnificație pentru

Tabelul 3
Efectul naturii materialului solid, al dozei și fondului agrochimic asupra plantelor de porumb aflate în fenofaza de formare a paniculului

		Talială		Masa uscată	
		cm		g	
a. Analiză globală					
Proveniența materialului solid					
Suplacu de Barcău		74,06	Mt	34,12	Mt
Țicleni		82,50	***	33,50	ns
DL 5%		2,64		2,22	
1%		3,55		2,98	
0,1%		4,70		3,94	
Doza de material solid administrată, t/ha					
0		76,17	Mt	38,83	Mt
10		82,63	**	37,01	ns
20		77,00	ns	31,13	000
40		77,33	ns	28,20	000
DL 5%		3,74		3,14	
1%		5,03		4,22	
0,1%		6,65		5,58	
Fondul agrochimic					
Nefertilizat		64,25	Mt	15,79	Mt
Fertilizat		92,31	***	51,83	***
DL 5%		2,64		2,22	
1%		3,55		2,98	
0,1%		4,70		3,94	

b. Analiză combinată

Fondul agrochimic	Proveniența materialului solid	Doza de material solid administrată	Talia cm	Masa uscată g	
Nefertilizat	Suplacu de Barcău	0	65,33	Mt 22,00	
		10	63,50	ns 18,00	
		20	59,17	ns 13,50	
		40	58,17	ns 13,47	
	Țicleni	0	65,33	Mt 22,00	
		10	69,67	ns 18,00	
		20	67,67	ns 12,33	
		40	65,17	ns 7,00	
	Fertilizat	Suplacu de Barcău	0	87,00	Mt 55,67
			10	89,83	ns 58,33
			20	83,67	ns 46,00
			40	85,83	ns 46,00
Țicleni		0	87,00	Mt 55,67	
		10	107,50	*** 54,00	
		20	97,50	** 52,67	
		40	100,17	*** 46,33	
DL		5%	7,48	6,27	
		1%	10,05	8,43	
		0,1%	13,29	11,15	

Tabelul 4
 Influența naturii materialului solid, a dozei de material solid și a fondului agrochimic asupra
 însușirilor chimice ale faeoziomului cambic de la Drăgănești Vlașca

		a. Analiză globală									
		pH _{H₂O}	Rez. cond. mg/100 g sol	Humus %	N-NO ₃ mg/kg sol	P _{AL} mg/kg sol	K _{AL} mg/kg sol				
Proveniența materialului solid											
Suplacu de Barcău	Mt	6,23	Mt	3,02	Mt	84,71	Mt	426,00			
Ticleni	ooo	6,01	**	3,13	**	89,58	**	437,92	<i>ns</i>		
DL	5%	0,10	9,00	0,07	0,48	2,84		15,85			
	1%	0,13	12,10	0,09	0,64	3,82		21,31			
	0,1%	0,17	16,00	0,12	0,85	5,05		28,17			
Doza de material solid administrată, t/ha											
0	Mt	5,72	Mt	2,80	Mt	76,33	Mt	400,83			
10	***	6,09	ns	3,09	***	86,67	***	427,83	*		
20	***	6,24	*	3,13	***	92,33	***	437,50	**		
40	***	6,43	***	3,29	***	93,25	***	461,67	***		
DL	5%	0,13	12,73	0,09	0,37	4,01		22,41			
	1%	0,18	24,20	0,13	0,91	5,40		30,13			
	0,1%	0,24	32,00	0,17	1,20	7,14		39,84			
Fondul agrochimic											
Nefertilizat	Mt	6,32	Mt	3,08	Mt	74,96	Mt	414,62			
Fertilizat	ooo	5,92	ns	3,08	ns	99,33	***	449,29	***		
DL	5%	0,10	9,00	0,07	0,42	2,84		15,85			
	1%	0,13	12,10	0,09	0,64	3,82		21,31			
	0,1%	0,17	16,00	0,12	0,85	5,05		28,17			

b. Analiză combinată

Fondul agro-chimic	Proveniența materialului solid	Doza de material solid administrată	pH _{H₂O}	Rez cond. mg/100 g sol	Humus %	N-NO ₃ mg/kg sol	P _{AL}	K _{AL}	
Nefertilizat	Suplecu de Barcău	0	5,93 Mt	35,00 Mt	2,80 Mt	4,07 Mt	76,33 Mt	380,67 Mt	
		10	6,36 **	33,00 ns	3,26 ***	3,60 ns	72,33 ns	429,00 *	
		20	6,57 ***	42,33 ns	3,03 *	3,77 ns	78,67 ns	412,33 ns	
		40	6,73 ***	42,00 ns	3,06 **	3,67 ns	74,00 ns	407,00 ns	
	Țicleni	0	5,93 Mt	35,00 Mt	2,80 Mt	4,07 Mt	76,33 Mt	380,67 Mt	
		10	6,21 *	34,00 ns	3,05 **	4,50 ns	68,67 ns	417,00 ns	
		20	6,23 *	82,33 ***	3,25 ***	5,17 ns	72,33 ns	433,33 *	
		40	6,61 ***	123,67 ***	3,36 ***	4,80 ns	81,00 ns	457,00 **	
	Fertilizat	Suplecu de Barcău	0	5,51 Mt	47,67 Mt	2,80 Mt	5,77 Mt	76,33 Mt	421,00 Mt
			10	6,00 ***	52,67 ns	2,92 ns	6,40 ns	90,67 **	434,00 ns
			20	6,28 ***	56,67 ns	3,04 **	8,10 ***	104,00 ***	437,00 ns
			40	6,48 ***	88,00 ***	3,25 ***	11,90 ***	105,33 ***	486,33 **
Țicleni		0	5,51 Mt	47,67 Mt	2,80 Mt	5,77 Mt	76,33 Mt	421,00 Mt	
		10	5,78 *	34,33 ns	3,12 **	5,57 ns	115,00 ***	431,00 ns	
		20	5,89 **	64,33 ns	3,20 ***	6,40 ns	114,33 ***	467,00 *	
		40	5,92 **	73,67 **	3,48 ***	7,73 ***	112,67 ***	496,33 **	
		DL	5%	0,27	25,45	0,19	1,35	8,03	44,82
			1%	0,36	34,22	0,25	1,81	10,80	60,26
			0,1%	0,48	45,25	0,33	2,39	14,28	79,60

Tabelul 5
 Conținutul total de săruri și conținutul în cationi și anioni (mg/100g) al probelor de sol din
 variantele experimentale cu o concentrație mai ridicată în săruri solubile

Varianta	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Rez. cond.	Rez. min.
Ticleni										
40 t/ha fertilizat	2,12	7	78	10,0	26,1	5,1	5,3	4,2	146	137
Suplacu de Barcău										
20 t/ha	3,41	11	55	7,0	21,7	2,9	3,1	3,2	114	107
rumeguș+fostogips										
Suplacu de Barcău										
40 t/ha	2,26	17	55	6,1	23,5	2,3	3,2	3,3	114	112
rumeguș+fostogips										
Suplacu de Barcău										
20 t/ha	2,12	8	67	7,0	20,9	6,9	3,1	3,3	117	117
rumeguș+fostogips inocul										
Suplacu de Barcău										
40 t/ha	2,08	9	52	7,0	20,0	3,4	3,0	3,1	110	100
rumeguș+fostogips inocul										
Ticleni										
20 t/ha	1,97	9	70	7,4	21,7	4,3	4,3	4,1	132	126
rumeguș+fostogips										
Ticleni										
40 t/ha	2,10	10	63	7,4	23,5	3,2	4,3	4,0	126	117
rumeguș+fostogips										
Ticleni										
20 t/ha	2,36	9	74	8,4	25,7	4,4	4,0	4,5	148	132
rumeguș+fostogips inocul										
Ticleni										
40 t/ha	2,37	9	76	9,3	25,5	5,2	4,7	4,5	148	137
rumeguș+fostogips inocul										

unele din însușirile chimice cercetate. Astfel, ne semnificative sunt creșterile conținutului de săruri solubile odată cu creșterea dozei de material steril provenit de la Suplacu de Barcău, atât în variantele fertilizate cât și în cele nefertilizate. Remarcăm, totuși, diferențele semnificative la dozele maxime de material steril. Ne semnificative sunt și diferențele induse de dozele mai mici de material solid asupra formelor mobile de N, P și K (tabelul 4b).

În cazul variantelor la care s-a adăugat fosfogips, a crescut conținutul total de săruri (tabelul 5) la valori superioare limitei de 100 mg sare/100 g sol, care separă domeniul solurilor nesărăturate de cel al solurilor sărăturate. Valoarea maximă înregistrată a fost de 148 mg/100 g sol, care indică o slabă sărăturare.

În conținutul total de săruri solubile predomină sulfații de calciu și magneziu, în proporție de 75-80%. În ordinea scăderii abundenței, urmează clorurile de magneziu, calciu, sodiu și potasiu, bicarbonatul de calciu și azotatul de potasiu.

Conținutul total de hidrocarburi petroliere înregistrat la sfârșitul ciclului experimental este, cu unele excepții, sub 1%, fapt care atestă condiții optime pentru creșterea plantelor. Reducerea s-a produs în bună parte datorită diluării materialului solid în masa solului și, probabil, efectului degradator asupra hidrocarburilor exercitat de microorganisme, chiar și pe parcursul a două luni și jumătate, cât a reprezentat perioada de experimentare.

S-a înregistrat o relație directă între cantitatea totală de hidrocarburi și doza de material solid administrat în condițiile unui fond agrochimie nefertilizat. În cazul fertilizării s-a produs, la doze mari, o scădere a conținutului total de hidrocarburi petroliere, scădere care ar trebui pusă pe seama unui mediu favorabil creșterii plantelor în condiții de fertilizare și a dezvoltării unei microflore degradatoare de hidrocarburi (figura 4).

