

Химични почвени промени при използване на утайка като подобрител при дървесна растителност

Виктор Колчаков *, Пламен Иванов, Вера Петрова

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкиarov” - София

E-mail: * viki_kol68@abv.bg

Резюме

В статията са представени резултатите от проучване на химични промени в почвата при използване на утайки от ПСОВ в насаждение от дървесна растителност. Експериментите са проведени върху Смолница в опитното поле на ИПАЗР „Н. Пушкиarov” в Божурище. При осъществяването на експеримента са използвани резници от два клона върби (*Salix alba* L. и *Salix viminalis rubra*). Експериментите са реализирани в блокова схема на произволен принцип с трикратно повторение. Изпитани са следните варианти на третиране с утайка от пречиствателната станция за отпадни води в София: Контрола, 2, 4 и 6 t/da утайка. През втората година на експеримента са взети средни почвени проби от всички варианти на изследване. Пробите са анализирани за съдържание на основни хранителни вещества и някои тежки метали. Установено е слабо увеличение на стойностите на рН с увеличаване на количеството на депонираната утайка. Има данни за положителен ефект върху подвижен калий, който достига до 46,7 и 50,0 mg/100g почва при 6 t/da утайки. Налице е също така слабо увеличение на подвижен фосфор и минералните фракции на азот с увеличаване на количеството на утайките. Най-високата стойност на минерален азот е установена повърхностния хоризонт на почвата (0 - 30 cm), при *Salix viminalis rubra* вариант с 4 t/da, депонирани утайки (14,4 mg NH₄⁺ + NO₃⁻/kg почва). Съдържанието на хумус при двата вида върби се увеличава с увеличаване на количеството на депонираните утайки. То достига 3,68% за *Salix alba* L. и 4,21% за *Salix viminalis rubra* във варианта от 6 t/da. Измерените количества на тежки метали са многократно по-ниски от допустимото съдържание в почвите и при двата вида върби.

Ключови думи: утайка, Смолница, върби, химични изменения в почвата

Chemical Changes in Soil Using Sludge as a Soil Improver at Tree Vegetation

Viktor Kolchakov *, Plamen Ivanov, Vera Petrova

N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, - Sofia

Abstract

Present paper presents a study on the chemical changes in soil through the use of sewage sludge at tree vegetation. The study is based on field experiment on Vertisol (Eutric). It is carried out at the experimental field of ISSAPP “N. Poushkarov” in city of Bozhurishte. Two willows clones (*Salix alba* L. and *Salix viminalis rubra*) were used for the field experiment. The experiment was implemented in block scheme randomly in threefold repetition. Sewage sludge from the wastewater treatment plant in Sofia was deposited in following variants: control, two, four, and six t/da sludge. Average soil samples from all variants of the experiment are taken in the second year. Samples were analyzed for content of basic nutrients and some heavy metals. It was established a slight increase in pH values by increasing the amount of deposited sludge. There has been a positive effect on mobile potassium, which reaches up to 46.7 and 50.0 mg/100 g soil at the rate of 6 t/da sludge. There has been also a slight increase in mobile phosphorus and mineral fractions of nitrogen with increasing the amounts of sludge. The highest value of mineral nitrogen has been established in the surface soil horizon (0 – 30 cm) in the *Salix viminalis rubra* variant with 4 t/da deposited sludge (14.4 mg NH₄⁺ + NO₃⁻/kg soil).

The humus content in both types of willows increases in the variants. It reaches 3.68% for *Salix alba* L. and 4.21% for *Salix viminalis rubra* in the variant with rate of 6 t/da. The measured amounts of heavy metals are repeatedly below the rate for acceptable content in soils in both types of willows.

Key words: sewage sludge, Vertisol, willows, chemical soil changes

Торенето с органични торове е необходимо условие за поддържане на почвеното плодородие чрез осигуряване на бездефицитен хумусен баланс. От гледна точка на почвеното плодородие и екологията все по-голямо значение придобива пълното и правилно използване на органични отпадъчни продукти, като утайки от градските пречиствателни станции за отпадни води и др. Те се трупат в района на пречиствателните станции, затрудняват тяхното функциониране и замърсяват природната среда. Освен екологичен проблем обаче, утайките представляват и органичен резерв (Marinova et al., 2012). Те са органична маса и съдържат макро и микроелементи и могат да се използват за поддържане и повишаване на почвеното плодородие. Директното използване на утайки в земеделските земи е възможно само в случаите, когато утайките отговарят на изискванията на законодателството. Използването на утайки в земеделието не е широко разпространена практика в България, особено употребата им при дървесна растителност.

