

Ing. Jan Sixta, CSc., Rekultivační výstavba Most, a.s.

Ing. Lubomír Růžek, CSc., Česká zemědělská univerzita Praha

Metoda bioindikace a evaluace úrodnosti půd - podklad pro hodnocení kvality zemědělských rekultivací, aplikace v podmínkách Rheinbraun A.G.

Bioindikations- und Evaluationsmethode der Bodenfruchtbarkeit - Unterlage zur Bewertung der Qualität der landwirtschaftlichen Rekultivierung - Anwendung in den Bedingungen von Rheinbraun AG

Die Bioindikations- und Evaluationsmethode der Bodenfruchtbarkeit wurde in Vergangenheit in den Bedingungen des nordböhmischen Braunkohlenreviers, als eine von mehreren, bei der Bewertung der Qualität und des Erfolges der Rekultivierung erprobt. Im April 1995 wurde diese Methode auf 20 Lokalitäten der Gesellschaft Rheinbraun AG in der Bundesrepublik Deutschland geprüft. Der Beitrag macht mit der angewandten Methode und Ergebnissen dieser einmaligen Probenentnahme bekannt. Grundlage der Methode ist die Überwachung des Gehaltes verschiedener Formen des Bodenkohlenstoffes und ihrer gegenseitiger Verhältnisse, die sich in Böden der rekultivierten Flächen bilden. Empirisch abgeleitete mathematisches Modell ermöglicht auch aktuelle Stufe des bodenbildenden Prozesses zu bestimmen und dadurch die Bewertung der Rekultivierung zu beurteilen.

Method of bioindication and evaluation of land fertility - basis for the evaluation of agricultural land reclamation quality, application in conditions of Rheinbraun A.G.

Method of bioindication and evaluation of land fertility has been verified in the past in conditions of N. Bohemia Brown Coal Basin as one of the evaluation method of quality and successfulness of land reclamation. In April 1995 this method was verified on twenty localities of Rheinbraun company in Germany. Article describes the used method and results of this one way sample take. Basis of the method is to look at the content of various forms of soil carbon and their mutual ratio in creating soil on land reclaimed areas. Empiric deducted mathematical model facilitates to evaluate the actual grade of soil making process, and therefore the successfulness of land reclamation.

Метод биоиндикации определения плодородности почв - основа для оценки качества сельскохозяйственных рекультиваций - и его применение в условиях а/о Рейнбраун

Метод биоиндикации определения плодородности почв был в прошлом проверен в условиях Северочешского бурогоугольного бассейна в качестве одного из методов обсуждения качества и успешности рекультивации. В апреле 1995 года был данный метод проверен на 20 участках а/о Рейнбраун в ФРГ.

В статье дается описание используемого метода и результатов единовременного экспериментального отбора проб.

Основой метода является слежение за содержанием различных форм почвенного углерода и их соотношений в образующейся новой почве на рекультивируемых поверхностях. Эмпирическая выведенная математическая модель позволяет обсудить даже актуальную степень процесса образования почвы, а тем самым спешность рекультивации.

Metoda bioindikace a evaluace úrodnosti půd - podklad pro hodnocení kvality zemědělských rekultivací, aplikace v podmínkách Rheinbraun A.G.

Metoda bioindikace a evaluace úrodnosti půd byla v minulosti ověřena v podmínkách SHR jako jedna z metod posouzení kvality a úspěšnosti rekultivace. V dubnu 1995 byla tato metoda ověřena na dvaceti lokalitách společnosti Rheinbraun ve Spolkové republice Německo. Článek popisuje použitou metodu a výsledky tohoto jednorázového pokusného odběru. Základem metody je sledování obsahu různých forem půdního uhlíku a jejich vzájemných poměrů v tvořící se půdě na rekultivovaných plochách. Empiricky odvozený matematický model umožňuje posoudit i aktuální stupeň půdotvorného procesu, a tedy i úspěšnost rekultivace.

1. Úvod

Na základě dlouholeté spolupráce mezi Českou zemědělskou univerzitou Praha a Rekultivační výstavbou Most byla v našich podmínkách úspěšně ověřena metoda bioindikace a evaluace úrodnosti půd (Růžek, 1994), zaměřená zejména na hodnocení úspěšnosti a kvality prováděných zemědělských rekultivací.