3.3. Efectul administrării materialului solid rezultat de la instalația de procesare a șlamului petrolier, al fertilizării, al fosfogipsului, al rumegușului și inoculului asupra activității microbiologice a solului

În urma analizării probelor de sol în amestec cu materialele solide de la Suplacu de Barcău și Țicleni, supuse unor tratamente complexe (chimice și biologice), s-au observat unele aspecte privind modificarea activității fiziologice globale a microorganismelor aflate sub impactul acestora.

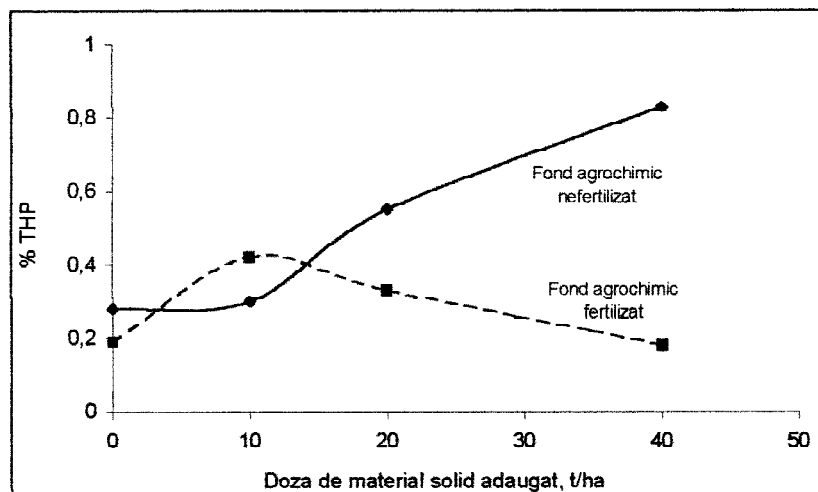


Figura 4 Relația dintre doza de material solid de la Suplacu de Barcău adăugat în sol și conținutul total de hidrocarburi petroliere din sol, pe fond agrochimic nefertilizat și fertilizat

În consecință, s-au determinat valori diferite ale nivelului activității microflorei, valori situate însă, în general, la un nivel mediu al intensității respirației (între 30 și 80 mg CO₂/100 g sol uscat, tabelul 6), cu excepția variantei în care s-au introdus în sol 40 t/ha de material solid de la Suplacu de Barcău, în combinație cu fosfogips, rumeguș și inocul, unde au fost determinate valori mari ale respirației (de 90,58 mg CO₂/100g sol uscat). Aceste eliberări intense de CO₂ sunt rezultatul posibil al activității metabolice mai intense de valorificare a substratului foarte bogat în carbon, reprezentat de hidrocarburi petroliere din materialele solide, activitate desfășurată în special de microflora heterotrofa aerobă.

În variantele experimentale în care solul a fost amestecat cu doze diferite de material solid provenit de la Suplacu de Barcău (10, 20 și 40 t/ha), nivelele potențiale ale respirației au crescut proporțional cu dozele aplicate și au fost superioare valorilor determinate la martor.

Aplicarea fertilizării a determinat, la varianta martor, o ușoară intensificare a activității microbiene, de la 42,28 mg CO₂/100 g sol uscat la martorul nefertilizat la 46,67 mg CO₂/100 g sol uscat la martorul fertilizat. Dar, în aceste condiții experimentale, la variantele de amestec ale solului cu material solid provenit de la Suplacu de Barcău în dozele de 10, 20 și 40 t/ha, nivelul activității fiziologice nu a mai fost influențat

Tabelul 6

Capacitatea respiratorie a solului

Varianta	Respiratia solului mg CO ₂ /100 g s.u.
Martor	42,28
Sol + material solid Suplacu de Barcău, 10 t/ha	45,98
Sol + material solid Suplacu de Barcău, 20 t/ha	64,00
Sol + material solid Suplacu de Barcău, 40 t/ha	78,79
Martor fertilizat	46,67
Sol fertilizat + material solid Suplacu de Barcău, 10 t/ha	47,13
Sol fertilizat + material solid Suplacu de Barcău, 20 t/ha	56,84
Sol fertilizat + material solid Suplacu de Barcău, 40 t/ha	48,64
Sol + material solid Țicleni, 10 t/ha	51,06
Sol + material solid Țicleni, 20 t/ha	56,84
Sol + material solid Țicleni – 40t/ha	77,06
Sol fertilizat + material solid Țicleni, 10 t/ha	47,94
Sol fertilizat + material solid Țicleni, 20 t/ha	51,47
Sol fertilizat + material solid Țicleni, 40 t/ha	50,76
Sol + material solid Suplacu de Barcău, 20 t/ha + fosfogips + rumeguș	37,33
Sol + material solid Suplacu de Barcău, 40 t/ha + fosfogips + rumeguș	58,01
Sol + material solid Suplacu de Barcău, 20 t/ha + fosfogips + rumeguș + INOCUL	62,88
Sol + material solid Suplacu de Barcău, 40 t/ha + fosfogips + rumeguș + INOCUL	90,58
Sol + material solid Țicleni, 20 t/ha + fosfogips + rumeguș	41,61
Sol + material solid Țicleni, 40 t/ha + fosfogips + rumeguș	54,80
Sol + material solid Țicleni, 20 t/ha + fosfogips + rumeguș + INOCUL	43,62
Sol + material solid Țicleni, 40 t/ha + fosfogips + rumeguș + INOCUL	66,81

pozitiv proporțional cu doza aplicată. Creșterile valorice au fost mult reduse, cuprinse în intervalul de la 47,13 la 56,84 mg CO₂/100g sol uscat, însă relativ pozitive în comparație cu activitatea determinată la martorul fertilizat.

Aplicarea de fosfogips și rumeguș la solul amestecat cu material solid provenit de la Suplacu de Barcău a determinat o intensificare a capacității de respirație în funcție de creșterea dozelor aplicate (de exemplu, de la 37,33 mg CO₂/100 g sol uscat, la 20 t/ha, la 58,01 mg CO₂/100 g sol uscat, la doza de 40 t/ha), această tendință fiind similară cu cea descrisă la variantele cu amestec sol-material solid, nefertilizate.

Introducerea inoculului format dintr-un consorțiu de microorganisme selectate după abilitățile lor de utilizare a hidrocarburilor petroliere, pe fondul tendințelor anterioare, a determinat practic o și mai puternică intensificare a activității microbiene, de la 37,33 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta neinoculată la 62,88 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta cu

inocul (pentru varianta cu doza de 20 t/ha) și de la 58,01 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta neinoculată la 90,58 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta cu inocul (pentru varianta cu doza de 40 t/ha), practic nivelele cele mai ridicate ale capacității de respirație a solului din cadrul întregului experiment.

În variantele experimentale în care solul a fost amestecat cu doze diferite de material solid provenit de la Țicleni (10, 20 și 40 t/ha), nivelul potențial al respirației a crescut, de asemenea, proporțional cu dozele aplicate și a fost superior valorilor determinate la martor, în comparație cu variantele similare de amestec dar cu materialul solid provenit de la Suplacu de Barcău, creșterea capacității de respirație a solului s-a constatat numai în cazul amestecului sol-material solid de 10 t/ha. La restul variantelor de amestec cu material solid de la Țicleni (20 și 40 t/ha), valorile parametrului determinat pentru aceste variante sunt inferioare celor obținute în condițiile utilizării materialului solid de la Suplacu de Barcău.

Prin aplicarea fertilizării la variantele de amestec ale solului cu material solid provenit de la Țicleni (în dozele de 10, 20 și 40 t/ha), nivelul activității fiziologice nu a mai fost influențat pozitiv, proporțional cu doza aplicată, creșterile valorice au fost mult mai reduse, cuprinse în intervalul 47,94-51,47 mg CO₂/100 g sol uscat, menținându-se totuși pozitive în comparație cu nivelul determinat la același martor fertilizat.

În variantele în care a fost aplicat suplimentar fosfogips și rumeguș la solul amestecat cu material solid provenit de la Țicleni s-a determinat, ca și în cazul celui provenit de la Suplacu de Barcău, o intensificare a capacității de respirație în funcție de dozele aplicate (de 20 și 40 t/ha), evoluție similară variantelor cu amestec sol-material solid (Suplacu de Barcău sau Țicleni) nefertilizate.

Introducerea inoculului a determinat și în aceste condiții o intensificare a activității microbiene (de la 41,61 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta neinoculată la 43,62 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta cu inocul pentru amestecul sol-material solid 20 t/ha și de la 54,08 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta neinoculată la 66,81 mg CO₂/100 g sol uscat la varianta cu inocul pentru amestecul sol-material solid 40 t/ha), dar mult mai redusă decât în condițiile utilizării materialului solid de la Suplacu de Barcău.

4. Concluzii

- Administrarea materialului solid provenit din procesarea șlamurilor petroliere de la Suplacu de Barcău și Țicleni în doze de la 10 la 40 t/ha pe un material de sol provenit din faeoziomul cambic de la Drăgănești Vlașca, pe fond nefertilizat, determină o tendință de creștere a taliei și masei plantelor de porumb pentru prima doză și o depresie a celor doi parametri la următoarele doze de material solid (20 și 40 t/ha).
- Administrarea acelorși materiale pe fond fertilizat de NPK determină o sporire semnificativă a masei și taliei plantelor de porumb.
- Administrarea fosfogipsului, rumegușului și inoculului n-a avut un efect semnificativ asupra dezvoltării plantelor de porumb.
- Administrarea materialului solid în materialul de sol provenit din faeoziomul cambic de la Drăgănești Vlașca a determinat creșterea pH-ului solului cu până la 0,71 unități de pH și a conținutului total de săruri până la o valoare maximă de 148 mg/100 g sol.
- Creșterea conținutului total de săruri a avut loc prin creșterea în special a conținutului de sulfați de calciu și de magneziu.
- Conținutul de hidrocarburi petroliere înregistrat în amestecul de sol și material solid provenit din șlamurile petroliere a fost sub 1%, existând o diferențiere între fondul agrochimic nefertilizat și cel fertilizat, cu valori mai reduse în cel din urmă.
- Activitatea microbiologică maximă s-a înregistrat în variantele inoculate.
- Administrarea combinată a materialului solid provenit de la instalațiile de procesare a șlamului petrolier și a îngrășămintelor minerale pe faeoziomul cambic de la Drăgănești – Vlașca contribuie atât la prevenirea poluării mediului cu șlam petrolier cât și la reducerea dozelor de îngrășămintă minerale ca urmare a utilizării de către plante și a elementelor nutritive din aceste materiale reciclabile.