У нас доказателства за положителния агрономичен ефект от използването на утайки в земеделието показват изследванията на Маринова (2008), Панайотова и др. (2010), Тончева и др. (2014). В изследванията се изтъква основното предимство на утайките, а именно високото съдържание на органично вещество, което се включва в процесите на хумусообразуване и минерализация и служи като източник на биогенни вещества за растенията. Отглеждането на горска биомаса върху неплодородни почви, торени с утайки трябва да се придържа към принципите на постоянно и устойчиво екологично и икономично развитие.

Ефективната употреба на утайки за селскостопанска дейност изисква да бъдат наблюдавани химичните промени настъпили в почвата, както предимствата така и рисковете свързани с приложението им (Маринова и Катиджотес, 2006; Marinova et al., 2012; Златарева и др., 2015).

Целта на настоящето проучване е да се проследят химичните промени в почвата при използване на утайки от ПСОВ като почвен подобрител при върби.

Материал и методи

Изследването се основава на изведен полски опит върху излужена Смолница в опитното поле на ИПАЗР в гр. Божурище с престоляла утайка от ППСОВ София. Изпитани са следните варианти на третиране с утайка: Контрола, 2, 4 и 6 t/da утайка. Опитът е разположен върху 600 m² площ и е реализиран в блокова схема на произволен принцип с трикратно повторение.

При осъществяването на експеримента са използвани резници от два клона върби (*Salix alba* L. и *Salix viminalis rubra*). Разстоянието между резниците в редовете е 0,75 m, каквото е и разстоянието между редовете (17 777 резници/ha). Всеки вариант е представен от 36 резника в три повторения. Преди засаждане на върбите опитната площ е обработена и заравнена. Опитът е размерен и са оформени отделните парцелки. През м. април 2013 г. е внесена утайката по варианти, след което е заорана.

Преди залагане на експеримента е анализирана утайката по химични, агрохимични и микробиологични показатели, съгласно изискванията на Наредбата за използване на утайки чрез употребата им в земеделието от 14.12.2004 г. Взети са средни почвени проби от всички варианти на опита през втората година. Пробите са анализирани за съдържание на основни хранителни елементи и някои тежки метали по стандартни методи, използвани в ИПАЗР "Н. Пушкиров":

- Определяне на реакцията на средата (pH) — БДС EN 12176:2000.
- Определяне на сух остатък и съдържание на вода — БДС EN 12880:2003.
- Определяне на общ органичен въглерод — БДС EN 13137:2005.
- Определяне на общ азот — БДС ISO 11261:2002.
- Определяне на минерални азотни форми: амониев (NH₄⁺) и нитратен (NO₃⁻) азот — БДС ISO 14255:2002.
- Определяне на подвижни форми на фосфор (P₂O₅) — БДС ISO 11263:2002.
- Определяне на подвижен калий (K₂O) — Определянето се извършва по методика на М. Милчева, която се използва в ИПАЗР

„Н.Пушкаргов”.

- Определяне на водоразтворими количества на сяра като сулфат (SO_4^{2-}) — ВМ-1:2007.

- Определяне на общото съдържание на фосфор (P), калий (K), калций (Ca), магнезий (Mg), тежки метали — кадмий (Cd), хром (Cr), никел (Ni), мед (Cu), цинк (Zn), олово (Pb), живак (Hg) и арсен (As) — БДС EN-13346:2000, ВМ-1:2007.

съединения, полихлорирани бифенили, полициклични ароматни въглеводороди, нефтени въглеводороди, феноли и др.) в използваната утайка показват, че те са под ПДК, съгласно изискванията на законодателството. Проведено микробиологично изследване показва, че не се изолира *Salmonella* sp. и не се откриват колиформи. Стойностите за съдържание на *Clostridium* sp. отговарят на изискванията, което показва, че в утайката са

Таблица 1. Експериментална схема на полски опит с върбови фиданки, третирани с различни норми утайка от ПСОВ

Table 1. Experimental scheme of field experiment with willow saplings and different application rates of sewage sludge from WWTP