Tato metoda byla v minulém roce prezentována i na několika mezinárodních konferencích, mj. i na setkání německých rekultivačních odborníků, které se konalo v Mostě na podzim loňského roku. Na základě této prezentace byli autoři metody pozváni do společnosti Rheinbraun AG., aby zde svoji metodu odzkoušeli.

V článku je obsažen jak popis metody použité v Německu, tak i shrnutí dosažených výsledků z jednorázového zhodnocení 20 lokalit. Mezi tyto lokality byly zařazeny jak výsypky různého stáří, různého způsobu úpravy (s naplavenou vrstvou spraši na povrchu, s naváženou vrstvou, s opatřeními ke zlepšení fyzikálních vlastností i bez nich), různých forem zemědělské rekultivace a z různých těžebních lokalit revíru. Příložené grafy ukazují rozdíly v dosažených hodnotách.

2. Metodika

2.1. Materiál a metody

K odběru půdních vzorků byly použity speciální mikrosondy z antikorozi oceli, umožňující minimální mechanické narušení půdy, zanedbatelné zastoupení skeletu a kořenů. Jedním vpichem lze odebrat 2 - 3 g zeminy z profilu 0 - 15 cm. Jeden vzorek je tak tvořen materiálem minimálně ze 70 - 100 vpichů pro každou sledovanou lokalitu. (Na plošně větších lokalitách se doporučuje odebírat jeden vzorek na každých 4 - 5 ha).

Použitá rehydratační metoda stanovení uhlíku biomasy půdních mikroorganismů MB-C (Blagodatskiy et al., 1987) nahrazuje chemické ošetření půdních vzorků (parami vhodného fumigantu) tepelným ošetřením půdních vzorků, a to na hranici denaturace bílkovin cytoplazmatické membrány mikrobiálních buněk. Organický uhlík, extrahovatelný 0,5 M roztokem síranu draselného (K_2SO_4), je extrahován z tepelně ošetřených půdních vzorků TOT-C a kontrolních vzorků EX-C (Růžek, 1992 a 1994) a vypočten ze vztahu:

$$MB-C = (TOT-C - EX-C) / k_c$$

kde koeficient $k_c = 0,25$ (Blagodatskiy et al., 1987) udává podíl uhlíku mikrobiální biomasy extrahovatelného do 0,5 M síranu draselného.

Oxidovatelný uhlík půdní organické hmoty (C_{ox}) byl stanoven kolorimetricky modifikovanou metodou podle Simse a Habyho (1971) při vlnové délce 600 nm na spektrálním fotometru SPEKOL 221 (Carl Zeiss).

Celkový 0,5 M K_2SO_4 extrahovatelný organický uhlík TOT-C (Růžek, 1992 a 1994) byl stanoven u půdních vzorků uchovaných od okamžiku odběru při teplotě $+4^\circ C$. Před měřením byly vzorky nejprve inkubovány při laboratorní teplotě více než 20 hodin, poté v tepelné skříni pozvolna temperovány na teplotu $65^\circ C$ a udržovány na této teplotě 24 hod. Extrakt v 0,5 M roztoku síranu draselného byl spálen při teplotě $140^\circ C$ v chromsírové směsi (1g $K_2Cr_2O_7$, 125 ml koncentrované H_2SO_4 , 25 ml destilované vody). Obsah celkového uhlíku TOT-C byl stanoven fotometricky při vlnové délce 590 nm na spektrálním fotometru SPEKOL 221 (Carl Zeiss).

Extracelulární 0,5 M K_2SO_4 extrahovatelný uhlík EX-C (Růžek, 1992 a 1994) byl stanoven naprosto stejnou cestou s výjimkou tepelného ošetření půdních vzorků.

2.2. Matematický model

Pro evaluaci živé mikrobiální složky orničního profilu sledovaných lokalit je používán matematický model empiricky odvozený z doplňkových rozborů zrnitosti, obsahu a kvality humusu (koeficient $Q_{4/6}$), poměru C : N a kyselosti půdy (Růžek, 1994), jehož schéma je zobrazeno v tabulce č. 2.

Rozdíl mezi modelovými a změřenými hodnotami obsahu uhlíku půdní biomasy (MB-C) vyjádřený v procentech, je relativním ukazatelem úrovně mikrobiálního oživení orniční vrstvy půdy. Na kvalitních dobře oživených rostlých půdách dosahuje tento ukazatel 90 a více procent modelového minima. Při hodnocení úrovně rekultivací lze toto kritérium úspěšnosti snížit na 70 a více procent.