Bibliografie

1. Lăcătușu Radu, Kovacsovics Beatrice, Rizea Nineta, Lungu Mihaela, Constantin Carolina, Lazăr Rodica, 2003, Studiu privitor la impactul produs asupra solului din Parcul 57-58 Videle de către materialul solid rezultat de la instalația de prelucrare a șlamului petrolier din

- incinta Depozitului 160 Videle, *Arhiva ICPA*.
2. Lăcătușu R., Kovacsovics Beatrice, Rizea Nineta, Lungu Mihaela, Constantin Carolina, Lazăr Rodica, 2004, Levigabilitatea sărurilor solubile și a hidrocarburilor dintr-un șlam petrolier depozitat pe un preluvosol roșcat, *Factori și procese pedogenetice din zona temperată*, vol. 3, serie nouă, 45-54.
 3. Lăcătușu Radu, Rizea Nineta, Kovacsovics Beatrice, Lungu Mihaela, Matei Mirela, Matei Sorin, Constantin Carolina, Lazăr Rodica, 2004, Cercetări în vederea reciclării în agricultură a sterilului de la instalația de procesare a șlamului petrolier. Caracterizarea fizică, chimică și biologică a sterilului rezultat de la instalația de procesare a șlamului petrolier, *Arhiva ICPA*.
 4. Ștefanic Gh., 1999, Metode de analiză a solului (biologică, enzimatică și chimică), în: *Supliment al revistei "Probleme de agrofîtotehnie teoretică și practică"*, vol. XXI, 71 pag.

RECENZII

O carte inedită în literatura științei solului:

„Analiza filozofico-conceptuală a pedologiei ca știință fundamentală biosferologică”

Autor Grigore Stasiev

Lucrarea cu titlul de mai sus aparține profesorului Grigore Stasiev - Republica Moldova și a apărut la Chișinău în anul 2006.

Spre a evita eventualele confuzii privind titlul, este necesar de precizat că prin „pedologie” autorul desemnează totalitatea științelor solului corespunzător termenului „pocivovedenie” din limba rusă și nu numai studiul, geneza, clasificarea și cartarea solului cum se înțelege în unele țări europene, inclusiv în România.

De la bun început se cuvine subliniat că, prin natura tematicii abordate, această lucrare constituie un eveniment particular în peisajul literaturii științelor solului de la început de secol XXI.

În ce constă originalitatea și caracterul de excepție al lucrării profesorului Stasiev? Este bine știut faptul că odată cu apariția conceptului dokuceaevist, care privește solul drept o entitate naturală distinctă - produs integrat al mediului fizico-geografic (la care în ultimul timp se adaugă și cel social), literatura pedologică mondială a cunoscut o dezvoltare explozivă sub toate aspectele.

Cu toate acestea, problematica fundamentării filozofice a acestui domeniu a fost foarte puțin sau deloc abordată, fapt ce plasează știința solului în urma geografiei, biologiei și a altor științe ale Pământului și Vieții. Asumându-și sarcina de a umple acest gol, Profesorul Stasiev a realizat o lucrare cu adevărat impresionantă în care, pe parcursul a peste 300 de pagini (distribuite în 6 capitole), reușește să pună în

evidență rolul fundamental al solului în cadrul Biosferei și locul central al pedologiei în cadrul științelor naturii.

Datorită excepționalei sale pregătiri profesionale - de pedolog-naturalist și filozof, profesorul Stasiev îmbină în mod armonios argumentația științifică cu analiza, interpretarea și argumentația logico-filozofică. Deși demersul filozofic este făcut aproape exclusiv pe baze materialist-dialectice, autorul admite că problemele teoretice ale pedologiei „pot fi cercetate și de pe pozițiile altor direcții filozofice (p. 41).

În esență, lucrarea profesorului Stasiev este profund originală. Sunt abordate și puse în discuție un larg evantai de probleme și subiecte atât de ordin științific - natura solului, factorii și procesele pedogenetice, relațiile pedologiei cu alte științe ale naturii, cât și filozofice, respectiv dezvoltarea legică a solului în context planetar și cosmic, treptele de organizare a materiei și informației, rolul noosferei în dezvoltarea și evoluția solului și biosferei, apariția unei noi științe „biosferologia” și multe altele. În plus, este prezentată o expunere detaliată a marilor frământări care au avut loc în fostul spațiu sovietic în domeniul științelor naturii, a persecuțiilor și avatarurilor la care au fost supuși oamenii de știință în perioada comunistă ca urmare a instaurării dogmatismului în lumea științelor naturii, inclusiv a pedologiei.

O examinare detaliată a ideilor și subiectelor puse în discuție depășește scopul acestei recenzii. Voi încerca să evidențiez doar câteva dintre aspectele de fond conținute în această lucrare.

În primul rând este de subliniat faptul că autorul continuă bunele tradiții ale gândirii naturaliste ruse pe linia lui Dokuceaev, Vernadski, Kovda ș.a., respectiv totul este analizat și discutat în directă corelație cu natura, legitățile și fenomenele naturale.

Pornind de la premisa larg acceptată în filozofia contemporană a științei, conform căreia orice teorie științifică nu poate fi înțeleasă și explicată decât raportată la contextul social, istoric și economic în care a apărut, profesorul Stasiev arată că ivirea pedologiei genetice în Rusia secolului al XIX-lea a fost condiționată de pătrunderea capitalismului în agricultură. Un rol hotărâtor l-au avut, de asemenea, și realizările din științele înrudite, geologie, chimie, geografie. Un factor nu mai puțin important l-a constituit și dimensiunea continentală a spațiului geografic rusesc, care favorizează exprimarea clară a zonalității bioclimatice din emisfera nordică (pe baza cărora s-a fundamentat teoria zonalității geografice a învelișului de sol). Cartea conține importante clarificări

conceptuale privind noțiunile de înveliș geografic, biosferă și noosferă. În mod justificat se subliniază că integrarea contemporană a științelor naturii este imposibilă fără soluționarea problemelor privind interrelațiile dintre aceste noțiuni care au nu numai importanță gnoseologică ci și propedeutică. Este formulat un concept al unei noi științe și anume **“Biosferologia”**, ca disciplină care integrează geologia, pedologia și geografia și în care pedologiei i se atribuie rolul principal, de știință fundamentală biosferologică. Solul, considerat drept entitatea naturală care sintetizează și memorează toate procesele care au loc la interfața dintre natura vie și lumea inertă minerală în partea superioară a uscatului, este în același timp un condensat de informații de tranziție de la lumea anorganică la cea vie. Este susținută ideea rolului ecologic planetar și chiar cosmic al solului, el fiind produsul dezvoltării legice a Universului și o reflectare a stadiilor de dezvoltare a materiei. Evident că promovarea unor astfel de concepte, care derivă din poziția materialist-dialectică a autorului nu ar face decât să servească consolidării științei solului, care după cum este cunoscut începând cu deceniile 7-8 ale sec. XX, traversează o serioasă criză conceptuală, Întrebarea este dacă în acest fel însemnătatea și rolul solului în natură nu sunt cumva supraestimate? În lipsa unor dovezi despre ce se poate întâmpla sau exista în Univers orice extrapolare plecând de la condițiile de pe Terra (pe baza principiului actualismului) pare pur speculativă. Conceptele de „sol cosmic” vehiculate azi de unii autori prezintă serioase dificultăți ontologice, respectiv se acceptă ideea existenței unor entități pedologice deocamdată inaccesibile observației și experimentului nostru, despre care nu știm ci doar presupunem că ar exista. Să nu mai amintim faptul că ar fi vorba despre un „sol” format în absența factorului biologic (!?).

O deosebită atenție este acordată unuia dintre punctele vulnerabile ale pedologiei genetice, respectiv teoriei factorilor de solificare - despre care autorul scrie că a fost preluată din sociologie, cum s-a făcut de altfel și în botanică. Se argumentează inegalitatea celor cinci factori, rolul principal în formarea solului fiind atribuit factorului biologic deoarece în perioada abiotică Terra nu avea sol. În mod corect, dezvoltarea solului este văzută ca un proces istoric, desfășurat odată cu evoluția biosferei. Procesele de dezagregare-alterare singure nu pot transforma rocile în sol.

Cu multă atenție este tratată problema noosferei, pe care Profesorul

Stasiev o vede ca o „negare a negației (terminologie materialist-dialectică) biosferei”. Deși cu paternitate ilustră (termenul se pare că a fost introdus de Vernadski), „noosfera” este un concept slab definit, deoarece include totalitatea acțiunilor-creațiilor spirituale și materiale ale speciei Homo sapiens. Privită prin prisma laturii energetice și materiale, „noosfera” are într-adevăr potențialul de a modifica atât pedosfera (solul) cât și biosfera în ansamblul ei. Unde ne vom găsi atunci este o întrebare pur retorică, deși efectul „noosferei” asupra naturii se manifestă deocamdată negativ.

Profesorul Stasiev este un adept convins al considerării pedologiei ca știință a naturii, solul fiind privit ca cel de-al 4-lea regn alături de plante, animale și roci, și pledează pentru reintroducerea ei în cadrul științelor geografice-geologice, fapt ce i-ar întări fundamentarea teoretică și pe această cale ar crește capacitatea de răspuns și de rezolvarea a problemelor practice.

Drept concluzie la această sumară trecere în revistă, apreciez că lucrarea profesorului Stasiev este o operă remarcabilă, cu caracter de unicat și cu un profund conținut științific, filozofic și istoric. Ea reprezintă o încercare de excepție de a prezenta pe înțelesul și celor mai puțin avizați unele din complexe probleme ale pedologiei contemporane. Pentru pedologii din afara spațiului ex-sovietic, cartea constituie o importantă sursă de informare privind dramatica evoluție a pedologiei în perioada comunistă sub condițiile dure induse de impunerea unor dogme în domeniul științelor naturii.

