

**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**

Гая Панайотова¹, Антония Горбанова-Варотто², Стефан Горбанов²

¹ Институт по памука и твърдата пшеница, 6200 Чирпан

² Аграрен университет, 4000 Пловдив

Резюме

Панайотова, Г., А. Горбанова-Варотто, С. 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, FCS 6(2): 269-278

Целта на изследването е да се установи ефекта от прилагането на биологични утайки от станция за пречистване на канални води върху характеристиката на излужена смолница и върху продуктивността на памука, да се прецени риска от замърсяването на почвата и акумулирането на тежки метали в растенията. Утайките съдържат 25 % сухо вещество, 1 % общ N, 0.15 % общ P₂O₅ и 0.2 % K₂O. Извършено е торене в норми 1; 2 и 3 t/da и резултатите са сравнени с не торена контрола. Установено е, че използването на канални биологични утайки на почвен тип излужена смолница повишава общия добив на наомаганен памук с 6.4-17.8 % спрямо неторено и стимулира формирането на биомаса. Нарастването на концентрацията на подвижните форми на микроелементи - тежки метали, като Fe, Mn, Cu и Zn в почвата и на Fe, Mn, Zn, Cu, Cd и Pb в памуковите растения е под токсичните стойности за тези елементи.

Ключови думи: Биологични уайки - Излужена смолница - Памук - Тежки метали - Добив

Abstract

Panayotova G., A. Gorbanova-Varotto, S. Gorbanov, 2010. The effect of fertilization with sewage sludge from Wastewater Treatment Plants on the heavy metals contents in Leached Vertisols and their accumulation in cotton plants, FCS 6(2): 269-278

A study was conducted to establish (i) the effect of sewage sludge from wastewater treatment plants on the agrochemistry soil characteristics and the risk of soil pollution by heavy metals and (ii) sludge influence on the cotton productivity and heavy metals accumulation in plants. Organic manure with 25 % dry matter and 1 % total N, 0.15 % общ P₂O₅ и 0.2 % K₂O was applied at rates of 10, 20 and 30 t/ha. It was established that waste sludge application on vertisols increased the total seed-cotton yield by 6.4-17.8 % as compared the infertilized and enhanced dry matter accumulation. The increasing of concentration of available forms of metal, as Fe, Mn, Cu and Zn in soil and the Fe, Mn, Zn, Cu, Cd and Pb concentration in cotton plants was below the toxic admissible concentrations for these elements.

Keywords: Sewage sludge - Vertisols - Cotton - Heavy metals - Yield

УВОД

Каналните утайки от градски пречиствателни станции са източник на значително количество органична материя, на N, P₂O₅, K₂O и редица микроелементи и внасянето на определени количества, съобразено с изискванията на земеделските култури, позволява пълноценното им оползотворяване (Williams, 1983). Това е възможност за обогатяване на почвите и за опазване на природната среда чрез използване на природни суровини, широко възприети през последните години в страните от Европейския Съюз (Ordonez et al., 1999). В Гърция рециклирани канални утайки се използват като заместител на торене или за подобряване на слабопродуктивни почви (Tsadilis et al., 1999). Микроелементите, които съдържат, в т.ч. и тежки метали, могат да влияят както положително, така и неблагоприятно върху развитието на растенията, а оттук и върху животните и хората. Подвижността, усвояемостта или отмиването на фитотоксичните метали след внасяне на биологични утайки в почвата зависи от редица почвени фактори, включително степента на натрупване на метали, рН, катионно-обменния капацитет, съдържание на хумус, наличие на хидроокиси на Fe и Al и др. (Atanasova et al., 2006; Марков и др., 1999; Marinova, 2003; Marinova and Chuldyan, 1999).

Внасянето на биологични утайки би могло да се разглежда като комбинирано торене с макро- и микроелементи. Marinova et al. (2007) докладват, че торене с канални утайки е по-ниско ефективно в сравнение с азотно торене. Редица автори посочват, че е налице агрономическа полза от торене с канални утайки при различни култури, включително и при памук, при които почвено замърсяване с тежки метали над допустими концентрации не са установени (Atanasova et al., 2006; Convertini et al., 1999; Gorbanov et al., 1999).