Hromadění extrahovatelného extracelulárního uhlíku (EX-C), vyjádřené ve vazbě na 1g biomasy půdních mikroorganismů, signalizuje buď nadbytek lehce mineralizovatelné složky půdní organické hmoty (stav po intenzivním organickém hnojení) nebo je důsledkem zvýšeného podílu lyzujících (odumírajících a odumřelých) mikrobiálních buněk v důsledku zhoršujících se podmínek pro rozvoj mikrobiálních společenstev. Na kvalitních dobře oživených rostlých půdách tento ukazatel kolísá zpravidla mezi 40 - 80 procenty modelového maxima. Na kvalitně rekultivovaných pozemcích lze akceptovat širší interval až do 100 % modelového maxima.

Poměr (MB-C : C_{ox}) vyjádřený v procentech udává podíl metabolicky neaktivnější formy uhlíku půdní organické hmoty na jeho celkovém obsahu. Na kvalitních rostlých půdách se pohybuje kolem 3%, v počátečních

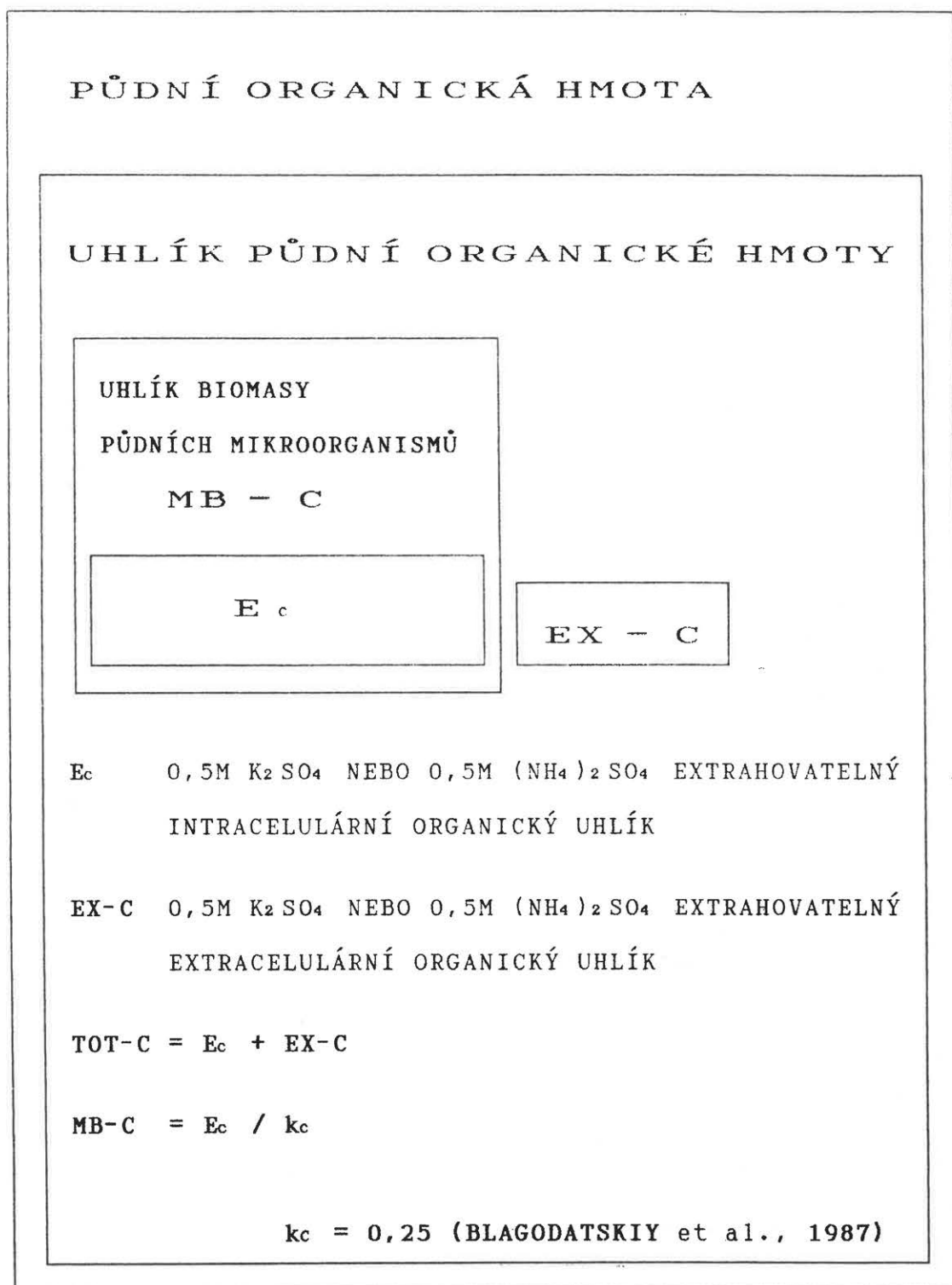
fázích biologické rekultivace jsou běžné dvojnásobné i vyšší hodnoty. S nárůstem obsahu půdní organické hmoty (tedy s průběhem rekultivačního procesu) dochází k postupnému poklesu na výše uvedenou hodnotu.

3. Závěry

Cílem této práce bylo ověřit možnosti metody bioindikace a evaluace úrodnosti půd v podmínkách společnosti Rheinbraun A.G. Z tohoto důvodu zvolil zadavatel pouze jednorázový odběr půdních vzorků, který byl situován do lokalit pokrývajících celé zájmové území společnosti a různé stáří i formy realizovaných rekultivací. Přestože byl odběr vzorků proveden v klimaticky a fenologicky optimálním období, mají závěry odvozené z dosažených výsledků pouze orientační charakter. Přesto však je možno přijmout následující dílčí konstatování a doporučení:

- 1 Celkový zjištěný obsah uhlíku biomasy půdních mikroorganismů je ve všech sledovaných lokalitách snížený.
- 2 Úspěšnosti rekultivace a dalšímu rozvoji půdních mikrobiálních společenstev výrazně napomáhá dodání kvalitní organické hmoty s vyváženým poměrem C : N, včetně snadno mineralizovatelných forem.
- 3 Půdní organická hmota na všech dílčích lokalitách s výjimkou předpolí lomu Inden je málo stabilní a snadno mineralizovatelná půdními mikroorganismy, s převažujícími fulvokyselinami ($Q_{4/6} = 5,80 - 7,50$). Vyšší kvalitu humusu na předpolí dokládá téměř vyrovnaný poměr mezi fulvokyselinami a huminovými kyselinami ($Q_{4/6} = 4,89$). Místní klimatické poměry a půdní reakce všeobecně zhoršují podmínky pro případnou akumulaci organické hmoty.
- 4 Lokality s porostem vykazují obecně vyšší oživení půdní mikroflorou než obdobné lokality, které byly v zimním období bez porostu. Tento vliv lze přičítat exudaci kořenů, zejména u travních porostů, která slouží jako jeden z významných trofických zdrojů mikrobiálních společenstev. Příkladem může být velmi příznivá situace na lokalitě s porostem jílku vytrvalého (*Lolium perenne*).
- 5 Po komplexním zhodnocení stavu oživení dílčích lokalit půdními mikroorganismy a podmínek pro jejich rozvoj lze konstatovat, že daná metoda umožňuje i v podmínkách výsypek společnosti Rheinbraun A.G. označit ty výsypky, jejichž rekultivace vykazuje problémy, dále určit stupeň rekultivovanosti, resp. momentální stav půdotvorného procesu na nově vytvářených zemědělských pozemcích a celkově tak zhodnotit kvalitu prováděných rekultivací.
- 6 Pro vysvětlení některých nejasností a formulaci závěrů o kvalitě provedených rekultivací na jednotlivých sledovaných lokalitách je nezbytné interpretovat předložené závěry společně s údaji o utužení a vlhkosti orniční a podorniční vrstvy, o fyzikálních a chemických vlastnostech spraší, o způsobu a kvalitě provedení jejich nasypání nebo naplavení na povrch výsypek apod. Tyto údaje, především z důvodu ověřování nové hodnotící metody, nebyly autorům poskytnuty.

TABULKA č. 1.: Schema (Růžek, 1994) zobrazující sledované formy uhlíku půdní organické hmoty



RŮŽEK, L. (1994): Bioindication of soil fertility and a mathematical model for restoration assessment. Restoration Ecology, 2 (2), pp. 112 - 119.

