

FRI-8.303b-1-AMT&amp;ASVM-08

## METHODOLOGY FOR RESEARCHING TECHNOLOGIES AND MACHINES FOR COMPOSTING AND VERTICAL MULCHING OF PLANT RESIDUES OR COMPOST INTO THE SOIL <sup>8</sup>

**Eng. Plamen Petkov, PhD Student**  
 Department of Agricultural Machinery,  
 “Angel Kanchev” University of Ruse  
 Phone:+359 88 815 4141  
 E-mail: [ppetkov@uni-ruse.bg](mailto:ppetkov@uni-ruse.bg)

**Abstract:** *This article presents a methodology on the basis of which technological and technical research can be conducted on the problems related to soil degradation, as it has an adverse impact on agricultural production, the environment, food production and, in general, on the quality of life. The main objective of this methodology is to design, research and propose for implementation in the agricultural practice of the Republic of Bulgaria a technology for composting and vertical mulching of plant residues or compost directly on the field, as well as an assessment of its effectiveness in growing agricultural crops (corn for grain) on chernozem soils in the conditions of soil conservation agriculture. The methodology includes the design and creation of a soil protection technology that limits degradation processes – compaction and reduction of soil organic matter – when growing corn for grain, as well as the development of a system of machines for its application (machines for protecting the soil from compaction and loss of organic matter).*

**Keywords:** *Methodology, Composting, Vertical mulching. Soil protection Technology and Machinery.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Деградацията на почвата е сериозен и постоянен проблем в голяма част от държавите по света, включително и в Република България, тъй като оказва неблагоприятно влияние върху селскостопанското производство, околната среда, производството на храни и като цяло върху качеството на живот. Тя е резултат както от естествени процеси, така и от човешка дейност, в следствие на което се понижава качеството на почвата, трайно се влошават нейният строеж, състав и структура, променят се свойствата ѝ и значително намалява плодородието, (Добровольский, 2008).

Комбинацията от специфичните природни и стопански условия в България създава предпоставки за висок риск от развитие на процеси на почвена деградация в земеделските земи – водна и ветрова ерозия, уплътняване, замърсяване, намаляване на органичното вещество, загуба на биоразнообразие, засоляване и киселяване (Русева, 2006). Особено внимание заслужават онези процеси, които нанасят най-сериозни щети и застрашават земите с опустиняване. У нас най-голям дял имат почвената ерозия, уплътняването на почвата и намаляването на почвеното органично вещество. Те оказват значимо влияние върху екологичните и икономическите функции на почвата както на мястото на проявление, така и върху прилежащите територии (Димитров, 2016). Щетите, които тези процеси причиняват на националното стопанство и по-специално на селското стопанство, са значителни. Проблемът не може да бъде решен окончателно чрез съществуващите форми на земеделие и традиционните технологии и машини. Ограничаването и дори предотвратяването на деградационните процеси – особено ерозията, уплътняването и намаляването на органичното вещество – е възможно единствено чрез създаване и прилагане на нов тип земеделие, определяно като почвозащитно.

Почвозащитното земеделие може да се разглежда като разновидност на устойчивото земеделие, тъй като се основава на използването на устойчиви екосистеми, способни да издържат външни въздействия и да предотвратяват екологични кризи (Димитров, 2016). Основните му задачи са да осигури стабилност на агроекосистемите и да създаде условия за опазване на природните ресурси, за трайно подобряване на почвите и повишаване на тяхното плодородие, без да се допуска

<sup>8</sup> Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Земеделска техника и технологии, Аграрни науки и ветеринарна медицина“ на 24 Октомври 2025 г. с оригинално заглавие на български език: МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНИ ЗА КОМПОСТИРАНЕ И ВЕРТИКАЛНО МУЛЧИРАНЕ НА РАСТИТЕЛНИ ОСТАТЪЦИ ИЛИ КОМПОСТ В ПОЧВАТА.

деградация и замърсяване с токсични вещества. За постигането на тези цели е необходимо прилагането на специално разработена система от агротехнически мерки, реализирани чрез съвременни почвозащитни операции, методи, технологии и специализирани технически средства (Димитров, 2016). Технологиите на почвозащитното земеделие обединяват конкретни противоерозионни решения, основани основно на различни варианти на прорязване с ходообразуване, както и почвозащитни системи за минимална обработка на почвата (Димитров, 2008; Белоев и др., 2008). Те включват безотвални основни обработки, директна сеитба, комбинирани технологични операции и някои нетрадиционни обработки с висок противоерозионен и почвозащитен ефект, като повърхностно и вертикално мулчиране, компостиране на растителни остатъци директно на полето. Към тях се добавя и специализирана система от земеделски машини и устройства, необходими за прилагането им.

Една от тези специализирани технологии е технологията за компостиране и вертикално мулчиране на растителни остатъци или компост в почвата. Нейното изследване и внедряване в земеделската практика на България, изисква разработването на подробна методика за експериментиране.

**Целта** на настоящата публикация е да разработи и представи методика за изследването на технологията за компостиране и вертикално мулчиране на растителни остатъци или компост директно на полето при отглеждане на земеделски култури (царевица за зърно) върху черноземни почви в условията на почвозащитно земеделие.

Методиката включва изложение, описание на самата методика, обект и предмет на изследването, климатични, почвени и технически характеристики на прилаганите машинно-тракторни агрегати, експериментална част и основни и съпътстващи показатели. Освен това е посочена и организацията на експерименталните изследвания, проведени в опитното поле в землището на с. Долно Абланово, област Русе.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

В настоящата методика **обектът на изследването** са почвозащитната технология за компостиране и вертикално мулчиране на растителни остатъци или компост директно на полето, както и системата от земеделски машини, предназначена за нейното осъществяване. Обектът включва както технологичните процеси, така и техническите средства, чрез които се реализира компостирането на място, повърхностното и вертикалното мулчиране, при отглеждане на царевица за зърно върху черноземни почви.

**Предметът** на изследването обхваща качествените и количествените показатели, характеризиращи ефективността на оценяваните технология и технологични комплекси от машини. Това включва:

- качеството на изпълнение на технологичните процеси (компостиране, повърхностно и вертикално мулчиране);
- влиянието на технологиите върху деградационните процеси в почвата – уплътняване, намаляване на почвеното органично вещество, ерозионна устойчивост;
- агротехническата ефективност при отглеждане на царевица за зърно;
- агрохимични и биологични показатели, свързани с плодородието и състоянието на черноземните почви;
- технико-експлоатационните характеристики на използваните машини и агрегати;
- енергийната ефективност на технологичните комплекси;
- икономическата ефективност и рентабилността на внедряваната почвозащитна технология.

Изследването се извършва в периода 2025 - 2027 год. в опитно поле в землището на с. Долно Абланово, община Русе, Русенска област. Експерименталната площ е неполивна. Почвата е слабо ерозиран карбонатен чернозем, с минимален наклон на терена до 3 0 (5,24%).

Върху тези площи се прилагат както новопредлаганата технология за компостиране и вертикално мулчиране на растителни остатъци или компост на полето, така и сравняваната с нея традиционно използвана в страната технология за отглеждане на царевица за зърно.

Наред с това е направена и характеристика на изпитваната техника (МТА).

При почвозащитната технология за компостиране и вертикално мулчиране на растителни остатъци или готов компост при отглеждане на царевица за зърно, ще бъде използвано:

- Мобилно устройството за компостиране /МУК/ (фиг. 1). Предназначено е за компостиране на растителни остатъци на мястото на добиването им или на специална площадка. Конструкцията е разработена в РУ „А. Кънчев“ и е защитена с патент (Белоев и др., 2011).

- Устройство за внасяне на органично вещество в почвата /УВОВП/ (фиг. 2), за прилагане на противоерозионния метод вертикално мулчиране, агрегатирано с трактори с номинална мощност над 120kW (John Deere 8230, 8530).



Фиг. 1. Мобилно устройство за компостиране



Фиг. 2. Устройство за внасяне на органично вещество в почвата

Устройството за внасяне на органично вещество в почвата е на основата на чизел-култиватора СР-9 в РУ „Ангел Кънчев“ и е признато за изобретение от Патентно ведомство на РБ (Димитров и др., 2008). Състои се от рама, прорязващи работни органи /девет броя/ с разширители, разположени в два реда и бункер с разтоварващ ротор за мулч с обем 2,5 m<sup>3</sup>. Задаването на желаната норма на внасяния материал на единица площ се извършва чрез шибърен механизъм, в зависимост от постъпателната скорост на движение на устройството. То работи на дълбочина до 0,40 m по лентов способ с разстояние между прорезите в лентата 0,60 m и между лентите в полето 5 m.

В методиката, основно място се отделя на експерименталната част при изследването. Тя включва: схемата на залагане на полския опит, като в случая експериментът е заложен като еднофакторен полски опит с три варианта и четири повторения по блоковия метод, което осигурява статистическа достоверност и възможност за сравнение между вариантите.

**Факторът** на изследването са почвозащитните технологични операции, използвани в почвозащитната технология, прилагана при отглеждане на царевица за зърно.

**Вариантите на заложения и изведен опит са следните:**

- **К0** – Контролен вариант - конвенционална технология за отглеждане на царевица за зърно.
- **К1** – Технология за отглеждане на царевица с минимална обработка на почвата и прилагане на повърхностно мулчиране и разрохкване.
- **К2** – Технология за отглеждане на царевица с прилагане на компостиране на растителните остатъци по метода на твърдофазно аеробно компостиране директно на полето и вертикално мулчиране на готовия компост в почвата, чрез специализирани машини.

Освен това са посочени размерите на опитните парцелки и организацията на провеждане на дейностите, осъществявани при различните варианти при осъществяване на експеримента.

Разположението на вариантите ще бъде по блоковия метод. Размерите на опитните парцели ще бъдат определени в зависимост от теренните условия и работната ширина на използваната техника. Предвижда се площта на всеки вариант да бъде между 700 и 900 m<sup>2</sup>, като между повторенията ще се оставят охранителни ивици, предотвратяващи смесване на растителни остатъци и компост между отделните варианти.

При вариант **К0** ще се прилагат системи за обработка на почвата, включващи в себе си всички познати ни традиционни технологични операции по отглеждане на царевица за зърно. Ще се извърши дълбока оран със заораване на растителните остатъци, предсеитбени обработки, сеитба, вегетационни обработки и прибиране. При варианта **К1**, след прибиране на реколтата, ще се прилага повърхностно мулчиране с растителните остатъци и разрохкване, без дълбока оран. Останалите технологични операции са същите, като при **К0**. При последния вариант **К2**, ще се осъществява технологията за минимална обработка на почвата и противоерозионния метод вертикално мулчиране с готов компост (по лентов способ, на дълбочина 0,40 m), произведен директно на полето по метода на аеробното твърдофазово компостиране. За подобряване на съотношението C:N, между стифовете ще се засади царевица за зелена листна маса, която ще се прибере във фаза 5 лист и ще се раздробява и разхвърля, върху готовите стифове с растителни остатъци.

Разгледан е и агротехническият фон на изследването, който обхваща цялата последователност от операции, чрез които се реализират трите технологични варианта – традиционна технология, технология за минимална обработка на почвата с повърхностно мулчиране и технология за компостиране на растителните остатъци на полето, последвано от вертикално мулчиране. Тези операции включват подготовка на почвата, управление на растителните остатъци, сеитба, торене, растителна защита, компостиране, мулчиране и последващи обработки. Всяка технология използва специфични машини, работни параметри и технически средства, които определят качеството на процесите и ефективността на производството.