1-ви БЛОК	2-ри БЛОК	3-ти БЛОК
A ₃ - 56,4 kg утайка	B ₃ - 56,4 kg утайка	A ₁ - контрола
B ₁ - контрола	A ₂ - 28,2 kg утайка	B ₂ - 28,2 kg утайка
A ₂ - 28,2 kg утайка /2 t/da	B ₁ - контрола	A ₄ - 84,6 kg утайка
B ₃ - 56,4 kg утайка /4 t/da	A ₄ - 84,6 kg утайка	B ₁ - контрола
A ₄ - 84,6 kg утайка /6 t/da	B ₂ - 28,2 kg утайка	A ₃ - 56,4 kg утайка
B ₂ - 28,2 kg утайка	A ₁ - контрола	B ₄ - 84,6 kg утайка
A ₁ - контрола	B ₄ - 84,6 kg утайка	A ₂ - 28,2 kg утайка
B ₄ - 84,6 kg утайка	A ₃ - 56,4 kg утайка	B ₃ - 56,4 kg утайка

Таблица 2. Химична и агрохимична характеристика на утайка, от СГПСОВ, престояла повече от 1 година, с която е заложен полския експеримент с върби в опитно поле Божурище

Table 2. Chemical and agrochemical characteristics of sewage sludge from the Sofia WWTP used for the field experiment with willow trees at the experimental field Bozhurishte

Показател	Стойност	Показател	Стойност
Сухо вещество %	66,96	Общ Mg %	1,0
pH(H ₂ O)	7,34	S-SO ₄ ²⁻ %	0,69
Органичен въглерод %	5,63	Pb mg/kg	78
Общ N%	0,79	Cd mg/kg	1
N-NH ₄ ⁺ mg/kg	50	Cu mg/kg	179
N-NO ₃ ⁻ mg/kg	291	Ni mg/kg	24
Общ P %	0,37	Cr mg/kg	35
Общ K %	0,18	Zn mg/kg	461
Подвижен P mg/100/g	21	As mg/kg	<5
Подвижен K mg/100/g	50	Hg mg/kg	<1
Общ Ca %	4,2		

Резултати и обсъждане

Утайката, с която е заложен полския експеримент е анализирана по показатели съгласно изискванията на Наредбата за използване на утайки чрез употребата им в земеделието от 14.12.2004 г.

Стойностите за изследваните тежки метали са под ПДК посочени в законодателството.

Резултатите от предишни изследвания за съдържание на органични замърсители (хлорорганични

завършили процесите на обеззаразяване и самоочистване. Не се откриват яйца на хелминти (Трифенова и др. (под печат)).

Изследванията на утайка от ПСОВ София, по химична и микробиологична характеристика показват, че тя отговаря на изискванията на законодателството и не представлява опасност при използването ѝ в горскостопанска практика.

Полският експеримент е заложен върху

Таблица 3. Химична характеристика на Смолница от опитно поле Божурище, върху която са заложени полските експерименти

Table 3. Chemical characteristics of Vertisol from the site of the field experiments at the experimental field in Bozhurishte

Елементи	Стойност	Елементи	Стойност
pH /H ₂ O/	6,1	Електропроводимост. mS/cm	0,042
Хумус %	3,36	Водоразтворени соли g/100g	0,013
Общ N %	0,12	As mg/100g	<1
N - NH ₄ ⁺ mg/kg	8,2	Cd mg/100g	<1
N -NO ₃ ⁻ mg/kg	5,8	Cu mg/100g	185
Подвижен P ₂ O ₅ mg/100g	0,22	Pb mg/100g	2
Подвижен K ₂ O mg/100g	36,9	Ni mg/100g	22
Обменен Ca mg/100g	696	Zn mg/100g	1170
Обменен Mg mg/100g	108	Cr mg/100g	7

Смолница (Vertisol (Eutric) - IUSS Working Group WRB, 2014).

Данните от агрохимичния анализ на почвата показват, че тя е много добре запасена с подвижен калий – 36,92 mg K₂O/100g почва, но много слабо, почти бедна на усвоим за растенията фосфор – 0,22 mg P₂O₅/100g почва.

Минералният азот е с превес на амониевата форма. Електропроводимостта е ниска, а от там и количеството на водоразтворимите соли е много малко. Общото количество на тежките метали е под пределно допустимите концентрации.

Физикохимичната характеристика на почвата, определена по метода на Ганев и Арсова (1980) показва, че катионния сорбционен капацитет T_{8,2} е 50,70 meqv/100g почва, общата киселинност Н₈₂ = 3,9 meqv/100g почва а степента на наситеност с бази е 92,31% (Трифенова и др. 2016).

От анализа на почвените проби от опитите с върби се вижда, че с увеличаване количеството на внесена утайка слабо се повишава рН на почвата измерена във вода (табл. 4). В дълбочина стойностите намаляват. С увеличаване дозата на утайката се постига позитивен ефект по отношение на усвоимия за растенията калий. При най- високата доза прибавена утайка (6t/da) се постига висока степен на запасеност с усвоим калий – 46,7 mg K₂O/100g почва при вариант А₄ (0 - 30 cm) и 50,0 mg K₂O/100g почва при вариант В₄ (0 - 30 cm). С нарастване количеството на внесена утайката по варианти се наблюдава слабо повишение на подвижния фосфор. При вариант А₄ (0 - 30 cm) съдържанието на фосфор достига 2,8 mg P₂O₅/100g почва и 4,2 mg P₂O₅/100g за вариант В₄ (0 - 30cm). Може да се предположи, че това се дължи на много слабата запасеност с подвижен фосфор в

излужената Смолница и допълнителния му значителен износ от върбите.

По отношение на азота се наблюдава слабо повишение на минералните фракции (NH₄⁺ + NO₃⁻) с увеличаване количеството внесена утайка и при двата вида върби. Най- висока стойност на минерален азот е установена при вариант В₃ (0 - 30 cm) - 14,4 mg NH₄⁺ + NO₃⁻/kg почва.

Доказана е и положителната роля на утайките върху хумусното съдържание, вследствие активиране дейността на почвените микроорганизми. Други изследвания също показват, че внасянето на сухи утайки обогатява почвата с органично вещество (Langenkamp and Part, 2001; Цолова и др. 2005). Съдържанието на хумус и при двата вида върби се увеличава по варианти. За *Salix alba* L. при норма 6t/da хумусът достига до 3,68%, а за *Salix viminalis* gubra до 4,21%.

Проблем при оползотворяване на утайките в земеделието са тежките метали. Подвижността, усвоимостта или отмиването на фитотоксичните метали след внасяне на утайки от ПСОВ в почвата зависи от редица почвени фактори като рН, катионно-обменния капацитет, съдържанието на хумус и др. (McGrath et al., 1995). Докато взаимодействието на някои от тях с почвения поглъщателен комплекс ги имобилизира и прави недостъпни за растенията, то други са лесно усвоими. Токсичността на тези вещества зависи не само от техните свойства, но преди всичко и от концентрацията им в почвата (Marinova and Chuldjan, 1999). В нашия случай, според активната реакция на излужената Смолница, всички измерени количества на тежките метали са неколккратно под нормата за допустимото им съдържание в почвите.

Таблица 4. Химична характеристика на почвени проби от вегетационен опит с утайка
Table 4. Chemical characteristics of soil samples from pot experiment with sewage sludge

Варианти дълбочина	pH H ₂ O	N ⁺ Шз mg/kg	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	Хумус %	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Fe %	Mn %
Salix alba L.											
A ₁ 0-30	6,1	11,1	0,5	33,2	3,2	40	67,5	22,5	<0,5	3,7	0,168
A ₁ 30-60	6,1	9,8	0,1	29,8	3,22	37	60	25	<0,5	3,65	0,155
A ₂ 0-30	6,4	12,1	2,6	35,9	3,52	42,5	72,5	33	<0,5	3,84	0,136
A ₂ 30-60	6,2	9,2	0,2	29,5	3,19	40	70,2	23	<0,5	4,02	0,131
A ₃ 0-30	6,6	12,1	2,6	45,1	3,62	42,5	68	30	<0,5	3,75	0,128
A ₃ 30-60	6,1	9,8	1,1	30,3	3,17	37,5	69,1	21,5	<0,5	3,57	0,149
A ₄ 0-30	6,5	12,5	2,8	46,7	3,68	44,5	75	26	<0,5	3,46	0,131
A ₄ 30-60	6,1	10,9	0,5	28,8	2,9	38	69,5	22	<0,5	3,72	0,170
Salix viminalis rubra											
B ₁ 0-30	6,2	12,1	0,7	32	3,4	40	64	31,5	<0,5	4,02	0,163
B ₁ 30-60	6,2	10,9	0,1	32,7	3,4	37,5	61,2	24	<0,5	3,65	0,152
B ₂ 0-30	6,4	11,9	2,4	34,7	3,51	45,5	77	21	<0,5	3,61	0,164
B ₂ 30-60	6,1	9,5	0,1	28,8	3,4	39	65	23,5	<0,5	3,34	0,140
B ₃ 0-30	6,6	14,4	2,6	34,9	3,66	45,5	78,5	20,5	<0,5	3,48	0,150
B ₃ 30-60	6,2	13,8	0,3	28,5	2,92	39	66,1	25	<0,5	4,71	0,113
B ₄ 0-30	7	13,8	4,2	50	4,21	47	83,5	26	<0,5	3,47	0,154
B ₄ 30-60	6,4	10,9	0,4	32,7	3,81	38,5	65,5	22	<0,5	3,57	0,148

Таблица 5. Механичен състав почвени проби от вегетационен опит с утайка
Table 5. Particle size distribution of soil samples from the

Варианти дълбочина	Хигр. Влага %	Размери на частиците в mm							
		Сума >1	1 0,25	0,25 0,05	0,05 0,01	0,01 0,005	0,005 0,001	< 0,001	Сума <0,01
Salix alba L.									
A ₁ 0-30cm	7,55	0,00	2,2	13,8	7,7	16,1	7,9	52,3	76,3
A ₁ 30-60 cm	8,65	0,00	2,6	16,3	5,7	4,7	8,4	62,3	75,4
A ₂ 0-30 cm	8,25	0,00	1,1	21,2	6,6	11,8	9,0	50,3	71,1
A ₂ 30-60 cm	8,55	0,00	1,7	18,9	4,2	15,7	11,7	47,8	75,2
A ₃ 0-30 cm	8,39	0,00	1,4	15,0	9,0	14,1	13,9	46,6	74,6
A ₃ 30-60 cm	8,76	0,00	2,2	13,6	12,1	11,5	10,4	50,2	72,1
A ₄ 0-30 cm	9,58	0,00	2,3	13,3	9,6	12,1	13,8	48,9	74,8
A ₄ 30-60 cm	9,69	0,00	2,4	14,4	6,8	18,0	6,6	51,8	76,4
Salix viminalis rubra									
B ₁ 0-30 cm	8,46	0,00	1,1	18,0	6,8	16,0	11,8	45,9	73,7
B ₁ 30-60 cm	8,78	0,00	1,5	25,4	3,8	11,2	8,0	50,5	69,7
B ₂ 0-30 cm	8,60	0,00	2,0	12,6	9,1	16,0	8,3	52,0	76,3
B ₂ 30-60 cm	9,19	0,00	2,1	21,6	5,0	7,6	10,0	45,7	71,3
B ₃ 0-30 cm	9,65	0,00	2,2	15,3	4,8	17,9	10,8	49,0	77,7
B ₃ 30-60 cm	9,82	0,00	1,6	16,3	4,4	9,1	11,1	57,5	77,7
B ₄ 0-30 cm	9,40	0,00	3,1	14,8	5,2	13,8	15,9	47,2	76,9
B ₄ 30-60 cm	9,79	0,00	2,2	13,8	8,4	14,0	12,5	49,1	75,6

С нарастване нормата на утайката по варианти се наблюдава увеличение на общото съдържание на изследваните тежки метали. Все пак, дори и при внасянето на най-голямата норма утайка почвата не се натоварва с токсични количества тежки метали.

Промени в агрохимичните и химични свойства се наблюдават и в подорния хоризонт на Смолницата (30 - 60 cm). Те следват хода на химичните параметри при дълбочина 0 - 30 cm, но с тази разлика, че стойностите им са по-ниски.

Анализът на механичния състав на почвата показва, че фракцията на ила има преобладаващо участие.

Количеството на физична глина определя изследваната Смолница, като леко до средно глинеста в зависимост от класификацията на почвите по механичен състав според Качински (Гюров и Артинова, 2001). Сумата на фракциите < 0,01 mm е със сравнително близки стойности между анализирания почвени проби от повърхностния и подповърхностния хоризонт. Тези особености, характерни за почвения тип Смолници, са свързани с прилагането на различни мероприятия, едно от които е увеличаването на органичното вещество (Гюров и Артинова, 2015). Тук е мястото да припомним за установеното увеличаване на хумусното съдържание в повърхностните хоризонти с нарастване на нормата внесена утайка (табл. 4). Това потвърждава, че внасянето на утайки в почвата, оказва благоприятно въздействие на нейната продуктивност и хумусно състояние.

Заклучение

Внасянето на утайки в почвата, повишава нейната продуктивност, чрез въздействие върху химичните, физични и микробиологични фактори на почвения плодородие. Те са много ефективен доставчик на биогенни елементи и микроелементи.

Утайките са пригодни за възстановяване баланса на органичното вещество. С нарастване нормата на утайката по варианти се наблюдава увеличение на хумуса.