TABULKA č. 2.: Matematický model (Růžek, 1994)* použitý k evaluaci (zhodnocení) živé mikrobiální složky orničního profilu

$$\text{MODEL EX-C} = 14,815 + 31,481 * 0,0001 C^* + A - B$$

$$A = 0,17 * (\text{PÍSEK [0,063 - 2,0 mm]})$$

podle zrnitostní analýzy

$$B = 0,17 * (\text{JÍL [< 0,002 mm]})$$

podle zrnitostní analýzy

$$\text{MODEL TOT-C} = 135,185 + ((68,519 * 0,0001 C^*) * (C + D + E + F))$$

$$C = 0,26 * ((C : N + 12,5) / 25)$$

poměr

$$D = 0,22 * (1 / ((Q_{4/6} + 1,5) / 5))$$

koeficient

$$E = 0,26 * (1 / ((\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} + 6,5) / 13))$$

$$F = 0,26 * (1 / ((\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} + \text{pH}_{\text{KCl}}) / (2 * \text{pH}_{\text{KCl}})))$$

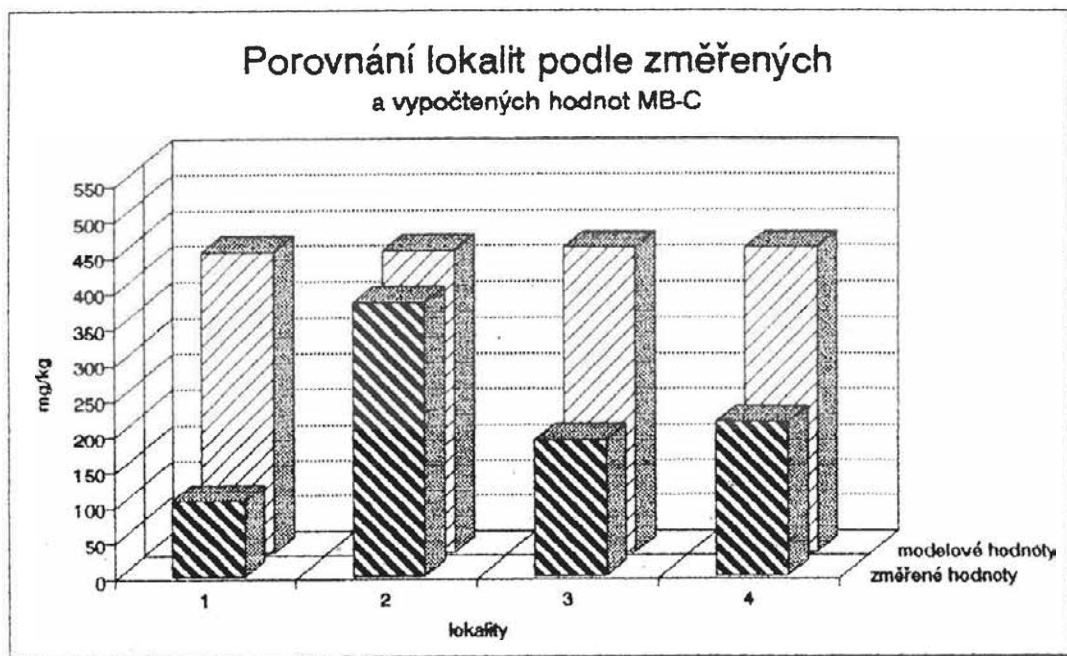
$$\text{MODEL MB-C} = (\text{MODEL TOT-C} - \text{MODEL EX-C}) / k_c$$