Накрая методиката завършва с изследваните основни и съпътстващи показатели. Те информативно са описани и разгледани както следва:

#### **Основни и съпътстващи показатели.**

##### **Почвени показатели.**

*Обемна плътност на почвата ( $g/cm^3$ ).* Ще се определя в слоя 0 — 40 cm, през 10 cm, в по 10 повторения за всеки вариант, в първо и трето повторение на опита, три пъти в годината: преди залагане на опита; при максимален растеж на растенията (във фаза изметляване) и след прибиране на реколтата. Ще се използва метода на Качински с метален пръстен с режещ ръб и обем  $100\text{ cm}^3$ .

*Обща поръзност на почвата (%).* Няма да се определя директно, а ще се изчислява чрез обемната и относителна плътност по формула.

*Твърдост на почвата ( $kg/cm^2$ ).* Ще се определя в слоя 0 — 40 cm, през 10 cm, в по 10 повторения за всеки вариант, в първо и трето повторение, три пъти в годината: преди залагане на опита; при максимален растеж на растенията и след прибиране на реколтата. Ще се използва твърдомерът на Качински с падаща тежест, а изчисленията ще са по формула.

*Влажност на почвата (%).* Пробите ще се вземат в три повторения, в първо и трето повторение. През вегетационния период на растенията, влажността на почвата ще се определя в слоя до 60 cm, през всеки 10 cm, през 15 дни. Три пъти в годината, преди залагане на опита, при максимален растеж на растенията и след прибиране на реколтата ще се определи почвената влага в слоя до 150 cm, през 10 cm за установяване на влагозапасяващия ефект. Пробите за определяне на този показател от вариантите с приложена противоерозионна технология и при двата опита ще се вземат на разстояние 50 cm от осъществените почвозащитни обработки (прорези, вертикален мулч, подземни ходове). Пробите за влажност на почвата ще се вземат с помощта на сондата на Измайски, а влажността ще бъде определена по тегловния, директен метод.

##### **Химични и биологични показатели на почвата**

Определяне на общ въглерод и хумус по Тюрин. Методът е класически и широко използван и се основава на косвеното определяне на количеството въглерод, получен при окисляване на хумуса с разтвор на калиев бихромат в серно кисела среда при нагряване.

##### **Биометрични показатели**

*Гъстота на посева в брой растения на декар.* При опити с царевица този показател ще се определя обикновено чрез преброяване растенията върху малки площадки -  $10\text{ m}^2$  (или линейно чрез изброяване на растенията в един ред с дължина 14,4 m) за всяка парцелка.

*Височина на растенията (cm).* Ще се определя в различните им фази (5-ти лист; 9-ти лист и изметляване), чрез измерване на не по-малко от 10 растения на вариант, в първо и трето повторение, като резултатите ще са определени и обработени с апарата на математическата статистика.

*Листна повърхност ( $m^2/ha$ ).* Изследванията ще се извършат във фазите 5-ти лист, 9-ти лист и изметляване, на 10 растения от вариант, в първо и трето повторение с помощта на измервателна линия и формулата на (Лазаров, 1965).

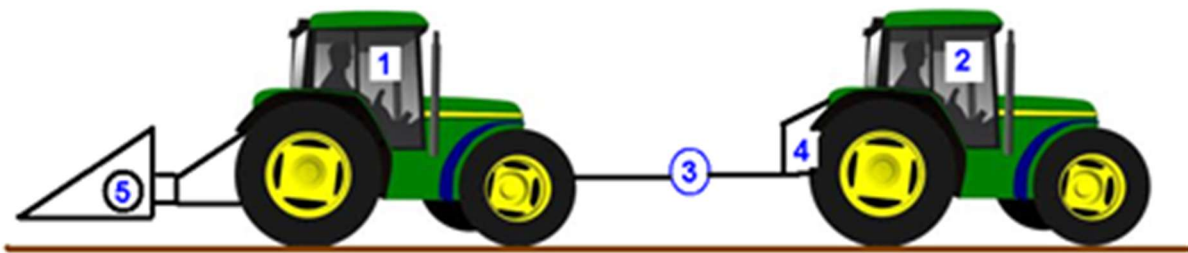
*Растителни остатъци ( $kg/ha$ )* като стърнищни вертикални остатъци и като мулч на повърхността на почвата. Ще се измерват от пробни площадки.

*Добив от културите ( $kg/ha$ ).* Добивът ще се установи по косвен метод, като се вземат средна проба от всеки вариант на всяко повторение чрез залагане на метровки и чрез изрязване и претегляне на кочаните от отчетна площ ( $100 m^2$ ). Основната и допълнителната продукция ще се определи при стандартна влага. Данните за получените добиви ще бъдат математически обработени по метода на дисперсионния анализ (Митков и Минков, 1985).

### Енергетични показатели

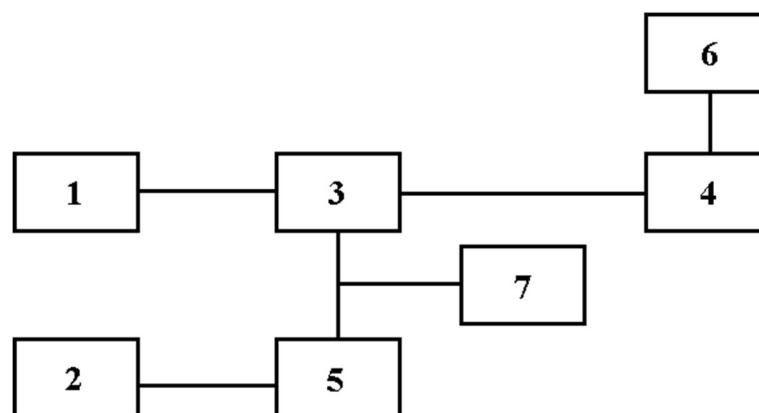
*Постъпателна скорост на машинно-тракторния агрегат ( $m/s$ ).* Този показател се определя при известни – време на опита и дължина на опитния участък по формула.

*Теглително съпротивление на работната машина ( $kN$ ).* Измерването е косвено с помощта на втори теглещ трактор при изключена трансмисия на трактора на всеки изследван машинно-тракторен агрегат. Извършвани са две измервания – едното при работно положение на земеделската машина, а другото при транспортно. Работено е при различни постъпателни скорости, в съответствие с технологичните изисквания на агрегата. Експериментите са проведени съгласно схемата, посочена на (фиг. 3).



Фиг. 3. Схема на провеждане на експериментите по определяне на енергетичните показатели:  
1-основен трактор, 2-втори(теглещ) трактор, 3-тензометрично звено за теглително усилие,  
4-датчик (преобразувател) за честотата на въртене на ВОМ, 5-работна машина.

Измерванията се осъществяват по тензометричен метод с подвижна тензометрична лаборатория ПТЛ-1 и комплект тензометрични звена (Коробейников и др., 1985). Измерителната схема и влизащите в нея прибори са посочени на (фиг. 4.).



Фиг. 4. Измерителна схема и използвани прибори:

1-Универсално теглително звено с обхват 50 kN, 2-Индукционен преобразувател за честота на въртене, 3-Тензометричен усилвател ТДА-6, 4-Шлейфов осцилограф Н-700, 5-Микропроцесорна система АСИТ-1, 6-захранващ акумулаторен блок – 24V, 7-захранващ акумулаторен блок – 12V.

**Буксуване (%).**

За определяне на този показател при различните машинно-тракторни агрегати е използван тензометричен метод, датчик за честотата на въртене на BOM, микропроцесорна система АСИТ-1 и по формула.

**Общ енергетичен баланс (kW).**

Този показател, показващ за какво се изразходва мощността на двигателя на трактора от всеки противоерозионен агрегат, е определен по формула.

**Експлоатационни показатели**

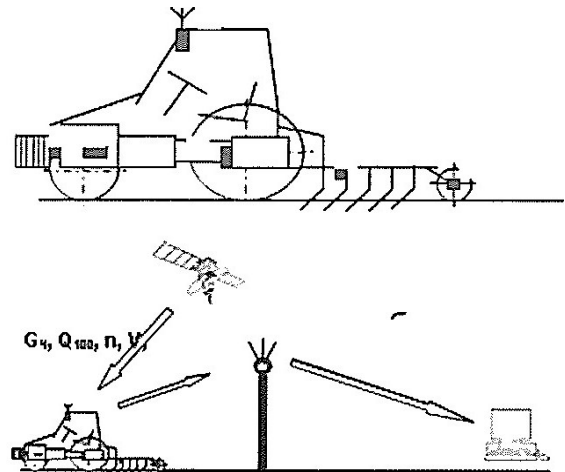
*Производителност на машината за един час оперативно време (da/h).* Този показател ще се определи на базата на хронометражни наблюдения по формула.

По хода на провеждане на изследването и с отчитане развитието на техническите средства ще се използват два основни подхода за оценка на горивно икономическите показатели на МТА.

През първата година на изследването и в зависимост от изследваните показатели ще се използва класическа система за оценка разхода на гориво. На (фиг. 5) е показан общ вид на първичния преобразувател за разход на гориво и на микропроцесорната система. През последните години бе разработена нова компютърна система, базирана на съвременни информационни и комуникационни технологии (фиг. 6). Тя има значително по-големи възможности и може да се използва както за изследователски дейности, така също и за постоянно вграждане в енергетичните машини.



Фиг. 5. Разходомер РТГ-2 за оценка разхода на гориво на МТА



Фиг. 6. Принципна схема на компютърната система за енергийна ефективност на МТА

Отчитайки казаното за измерване разхода на гориво за системи за измерване се предлага при експеримента да се използва разходомер РТГ-2, който има максимална относителна грешка не по-голяма от 1% при часов разход на гориво от 0,5-1 до 70-80 l/h. Разходомерът е мембранен тип и може да се изработи с обем на една порция гориво от 5 до 60 cm<sup>3</sup>.

**Икономически показатели**

*Допълнителни разходи* за осъществяване на технологията за компостиране на растителните остатъци на мястото им на добиване и вертикално мулчиране на получения готов компост при отглеждане на царевица за зърно.

Ще се определят *експлоатационните разходи* на всяка една от използваните машини за компостиране и вертикално мулчиране и съставените машинно-тракторни агрегати от технологичните комплекси за отглеждане на царевица за зърно, като са използвани и формули.

Ще се определят *получените приходи на единица площ* от запазване на почвата и почвеното плодородие, чрез остойностяване на количествата на получения по-висок среден добив от съответните земеделски култури и на тези на запазените от ерозията основни хранителни елементи азот, фосфор и калий в почвата.

Разликата между тези приходи и направените разходи за единица площ, ще определят *ефективността* на почвозащитният метод и технология за отглеждане на царевица за зърно.

Оценката която може да се направи за *икономическата ефективност* на почвозащитните мерки става като се вземат в предвид всички разходи по тяхното осъществяване. Видовете разходи се изчисляват по действащи цени и нормативи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представената в настоящата статия методика за изследване на технология за компостиране и вертикално мулчиране на растителни остатъци или компост директно на полето при отглеждане на земеделски култури (царевица за зърно) върху черноземни почви в условията на почвозащитно земеделие, може да бъде приложена за провеждане на тази и подобни почвозащитни технологии и при други почвени и климатични условия в Република България.

## REFERENCES

- Beloev, H. I., P. D. Dimitrov, N. M. Markov, G. A. Tsankova, 2008. Technologies for minimum tillage on sloping lands under sustainable agriculture. Agricultural Academy, Sofia. (**Оригинално заглавие:** Белоев, Х. И., П. Д. Димитров, Н. М. Марков, Г. А. Цанкова. 2008. Технологии за минимална обработка на почвата на склонови земи в условията на устойчиво земеделие. Селскостопанска академия, София.)
- Beloev, H. I., P. T. Radulov, A. I. Atanasov, P. D. Dimitrov, K. E. Stoyanov, 2011. Method and device for composting. Patent No. 110627A, Sofia. (**Оригинално заглавие:** Белоев, Х. И., П. Т. Радулов, А. И. Атанасов, П. Д. Димитров, К. Е. Стоянов. 2011. Метод и устройство за компостиране. Патент № 110627А, София.)
- Dimitrov, P. D., 2008. Anti erosion agrotechnical methods, technologies and machine systems for wheat and maize on sloping terrains. Habilitation thesis, IP “N. Pushkarov”, Sofia. (**Оригинално заглавие:** Димитров, П. Д. 2008. Противоерозионни агротехнически методи, технологии и система машини за отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени. ИП „Н. Пушкарров“, София.)
- Dimitrov, P. D., A. L. Lazarov, D. S. Dimitrov, H. I. Beloev, P. T. Radulov, 2008. Anti erosion technology for wheat production on sloping terrains. National Center for Agrarian Sciences, Sofia. (**Оригинално заглавие:** Димитров, П. Д., А. Л. Лазаров, Д. С. Димитров, Х. И. Белоев, П. Т. Радулов. 2008. Противоерозионна технология за производство на пшеница на наклонени терени. Национален център за аграрни науки, София.)
- Dimitrov, P. D., S. S. Ruseva, I. S. Malinov, 2016. Advanced soil protection technologies for minimum and non traditional tillage in wheat and maize production on sloping lands. Agricultural Academy, IPASR “N. Pushkarov”, Sofia. (**Оригинално заглавие:** Димитров, П. Д., С. С. Русева, И. С. Малинов. 2016. Усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при производство на пшеница и царевица на наклонени терени. ССА, ИПАЗР „Н. Пушкарров“, София.)
- Dobrovolsky, G. V., 2008. Soil degradation – a threat of global ecological crisis. Age of Globalization, No. 2, Moscow. (**Оригинално заглавие:** Добровольский, Г. В. 2008. Деградация почв – угроза глобалного екологического кризиса. Век глобализации, № 2, Москва.)
- Korobeinikov, A. T., V. S. Likhachev, V. F. Sholokhov, 1985. Testing of agricultural tractors. Mashinostroenie, Moscow. (**Оригинално заглавие:** Коробейников, А. Т., В. С. Лихачев, В. Ф. Шолохов. 1985. Испытания сельскохозяйственных тракторов. Машиностроение, Москва.)
- Lazarov, R., 1965. Coefficients for determining leaf area in some agricultural crops. Plant Science, No. 2, Sofia. (**Оригинално заглавие:** Лазаров, Р. 1965. Коэффициенти за определяне на листната повърхност при някои селскостопански култури. Растениевъдни науки, № 2, София.)
- Mitkov, A. L., D. P. Minkov, 1985. Mathematical methods in engineering research. Ruse. (**Оригинално заглавие:** Митков, А. Л., Д. П. Минков. 1985. Математични методи на инженерните изследвания. Русе.)
- Ruseva, S. S., 2006. Soil erosion and protection measures. Engineering and Research for Agriculture, University of Ruse. (**Оригинално заглавие:** Русева, С. С. 2006. Ерозия на почвата и мерки за защита. Инженеринг и изследвания за земеделието, РУ „А. Кънчев“, Русе.)