Din punct de vedere filozofic era poate utilă și o examinare și critică a metodelor utilizate în pedologie, a regulilor logice privind stabilirea valorii de adevăr a conceptelor și teoriilor folosite și gradul lor de corespondență cu realitatea.

Dr. dr. h.c. I. Munteanu,
membru titular al Academiei de Științe Agricole și Silvice

REMEMBER

PRIMUL PROGRAM NAȚIONAL DE ACTIVITATE PEDOLOGICĂ ÎN ROMÂNIA¹

Stelian Cârstea²

FIRST NATIONAL SOIL SCIENCE PROGRAM IN ROMANIA

Abstract

Some significant information on the activity of first **Commission for Research of the Romanian Soils** are presented. This commission was one of the 15 commissions in the Romanian Academy's **National Research Council** set up on January 19, 1945, as a result of a long debate sustained by an increasing group of the best Romanian scientists which, since 1932, have striven to get such a national scientific institution.

The Commission for Research of the Romanian Soils had as main tasks (1) ***the problem of soil erosion and soil conservation methods*** (referred herein) according to the U.S.A. methodology, and (2) ***the problem of potable water supply for rural communities***.

¹ Redactat pe baza materialului preluat și prelucrat din Buletinul Informativ, Științific și Administrativ al Consiliului Național de Cercetări Științifice din cadrul Academiei Române, publicat sub îngrijirea lui D. Gusti, președintele consiliului, și Tr. Săvulescu, secretar al consiliului. Voi. I, No. 1. Monitorul Oficial și Imprimeriile Statului. Imprimeria Națională. București, 1948.

² Secretar științific, Secția de Știința Solului, Îmbunătățiri Funciare și Protecția Mediului, Academia de Științe Agricole și Silvicult. București. România.

As concerns the first problem, by its national interinstitutional approaching system (including more than 30 specialists, organized in 7 field working teams), as well as by its purposes, perspectives and obtained results, this action could be really considered as the ***First National Soil Science Program in Romania***. But, unfortunately, the commission's activity lasted, in fact, only one year, 1946, because, since 1948, all the research and education institutions have been radically restructured and reformed according to the Soviet Union's model which also deeply influenced the soil science activity with unforeseeable and undesirable consequences.

Key words: soil science, soil erosion, soil conservation.

CERINȚE ȘI PERSPECTIVE

Idea unui Consiliu Științific Național de Cercetări Științifice, deși de peste un sfert de secol, a început să se afirme ca o necesitate de prim ordin pentru știința românească numai după anul 1931, când, în special din cauza crizei economice mondiale de la sfârșitul anilor '20, cercetările științifice din România intraseră într-o criză gravă. De altfel, din anul 1931, a fost suspendată complet subvenționarea de la bugetul statului a activității științifice. Totuși, oamenii de știință n-au întârziat să ia atitudine. Astfel, la 19 aprilie 1932, Ludovic Mrazec, directorul Institutului Geologic al României, cu ocazia celei de-a 25-a aniversări a acestei instituții, și aceasta întârziată cu un an din aceleași motive, sublinia necesitatea ca ***“institutilor de cercetări și în special acelorora cărora le incubă și sarcina de a fi organe consultatoare ale statului”*** să li se garanteze ***“acea independență ce le asigură continuitatea studiilor și acea liniște care este indispensabilă lucrărilor științifice”***. În acest scop, printre altele, preconiza înființarea unui ***Consiliu Superior de Cercetări***, ca organ autonom interpus între autoritatea administrativă și institute.

Doi ani mai târziu, la 30 aprilie 1934, tot L. Mrazec, la a 9-a reuniune a ***Asociațiunii Române pentru Înaintarea Științei***, relua această idee, arătând că ***“puterea statelor organizate superior stă exclusiv în organizarea științifică a industriilor, iar tăria țărilor în principal agricole e în cultivarea științifică a diferitelor ramuri ale agriculturii”***. Solicita pentru institutele de cercetări o puternică organizare și o substanțială subvenționare, nu numai din partea statului, dar și din partea

întreprinderilor particulare industriale și agricole. De asemenea, el proclama necesitatea **“înființării unui Comitet Național Superior de Cercetări, organ ocrotitor al muncii științifice, organ îndrumător și organ consultativ al statului în tot acest vast câmp de cercetări, introducând continuitatea și stabilitatea pentru liniile mari de orientare în dezvoltarea economică a țării”**.

Trei ani mai târziu, după ce toate demersurile în această privință au eșuat, L. Mrazec, sprijinit de întreaga Secțiune Științifică a Academiei Române, propunea, în ședința Academiei Române din 29 mai 1937, ca acest înalt for academic să pună în fruntea mișcării pentru crearea acestui consiliu, Academia Română, aceasta fiind socotită ca instituția cea mai indicată să ceară înființarea unui **Consiliu Național de Cercetări**. În aceeași ședință, Academia Română a însărcinat o comisie să elaboreze propunerea unui proiect în acest scop, proiect care a fost întocmit și depus, în numele comisiei elaboratoare, la 1 iunie 1937, de Emil Racoviță. Din nefericire, deși Academia Română și-a dat acordul, totuși, proiectul a trebuit să aștepte împrejurări mai favorabile pentru ca Academia Română să ia o hotărâre definitivă.

După patru ani, în 1941, guvernul venind în întâmpinarea acestei idei, a preluat proiectul prezentat de Emil Racoviță și a încercat înființarea unui **“Institut de Cercetări Științifice”**, ajungându-se la preconizarea înființării unui **Consiliu Național de Cercetări** ca organ de stat pe lângă Președinția Consiliului de Miniștri, cu personalitate juridică și drept de gestiune autonomă, având și sarcina de **“înalt sfătuitor** în privința activității tehnico-științifice a statului și de **coordonator** al activității tehnico-științifice românești în vederea sistematizării progresului științific și tehnic din țara noastră”. Din nefericire, și acest proiect a rămas nefinalizat, astfel că ideea **Consiliului Național de Cercetări Științifice** a fost preluată, numai în toamna anului 1944, în cadrul Academiei Române, de către președintele acesteia, Dimitrie Gusti, care a socotit că era momentul ca, printre acțiunile de frunte ale Academiei Române, să se pună din nou în discuție această problemă. El a susținut dreptul Academiei Române de a înființa **Consiliul de Cercetări** ca organ al său, arătând că, potrivit articolului 3 al statutului Secțiunii științifice, acesteia îi revenea și îndatorirea de a lua inițiative pentru **“exploatarea țărilor române din punct de vedere geologic, fiziologic, fiziografic, biologic, medical, agricol, economic, industrial etc., organizând cercetări și misiuni științifice pentru asemenea activități”**.

Ca urmare, după o serie de dezbateri, în ședința din 19 ianuarie 1945, deliberările Academiei Române s-au încheiat prin votarea, în unanimitate, a Regulamentului de funcționare a Consiliului Național de Cercetări Științifice, iar constituirea Consiliului Național de Cercetări Științifice a avut loc în prima sa ședință din 14 februarie 1945.

În urma demersurilor Academiei Române pentru obținerea sprijinului moral și material de la guvern, o delegație a Academiei Române, condusă de D. Gusti, a participat, în ziua de 30 noiembrie 1945, la o consfătuire care a avut loc la Președinția Consiliului de Miniștri, la care a participat întregul guvern, convocat special în acest scop. La dezbateri, din partea guvernului, au luat parte Teohari Georgescu, ing. Gh. Nicolau, P. Constantinescu-Iași, Aurel Potop, Simion Oeriu, Anton Alexandrescu, Mihail Ralea și Al. Alexandrescu. Cu această ocazie, s-a stabilit finanțarea de la bugetul statului, primul ministru Petru Groza dublând la 1 miliard de lei fondul solicitat de Academia Română. Totodată, s-a stabilit înlocuirea Comitetului Executiv de 5 persoane al Consiliului de Cercetări printr-un Comitet de Conducere cu o componență mai largă în care au fost incluși și 5 reprezentanți din partea guvernului, respectiv, Mihail Ralea, ministrul artelor, Tudor Ionescu, ministrul minelor și petrolului, Simion Oeriu, președintele Comisiei pentru aplicarea Tratatului de Pace, Aurel Potop, ministru subsecretar de stat la ministerul educației naționale și Bucur Șchiopu, ministru subsecretar de stat la ministerul industriei și comerțului,

Înființarea Consiliului Național de Cercetări Științifice, ca organ al Academiei Române, în vederea coordonării eforturilor în domeniul științei, a fost salutată cu o reală bucurie de toți cercetătorii științifici. Instituțiile de cercetări care se confruntau cu mari dificultăți, din cauza lipsurilor tehnico-materiale, întrezăreau perspective mai bune pentru existența lor, prin sprijinul astfel creat de Academia Română.

CONSTITUIREA COMISIILOR

După o îndelungată și laborioasă analiză, activitatea membrilor Consiliului Național de Cercetări Științifice a fost orientată pe 15 probleme pentru care s-au format tot atâtea comisii, respectiv, pentru: (1) științele matematice, (2) fizică, (3) chimie pură și industrială, (4) problemele energetice, (5) biologie, (6) cercetarea pământului românesc, (7) studiul problemelor agricole, (8) materiale de construcție și refacere

a clădirilor și monumentelor istorice, (9) probleme tehnice militare, (10) cercetări istorice și arheologice, (11) juridică, (12) studiul limbii române, (13) folklor, (14) sistematizarea satelor și orașelor, (15) cercetări sociale pe teren ale Institutului Social Român. Constituirea acestor comisii, cu excepția Comisiei pentru Probleme Tehnice Militare, s-a încheiat, în cea mai mare parte, în primul trimestru al anului 1946. Fiecare comisie includea cel puțin trei membri ai Academiei Române.

Comisia pentru Cercetarea Pământului Românesc

Una din aceste comisii a fost **Comisia pentru Cercetarea Pământului Românesc**, având ca probleme:

- a) studiul eroziunii solurilor și repunerea în valoare a solurilor erodate și
- b) studiul pânzelor de apă subterană în vederea alimentării cu apă a așezărilor omenești.