Под влияние на нарастващите норми на утайката са настъпили изменения в някои агрохимични свойства на почвата. Наблюдава се слабо повишаване на минералните фракции на азота ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) и подвижният фосфор. Запасеността на почвата с подвижен калий силно

се повишава до 46,7 mg $\text{K}_2\text{O}/100\text{g}$ почва за A_4 (0 - 30 cm) и 50,0 mg $\text{K}_2\text{O}/100\text{g}$ почва при B_4 (0 - 30 cm).

Общото съдържание на изследваните тежки метали в почвата и при двата вида върби слабо нараства с повишаване количеството внесена утайка. Независимо от това, техните измерени количества са неколkokратно под нормата за допустимо съдържание в почвите и не представляват риск от замърсяване на почвата и околната среда с тежки метали.

Литература

Ганев, С., А. Арсова. 1980. Методи за определяне на силно киселинния и слабо киселинния катионен обмен в почвата. *Почвознание и агрохимия*, № 3. с. 22-33

Гюров, Г., Н. Артинова. 2001. Почвознание. За студенти от агрономическите специалности на ВУЗ. *Макрос 2001*, Пловдив, с. 474.

Гюров, Г., Н. Артинова. 2015. Почвознание. Интелексперт-94, Пловдив. 257 с.; ISBN 978-619-7220-01-8.

Златарева, Е., К. Аудинали, С. Маринова. 2015. Химични промени в почвата при установяване на сравнителния ефект от използване на утайки и птичи тор като почвени подобрители. Международна конференция, посветена на международната година на почвите и 140-та годишнина от рождението на Никола Пушкар. *Почвата и агротехнологиите в променящия се свят*, 11 – 15 май 2015, София. Маринова, С. 2008. Утайки от пречиствателни станции за отпадъчни води и правила за тяхното оползотворяване. *Пълни Сай Сет-Еко*, с. 123.

Маринова, С., Н. Катиджогес. 2006. Изисквания и възможности за използване на утайките от пречиствателните станции за отпадъчни води в земеделието. *Екология и индустрия*, том 8, 2, 265-267

Наредба за реда и начина за оползотворяване на утайки от пречистването на отпадъчни води чрез употребата им в земеделието, приета с ПМС № 339 от 2004 г. (обн., ДВ, бр. 29 от 08.04.2011 г., изм. ДВ, бр.29 от 08.04.2011 г.

Панайотова, Г., А. Горбанова-Варотто, Ст. Горбанов. 2010. Влияние на торенето с биологични утайки от станции за пречистване на канални води върху съдържанието на тежки метали в излужена смолница и натрупването им в памукови растения, Изследвания върху полски култури, Том VI-2, pp. 269-278

Тончева Р., Х. Пчеларова, Е. Златарева. 2014. Сравнителен ефект от използване на птичи тор и утайка от ПСОВ като почвени подобрители. *Почвознание агрохимия и екология*, № 3-4, pp. 31-37

Трифенова, Т., В. Петрова, С. Маринова. Установяване ефекта на утайките от пречиствателни станции върху развитието на горски дървесни видове като суровина за производство на енергия. Под печат. Международна конференция „БАЛКАНИРЕКО ‘16”. ФНТС, София.

IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Langenkamp, H., P. Part. 2001. Organic Contaminants in Sewage Sludge for Agricultural Use. European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Soil and Waste Unit. Brussels, Belgium, pp. 1-73

Marinova, S., H. Chuldyan. 1999. Estimation the Effect of the Sludge from Waste Water Treatment Station over the leached Smolniza and degraded Chernozem. EXTENDED ABSTRACTS, Soil with Mediterranean Type of Climate, 6th International Meeting, Barcelona, 4-9 July, 1999; pp. 286-288

Marinova, Sv., E. Zlatareva, R. Toncheva, Hr. Pchelarova. 2012. Characteristics of the sludge from wastewater treatment plants /wwtp/ in the region of Bourgas-town- agricultural application potential. Int. conf. BALWOIS-12, Conf. on Water, Climate and Environment 28.05-2.06. 2012, Ohrid.

McGrath S. P., A. M. Chaudr and K E. Giller. 1995. Long-term effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. *Journal of Industrial Microbiology*, 14, pp. 94-104

Tsolova V., L. Petrova, S. Marinova. 2005. Humus Substances in Sewage Sludge Produced by Waste Water Treatment Station in Sofia, Bulgaria. *Journal of Balkan Ecology*, vol. 9, № 2, pp. 215-217