$$k_c = 0,25 \text{ (BLAGODATSKIY et al., 1987)}$$

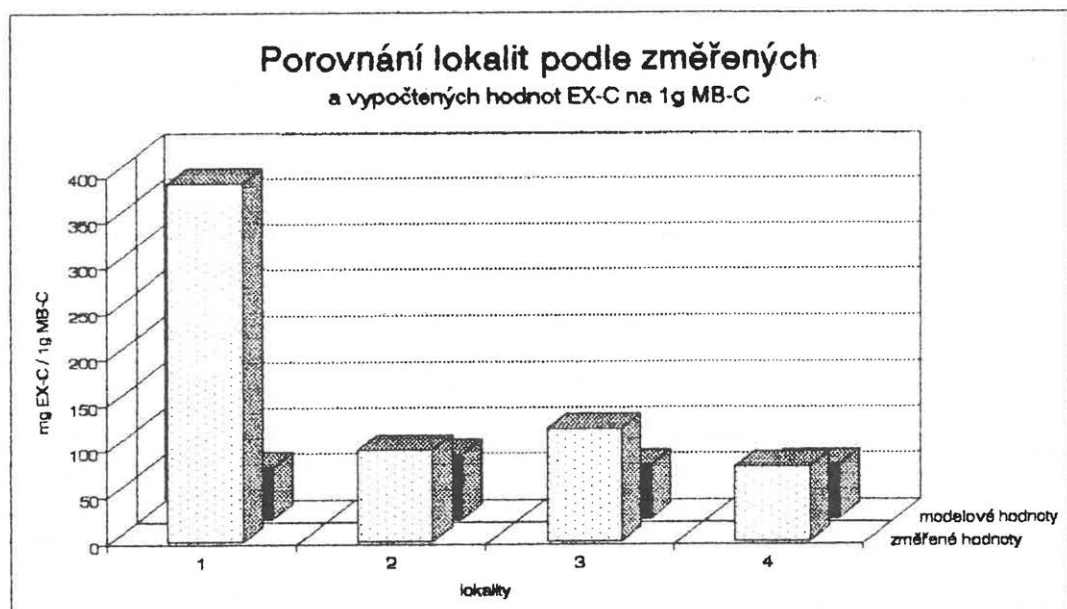
C^* = obsah uhlíku půdní organické hmoty (C_{ox} ; mg.kg^{-1})

* RŮŽEK, L. (1994): Bioindication of soil fertility and a mathematical model for restoration assessment. Restoration Ecology, 2 (2), pp. 112-119.

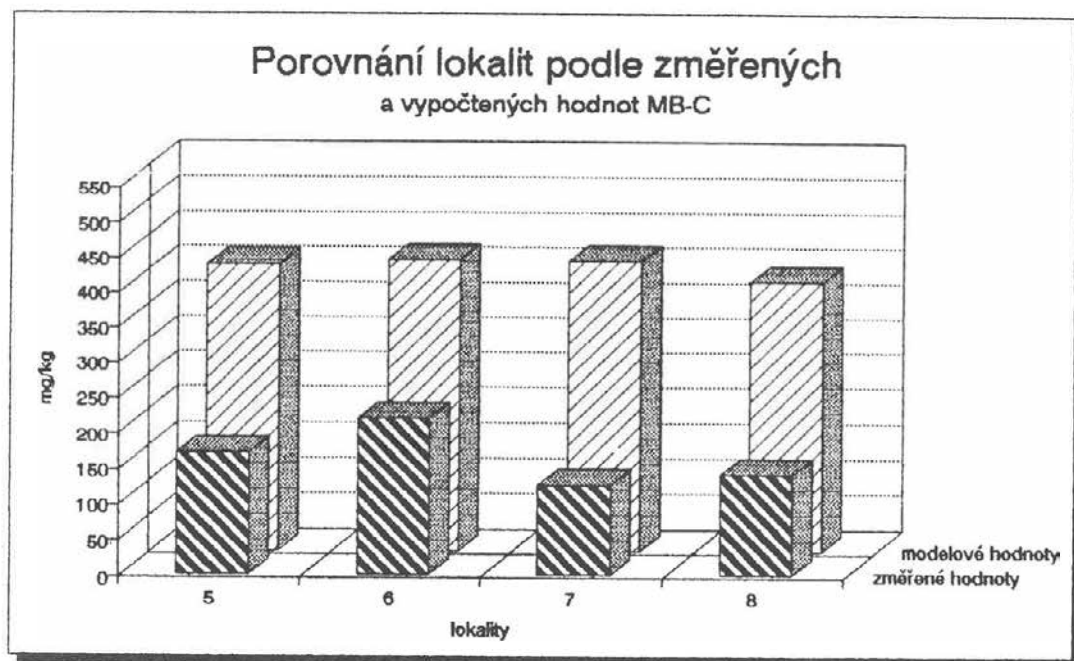
Graf č. 1



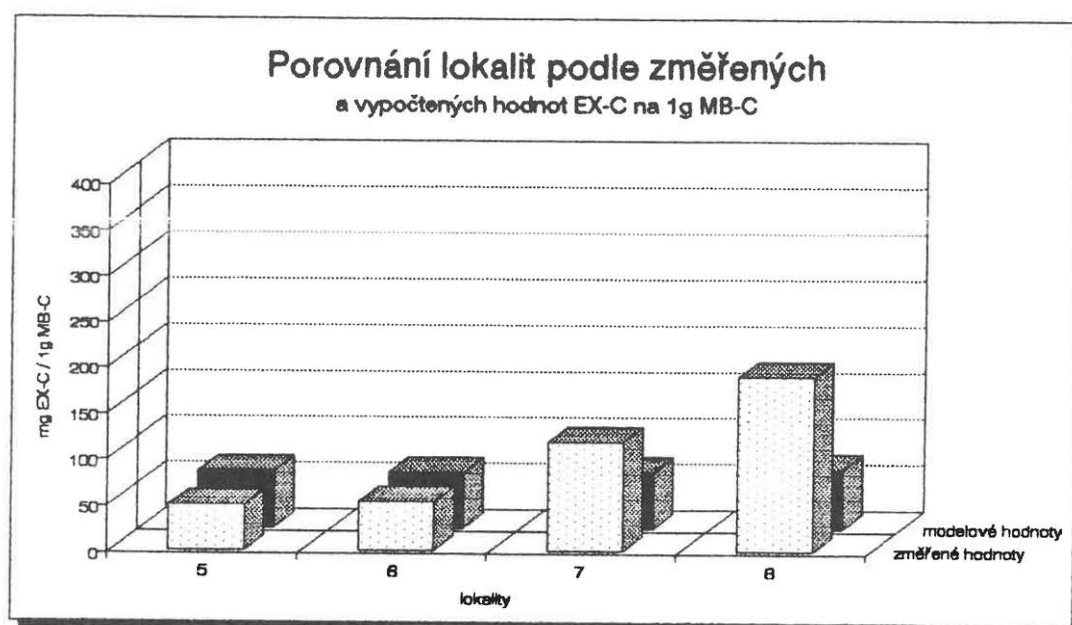
Graf č. 2



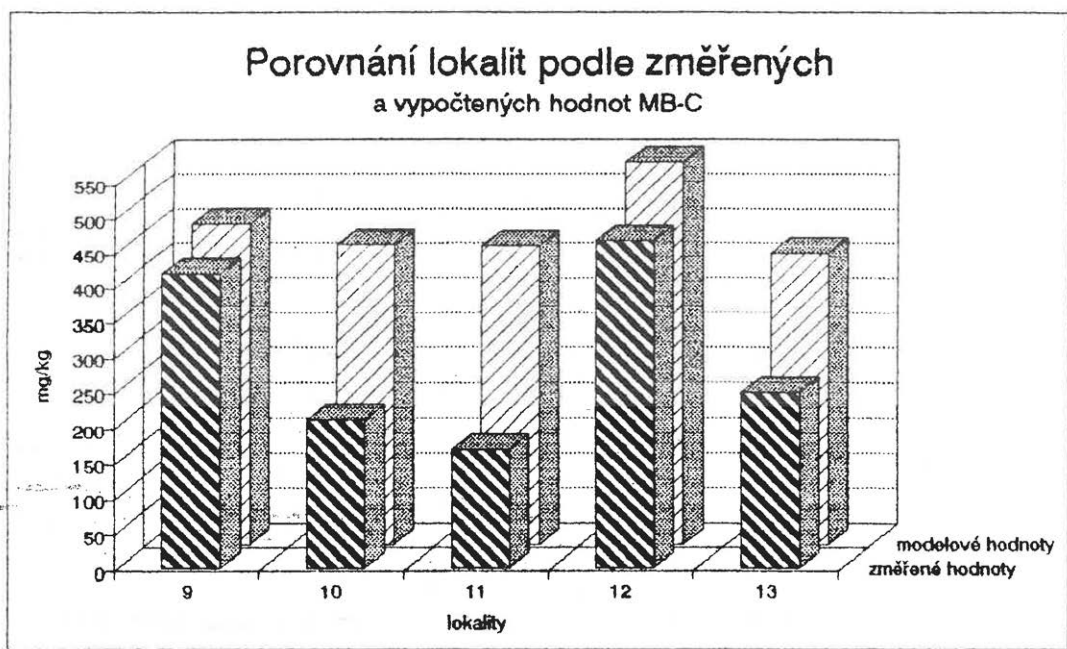
