

V. I. Filon, S. O. Prudnikova

*Kharkov National Agrarian University named after V. V. Dokuchayev,
Kharkiv, Ukraine*

INVOLVEMENT OF CT FOR ASSESSING THE DIRECT IMPACT OF FERTILIZERS ON SOIL STRUCTURAL STATE

Results tomography chernozems typical left-bank forest-steppe of Ukraine. Marked deterioration in the structural state of arable soils in comparison with virgin counterparts. Last registered clearly enough in sections scanner.

The influence of promising forms of mineral fertilizers on the configuration of the pore space and structural units of the studied soils. In particular, it was found that the introduction of ammonia during the growing season maize leads to significant soil compaction. Dimensions compaction chamber is around 5 x 10 cm. Showers nature of rainfall "erases" the difference between the studied forms of fertilizers in terms of their influence on the physical properties of soils.

Improving technology for precision farming needs to attract rapid diagnosis of the basic properties of the soil.

Computed tomography revealed no difference between the effects on the physical properties of the soil fertilizer forms such as CAS and LCD. The reason given phenomenon probably lies in the general pereuschilnenni soil due to the nature of storm rainfall.

It was determined that the best results for structural X-ray imaging characterized by the typical black soil under the belts.

It was found that the studied soil plowing leads to deterioration of their structural condition.

The authors write that the character of precipitation influences the structure of the pore space of soil aggregates due to the destruction of higher orders. Tomographic studies indicate a relatively quick recovery of the pore space of a typical black soil after intense rainfall.

Demonstrated that the introduction of aqueous ammonia in the corn growing season leads to significant soil compaction. Ionometry studies indicate that the focus of increased activity of ammonium ions extends to 15 cm in depth and about 5 cm in width.

Keywords: *computed tomography, tomographic studies, structural state of the soil.*

УДК 631. 434.12

В. И. Филон, С. А. Прудникова

*Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
г. Харьков, Украина*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ

Приведены результаты томографических исследований черноземов типичных Левобережной Лесостепи Украины. Отмечено ухудшение структурного состояния пахотных почв по сравнению с целинными аналогами. Последнее достаточно четко регистрируется на срезах томографа.

Показано влияние перспективных форм минеральных удобрений на конфигурацию порового пространства и структурные агрегаты исследуемых почв. В частности, установлено, что внесение водного аммиака во время вегетации кукурузы приводит к существенному уплотнению почвы. Размеры переуплотненного очага составляют около 5x10 см. Ливневый характер выпадения осадков «стирает» различие между изучаемыми формами удобрений в плане влияния их на физические свойства почв.

Компьютерная томография не выявила различий между влиянием на структуру почв таких удобрений, как КАС и ЖКУ. Причину указанного явления авторы объясняют общим переуплотнением почвы на момент отбора монолитов.

Ключевые слова: *компьютерная томография, томографические исследования, структурное состояние почв.*

УДК 631. 434.12

В. І. Філон, С. О. Пруднікова

*Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва
м. Харків, Україна*

ЗАЛУЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВПЛИВУ МИНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ НА СТРУКТУРНИЙ СТАН ҐРУНТІВ

Наведено результати томографічних досліджень чорноземів типових Лівобережного Лісостепу України. Відзначено погіршення структурного стану орних ґрунтів порівнянно з цілиними аналогами. Останнє досить чітко реєструється на зрізах томографа.

Показано вплив перспективних форм мінеральних добрив на

конфігурацію порового простору і структурні агрегати досліджуваних ґрунтів. Зокрема, встановлено, що внесення водного аміаку під час вегетації кукурудзи призводить до істотного ущільнення ґрунту. Розміри переущільненої ділянки становлять близько 5x10 см. Зливовий характер випадання опадів «стирає» відмінність між досліджуваними формами добрив у плані впливу їх на фізичні властивості ґрунтів.

Комп'ютерна томографія не виявила відмінностей між впливом на структуру ґрунтів таких добрив, як КАС і РКД. Причину зазначеного явища автори пояснюють загальним переущільненням ґрунту на момент відбору монолітів.

Ключові слова: комп'ютерна томографія, томографічні дослідження, структурний стан ґрунтів.

Вступ. Удосконалення технологій точного землеробства потребує залучення експрес-діагностики основних властивостей ґрунту. Залучення такої діагностики не у плані спрощення методики, а в контексті використання високотехнологічного обладнання з комп'ютерною обробкою даних. До сучасних методів діагностики можна віднести й X-гау томографію. Остання дає уявлення не тільки про розміри структурних агрегатів, але й про форму та взаємне їх розміщення (De Gryze S. et al., 2006, Gibson J.R. et al., 2006, Martinez F.S.J. et al., 2010). На відміну від мікроморфології вона демонструє конфігурацію порового простору, надає об'ємне зображення розгалуження кореневої системи, віддзеркалює міграційні шляхи ґрунтової мезофауни і т. ін. (Герке К.М. и др., 2010, Корост Д.В. и др., 2010). Крім того, томографія дозволяє отримати об'єктивні дані з щільності ґрунту та вмісту вологи (Pires L.F. et al., 2010, Rogasik H. et al., 1999). Саме ці властивості обумовили використання її у ґрунтових дослідженнях за кордоном, а згодом (2004 р.) в Україні та (2011 р.) у Росії. Залучення комп'ютерної томографії (КТ) для оцінки безпосереднього впливу мінеральних добрив на агрономічні властивості ґрунтів підготовлено всім ходом попередніх досліджень. Так, Udawatta R., Anderson S.H (2008), а дещо пізніше Kim H.M., Anderson S.H., Motavelli P.P. (2010), на підставі томографічних зрізів показали вплив сільськогосподарського використання ґрунтів на структуру їх порового простору. Комп'ютерна томографія достатньо широко використовується в дослідженні водних властивостей ґрунтів (Tippkötter R. et al., 2009). Вона чітко вловлює зміни останніх під впливом зрошення (Sander T. et al., 2008). Свого часу Pires L.F., Vacchi O.S., Reichardt K. (2004) використали вказаний метод з метою вивчення циклів зволоження на структурний стан ґрунтів. Комп'ютерна томографія дозволяє простежити за текстурними змінами ґрунтів (Petth S. et al., 2010), а також за змінами їх об'ємної щільності у часі (Pires L.F. et al., 2010). У спеціальній літературі є приклади використання КТ для дослідження маспереносу в межах ґрунтового профілю (Goldstein L. et al., 2007, Pedrotti A. et al., 2003). Гадаємо, що вказаний метод знайде своє місце в дослідженнях органічної частини ґрунту (Petth S. et al., 2008) і особливо з появою нанотомографії (Sleutel S. et al., 2008).

Об'єкт та методи досліджень. Моноліти ґрунту для сканування відбирали

під лісосмугою (з 1946 р.) і на ріллі. Указані ґрунти залягають в ідентичних умовах рельєфу на одній і тій самій ґрунтотвірній породі (лесовидний суглинок). Орні чорноземи використовуються у польовому досліді починаючи з 2000 року. За цей період і дотепер схема досліду дещо змінювалася. На час відбору зразків вона включала наступні варіанти: контроль, аміачна селітра, водний аміак, КАС, РКД. Добрива вносили навесні локально під кукурудзу МВС у дозі 120 кг д. р.

Результати досліджень. Як показали наші попередні дослідження, КТ може бути використана для оцінки якості механічного обробітку ґрунту. Слід зазначити, що переваги її в дослідженні агрофізичного стану ґрунтів безумовні. Визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця повинно піти в минуле. По-перше, кільце, що вдавлюється у ґрунт, має діаметр 4 см і загальний об'єм 50 см³. Такий розмір відібраних монолітів призводить до неминучих похибок. Нерідко до складу монолітів потрапляють корені рослин, шматочки цегли, кістки мезофауни, уламки сільськогосподарської техніки. Таким чином, кінцевий результат буде явно залежати від майстерності виконавця. При вдавлюванні кільця в ґрунт нерідко використовують молоток. Це призводить до того, що ґрунт, як такий, втрачає природну щільність. Існують випадки, коли використання методу ріжучого кільця є просто неможливим. Так, у роботі Schrader et al. (2007) показано ущільнення ґрунту навколо ходу черв'яка. В.І. Філоном залучено X-гау томографію для визначення щільності ґрунту в зоні розміщення гранул добрив. На відміну від мікроморфології КТ дозволяє сканувати великі моноліти з високою роздільною здатністю. Крім того, програма дає змогу проводити необмежену кількість вимірів щільності і вологості ґрунту. Ще у 2004 ми наголошували на тому, що за допомогою означеного методу є можливість вивчення структури порового простору ґрунту. Справа в тому, що мікропоровий простір (пори розміром до 30 мкм) характеризує вихідний стан ґрунту. Макропоровий простір, який спостерігається на зрізах томографа, віддзеркалює сучасні процеси педогенезу. На рис. 1 зображено томограми монолітів, що було відібрано на контрольному варіанті і варіанті з внесенням водного аміаку. На томограмі контрольного варіанта чітко простежуються структурно-агрегатний склад ґрунту, великі пустоти після проведення культивування, а також межі обробітку ґрунту (8-10 см). Верхній шар, що обробляється, має темне забарвлення. У нижньому шарі чітко простежуються зрізи кореневої системи кукурудзи, у правому нижньому куті відокремлений уламок моноліту.

На варіанті з внесення водного аміаку так само простежуються межі обробітку ґрунту, коренева система кукурудзи, а також явно ущільнений шар ґрунту у вигляді конуса. Останнє є характерним для лужних і гідролітично лужних добрив. Водний аміак, як зазначено нами раніше, призводить до сильної пептизації ґрунтових колоїдів і до руйнації структурних агрегатів (особливо вищих порядків). Слід зазначити, що вказані зміни структурного стану ґрунтів не є катастрофічними. На рис. 1б добре видно, що агрегати третього-четвертого порядку залишаються незруйнованими.

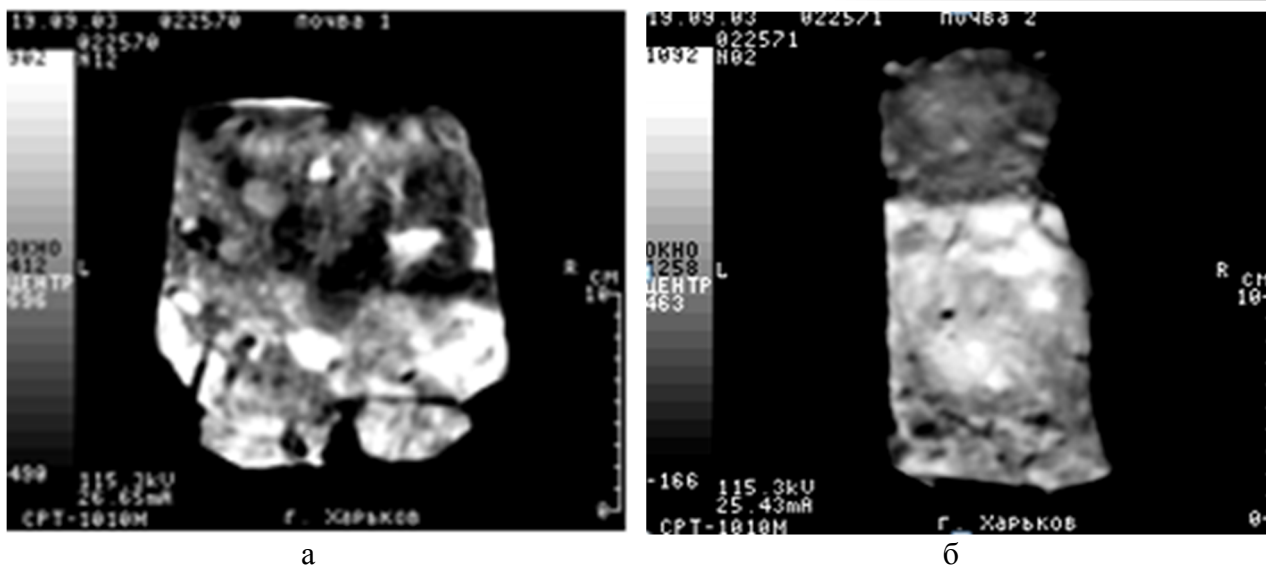


Рис.1 Томограми монолітів чорнозему типового:
а) контроль; б) локальне внесення Nva

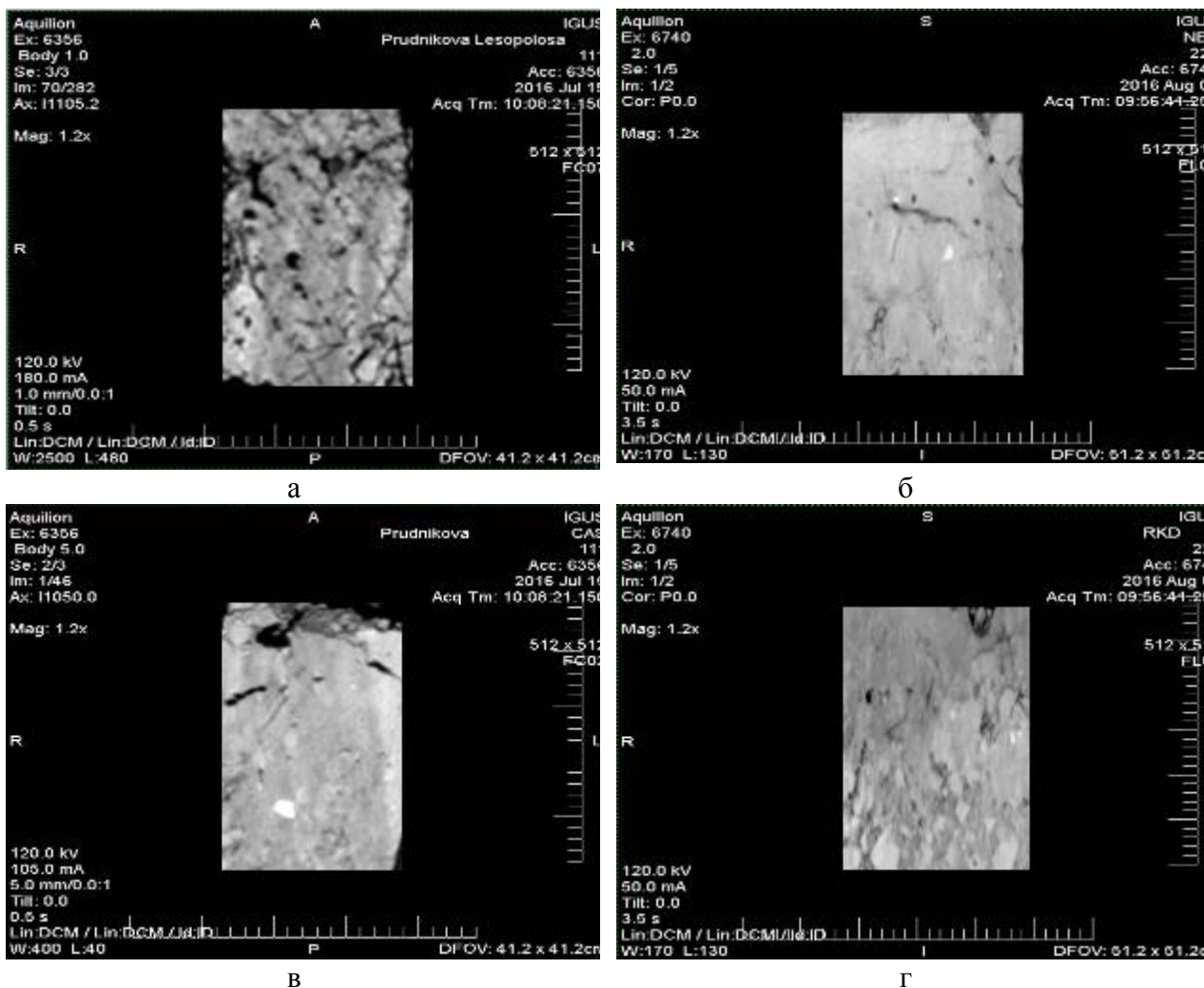
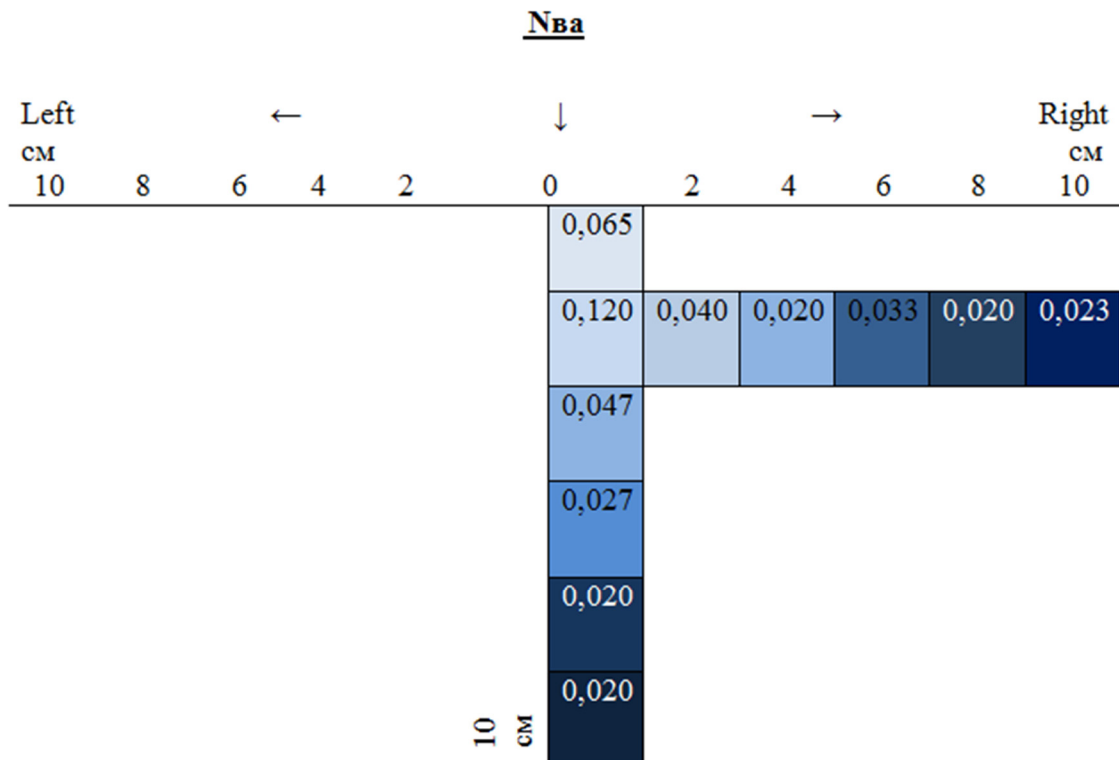


Рис. 2 Результати безпосереднього впливу різних форм мінеральних добрив на структурний стан чорноземів типових: а) лісосу́га, б) водний аміак (Nva), в) КАС, г) РКД

На рис. 2 показано безпосередній вплив перспективних форм мінеральних добрив на структурний стан досліджуваних ґрунтів. Найкращою структурністю характеризуються ґрунти, що перебувають під лісосмугою з 1946 р. На томограмі 2а добре помітно грудкувато зернисту структуру ґрунту, значну кількість кореневої системи, що перетинає моноліт у різних напрямках, корені різних порядків, поперечні зрізи окремих досить правильної та чіткої форми. Навколо окремих поперечних зрізів коренів діагностується розуцільнення ґрунту.

Розорювання цілинних аналогів чорноземів типових призводить до погіршення їх структурного стану, що проявляється у зменшенні кількості структурних агрегатів вищих порядків. Внесення водного аміаку під час вегетації кукурудзи призводить до суттєвого ущільнення ґрунту (рис. 2б), проте явні межі осередку з внесенням водного аміаку не прослідковуються. Слід зазначити, що комп'ютерна томографія також не виявила різниці між впливом на фізичні властивості ґрунту таких форм добрив, як КАС та РКД (рис. 2в і 2г). Причина вказаного явища, вірогідно, полягає в загальному переущільненні ґрунту за рахунок зливого характеру опадів у період проведення досліджень.

Разом з тим, зазначимо, що томограми на варіантах з внесенням КАС та РКД мають більш темний колір, що свідчить про менше переущільнення ґрунтів порівнянно з внесенням водного аміаку.



*ммоль/л

Рис. 3 Просторовий розподіл активності іонів амонію у стрічках з внесенням водного аміаку

На рис. 3 показано просторовий розподіл рівня активності іонів амонію «у стрічці» з внесенням водного аміаку. Як правило, активність іонів амонію на контрольному варіанті під час проведення досліджень не перевищувала 0,02-0,03 ммоль/л. Застосування водного аміаку значно підвищувало (з 0,02 до 0,12 ммоль/л) активність іонів амонію в осередках внесення добрива. Зона поширення підвищеної активності іонів амонію в горизонтальному напрямку становила близько 5 см, у глибину вона досягала 8-10 см. Це повністю відповідає тим змінам структурного стану ґрунтів, які виявлені за допомогою X-ray томографії.

Висновки: 1. Найкращою структурністю за результатами X-ray томографії характеризуються чорноземи типові під лісосмугою. 2. Розорювання досліджуваних ґрунтів призводить до погіршення їх структурного стану. 3. Характер атмосферних опадів суттєво впливає на структуру порового простору ґрунтів за рахунок руйнації агрегатів вищих порядків. Томографічні дослідження свідчать про відносно швидке відновлення порового простору чорнозему типового після інтенсивних опадів. 4. Внесення водного аміаку під час вегетації кукурудзи призводить до суттєвого ущільнення ґрунту. Іонометричні дослідження свідчать, що осередок з підвищеною активністю іонів амонію поширюється на 15 см у глибину та близько 5 см у ширину. 5. Комп'ютерна томографія не виявила різниці між впливом на фізичні властивості ґрунту таких форм добрив, як КАС та РКД. Причина вказаного явища, вірогідно, полягає в загальному переущільненні ґрунту за рахунок зливого характеру опадів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

De Gryze S., Jassonge L., Six J., Bossuyt H., Wevers M., Merckx R., 2006, «Pore structure changes during decomposition of fresh residue: X-ray tomography analysis», *Geoderma*, V. 134, P. 82–96.

Gibson J.R., Lin H., Bruns M. A., 2006, «A comparison of fractal analytical methods on 2- and 3-dimensional computed tomographic scans of soil aggregates», *Geoderma*, V. 134, P. 335–348.

Martinez F.S.J. Martin M. A., Caniego F. J., Tuller M., Guber A., Pachepsky Y., Garcia-Gutierrez C., 2010, «Multifractal analysis of discretized X-ray CT images for the characterization of soil macropore structures», *Geoderma*, V. 156, P. 32–42.

Герке К.М. Влияние предпочтительных проводящих путей на вертикальный влагоперенос в зоне аэрации: экспериментальное исследование / Герке К. М., Сайдл Р. К., Турунтаев С. Б. // *Геоэкология*. – 2010. – № 5. – С. 422–432

Gerke K. M., Saydl R. K., Turumtaev S. B., 2010, «Impact of preferred pathways in the vertical moisture transfer in the aeration zone: an experimental study», *Geocology*, № 5, P. 422–432.

Корост Д. В. Применение компьютерной микротомографии для изучения строения терригенных коллекторов / Корост Д. В., Калмыков Г. А., Япаскрут В. О., Иванов М. К. // *Геология нефти и газа*. – 2010. – № 2. – С. 36–42.

Korost D. V., Kalmukov G. A., Yapaskrut V. O., Ivanov M. K., 2010, «The application of computer microtomography for studying the structure of clastic reservoirs», *Oil and Gas Geology*, № 2, P. 36–42.

Pires L. F., Borges J. A. R., Bacchi O. O. S., Reichardt K., 2010, «Twenty-five years of

computed tomography in soil physics: F literature review of Brazilian contribution», *Soil and Tillage Research*, V. 110, P. 197–210.

Rogasik H., Crawford J.W., Wendroth O., Young I.M., Joschko M. & Ritz K., 1999, «Discrimination of soil phases by dual energy X-ray tomography», *Soil Science of America J.*, V. 63, P. 741–751.

Udawatta R., Anderson S. H., 2008, «CT-measured pore characteristics of surface and subsurface soils influenced by agroforestry and grass buffers», *Geoderma*, V. 145, P. 381–389.

Kim H. M., Anderson S. H., Motavalli P. P., Gantzer C. J., 2010, «Compaction effects on soil macropore geometry and related parameters for an arable field», *Geoderma*, V. 160, P. 244–251.

Tippkötter R., Eickhorst T., Taubner H., Gredner B., Rademaker G., 2009, «Detection of soil water in macropores of undisturbed soil using microfocus X-ray tube computerized tomography (μ CT)», *Soil and Tillage Research*, V. 105, P. 12–20.

Sander T., Gerke H.H., Rogasik H., 2008, «Assessment of Chinese paddy-soil structure using X-ray computed tomography», *Geoderma*, V. 145, P. 303–314.

Pires L.F., Arthur R.C.J., Correchel V., Bacchi O.O.S., Reichardt K., 2004, «The use of gamma ray computed tomography to investigate soil compaction due to core sampling devices», *Braz. J. Phys.*, V. 34, P. 728–731.

Petth S., Nellesen J., Fischer G., Horn R., 2010, «Non-invasive 3D analysis of local soil deformation under mechanical and hydraulic stresses by μ CT and digital image correlation», *Soil and Tillage Research*, V. 111, P. 3–18.

Pires L.F., Borges J.A.R., Bacchi O.O.S., Reichardt K., 2010, «Twenty-five years of computed tomography in soil physics: F literature review of Brazilian contribution», *Soil and Tillage Research*, V. 110, P. 197–210.

Goldstein L., Prasher S.O., Ghoshal S., 2007, «Three-dimensional visualization of non-aqueous phase liquid volumes in natural porous media using a medical X-ray computed tomography scanner», *Contaminant hydrology*, V. 93, P. 96–100.

Pedrotti A., Pauletto E. A., Crestana S., Cruvinel P. E., Vaz P. E., Naime J. M., Silva A. M., 2003, «Planosol soil sample size for computerized tomography measurement of physical parameters», *Sci. Agric.*, V. 60, P. 735–740.

Peth S., Horn R., Beckmann F., Donath T., Fischer J., Smucker A.J.M., 2008, «Three-dimensional quantification of intra-aggregate pore-space features using synchrotron-radiation-based micromorphology», *Soil Science Society of America J.*, V. 72, P. 897–907.

Sleutel S., Cnudde V., Masschaele B., Vlassenbroek J., Dierick M., van Hoorebeke L., Jacobs P., de Neve S., 2008, «Comparison of different nano- and micro-focus X-ray computed tomography set-ups for the visualization of the soil microstructure and soil organic matter», *Computer and Geosciences*, P. 931–938.

Schrader S., Rogasik H., Onasch I., Jegou D., 2007, «Assessment of soil structural differentiation around earthworm burrows by means of X-ray tomography and scanning electron microscopy», *Geoderma*, V. 137, P. 378–387.