Николов (2000) посочва, че листното микро торене с Zn и Cu подобрява растежните процеси, добива на памука и структурните му елементи, рандемана и дължината на влакното. Според Ahmed et al. (2010) цинково подхранване увеличава добива на памук с 15 % като критична Zn концентрация в листата на памук е 36 mg/kg. В резултат на изследвания за усвояването на Zn, Fe, Mn и Cu в памуковите растения през вегетационния период Mullins and Burmester (2010) посочват, че памукът изнася малки количества микроелементи от почвата, като най-интензивно е постъпването им по време на цъфтеж. От проучване за локализиране на Pb във вегетативните органи на памука Литвинович и Павлова (1996) установяват, че елементът е сравнително равномерно разпределен в корените, листата и стъблата на памуковите растения (9.7: 9: 10 mg/kg) като са на мнение, че тези количества Pb не въздействат отрицателно върху растежа и развитието на културата. Литвинович и Павлова (1995) посочват, че в условия на почвено и атмосферно замърсяване по листата на памуковите растения попадат значителни количества Cu, Zn и Pb (32.9; 22; 37.9 mg/kg), но след измиването на листата с вода съдържанието им намалява 3-4 пъти. Памукът е култура, подходяща за отглеждане в замърсени райони – отстранява значителни количества тежки метали от почвата с кореновата система и може да бъде използван като потенциална култура за почистване на почвата от тежки метали (Делибалтова, 2001). При отглеждане на памук на различни разстояния от източника на замърсяване съдържанието на тежки метали в растенията намалява с отдалечаване от него. [* | In-line.WMF *]При отглеждане в промишлено замърсени райони памукът най-слабо поглъща и натрупва тежки метали от почвата във вегетативните и репродуктивните си органи в сравнение с други влакнодайни култури като коноп и лен (Angelova et al., 2004). Разпределението на тежки метали в памуковите органи намалява в следния ред: листа> семена> корени > стъбла. Янков и др. (2000) установяват, че при отглеждане на памук на замърсени с тежки метали почви най-големи количества Cu, Cd и Pb се натрупват в листата, следва

кореновата система и стъблото. Същите автори стигат до извода, че повишеното съдържание на тежки метали в листата е в резултат на аерозолното замърсяване на района. Според Foy et al. (1995) съществуват сортови различия по отношение на мангановата токсичност при високо съдържание на подвижен Mn в почвата. Rosolem and Ferelli (2000) посочват, че Mn токсичност може да намали добива от памук, но без визуални симптоми. Ryan et al. (1994) отбелязват, че при наличие на Fe се редуцира Zn токсичност.

Целта на настоящето изследване бе да се установи: (1) ефекта от прилагането на биологични утайки от станция за пречистване на канални води в гр. Пловдив върху агрохимическата характеристика на излужена смолница от района на Чирпан и риска от замърсяване на почвата с тежки метали и (2) влиянието на каналните утайки върху развитието и продуктивността на памука и акумулирането на тежки метали в растенията.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

През периода 1998-2000 г. в ИПТП - Чирпан е изведен полски опит с памук сорт „Бели извор” при неполивни условия по метода латински квадрат в четири повторения с големина на реколтна парцелка 60 m². Биологични утайки (БУ) от пречиствателна станция за канални води в гр. Пловдив са съхранени в торови купчини, а след изсушаване са внесени през есента с дълбоката оран в норми 1; 2 и 3 t/da и резултатите са сравнени с неторена контрола. БУ съдържат средно 25 % сухо вещество, 1 % общ азот, 0.15 % общ фосфор и 0.2 % K₂O, т.е. извършено е торене с 10; 20 и 30 kg N/da, 1.0; 3.0 и 4.5 kg P₂O₅/da и 2.0; 4 и 6 kg K₂O/da .