Graf č. 3



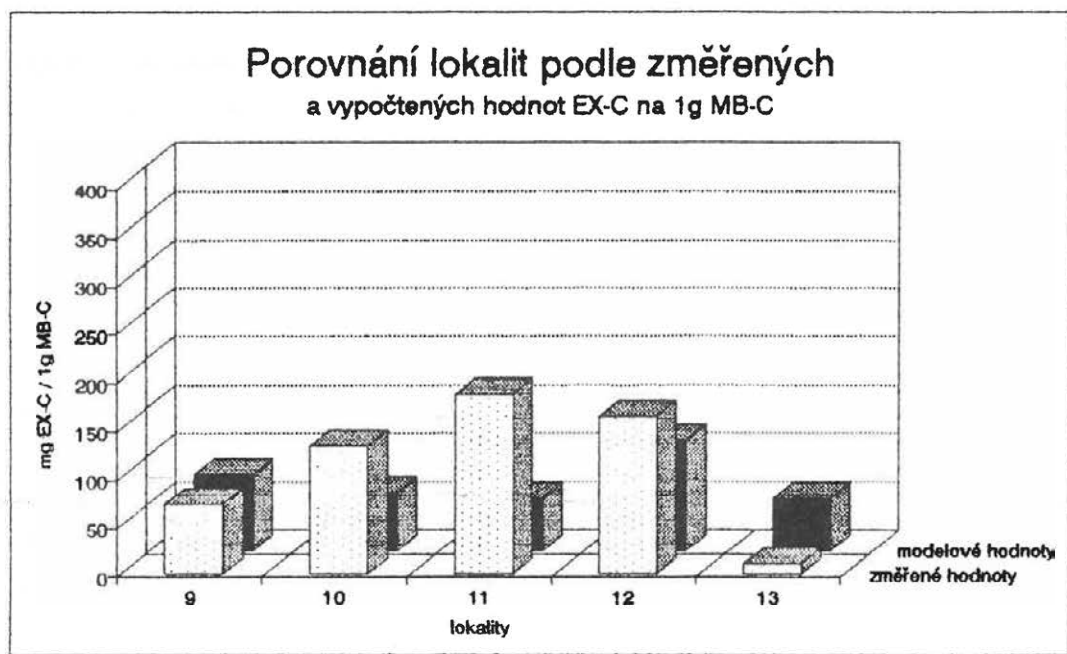
Graf č. 4



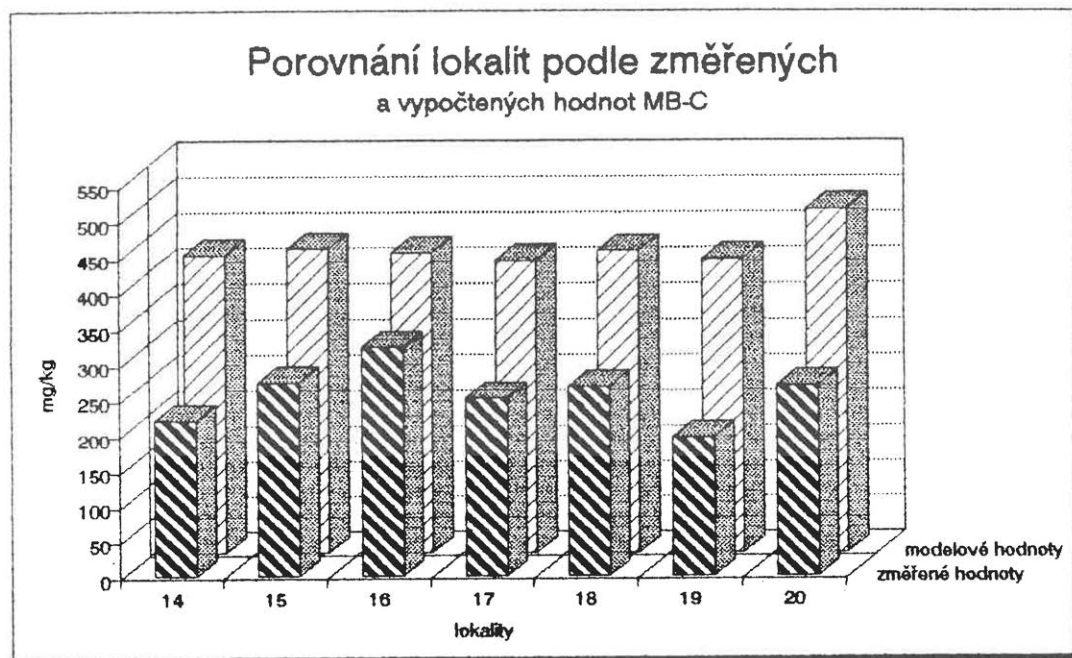
Graf č. 5



Graf č. 6



Graf č. 7



Graf č. 8