Comisia era constituită din:

Membri de drept:

Gh. Macovei, președinte
Gh. Ionescu-Șișești,
vicepreședinte
Tr. Săvulescu, membru

I. Atanasiu
N. Bucur
N. Cernescu
C. Chiriță
M. Drăcea
Ath. Haralamb
V. Mihăilescu
C. Motaș

Membri cooptați:

M. Moțoc
Gh. Murgeanu
M. Popovăț
Em. Protopopescu-Pache
D. A. Sburlan
L. C. Staicu
N. V. Stinghie

Institute afiliate:

Institutul de Cercetări Agronomice al României, Institutul de Cercetări Forestiere, Institutul Geologic al României, Direcțiunea Apelor din Ministerul Lucrărilor Publice Serviciul Îmbunătățiri Funciare din Ministerul Agriculturii și Domeniilor, Pescăriile Autonome ale Regiunii Inundabile a Dunării - P. A. R. L. D. *(Cu titlu informativ, Gheorghe Ionescu-Șișești era președinte la Comisia pentru Studiul Problemelor Agricole).*

Activitatea Comisiei pentru Cercetarea Pământului Românesc

Cu toate că problemele ce reveneau în atribuțiile acestei comisii erau multe și variate, totuși, Comisia pentru Cercetarea Pământului Românesc, conștientă de rolul important al cercetării științifice în dezvoltarea economiei naționale și ținând seama de prioritatea impusă de

cerințelor imediate ale economiei naționale, ca și de posibilitățile momentane de lucru (*din nefericire aceleași și acum - n. a.*) și-a propus, ca linie generală de lucru, să ia în considerare probleme de ordin practic privind valorificarea, în primul rând, a factorilor naturali, limitându-se la două probleme, menționate mai înainte, și anume: (1) **problema eroziunii solului** și a mijloacelor de conservare în vederea menținerii unei productivități maxime, problemă de cea mai mare importanță pentru economia agrară a României” și (2) „**problema alimentării așezărilor sătești cu apă** de bună calitate în cantități suficiente, problemă nu mai puțin importantă din punctul de vedere al igienei și economiei rurale”. Consecvent cu obiectivul vizat, această expunere se va limita numai la problema de la punctul I.

În scopul rezolvării acestei probleme, comisia a ales, pentru început, două regiuni afectate mai puternic de procese de eroziune, respectiv, Bazinul râului Buzău și Podișul Lipa din fostul județ Timiș-Torontal. Pentru aceasta, s-au organizat 7 echipe, respectiv, 5 în Bazinul râului Buzău și 2 echipe în Banat, constituite din specialiști de la Institutul Geologic al României, Institutul de Cercetări Agronomice al României și politehnicile din București, Iași și Timișoara.

Înainte de a se trece la activitatea de teren, au avut loc o serie de consfătuiri în plenum comisiei pentru precizarea și uniformizarea metodei de lucru. De asemenea, șefii echipelor, sub conducerea lui Gheorghe Ionescu-Șișești, au efectuat o excursie de lucru pe teren în Valea Slănicului, județul Buzău. Astfel, s-a găsit necesar să se adopte normele de lucru pe teren ale Serviciului de Conservare a Solului (Soil Conservation Service) din S. U. A., urmând ca, ulterior, pe baza rezultatelor experienței proprii, să se introducă eventualele modificări ce s-ar fi impus de condițiile specifice diferitelor regiuni naturale din România. Potrivit metodei americane adoptate, teritoriul a fost împărțit în perimetre a căror delimitare era determinată de relief, rocă și sol (*unități teritoriale echivalente unităților fiziografice din sistemul S.U.A. - n.a.*). Ca atare, asemenea perimetre de teren urmau să corespundă unor condiții mai mult sau mai puțin uniforme din punctul de vedere al eroziunii, atât în ce privește intensitatea cât și cauza principală a distrugerii terenului (eroziune de suprafață, eroziune de adâncime, alunecări de teren). Pentru descrierea stării de eroziune, s-a stabilit să se folosească litere, cifre și semne convenționale, fiecare cu o anumită semnificație.

Pe baza rezultatelor consfătuirilor și a aplicației pe teren, s-a ajuns

la necesitatea ca problema să fie abordată integral în tot complexul ei, incluzând:

- a) studiul solurilor zonale și al vegetației spontane în vederea unei reconstituiri a peisajului pedo-botanic al regiunii;
- b) studiul eroziunii solului și alcătuirea hărții cu gradele de eroziune după normele Serviciului de Conservare a Solului din S, U, A.;
- c) istoricul acoperirii solului pe baza hărților și informațiilor locale;
- d) recomandări de ordin practic pentru o folosire cât mai rațională a terenului, rezultate pe baza datelor obținute de la punctele a - c.

Totodată, s-a propus să se caute elemente ilustrative referitoare la influența eroziunii asupra productivității solului, prin evaluarea recoltelor obținute pe solurile aflate în diferite grade de eroziune, comparativ cu recoltele obținute pe terenuri cu soluri fără eroziune. De altfel, în raportul publicat în buletin, sunt prezentate numai date referitoare la eroziune și alunecările de teren.

În urma investigațiilor, cele 5 echipe din județul Buzău au acoperit o suprafață de circa 140.000 hectare, iar singurele date publicate în buletin se referă la gradul de eroziune a solului, în procente din suprafața totală, respectiv:

Fără eroziune	33,0%	Eroziune foarte puternică...	18,8%
Eroziune slabă.....	10,2%	Albii de râuri	3,6%
Eroziune moderată.	13,1%	Soluri tinere	0,6%
Eroziune puternică	20,7%		

Aproximativ 35% din suprafața unității superioare a Bazinului Câlnău era afectată de alunecări de teren declanșate de eroziunea de adâncime.

Cele 2 echipe din Banat au studiat circa 25000 hectare în județul Timiș-Torontal (parte din Podișul Lipa, partea superioară a Bazinului Beregsău), unde s-a constatat aceeași situație îngrijorătoare a eroziunii solului, respectiv:

Neerodat	15,3%	Eroziune puternică	29,4%
Eroziune slabă.....	12,9%	Eroziune foarte puternică.....	2,1%
Eroziune moderată	26,7%	Soluri colmatate	13,6%

După evaluările făcute de I. Staicu, cu această ocazie, s-a apreciat că distrugerea orizontului superior al solului (orizontul A) a dus la diminuarea recoltei cu 70-80 la sută față de recolta obținută pe solurile fără eroziune.

Cele 7 echipe participante la realizarea acestor rezultate au inclus,

potrivit raportului publicat în buletin, următorii specialiști (*între paranteze - zile lucrate*).

1. **Echipa** dr. N. Cernescu (60), cu colaboratorii:
Ing. A. Rădulescu (30);
Ing. M. Moțoc (57);
Ing. I. Lungu (64);
Dr. L. Șerbănescu (15).
2. **Echipa** dr. M. Popovăț (60), cu colaboratorii:
Ing. A. Rădulescu (30);
Ing. agr. D. Tănase (46);
Geolog I. Sârcu (46).
3. **Echipa** dr. N. Bucur (75), cu colaboratorii:
Naturalist Gârdei (13);
Naturalist Godwinski (13);
Ing. Gh. Necula (16).
4. **Echipa** dr. ing. C. Chiriță (60), cu colaboratorii:
Ing. S. Birăescu (52);
Ștefan Negru (16);
Titus Orădeanu (7);
Const. Oprea (35);
I. Manta (7).
5. **Echipa** dr. ing. insp. Atanasie Haralamb (55), cu colaboratorii:
Dr. ing. subinsp. silv. C. Toma (55);
Ing. șef I. Lupe (31);
Ing. A. Lubimirescu (31);
Ing. N. Stanciu (31).
6. **Echipa** prof. I. Staicu (50), cu colaboratorii:
Ing. agr. Marin Rădulescu (31);
Ing. agr. Petrache Filto (44);
Geolog V. Corvin Papiu (3);
Botanist Arvat Alexe (3).
7. **Echipa** dr. ing. Chr. V. Oprea (53), cu colaboratorii:
Geolog M. Burcescu (52);
Ing. agr. P. Blidaru (55);
Botanist Horvat (7).

Așa cum rezultă din succinta prezentare a raportului, autorii, consecvenți problemei abordate, au acordat atenție deosebită eroziunii solului și alunecărilor de teren, referințele la soluri fiind foarte restrânse.

Cu toate acestea, în rezumatele în versiunile în franceză, rusă și engleză, se fac unele referire și la soluri, menționându-se zonele de soluri, respectiv, cernoziom ciocolatiu, cernoziom degradat, podzol secundar, soluri intrazonale, ca și zone de vegetație.

Din nefericire, în scurt timp, chiar în cadrul activității desfășurate în anul 1946, echipele s-au confruntat cu condiții tehnico-materiale foarte precare de lucru pe teren. Aceasta a redus foarte mult motivația pentru mulți dintre participanți de a continua să lucreze în anii 1947 și 1948, activitatea fiind, astfel, mult mai restrânsă. În același timp, în anul 1948, s-a inițiat și s-a desfășurat cu mare rapiditate, după noi principii politice, cu totul străine de interesele României, o reorganizare radicală a învățământului de toate gradele, a cercetării științifice și vieții academice, cu efecte care s-au dovedit foarte dăunătoare pentru economia națională, pentru evoluția politică și socio-economică a întregii națiuni. Personalitățile cele mai de seamă din toate domeniile au fost eliminate din viața publică sau au fost cu totul marginalizate, inclusiv cei mai de seamă conducători ai Consiliului Național de Cercetări Științifice.

Totodată, interese străine au impus, printre altele, noi orientări politice pentru a descoperi și a exploata cât mai rapid și cât mai rapace resursele și rezervele geologice ale țării. În această nouă conjunctură, Institutului Geologic al României i s-au asigurat condiții speciale de lucru și i s-a alocat o finanțare excepțională. Pentru formarea de specialiști, s-a înființat Institutul de Geologie și Tehnică Minieră din București. Toate acestea s-au răstrânt și asupra activității Secției de Pedologie din Institutul Geologic al României, căruia, pe lângă finanțarea îmbunătățită, i s-a asigurat și pregătirea de pedologi prin înființarea unei secții de pedologie în cadrul Facultății de Geologie Tehnică a Institutului de Geologie și Tehnică Minieră. Dar chiar după 2 ani, această secție, în anul 1950, a fost transferată la Facultatea de Agricultură a Institutului Agronomic din București, unde numai după formarea a două serii de absolvenți a fost transformată în secție de ameliorații agrosilvice.

Lipsa unei politici și strategii naționale unitare, coordonate și corelate privind orientarea activității pedologice a făcut ca, numai după câțiva ani, această activitate să intre într-o adevărată degradingoladă. Astfel, activitatea pedologică, în diverse structuri și modalități de abordare a problemelor specifice, "ajunsese să se desfășoare în cadrul a cinci instituții naționale, respectiv, Institutul Geologic al României, Institutul de Cercetări și Amenajamente Silvice, Ministerul Agriculturii,

Academia Română, Institutul Central de Cercetări Agricole. Din nefericire, această situație a avut loc, într-o formă sau alta, până în 1970, când activitatea pedologică, prin comasare și fuziune, s-a concentrat, practic, în cadrul unui singure instituții de cercetare - Institutul de Pedologie și Agrochimie, actualul Institutul Național de Dezvoltare - Cercetare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului.

Deoarece, prin titlu, prezentarea și-a propus să se limiteze numai la Primul Program Național de Activitate Pedologică în România, evoluția activității pedologice în România după 1948 urmează să constituie obiectul altor prezentări.

Totuși, această prezentare nu se poate încheia fără a evidenția o idee care, în actuala conjunctură, trebuie să dea de gândit multora dintre noi. La vremea respectivă, Comisia pentru Cercetarea Pământului Românesc, de la bun început, a găsit necesar **“să adopte normele de lucru pe teren ale Serviciului pentru Conservarea Solului (Soil Conservation Service) din S.U.A.”**, la care, totuși, din motive ușor de înțeles a trebuit să renunțe cât mai rapid, dar pentru mulți ani, din nefericire. Ceea ce pare de neînțeles, este faptul că, acum, încă nu se acordă atenția cuvenită cunoașterii și adoptării progreselor științifice realizate de către Serviciul de Conservare a Resurselor Naturale (*noua denumire a fostului Serviciu de Conservare a Solului*) din S.U.A. în domeniul pedologiei și nu numai, cunoscând că, așa cum spune, într-o scrisoare din 2005, dr. Hari Eswaran, responsabil cu resursele mondiale de sol în cadrul acestui serviciu: **“Ar fi dificil să convingi pe oricine să adopte Taxonomia Solurilor din S. U. A. ca sistem internațional Totuși, eu cred că avem obligația să asigurăm că avem standarde internaționale în privința metodelor, definițiilor și procedurilor de control al calității în programul de studii pedologice. Aceasta poate fi mai ușor de atins dacă vom lucra în această direcție”**.

Sunt sigur că o cunoaștere cât mai bună a progreselor și a căilor și modalităților de realizare a acestor progrese și o adaptare rațională la condițiile specifice României, ne-ar permite ca eforturile noastre de cercetări și studii pedologice să se finalizeze cu performanțe și costuri competitive, comparabile pe plan mondial.

RESTITUIRI

IOAN ȘERBĂNESCU - UN PATRIARH AL FITOECOLOGIEI

Dr. Ioan Șerbănescu s-a impus în botanica românească prin paleta inegalabilă a informațiilor științifice fitoecologice, adică a raporturilor dintre comunitățile de plante și habitat. Nici un alt botanist român nu a înregistrat atâtea situații fitoecologice sau numai floristice variate ca I. Șerbănescu în nesfârșitele sale călătorii prin țară, de pe litoral până în vârful Bucegilor, poate cu excepția lui P. Enculescu, al cărui demn urmaș a fost. Despre acest botanist, vrednic și cinstit, apreciat de străini ca "un mare cunoscător al florei și vegetației", am mai publicat două note (1980, 1983)¹ în care am subliniat că activitatea sa științifică, neobosită și cutezătoare, a cuprins întregul teritoriu al țării, cu gândul neclintit spre realizarea sintezei *Vegetația României*, la care a lucrat până în ultimele zile ale vieții. Nu era un savant de laborator, ci de teren, unde nu-l întrecea nimeni ca rezistență și rapiditate în efectuarea cercetării. Când am văzut, pe teren, câte informații deține despre plante și locul lor de creștere l-am întrebat de ce nu le publică și mi-a răspuns că nu-l interesează numărul de lucrări, ci valoarea lor. Din păcate, campaniile prea lungi pe teren nu i-au dat răgazul și liniștea să sintetizeze mulțimea de înregistrări de care a dispus, operație pe care numai el o putea realiza în cunoștință de cauză.

Ioan Șerbănescu omul. Ioan Șerbănescu era de statură mijlocie, bine legat, cu chip prelung și brunet, totdeauna cu mustață și podoabă

¹ *Studii și Cercetări de Biologie - Seria Biologie vegetală*, 32(1): 95-97 (1980) și *Analele Universității București*, 32: 97-101 (1983), în colaborare, prima fiind copiată cu nerușinare și neatenție de Ardelean & al. (2000), în așa zisul *Dicționar al biologiei români*.

capilară. Fiu al lui Ion și Măria Șerbănescu, el vede lumina zilei la 16 iulie 1903, în orașul Buzău. După terminarea Liceului B.P. Hașdeu din localitate (1925) pleacă spre București cu dragostea locului natal în suflet și după absolvirea Facultății de Științe Naturale revine tocmai pe plaiurile blânde ale Penteleului, unde timp de șapte ani (având ghid pe iscusitul vânător și pescar Damian Cercel) elaborează cunoscuta teză de doctorat, *Flora și vegetația Masivului Penteleu* (1939), una dintre primele lucrări de fitosociologie și principală sursă fitocorologică pentru opera *Flora României*.

În toamna anului 1933 se căsătorește cu botanista Măria Vârfureanu, cu care colaborează la unele lucrări de algologie. În anul 1961 i se conferă titlul de doctor docent. Între anii 1932 și 1957 ocupă succesiv sau concomitent diferite funcții, ca Șef de lucrări la Universitatea București, Institutul Politehnic și Institutul Agronomic din București. Tot în această perioadă are funcția de Șef de Secție la Institutul de Cercetări Piscicole din București. Cu refugiul botaniștilor din Cernăuți, conduși de M. Gușuleac, păstrarea postului la Universitatea București a devenit dificilă, astfel că din anul 1945 până în 1973 (când se pensionează) este Șef de Secție la Comitetul de Stat al Geologiei, desfășurând o amplă activitate geobotanică de “ importanță teoretică și practică”, cu rezonanță în întreaga cercetare botanică din România.

Campaniile sale de teren nu au fost prilej de relaxare, ci adevărate confruntări cu ploaia, vântul, arșița verii și, de ce nu, chiar cu situațiile fitocenologice nebănuite pe care a știut să le învingă și respectiv să le deslușească. Fin observator al speciilor și ecologiei lor, dotat cu o forță excepțională de înregistrare a informațiilor (de altfel neîntrecut fitocorolog), fire veselă și antrenantă (cum se urca în mașină începea să cânte), desăvârșit organizator al cercetărilor de teren, I. Șerbănescu a sădit în sufletul colaboratorilor tineri amintiri plăcute și utile. El a fost generos cu tinerii pe care îi simțea că au înclinație pentru lumea plantelor, îi lua pe teren și îi instruia, plătind adesea cazarea și masa din banii săi, ba uneori pregătea el însuși masa (unde nu era apă ștergea vasele cu pământ). Gazdele pe la care mânea se bucurau nespuse de mult când revenea, dovadă a sincerității și omeniei lui. În afara generațiilor pe care le-a instruit la catedră, pe lângă el au învățat și activat mulți tineri care au devenit botaniști consacrați, ca G. Babacă, L. Dragu, N. Roman, G. Turcu și un grup de tineri din ultimele campanii. Printre acei ucenici, pentru o scurtă perioadă, s-au mai numărat Prof. M. Andrei

și semnatarul acestor rânduri, care a petrecut alături de maestrul două săptămâni în Depresiunea Făgărașului. Astfel că despre I. Șerbănescu se poate spune că a fost un dascăl adevărat, care se mândrea cu cei pe care îi orientase spre o muncă cinstită și nobilă. Îmi amintesc cu multă recunoștință de ajutorul acordat studentului G. Dihoru la redactarea primei sale lucrări publicate.

Generos a fost și cu marele botanist A. Borza, hăituit de vechiul regim, care a fost angajat ca muncitor la secția condusă de el pentru a câștiga o bucată de pâine, când era lipsit de slujbă.

Nu trecea niciodată pe lângă piețele din diferitele localități străbătute, fără să-și ia desaga de păr de capră pe umăr pe care s-o umple cu fructe. Era un pasionat consumator de mere, pe care le curăța de coajă în mod artistic, cu plăcere, rezultând din aceasta o panglică spirală. Aceiași plăcere artistică o exprima și când își ascuțea creioanele, cu vârf prelung și simetric, că te îmbiau să le folosești. Scrisul îi era foarte îngrijit, mărunț și aplecat spre dreapta.

A locuit aproape toată viața într-o clădire veche din Grădina Botanică în care își ținea și colecția de plante, cu eșantioane încă de pe timpul campaniei tinereții în Penteleu. Din interesul nu știu al cui a fost evacuat și trimis într-un apartament de două camere tocmai în cartierul Ferentari, departe de Grădina Botanică, fapt care a produs o profundă nemulțumire în familie. Viața lui I. Șerbănescu se împarte de acum între Ferentari și Puciosa unde avea o casă părintească din partea soției și unde s-a întâlnit cu moartea la 10 noiembrie 1988, surprins cu lucru la sinteza vegetației din Dobrogea.

Ioan Șerbănescu savantul. Particularitățile operei științifice a lui I. Șerbănescu, din perioada de maturitate, adică de după 1939, sunt conexiunea dintre plante și habitat, în special cu solul pe care îl descifra destul de bine (nu scotea o planta fără să spună în ce erau înfipte rădăcinile, ba adesea cerceta rupturile pentru a vedea tipul de sol), apoi numărul extrem de mare de înregistrări geobotanice (fitoecologice) din toată țara și Interpretarea fenomenelor ecologice și sindinamice pe baza speciilor edificatoare (dominante), ceea ce nu convenea multor botaniști contemporani. S-a abătut de mai multe ori și spre metodologia cercetării în geobotanică.

Activitatea științifică, numai cea cuprinsă în lucrările publicate care cuprinde o întreagă paletă de probleme, o grupăm convențional în câteva

categorii:

1. *Lucrări geobotanice (fitoecologice)*. Principala sa preocupare a fost cea fitoecologică, cu observații ingenioase și permanente de sindinamică. Publică astfel (în afara vegetației Penteleului) asociațiile halofite din Câmpia Română (1965), interpretate prin prisma concepției sale ecologice amintite mai sus. O suită de creații științifice din acest domeniu apar între 1950 și 1971, toate cu caracter aplicativ pronunțat, I. Șerbănescu fiind preocupat permanent de modul cum observațiile sale științifice se pot aplica în practică: plante edafic-indicatoare (1966), ameliorarea săraturilor (1963), condițiile naturale din Depresiunea Făgăraș (1961) și în general din România (1958) (ambele în colaborare), pășunile alpine din Bucegi (1951, 1956, în colaborare), harta vegetației din Bucegi (1970), *Xerophragmitetum* (1955). S-ar adăuga apoi lucrările referitoare la vegetația unor regiuni din țară, cercetate cu precădere în timpul campaniilor: Oltenia de Vest (1953, 1958), Depresiunea Făgăraș (1960, 1961, 1964), Baia Mare (1959), estul Câmpiei Române (1950).

Interpretarea în mod personal a unor fenomene fitocenologice o ilustrează lucrările *Xerophragmitetum* (1955), comparația vegetației Dobrogei cu cea a Câmpiei Române (1971), elementele fagului în Câmpia Română (1960) și metoda cercetării geobotanice bazată pe concepția sa ecologică și sindinamică, cu descrieri numeroase reunite după speciile dominante (196%0). Este unul dintre cei mai statornici geobotaniști români în utilizarea speciilor dominante, începând cu Penteleul (1939) și până la sfârșitul vieții. Este singurul botanist român care publică informații despre vegetația Transnistriei (1943).

Împlinirea parțială a visului său de a cuprinde întreaga vegetație a țării a constituit-o elaborarea hărții de vegetație a României, 1/1.000.000 (1975, în colaborare), în care predomină informația de teren, care completează magistral harta lui P. Enculescu.

Trebuie subliniat că I. Șerbănescu, împreună cu colaboratorii, a avut cel mai mare număr de relevee (descrieri geobotanice) din vegetația României, unele din locuri rămase astăzi fără vegetație, care n-au fost publicate și care ar trebui să fie incluse în patrimoniul național, deoarece sunt documente științifice unice. Astăzi nu știm de soarta lor.

2. *Lucrări de fitotaxonomie*. Dr. I. Șerbănescu este într-adevăr un excelent cunoscător al plantelor din diferitele regiuni ale țării, datorită unei îndelungate experiențe de teren și a acumulării unui fond bogat de informații. Unele lucrări cu caracter taxonomic din prima parte a activității

sale, *Geranium macrorrhizum* (1942), *Carpinus orientalis* (1933), *Zannichellia* (1948), *Galium* (1962), îl recomandă singure ca un colaborator deja consacrat la *Flora R.S. România*, în care prelucrează: *Linaceae*, *Resedaceae*, *Geraniaceae*, *Zygophyllaceae* și *Cyperaceae* etc. I. Șerbănescu este de altfel unul dintre inițiatorii acestei opere de mândrie națională. Domeniul taxonomic îl abordează și mai târziu când cercetează *Pyrus* din Dobrogea (1967) și mai ales *Festuca ovina* agg. (1966) și descrierea speciei noi, *Zannichellia prodanii* Șerbănescu (1980), bazată pe unele diagrame inedite.

3. *Lucrări floristice*. Debutul în literatura botanică și-l face cu o lucrare din domeniul floristic despre *Goodyera repens* (1933). Vom mai adăga că publică specii rare din Județul Buzău, aparținând genurilor *Cypripedium*, *Goodyera*, *Drosera*, *Scheuchzeria* etc. (1932, 1933, 1934, 1936), *Syringa* (1933, 1934). Studii floristice importante asupra zonei Vulcanilor Noroioși de la Berca sunt concretizate într-o altă serie de lucrări (1933, 1936). Descoperă și cercetează *Lamium bifidum* (1960), *Hordeum nodosum* (1960) și *H. secalinum* (1961), *Parapholis incurva* (1975), *Pinus sylvestris* în Penteleu (1934), *Corispermum monspeliaca* (1960, inclusiv cenologia acestor două specii rare). Unele contribuții la cunoașterea algoflorei noastre le publică în colaborare cu soția, Măria Șerbănescu (1958, 1960).

Cu caracter de popularizare scrie articole despre *Ficus* și *Castanea* (1938), precum și cărticica *Plantele din pădurile noastre* (1969) în care dovedește o bună cunoaștere a componentelor pădurii, sub toate aspectele, taxonomic, fenologic, ecologic, corologic și chiar economic, exprimată într-un limbaj plăcut și accesibil. Iată ce spune despre fag și munteni: "*La umbra fagului poposesc, la târle, mînzările înmulțindu-și laptele cu iarba grasă de pe văi și din preajma izvoarelor. Din zmeurișurile fagului culege munteanul fructe. Sub crosnia de fag, legată în bete, se îndoaie munteanca ducând acasă lemne pentru foc.*"

4. *Lucrări de fitoanatomie*. S-a ocupat mai mulți ani de structura organelor, rădăcina (1947) și fructul (1955), uneia dintre cele mai rare plante din flora Europei și a țării, *Nitraria schoberi*, intuind importanța cunoașterii complexe în vederea conservării acesteia.

5. *Ocotirea naturii*. Cine altul decât I. Șerbănescu putea semnala atâtea teritorii de interes *sozologic* prin rapoartele înaintate Comisiei Monumentelor Naturii ? Despre una dintre rezervațiile țării, Dumbrava Vadului (Poiana cu Narcise), a publicat un studiu valoros, cu

caracter de referință (1960).

6. *Alte lucrări*. A evocat într-un limbaj foarte plăcut viața și activitatea a doi dintre marii noștri botaniști, Z. Panțu (1934) și A. Vlădescu (1947), bunul său prieten, dispărut prematur în Grădina Botanică, la bombardamentul din 4 aprilie 1944.

7. *Colecția de plante*. În decursul activității de teren, timp de peste 45 de ani, a strâns un bogat material floristic (circa 40.000 de coli), pe care l-a determinat, l-a grupat pe familii botanice și l-a păstrat o lungă perioadă de timp în locuința sa din Grădina Botanică. După evacuare l-a depozitat, în condiții precare, într-o magazie la Puciosa. Am participat la achiziționarea, împachetarea și transportul acestei colecții la Institutul de Biologie al Academiei Române, unde și acum stă în pachete nedesfăcute.

8. *Critică științifică*. Cu ocazia achiziționării colecției de plante am găsit într-o carte un manuscris al său privitor la valoarea submediocră a unor creații științifice de fitologie, din care reproducem introducerea: *“De multe ori, citind lucrări de specialitate, (acestea) mă încântă, mă pasionează, mă interesează, îmi oferă noutăți, îmi dau sugestii, îmi deschid orizonturi noi.*

Nu rare ori (însă) întâlnesc lucrări care nu numai că nu mă satisfac, dar mă revoltă. Revolta mea nu vizează persoana care s-a străduit să măzgălescă niște fraze în cutare specialitate din botanică, ci faptul că asemenea lucrări, unele cu titluri pompoase, citite cu aviditate de tineretul începător, înregistrează inexactitățile ca pe niște adevăruri.

Ei bine, la noi, nicăieri nu sunt judecate asemenea lucrări din care unele apar chiar în publicațiile Academiei R.S.R. Îndrăznește cineva să scrie ceva împotriva acestor mărfuri falsificate ? Să îndrăznească ! În ‘scientia amabilis’ trebuie ca totul să se înghită așa cum vine de la producător ? Noi suntem docili și tăcem. Ne apărăm pielea.

Eu totuși mă întreb: oare nu vom reuși să aducem lucrurile pe fâgașul normal?”

Ioan Șerbănescu, credincios fidel al muncii cinstite, creator de opere științifice și specialiști, a impus un suflu aparte în fitoecologia din România care se resimte din plin și astăzi.

LISTA DE LUCRĂRI PUBLICATE

- 1933 - Două plante rare în turbăriile din Județul Buzău, *Scheuchzeria palustris* L. și *Drosera rotundifolia* L. *Not. Biol. Bucarest*, 1(1): 11-16.
- *Syringa vulgaris* (Liliacul) în Județul Buzău. *Not. Biol. Bucarest*, 1(1): 31-32.
- Vegetațiunea halofilă a teraselor Vulcanilor Noroioși din jud. Buzău și contribuțiuni la flora regiunilor vecine. *Bul. Soc. Stud. Ști. Nat. București*, 3: 132-141.
- Noi localități pentru *Goodyera repens* R. Br. *Bul. Soc. Stud. Ști. Nat. București*, 3: 142-143.
- *Carpinus duinensis* Scop. din județul Buzău. *Bul. Soc. Stud. Ști. Nat. București*, 4: 103-106.
- O nouă localitate pentru *Drosera rotundifolia* L. în România. *Bul. Soc. Nat. Rom. București*, 4: 1-2.
- 1934 - Zacharia C. Panțu (1866-1934). *Bul. Soc. Nat. Rom. București*, 6: 18-21.
- Noul localități pentru *Syringa vulgaris* L. (Liliacul) în jud. Buzău. *Bul. Soc. Nat. Rom. București*, 5: 1-1-5.
- Noul localități pentru *Drosera rotundifolia* în România. *Bul. Soc. Nat. Rom. București*, 6: 1-2.
- Răspândirea Pinului silvestru în masivul muntos dintre cele două Basce. *Bul. Soc. Nat. Rom. București*, 6: 2-5.
- 1936 - *Despre *Craspedacusta soverbii* în România. *Not. Biol. Bucarest*, 1:1.
- Sur le *Geranium Caroli-Principis* Panțu. *Not. Biol. Bucarest*, 4(1): 1-3.
- Contribuțiuni la flora regiunii cu vulcani noroioși din jud. Buzău (Dealurile Sărățelului și Slănicului). *Bul. Soc. Stud. Ști. Nat. București*, 5-7: 92-123.
- Plante rare din Munții Buzăului. *Bul. Soc. Ști. Nat. București*, 5-7: 124-125.
- 1938 - Smochinul. *Natura*, 27(1): 29-34.
- Castanul bun. *Natura* 27(4): 161-166.
- 1939 - Flora și vegetația Masivului Penteleu. *Bul. Univ. Buc., Fac. de Științe*. (Teza 165).
- 1942 - Contributions a l'étude systematique du *Geranium macrorrhizum*

- L. *Bull. Sect. Sci. Acad. Roum.*, 24(9): 615-620.
- Lathyrus inermis Roch. dans la flore de la Roumanie. *Bull. Sect. Sci. Acad. Roum.*, 24(9): 622-624.
- 1943 - Schiță asupra vegetației din Transnistria de S-E. *Rev. Geogr. Rom.*, 6(1-2): 60-65.
- 1947 - Etude anatomique comparative sur la racine de Nitraria schoberi L. *Not. Biol. Bucarest*, 5(1-3): 326-328.
- Aurelian Vlădescu. *Not. Biol. Bucarest*, 5(1-3): 329-338.
- 1948 - Sur Zannichellia aculeata Schur. *Not. Biol. Bucarest*, 6(1-2): 178-182.
- 1951 - *Studiul fitosociologic și agrozootehnic al pășunilor alpine din Munții Bucegi. *Lucr. Șes. Gen. Ști.* (2-12 iunie 1950). Edit. Acad. R.P.R.: 1053-1098. 1953 - Cercetări geobotanice în S-Estul Olteniei. *Dări de Seamă Comit. Geol.*
- 1955 - *Anatomia fructelor de Nitraria schoberi L. și Nitraria tridentata Desf. *Bul. Ști-Biol. Ști. Agric., Geol., Geogr.*, 7(4): 1235-1243.
- Xerophragmitetum. *Bul. Ști-Biol, Ști. Agric., Geol., Geogr.*, 7(4): 1245-1249.
- Cercetări asupra vegetației din reg. București. *Bul. Ști. Sect. Biol, Acad. R.P.R.*, 3: 501-508.
- 1957 - Cercetări geobotanice în Oltenia de Vest. *Dări de Seamă (1953-1954)*, 41: 181-188. *Comit. Geol.*
- 1958 - *Contribuții la cunoașterea algelor din R.P.R. *Stud Cerc. Biol. - Biol. Veget.*, 10(1): 55-85.
- Linaceae, Geraniaceae, Zygophyllaceae în *Flora Rep. Pop. Rom.* 6: 84-105, 116-163, 171-179.
- 1959 - Originea și evoluția pădurilor dintre Călmățui și Siret. *Omagiu lui Traian Săvilescu cu prilejul împlinirii a 70 de ani: 715-724*. Edit. Acad. Rep. Pop. Rom.
- Plantele din pădurile noastre. 184 pag. Edit. Științifică.
- Cercetări asupra vegetației din Depresiunea Băii Mari. *Dări de Seamă (1954-1955)*, 42: 457- 468. *Comit. Geol.*
- Cercetări asupra vegetației din estul Câmpiei Române. *Dări de Seamă (1954-1955)*, 42: 469-508. *Comit. Geol.*
- Cercetări asupra vegetației din regiunea București. *Dări de Seamă (1954-1955)*, 42: 509-517. *Comit. Geol.*
- 1960 - Propuneri pentru o metodă mai adecvată de cercetare în geobotanică. *Comunic. Bot.*, 1: 61-65. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.P.R.

- Problema elementelor fagului din pădurile Câmpiei Române. *Comunic. Bot.*, 1: 297-302. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.P.R.
- *Lamium bifidum* Cyril. ssp. *balcanicum* Velen. *Comunic. Bot.*, 1: 303-308. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.P.R.
- Despre *Corispermum hyssopifolium* L. și *Camphorosma monspeliaca* L. din R.P.R., *Comunic. Bot.*, 1: 309-314. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.P.R.
- Poienile cu narcise din Dumbrava Vadului. *Ocrot. Nat.* 5: 33-46.
- *Hordeum nodosum*, o nouă specie pentru flora R.P.R. *Comunic. Bot.*, 1: 309-314. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.P.R.
- *Contribuții la cunoașterea algelor din R.P.R. (alge din lacul Jir-lău). *Stud. Cerc. Inst. Pisc. Buc.*, 2(5): 181-191.
- 1961 - *O nouă plantă în flora R.P.R., *Lythrum tribracteatum* Salzm. *Stud. Cerc. Biol., Ști. Agric. Timișoara*, 8(1-2): 119-128.
- *Condițiile naturale și solurile depresiunii Baia Mare. *Cerc. Ped. - Lucr. Conf. Ped., București, septembrie 1958*: 425-458.
- Aspecte de vegetație din Depresiunea Făgărașului. *Comunic. Acad. R.P.R. - Biol.*, 11(4): 415-420.
- *Hordeum secalinum* Schreb., o nouă specie pentru flora R.P.R. *Comunic. Acad. R.P.R. - Biol.*, 11(2): 211-213.
- Recherches geobotanique dans l'Olténie Occidentale. *Comit. Rend. Șeii. - Ped. Comit. Geol.* (1953-1954), 41: 123-125.
- 1962 - Vegetația regiunii subcarpatice dintre Dâmbovița și Sușița. *Dări de Seamă Comit. Geol.* (1955-1956), 43: 569-580.
- 1963 - Fânețele de la sud de Arpașul de Jos. *Comunic. Bot.*, 2(2): 93-106. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.P.R.
- Despre *Serratula caput-najae* Zahariadi în R.P.R. *Acta Bot. Horti Bucurest.*, (1): 309-313.
- Despre *Galium parisiense* L., *G. divaricatum* Lam. și *G. tenuissimum* M. Bieb. din R.P.R. *Acta Bot. Horti Bucurest.*, (1): 315-324.
- Inventarierea și cartarea vegetației din R.P.R. *Comunic. Bot.*, 2(1): 25-35. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.P.R.
- Ameliorarea pajiștilor de pe terenurile sărăturoase din Câmpia Română prin specii spontane din cuprinsul lor. *Stud. Tehn. Econ., Seria C, Ped.*, (1): 209-237. Comit. Geol.
- 1964 - Cercetări geobotanice în Depresiunea Făgărașului. *Anuar. Comit. Geol.*, 34(2): 311-380.
- 1965 - *Pășunile alpine din Munții Bucegi. Edit. Acad. R.P.R.

- Asociațiile halofite din Câmpia română. *Stud. Tehn. Econ., Seria C, Ped.,* (I 1): 1-149. Comit. Geol
- 1966 - *Cyperaceae în *Flora Rep. Soc. Rom.,* 11: 613-848.
- Les plantes indicatrices des conditions edaphiques et climatique et leur role dans la rechers du sol (*litogr.*). *Symp. Soil. Biol.:* 281-306. Cluj, november 1966.
- Modifications anatomique en fonction du sol et du climat dans la serie evolutive de certaines espede de Festuca de la section Ovinae. (*litogr.*). *Symp. Soil Biol:* 307-323. Cluj, november 1966.
- 1967 - Zdruncinări la *Pirus elaeagnifolia* Pali. și *P. piraster* (L.) Medik., pe falia Peceneaga-Camena. *Dări de Seamă,* 52(3): 337-341. Comit. Geol
- Etajarea în sol și deasupra solului a unor grupări vegetale. *Comunic. Bot.,* 5: 39-44. Soc. Ști. Nat. Geogr. din R.S.R.
- 1969 - Plantele din pădurile noastre. 184 pag. Ed. a II-a. Edit. Științifică.
- 1970 - Prezentarea hârții de vegetație a Masivului Bucegi. *Dări de Seamă - Ped (1966-1967):* 54(4): 229-237. Comit. Geol.
- La vegetation du litoral de la Mer Noire de Năvodari â Eforie. *Stud. Tehn. Econ., Seria C, Ped., Comit. Geol. In memoriam N. C. Cernescu et M, Popovăț (18):* 365-400.
- 1971 - Privire generală asupra vegetației din Dobrogea și din Cîmpia Română cu rama de dealuri învecinate. *Stud Tehn. Econ., Seria C, Ped.,,* 8(19): 87-106. Comit. Geol.
- 1972 - **Alopecurus, Phleum* în *Flora Rep. Soc. Rom.,* 12: 113-130.
- **Calamagrostis* în *Flora Rep. Soc. Rom.,* 12: 168-181.
- *Crypsis, Heleochloa, Polypogon, Gastridium, Sporobolus, Apera, Ammophila* in *Flora Rep. Soc. Rom.,* 12: 130-134, 140-144, 164-168, 181-182.
- 1975 - *Harta geobotanică a Republicii Socialiste România în *Atlas Geografic,* 1/1000000. Inst. Geol. Geofiz.
- Harta geobotanică. Notă explicativă : 1-33. Inst. Geol. Geofiz.
- 1980 - *Zannichellia prodanii* sp. nova. *Stud. Cerc. Biol. - Biol. Veget.,* 32(1): 27-30.

Dr. G. DIHORU