Почвеният тип е излужена смолница (*Pellic Vertisols* по ФАО), с тежък песьчливо-глинест механичен състав, висока степен на наситеност с бази, близка до неутрална почвена реакция (pH – 6.5), съдържание на хумус - средно 2.5 %, слаба запасеност с P₂O₅ и Zn, слаба до средна запасеност с N, Mn, Cu и Fe, добра запасеност с K₂O.

Анализирани са почвени проби от орния (0-30 cm) и под орния (30-60 cm) слой. Минералният N е определен по Бремнер и Киней, подвижният P₂O₅ и K₂O - по ацетатно-лактатен метод и пламъчно-фотометрично, съдържанието на тежки метали в каналните утайки (Cu, Mn, Zn, Pb and Cd) и в почвата (Cu, Mn, Fe and Zn) - чрез екстракция с 0.05 M ЕДТА чрез ААС. Извършвани са фенологични наблюдения и са вземани растителни проби за анализ във фаза бутонизация и пълна зрелост на памука. Отчетен е септемврийски и общ добив памук. Въз основа на получените резултати за формираната биомаса и процентното съдържание на N, P и K в растителните органи са установени усвоените количества от тези елементи в едно растение и по органи.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Анализите показват, че съдържанието на тежки метали в БУ, които се отделят от пречиствателната станция варира в доста широки граници, но стойностите са под максимално допустимите концентрации (табл. 1). Най-голямо е количеството на Zn и на Mn, следвано от това на Cu, Pb и Cd. Високите стойности на Zn може да създадат рискови концентрации, особено в кисели почви. Съдържанието на Fe е несъществено.

Излужената смолница е с добро съдържание на минерален азот, което не се променя значимо при торене с БУ (табл. 2). Както в бутонизация, така и в пълна зрелост съдържанието на амониев азот в слоя 0-30 и 30-60 cm е в граници, нормални за смолница. Не са установени съществени разлики в съдържанието на тази N форма през двете фази на развитие на памука. По-високите стойности на NH₄-N бихме обяснили със задържане на нитрификацията му, както от високото

**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**

съдържание на вермикулит, така също и от високите температури през летните месеци на разглежданите години. Захаров и Коваленко (1987) също подчертават, че динамиката и трансформирането на $\text{NH}_4\text{-N}$ се определят главно от изменящите се влажност и аерация на почвата и в по-слаба степен от нивото на торене. Влиянието на БУ не се отразява съществено върху съдържанието на $\text{NH}_4\text{-N}$ в почвата. Подобни изводи могат да се направят и за съдържанието на нитратния N в почвата. Несъществено е понижението на $\text{NO}_3\text{-N}$ в двата почвени слоя, по-силно проявено в по-ранна фаза от развитието на памука, свързано с повишената биологична фиксация на N в резултат на внесеното голямо количество органична маса в почвата. Данните показват нарастване на съдържанието на подвижните фосфати под влияние на торенето с БУ като орният слой е по-богат в сравнение с подорницата. Слабо се изменя и съдържанието на подвижен калий в почвата след торене с БУ.

Таблица 1. Общи и подвижни форми на тежки метали в биологични утайки от канални води на гр. Пловдив (mg/kg)

Table 1. Total and mobile forms of heavy metals in biological sludge from purifying station for sewage in Plovdiv (mg/kg)

Проба Sample	Mn		Zn		Cu	Pb		Cd	
	Общ Total	Подвижен Mobile	Общ Total	Mobile	Общ Total	Mobile	Общ Total	Mobile	Общ Total
1.	775	129	1575	91	425	45	85	18	87
2.	552	43	1525	74	202	21	85	8	55
3.	277	38	1050	61	212	24	62	6	75
4.	690	131	1650	89	170	13	50	18	32
Почва /Soil	400	18	216	3	40	2	82	4	2

Таблица 2. Влияние на торенето с биологични утайки върху съдържанието на подвижни форми на N, P_2O_5 и K_2O в почвата (mg/kg)

Table 2. Influence of fertilization with biological sludge on the content of available forms of N, P_2O_5 and K_2O in soil profiles (mg/kg)

Торене Treatment	Дълбочина Depth (cm)	Азот (mg/kg)		Фосфор P_2O_5 (mg/kg)	Калий K_2O (mg/kg)
		$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$		
08.07.1998 г. – фаза бутонизация на памука / bud-formation					
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	0-30	20.7	50.5	117	445
	30-60	24.6	60.6	42	355
1 t/da	0-30	20.1	47.7	186	440
	30-60	18.2	40.8	67	425
2 t/da	0-30	18.2	34.4	213	465
	30-60	22.0	37.6	62	430
11.10.1998 г. - узряване / maturity					
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	0-30	22.0	37.8	123	485
	30-60	23.3	45.4	129	410
1 t/da	0-30	19.5	41.5	157	475
	30-60	23.3	48.0	102	475
2 t/da	0-30	16.9	35.0	274	535
	30-60	20.7	41.5	154	490

Съдържанието на подвижните форми на тежки метали в почвата се променя несъществено под влияние на торене с БУ (табл. 3). Подвижните форми на Fe, Mn и Zn имат по-високо съдържание в сравнение с установената за районите на Карнобат (Котева и Стоянов, 1993) и на Димитровград (Гиков, 1991) при същия почвен тип, а за Cu - по-ниско. Стойностите не се променят съществено при внасяне на 1 t/da БУ. По-високите норми на БУ повишават концентрацията на Fe, Mn, Cu и Zn, но отчетените стойности са много по-ниски от токсичните граници, приети за страните от ЕС (McGrath et al., 1995) и не оказват неблагоприятно въздействие върху памуковите растения. Съгласно Williams (1983) максимално допустимите нетоксични концентрации на подвижни форми на Zn, Mn и Cu, извлечени чрез ЕДТА екстракция, са 130 mg Zn, 50 mg Mn и 70 mg Cu/kg почва, докато най-високите отчетени стойности в изследването са многократно по-ниски - съответно 5.39 mg/kg Zn, 37.9 mg/kg Mn и 2.55 mg Cu/kg почва. Концентрациите на подвижните Cu и Zn се изменят по-слабо, независимо от внесените БУ в сравнение със съдържанието на Fe и Mn. Стойностите на Fe варират през вегетационния период, концентрациите на Mn и Zn нарастват в по-късните фази на развитие, а Cu - намалява. Количествата на подвижното Fe и Mn е под оптимума за развитие на културата (табл. 4). В узряване на памука подвижността на изследваните елементи се повишава, но всички стойности са в границите на оптималните концентрации за развитие.

Таблица 3. Влияние на торенето с биологични утайки върху съдържанието на подвижни форми на тежки метали в почвата (mg/kg)

Table 3. Influence of fertilization with biological sludge on the content of available forms of heavy metals in experimental soil profiles (mg/kg)

Торене Treatment	Дълбочина Depth (cm)	Fe	Mn	Cu	Zn
08.07.1998 г. - фаза бутонизация / bud-formation stage					
N ₀ P ₀ K ₀	0-30	8.6	12.2	1.79	0.90
	30-60	3.3	11.2	1.47	1.60
1 t/da	0-30	4.8	14.5	2.24	1.41
	30-60	4.2	13.4	1.75	1.50
2 t/da	0-30	4.3	15.3	2.34	1.20
	30-60	6.7	16.9	2.55	1.50
3 t/da	0-30	4.1	15.4	2.04	1.70
	30-60	5.1	13.7	2.30	1.70
11.10.1998 г. - узряване /maturity					
N ₀ P ₀ K ₀	0-30	2.8	18.9	1.68	1.44
	30-60	2.2	15.8	1.29	1.63
1 t/da	0-30	3.1	18.7	1.51	2.71
	30-60	4.0	22.4	1.47	1.78
2 t/da	0-30	4.1	37.9	1.95	5.39
	30-60	4.2	20.1	1.86	3.64
3 t/da	0-30	5.8	30.9	1.91	3.12
	30-60	3.3	22.8	1.77	2.84

Във фаза бутонизация на памука манганът се концентрира главно в листата на растенията. Стъблата и корените съдържат 3-4 пъти по-малко Mn в сравнение с листата. В пълна зрелост съдържанието на Mn в листата на памуковите растения също е по-високо в сравнение с останалите органи, но е по-ниско от това в бутонизация. Не се установяват закономерности, свързани с влиянието на БУ върху съдържанието на Mn в памуковите органи.

Съдържанието на Zn в памуковите органи през фаза бутонизация варира значително (табл. 5). В стъблата това съдържание е в граници 26.5-29.8 mg/kg, а в листата е 36.5-62.6 mg/kg суха маса. Съществено изменение под влияние на

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

торенето с БУ се наблюдава при корените. От 10.9 mg/kg количеството на Zn в тези памукови органи се повишава до 26-31 mg/kg. Това напълно съответствува на повишеното съдържание на подвижни форми на елемента в почвата. В края на вегетацията съдържанието на Си намалява в сравнение с началните фази на развитие, но във всички растителни органи стойностите са ниски.

Таблица 4. Влияние на торенето с биологични утайки върху съдържанието на желязо и манган в памуковите растения (mg/kg суха маса)

Table 4. Influence of fertilization with biological sludge on the content of iron and manganese in cotton plants (mg/kg dry matter)

Торене Treatment	Фаза бутонизация			Фаза пълна зрелост			
	Стъбла Stems	Листа Leaves	Корени Roots	Стъбла Stems	Листа Leaves	Корени Roots	Влакно Fiber
Желязо / Iron							
N ₀ P ₀ K ₀	62.5±5	166.8	117.0	45.9±1	142.0	179.0	38.6±4
1 t/da БУ	50.0±8	285.5	164.5	45.8±5	166.0	166.0	33.5±2
2 t/da БУ	57.8±4	387.2	491.2	43.1±1	179.5	179.5	33.2±7
3 t/da БУ	71.3±6	342.0	393.0	43.4±7	168.0	168.0	35.3±3
Манган / Manganese							
N ₀ P ₀ K ₀	23.4±1	84.2±8	17.8	15.9	30.8	30.8	11.6±1
1 t/da БУ	16.5±1	97.6±7	18.4	12.3±1	26.5	26.5	10.3±1
2 t/da БУ	35.9±2	87.6±6	21.9	10.5±1	21.0	21.0	19.9±2
3 t/da БУ	17.9±1	129.9	24.1	11.0±1	28.2	28.2	12.1±2

Таблица 5. Влияние на торенето с биологични утайки върху съдържанието на цинк и мед в органите на памука (mg/kg суха маса)

Table 5. Influence of fertilization with biological sludge on the content of zinc and copper in cotton plants (mg/kg dry matter)

Торене	Фаза бутонизация			Фаза пълна зрелост			
	Стъбла Stems	Листа Leaves	Корени Roots	Стъбла Stems	Листа Leaves	Корени Roots	Влакно Fiber
Цинк / Zinc							
N ₀ P ₀ K ₀	29.1±1	36.5±6	10.9±0.8	9.4	20.2	6.4	12.4
1t/da БУ	26.5±2	57.6±3	27.9±1.2	7.8	11.8	5.0	15.3
2t/da БУ	28.8±1	60.3±2	31.1±1.8	7.9	11.4	6.1	33.1
3t/da БУ	29.8±2	62.6±4	26.3±1.3	6.7	13.6	6.1	20.7
Мед / Copper							
N ₀ P ₀ K ₀	11.5±2	7.9	4.0±1.0	3.2	4.9	2.8	3.8
1t/da БУ	7.4±1	10.1	6.0±0.5	3.4	4.3	2.1	3.4
2t/da БУ	6.9±1	9.7	6.7±0.2	2.7	2.9	2.0	3.8
3t/da БУ	8.6±1	12.5	5.8±0.3	4.2	3.7	2.3	3.2

Кадмият и оловото от БУ не водят до натрупване на значими концентрации в памуковите органи, като стойностите им намаляват към края на вегетацията (табл. 6). Съдържанието на Cd в листата и стъблата на растенията е десетократно по-високо през бутонизация в сравнение с това в пълна зрелост. Стойностите за Pb във влакното през узряване варират от 1.74 до 1.95 mg/kg суха маса.

Таблица 6. Влияние на торенето с биологични утайки върху съдържанието на кадмий и олово в растения от памук (mg/kg суха маса)

Table 6. Influence of fertilization with biological sludge on the content of cadmium and lead in cotton plants (mg/kg dry matter)

Торене Treatment	Фаза бутонизация Bud-formation stage			Фаза пълна зрелост Maturity stage			
	Стъбла Stems	Листа Leaves	Корени Roots	Стъбла Stems	Листа Leaves	Корени Roots	Влакно Fiber
Кадмий / Cadmium							
N ₀ P ₀ K ₀	0.24	0.32	0.33	0.03	0.025	0.08	0.03
1 t/da БУ	0.38	0.38	0.35	0.04	0.03	0.03	0.04
2 t/da БУ	0.47	0.48	0.33	0.05	0.09	0.03	0.03
3 t/da БУ	0.30	0.33	0.23	0.03	0.03	0.03	0.03
Олово / Lead							
N ₀ P ₀ K ₀	0.74	3.25	0.81	0.52	2.53	1.10	1.85
1 t/da БУ	0.80	2.95	0.84	0.60	2.85	1.25	1.76
2 t/da БУ	0.91	3.04	0.92	0.56	3.05	1.15	1.95
3 t/da БУ	1.12	3.05	0.95	0.64	2.95	1.28	1.74

Високото съдържание на N и ниското на P и K в БУ оказват влияние и върху съдържанието на N, P, K в органите на памука (табл. 7). При торене с 3 t/da БУ съдържанието на N в корените през фаза бутонизация се повишава с 88.6 %, а в стъблата и листата нарастването е със 107.5-110.4 %. Съдържанието на фосфор в растителните органи се понижава съществено в резултат на торенето. Положително влияние през тази фаза оказва органичното торене с БУ върху съдържанието на калия в корена и листата.

Таблица 7. Влияние на торенето с биологични утайки върху съдържанието на N, P₂O₅ и K₂O в памуковите растения през фаза бутонизация, % спрямо суха маса

Table 7. Influence of fertilization with biological sludge on the content of N, P₂O₅ and K₂O in cotton plants during bud-formation stage, % to dry matter

Торене	Корен / Root			Стъбло / Stem			Листа / Leaves		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀ P ₀ K ₀	1.0	0.96	1.1	1.2	0.33	2.3	1.2	0.9	1.2
1t/da	1.3	0.85	1.0	1.3	0.30	1.3	1.3	0.6	1.8
2t/da	1.7	0.20	2.4	2.4	0.26	1.8	1.7	0.2	2.6
3t/da	2.0	0.12	2.6	2.6	0.20	2.4	2.5	0.2	2.8

В края на вегетацията концентрацията на N, P и K в стъблата на памука не се влияе съществено от торенето с БУ (табл. 8). Несъществено понижение на съдържанието на N в стъблата се наблюдава след торене, което се дължи вероятно на оттока на азотните съединения към кутийките, където се наблюдава повишение на N съдържание – от 0.8 % без торене до 1.8 % при 3 t/da БУ. Торенето оказва положително влияние върху съдържанието на калий в листата и кутийките на памука. С нарастване нивото на торене се повишава количеството на формираната биомаса (табл. 9) и износа на N, P и K от памуковите растения (табл. 10).

Таблица 8. Влияние на торенето с биологични утайки върху съдържанието на N, P₂O₅ и K₂O в памуковите растения през фаза пълна зрелост, %

Table 8. Influence of fertilization with biological sludge on the content of N, P₂O₅ and K₂O in cotton plants during maturity stage, % to dry matter

Торене	Корен / Root			Събло / Stem			Листа / Leaves		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀ P ₀ K ₀	1.11	0.20	1.61	1.52	0.57	1.52	0.87	0.21	1.52
1 t/da БУ	1.06	0.19	1.36	1.56	0.48	1.44	0.91	0.16	1.46
2 t/da БУ	0.64	0.20	1.52	1.59	0.47	1.73	0.82	0.23	1.62
3 t/da БУ	0.85	0.24	1.50	1.56	0.47	1.99	1.04	0.19	2.19

Таблица 9. Формирана суха биомаса (g/растение)

Table 9. Dry matter at fertilization with biological sludge (g/plant)

Торене	Бутонизация				Узряване / Maturity					
	Корен/Root	Събло/ Stem	Лист/Leaf	Общо/Total	Корен/Root	Събло/ Stem	Лист/Leaf	Кутийки Burs	Неомаганен памук	Общо/Total
N ₀ P ₀ K ₀	1.3	2.1	5.5	8.9	1.8	7.8	4.9	4.2	2.7	21
1 t/da	1.4	2.3	6.0	9.7	1.7	8.6	5.8	5.2	2.8	24
2 t/da	1.3	2.5	5.9	9.7	1.7	9.8	5.6	5.6	3.0	26
3 t/da	1.4	2.6	6.0	10	1.8	10	5.5	6.8	2.9	26

Таблица 10. Износ на N, P и K (mg/растение)

Table 10. N, P, K uptake (mg/plant)

Вариант	Корен / Root			Събло / Stem			Листа / Leaves			Общо / Total		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	14	12	14	26	7.0	48	66	51	66	106	64	127
2.	18	12	14	29	7.0	30	76	38	105	122	57	126
3.	22	3	11	60	6.5	46	99	15	152	182	24	209
4.	28	2	15	68	0.2	62	15	12	169	245	19	246

Резултатите от изследването показват, че при прилагане на БУ средният общ добив на неомаганен памук нараства с 6.4-17.8 % в сравнение с неторената контрола (141.5 kg/da), статистически с добра достоверност през годините, като най-добра е продуктивността през влажната и топла 1999 г. - от 204.2 kg/da (без торене) до 258.7 kg/da (3 t БУ/da) (табл. 11). Разликите между торените варианти и контролата са доказани при GD 5 %, а при торене с 3 t/da - при GD 1 %. Торенето с БУ повишава септемврийския сбор от неомаганен памук с 3.9 до 15.2 % спрямо неторения вариант.

При внасяне на БУ в норма 2-3 t/da се наблюдава тенденция за повишаване броя на формираните кутийки - до 5.7 %, масата на 1 кутийка - със 7.4 %, височината на растенията през фаза узряване с 6.7 до 21.4 %, добива на влакно - с 6.0-16.0 % спрямо неторено. Несъществено е нарастването на масата на 100 семена - до 2.0 % и дължина на влакно - 0.8-2.0 %.

Внасянето на БУ със значително количество органична маса и хранителни елементи оказва благоприятно последствие върху продуктивността и качеството и на следващата култура в сеитбообращението - твърдата пшеница (Panayotova and

Zlatareva, 2008).

Таблица 11. Септемврийски и общ добив неомаганен памук (kg/da)

Table 11. September and total seed cotton yield (kg/da)

Вариант Variant	1998 г.		1999 г.		2000 г.		Средно/Average		
	I-ва беритба	Общ добив	I-ва беритба	Общ добив	I-ва беритба	Общ добив	I-ва беритба	Общ добив Total yield	
								(kg/da)	%
N ₀ P ₀ K ₀	99	117	162	204	82	104	114	141.5	100
1 t/da	105	126	168	218	84	108	119	150.5	106
2 t/da	107	127	184	235	89	109	127	157.1	111
3 t/da	108	130	196	259	91	112	132	167.0	118
GD 5%	6.2	8.4	17.4	31.2	8.0	4.1			
GD 1%	8.9	12	26.0	39.5	11	7.0			

ЛИТЕРАТУРА

- Angelova, V., R. Ivanova, V. Delibaltova and K. Ivanov, 2004.** Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, Vol. 19, Issue 3, 197-205.
- