

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТВЪРДОСТТА НА ПОЧВАТА ПРИ СИСТЕМНО  
ЗАОРАВАНЕ И БИОРАЗГРАЖДАНЕ НА РАСТИТЕЛНИ  
ОСТАТЪЦИ ОТ ПОЛСКИ КУЛТУРИ В ДОБРУДЖА**

**Илия Илиев, Генчо Милев**

Добруджански земеделски институт - гр. Ген. Тошево, 9520

**Резюме**

*Илиев, И., Г. Милев, 2012. Изследване на твърдостта на почвата при системно заораване и биоразграждане на растителни остатъци от полски култури в Добруджа. FCS 8(2):371-380*

Строгите санкции срещу изгарянето на стърнищата от полски култури - дългогодишна практика на земеделците в Добруджа - наложиха системно раздробяване и заораване на растителните остатъци. Климатичните условия в района предполагат умерен темп на разграждане на остатъците, при което натрупването им в почвата неминуемо ще доведе до промени във физическите и характеристики, пряко свързани с работата на почвообработващите машини. Целта на изследването е да се проучи твърдостта на почвата в обработваемия слой при различни начини на системно третиране на растителните остатъци. Опитът е стационарен и включва следните варианти при типично полско сеитбообращение в Добруджа: без растителни остатъци; системно раздробяване и заораване; разграждане на заорани РО със съвременни биоагенти. Твърдостта на почвата е измервана съгласно изискванията на стандарта **ASAE EP542(R2009) с лесно преносим почвен коничен плътномер**, манивелен тип, осигуряващ постоянна скорост на проникване. Във вариантите със системно заораване на РО, провеждано в продължение на 16 г., се наблюдава тенденция към намаляване на твърдостта на почвата в горния обработваем слой (0-20 cm), но **разликите все още са в границите на статистическата грешка. Системното заораване и биоразграждане на РО не води до промяна на твърдостта на почвата в орния слой.**

**Ключови думи:** Твърдост на почвата - Полски култури - Растителни остатъци – Заораване Биоразграждане

**Abstract**

*Iliev, I., G. Milev, 2012. Study of soil strength at systematic burying and biodecay of field crop residue in Dobrudzha. FCS 8(2):371-380*

The severe sanctions against burning of field crop stubbles – a permanent practice of farmers in Dobrudzha – forced systematic fragmentation and burying of crop residues. The climatic conditions of the region suppose moderate rate of residue decomposition and their accumulation in the soil inevitably will bring to changes of its physical characteristics, directly affecting the soil tillage machines work. The aim of the study was to investigate the soil strength in the tillable layer at different ways of treating the crop residues. Variants were included in a stationary trial at typical for Dobrudzha field crop rotation, as follows: without crop residues; systematic residue fragmentation and burying; biodecay of crop

residue by contemporary bioagents. The soil strength was measured in accordance with ASAE standard EP542(R2009) requirements by highly portable soil cone penetrometer, manual crank driven, maintaining a constant penetration rate. In the systematic burying of crop residues variants, carried out in the course of 16 years, a tendency to decrease of soil strength in the upper tillable soil layer (0-20 cm) could be seen, but the differences were still within the borders of the statistic error. The systematic burying and biodecay of crop residue did not lead to change of the tillable layer soil strength.

**Key words:** Soil strength – Field crops – Residues – Burying - Biodecay

## УВОД

Членството на РБългария в ЕС наред с огромната помощ за фермерите, под формата на ПРСР и свързаните с нея субсидии, причини и някои неудобства, едно от които е забраната за изгаряне на стърнищата от полски култури. Строгите санкции срещу запалването, дългогодишна практика на земеделците в Добруджа, наложиха системното раздробяване и заораване на растителните остатъци /РО/. Климатичните условия на района предполагат умерен темп на разграждане и натрупването на РО в почвата неминуемо води до промени във физическите и характеристики, които пряко са свързани с работата на почвообработващите машини и добивите (Nathan et al. 2002).

Изменението на твърдостта на почвата в обработваемия слой осигурява важна информация за определяне на обработваемостта и проходимостта на почвата, предвиждане развитието на посева и вземане на решения за агротехническите обработки (Bueno et al. 2006; Gorucu et al. 2006; Sudduth et al. 2002). Измерването се извършва с коничен плътномер, забиван с постоянна скорост в почвата (SEMML TPS 04-1, 2004). Данните за съпротивлението на проникване на конуса в почвата трябва да се интерпретират внимателно, защото множество фактори оказват значително влияние на процеса: почвен тип, твърдост, влагосъдържание, обемна плътност, скорост на забиване, размери и форма на конуса, грапавост на повърхнината му.

Изследвания в миналото сочат, че Конусният индекс (усилието, упражнено за забиване на конуса в почвата в N, отнесено към площта на основата на конуса в  $\text{cm}^2$ ) се увеличава с увеличаване на плътността и се намалява с увеличаване на влагосъдържанието на почвата. При високо съдържание на влага плътността на почвата има минимален ефект върху съпротивлението на проникване (твърдостта). Обратното е вярно при малко влагосъдържание (Perumpral 1987).

**Целта** на това изследване е да се проучи твърдостта на почвата в обработваемия слой при системно заораване и биоразграждане на растителните остатъци от полски култури в Добруджа.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

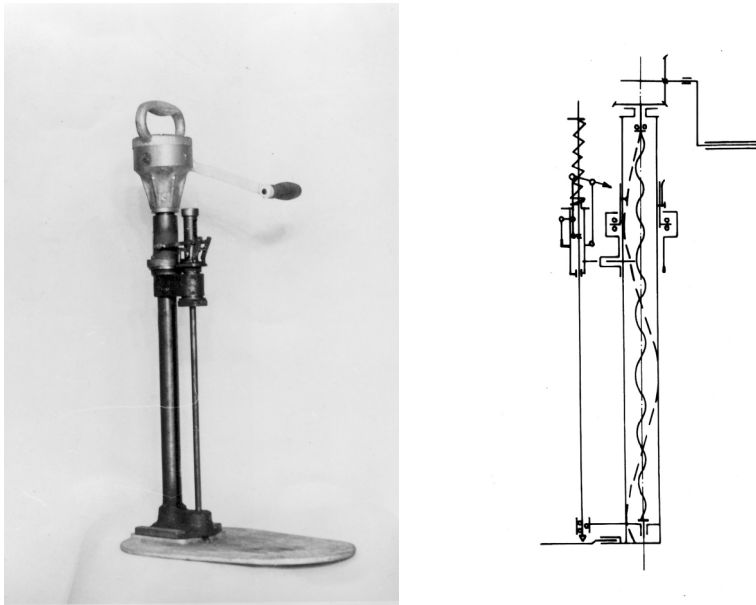
Изследванията са проведени в Опитното поле на Добруджански земеделски институт. Почвата на опитния участък е слабо излужен чернозем със средно съдържание на хумус в орния слой (3.30 % по Тюрин) и слабо кисела реакция ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  - 5.48). Обемната плътност на орния слой варира в границите  $1.28 \pm 1.32 \text{ g/cm}^3$ .

В типично за Добруджа интензивно полско сеитбообращение са включени културите пшеница, царевича, фасул и слънчоглед. Опитът е заложен по метода на дробните парцели в три повторения с големина на опитната парцела  $25,2 \text{ m}^2 / 9,00 \times 2,80 \text{ m}$ . Включени са следните варианти на третиране на растителните остатъци от предшественика: без растителни остатъци (изнасяне); системно раздробяване и заораване; разграждане на заорани РО със съвременни биоагенти. Раздробяването и заораването на растителните остатъци в стационарното сеитбообращение е започнало през 1995 г. През последните 3 години се изследва разграждането на

заораните РО с т.н. «stubble digesters» Бактофил С, Амалгерол и NLA, съдържащи целулозоразграждащи микробни агенти, употребявани съгласно инструкциите на производителите им.

Културите са отглеждани съгласно разработените в Института и наложили се в практиката технологии за полско производство. Обработката на почвата за сеитба на пшеница включва 2-3 дискувания на стърнищата от пролетни култури до дълбочина 10-12 cm. След сеитбата посевет се валира с грайферни валеци. За пролетните култури се извършва лятна дълбока оран на 26-28 cm, есенно поддържане на оранта, 2-3 предсеитбени култивирания и брануване след сеитбата.

Твърдостта на почвата е измервана съгласно изискванията на стандарта ASAE EP542(R2009) с почвен коничен плътномер, задвижван ръчно с манивела, осигуряващ висока мобилност и постоянна скорост на проникване от около 0,03 m/s (S313.2 1996). Плътномерът се състои от основа, стъбло с винтов канал, задвижващ механизъм, прът с коничен накрайник и регистриращ механизъм (фиг.1). Усилието за забиване на конуса в почвата във всеки един момент се регистрира върху листче милиметрова хартия. Измервателният елемент на плътномера е винтова пружина, работеща на свиване, с максимална деформация 10 mm. Лостов пишещ механизъм увеличава петкратно височината на диаграмата. Обхватът на уреда е 0,05÷7,00 MPa. Механизмът за забиване се състои от двойка конични зъбни колела и ръкохватка.



Фиг. 1. Почвен коничен плътномер, общ вид и кинематична схема.

Fig. 1. Soil cone penetrometer, common view and kinematic scheme.

Конусният индекс (КИ) се измерва се в паскали (Pa).

Cassel (1982) твърди, че местата на измерванията на КИ не трябва да се избират рандомизирано, защото може да не се получат задоволително достоверни резултати. Варирането на КИ може да се дължи повече на уплътняването от машините при почвообработките, отколкото на хетерогенността на почвата.

В този опит във всеки вариант са правени 8 измервания на разстояние не повече от 15 cm от една права линия, перпендикулярна на редовете, в средата на парцелката по дължина. Половината от измерванията са извършвани на различни места по ширината на реда, в който са се движили гумите на трактора при вегетационните

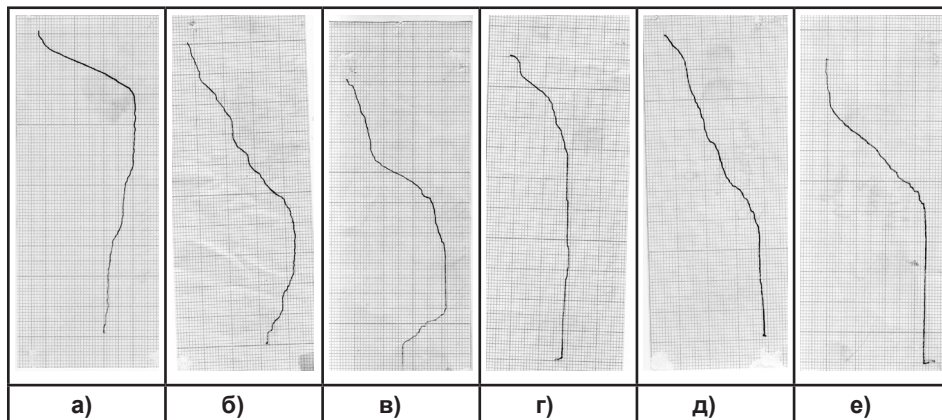
обработки. Другата половина измервания са извършвани в неуплътнените редове и междуредия.

Твърдостта на почвата е измервана при три нива на влажност на почвата – на 20-22 Август 2010 г. при средна влажност на почвата в слоя 0-30 cm -18,6%, на 26-30 Май 2011 г. при средна влажност на почвата в слоя 0-30 cm 23,4% и на 26-30 Юни 2011 г. при средна влажност на почвата 21,2%.

Статистическата обработка на данните е извършвана със SPSS-13.0 (Манов 2001). Сравнявани са средните аритметични стойности на Конусния индекс по дълбочини. След това е проведен статистически анализ за оценка на взаимодействието между факторите дълбочина, посев и третиране на растителните остатъци.

## РЕЗУЛТАТИ

Данните за съпротивлението на почвата срещу проникване на конуса намират специфично приложение в няколко аспекта. При анализиране на проходимостта и обработваемостта на почвата от селскостопански и други машини в аналитичните модели се използва средният Конусен индекс за горния слой почва с дебелина 150 mm ( $KI_{15}$ ). Стойностите на  $KI$  служат също за определяне на дълбочината на разполагане и дебелината на уплътнения подорен слой, който в значителна степен затруднява рязкостта на кореновата система на растенията. Корените се адаптират и преминават през зони с по-малко съпротивление, затова значенията на минималните стойности на  $KI$  може да са по-важни от средните или максимални стойности за съответните почвени хоризонти що се отнася до развитието на корените (EP542 2009). Дълбочината на основната обработка на почвата може да бъде коригирана съгласно данните за  $KI$  с цел намаляване до минимум или напълно отстраняване на уплътнен слой почва (Gorucu et al. 2006).



Фиг. 2. Най-често срещани профили на  $KI$  по дълбочина: а, б, в

– с добре изразен уплътнен слой почва (почвена пета); г, д, е – постепенно увеличаване на  $KI$  до достигане на равновесна максимална стойност.

Fig. 2. Most often observed  $KI$  profiles in depth: а, б, в – heaving well expressed hardpan; г, д, е – gradual increase of  $KI$  until a balanced maximum value was reached.

Изработените 288 профила на  $KI$  могат да бъдат разделени в няколко групи по форма (фиг. 2):

– профил 1 – с добре изразено начало на уплътнения слой на малка дълбочина (5-12 cm) от повърхността на почвата следвано от максимални стойности на  $KI$  и бавното им намаляване без да паднат под стойностите на критичния за развитието на корените (а);

- профил 2 – с постепенно увеличаване на твърдостта и добре изразен уплътнен слой (б);
- профил 3 – с добре изразен уплътнен слой на дълбочина 15-25 см (в);
- профил 4 – няма уплътнен слой, малка постоянна стойност по дълбочина (г);
- профил 5 - постепенно увеличаване на КИ до достигане на равновесна максимална стойност (д, е).

В табл.1 е дадена честотата на представените на фиг. 2 профили в общата съвокупност на наблюденията, дебелината на уплътнения слой и стандартното отклонение. За долна граница на уплътнения слой при профили а), д) и е) е приета дълбочина 30 см. **Най-често срещани са профилите 5, 2 и 1, като последният е характерен за пшеничния посев.** Формата на профила се определя основно от обработките на почвата и преминаването на гумите на селскостопанските машини при извършването им. Важен елемент за уплътняването на почвата е влажността ѝ, защото е доказано, че в сравнително суха почва деформацията от гумите се предава право надолу а при влажна почва има известно разпространение встрани (Mosaddeghi et al. 2004).

**Таблица 1.** Процентен дял на характерните профили на КИ от всички наблюдения и дебелина на уплътнения слой.

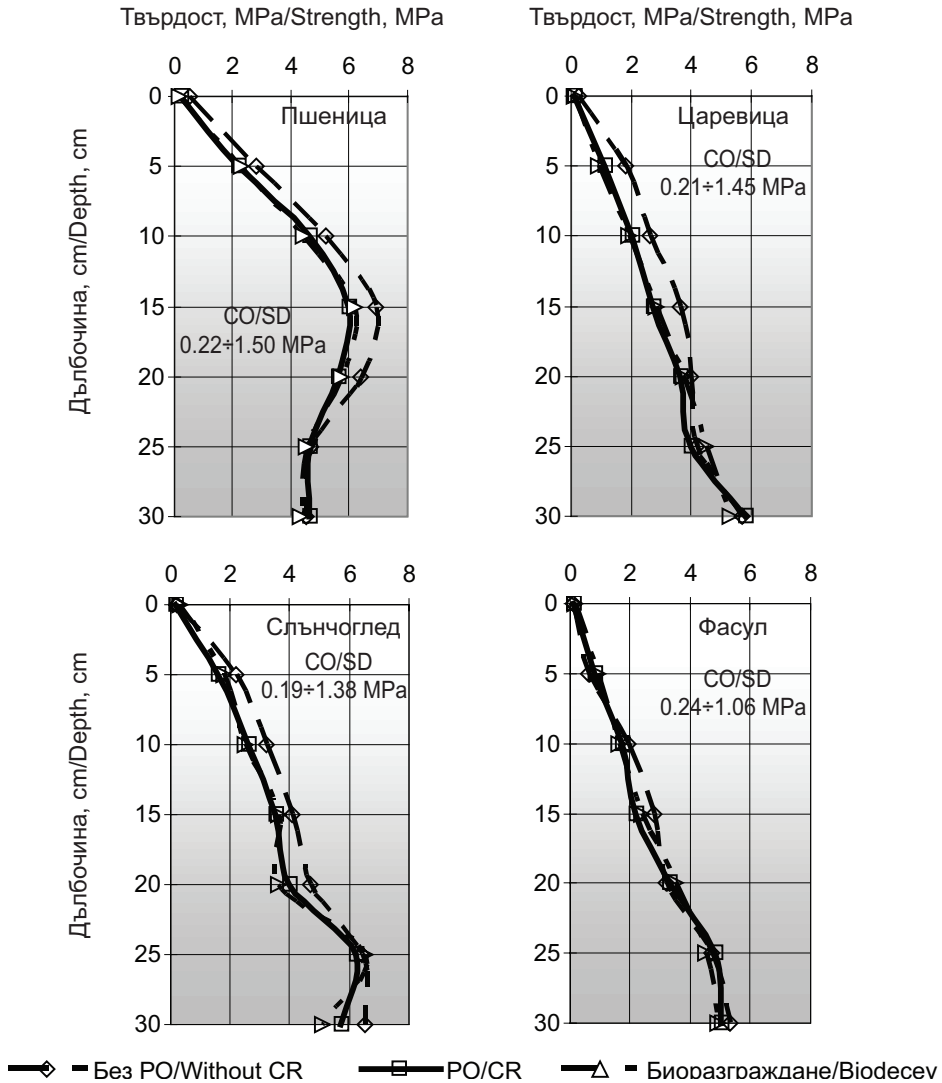
**Table 1.** Percentage share of characteristic cone index profiles and hardpan thickness.

Профил № Profile №	Дял, % Share, %	Средна дебелина на уплътнения слой, cm Average hardpan thickness, cm	Стандартно отклонение, ±cm Standard deviation, ±cm
1 (фиг. 2а)	19,8	20,6	4,8
2 (фиг. 2б)	21,9	12,2	5,3
3 (фиг. 2в)	16,0	13,1	4,2
4 (фиг. 2г)	16,7	0,0	0,0
5 (фиг. 2д, е)	25,6	16,6	4,7

От близките данни за честотите в таблицата се вижда, че местата за измерване са равномерно подбрани от гледна точка на разнообразното уплътняване. Средната дебелина на уплътнения слой, както и сравнително големите стойности на стандартното отклонение, са **резултат от широките граници на изменение на средната влажност на почвата, приети в методичната част.** В изследванията на други автори се твърди, че повишено съдържание на органична материя в почвата увеличава съпротивлението ѝ срещу уплътняване, следователно намалява стойностите на Конусния индекс по дълбочина (Gogucu et al. 2006). **Разглеждайки характерните профили стигаме до извода, че почвообработките в полето не са разпределили равномерно растителните остатъци по дълбочината на орния слой.** Те са останали основно в горните 15-20 см, **характеризиращи се с намалени стойности на КИ.** Изводът е, че основната обработка на почвата в полето е извършвана на умерени дълбочини, с недостатъчно обръщане на повърхностния слой и растителните остатъци в дъното на браздата.

На фиг. 3 е представен средният Конусен индекс на почвата и границите на изменение на стандартното отклонение по дълбочини при 18,6% средна влажност и различно третиране на растителните остатъци в посевите на опита. Твърдостта на почвата е в пряка зависимост от влагосъдържанието ѝ, така че в тези сухи условия Конусният индекс достига максимални стойности за изследването – до  $6,9 \pm 0,45$  МРа. В посева пшеница предсеитбеното дискуване е довело до добре изразен уплътнен подорен слой на дълбочина 10-20 см. В пролетните култури стойностите за твърдостта постепенно се увеличават за да достигнат началото на уплътнения слой на дълбочина 20-25 см. Системното заораване на растителните остатъци

в пшеница, царевица и слънчоглед бележи тенденция за намаляване на КИ в слоя 5÷20 см, въпреки че разликите не са статистически доказани при  $\alpha=0.1\%$ . В абсолютни стойности разликите са в границите на  $0,1\div0,9$  МПа. Биоразграждането на растителните остатъци със съвременни биоагенти не оказва влияние на Конусния индекс. Една от причините е, че биоразграждането се изпитва отскоро, само от 3 години, което навежда на мисълта, че действието на целулозоразграждащите микробни агенти е сравнително инертно.

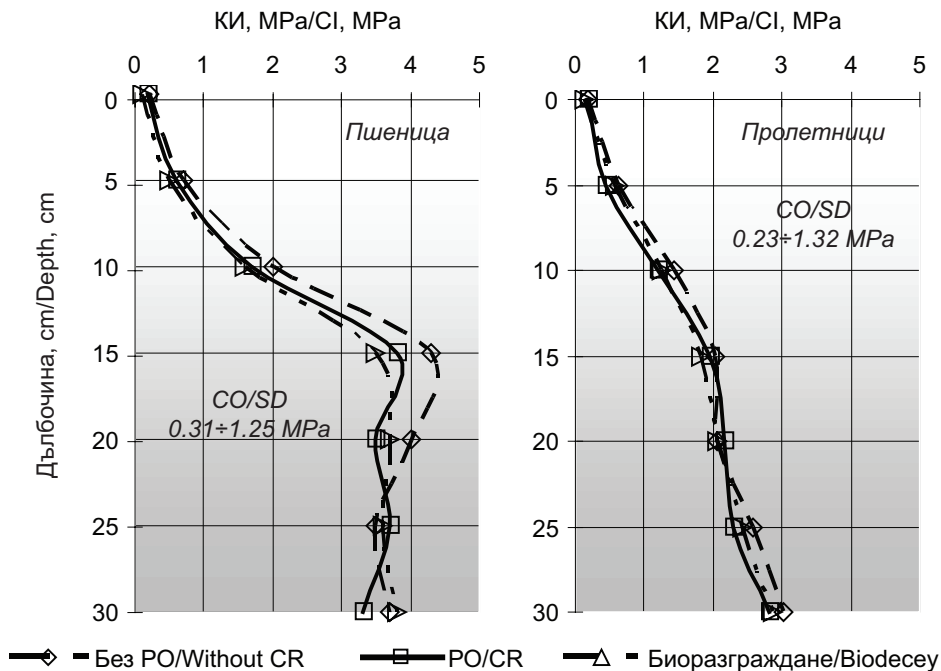


Фиг. 3. Конусен индекс/КИ/ и граници на изменение на стандартното отклонение /CO/ по дълбочини при 18,6% средна влажност на почвата и различно третиране на растителните остатъци /PO/, МПа.

Fig. 3. Cone/CI/ index and limits of variation of standard deviation /SD/ by depths at 18.6% mean soil moisture content and different treating of crop residue/CR/, МПа.



В посева фасул кривите на изменение на КИ в зависимост от третиране на РО следват профила на останалите пролетници без да се забелязва тенденцията на намаляване на КИ при наличие на РО. Дали по-слабо развитата коренова система на бобовите растения не е причина за по-малкия КИ във варианта без РО или за намаляване на стойностите му във всички варианти на третиране на РО е предмет на следващи изследвания.



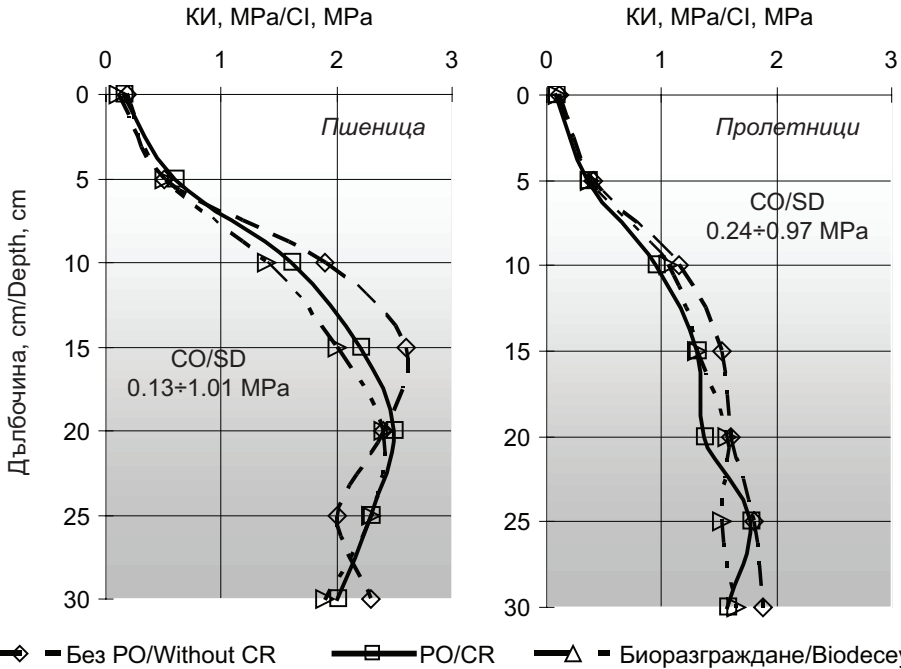
**Фиг. 4.** Конусен индекс/КИ/ и граници на изменение на стандартното отклонение /CO/ по дълбочини при 21,2% средна влажност на почвата и различно третиране на растителните остатъци /РО/, МПа.

**Fig. 4.** Cone index/KI/ and limits of variation of standard deviation /SD/ by depths at 21,2% mean soil moisture content and different treating of crop residue/CR/, МПа.

На фиг. 4 е представен средният Конусен индекс на почвата и границите на изменение на стандартното отклонение по дълбочини при 21,2% средна влажност и различно третиране на растителните остатъци в посева пшеница и средно за пролетниците. Кривите следват близък профил без статистически доказани разлики в зависимост от третирането на растителните остатъци. Уплътненият почвен слой при пшеницата е на дълбочина 13-30 cm при стойност на КИ 3,5±4,3 МПа или с около 37% по-малък отколкото при по-ниската влажност на почвата. При пролетниците максималният КИ е два пъти по-малък отколкото при 18,6% средна влажност на почвата. Абсолютните разлики между стойностите при различно третиране на растителните остатъци са в границите на 0,3 МПа.

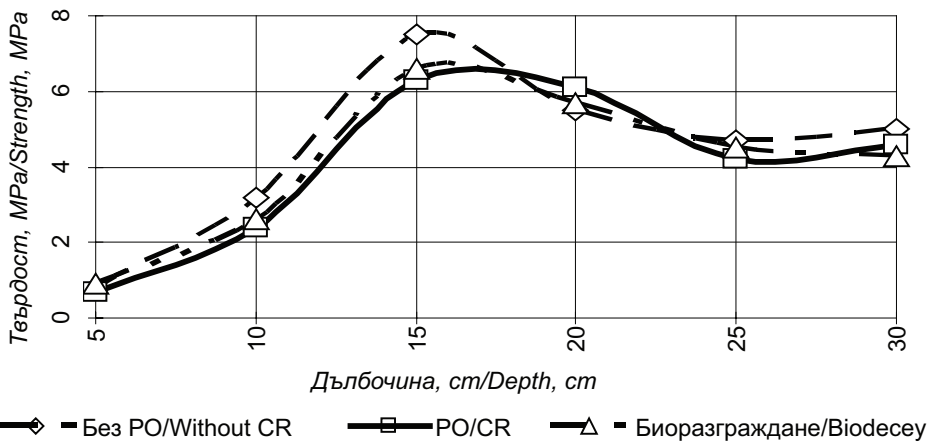
На фиг. 5 е представен средният Конусен индекс на почвата и границите на изменение на стандартното отклонение по дълбочини при 23,4% средна влажност и различно третиране на растителните остатъци в посева пшеница и средно за пролетниците. Кривите следват близък профил без статистически доказани разлики в зависимост от третирането на растителните остатъци. Уплътненият почвен слой при пшеницата е на дълбочина 12-30 cm и стойност на КИ 2,3±2,6 МПа или с около

57% по-малък отколкото при най-ниската влажност на почвата. При пролетниците максималният КИ е 38% по-малък отколкото при 21,2% средна влажност на почвата. Абсолютните разлики между стойностите при различно третиране на растителните остатъци отново са в границите на 0,3 МПа.



Фиг. 5. Конусен индекс/КИ/ и граници на изменение на стандартното отклонение /CO/ по дълбочини при 23,4% средна влажност на почвата и различно третиране на растителните остатъци /PO/, МПа.

Fig. 5. Cone index/KI/ and limits of variation of standard deviation /SD/ by depths at 23,4% mean soil moisture content and different treating of crop residue/CR/, МПа.



Фиг. 6. Тенденция на изменение на твърдостта на почвата в слоя 0-20 см в зависимост от наличието на заоравани растителни остатъци, средно за опита.

Fig. 6. Soil strength change trend lines at depth of 0-20 cm, in dependency of buried crop residue presence, average for the trial.



Тенденциите на изменение на средната за опита твърдост на почвата в слоя 0-20 cm в зависимост от наличието на заоравани растителни остатъци са представени на фиг. 6. Прекъснатата права отразява твърдостта във вариантите със заораване и биоразграждане. Биоразграждането на практика не води до някаква разлика в твърдостта на почвата при наличие на заорани РО. Регресионните линии представят резултатите на дълбочина до 15 cm и тенденциите до 20 cm. В действителност вследствие на влиянието на плитките обработки за сеитба на пшеницата и извършваната на умерена дълбочина оран в Опитното поле на Института фактическите разлики в твърдостта на почвата в зависимост от третирането на РО на дълбочина 20 cm са 2-3 пъти по-малки от прогнозираните с регресионните уравнения.

## ИЗВОДИ

Кривите, представящи изменението на КИ по дълбочина, следват 5 характерни профила, от които една част с добре изразен уплътнен слой почва (почвена пета) и друга с постепенно увеличаване на КИ до достигане на равновесна максимална стойност.

Данните за КИ показват, че е необходимо периодично извършване на основна обработка на почвата на по-голяма дълбочина, с по-добро обръщане на орния слой и заораване на растителните остатъци.

Във вариантите със системно заораване на РО, провеждано в продължение на 16 г., се наблюдава тенденция към намаляване на твърдостта на почвата в горния обработваем слой (0-20 cm), но разликите все още са в границите на статистическата грешка.

Биоразграждането на заораваните РО със съвременни биоагенти не води до промяна на твърдостта на почвата в орния слой.

## ЛИТЕРАТУРА

- Манов, А., 2001.** Статистика със SPSS. Издателство Тракия-М.
- ASAE Standards, 1996. S313.2:** Soil cone penetrometer. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- ASAE Standards, 2009.** EP542 FEB1999 (R2009). Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Core Penetrometer. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Bueno, J., C. Amiama, J. L. Hernanz and J. M. Pereira, 2006.** Penetration Resistance, Soil Water Content, and Workability of Grasslands Soils Under Two Tillage Systems. Transactions of the ASABE, Vol. 49(4): 875-882.
- Cassel, D. K., 1982.** Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes, ch. 4, 45-65. Madison, WI:ASA, SSSA.
- Gorucu, S., A. Khalilian, Y. J. Han, R. B. Dodd and B. R. Smith, 2006.** An Algorithm to Determine the Optimum Tillage Depth from Soil Penetrometer Data in Coastal Plain Soils. Applied Engineering in Agriculture, Vol. 22(5): 625-631.
- CEMML TPS 04-1, 2004.** Guide to Sampling Soil Compaction Using Hand-Held Soil Penetrometers. Colorado State University. Fort Collins, CO 80523-1490.
- Manor, R. L. et al., 1991.** Soil cone index variability under fixed traffic tillage systems. Transactions of the ASAE 34(5): 1952-1956.
- Mosaddeghi, M. R., A. Hemmat, M. A. Hajabbasi and A. Alexandrou, 2004.** Using Cone Penetrometry Profile to Study Soil Deformation under Plate Sinkage Test. ASAE/CSAE Meeting Paper № 041016. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Nathan, E. I., K. R. Taylor, S. A. Staggengborg, M. D. Shrock and D. Leikam, 2002.** Using Cone Index Data to Explain In Field Variation. ASAE Paper Number: 02-1094, ASAE Annual International Meeting, Hyatt Regency Chicago, Illinois, USA, July 29 – 31.

- Perumpral, J. V., 1987.** Cone Penetrometer Applications — A Review. Transactions of the ASAE, Vol. 30(4): 939-944.
- Raper, R. L., 2007.** In-row Subsoilers that Reduce Soil Compaction and Residue Disturbance. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 23(3): 253-258.
- Sudduth, K. A., N. R. Kitchen, S. T. Drummond, G. A. Bollero, D. G. Bullock and S. O. Chung, 2002.** Soil Strength Sensing for Quantifying Within-Field Variability. ASAE/CSAE Meeting Paper № 021182. St. Joseph, Mich.: ASAE.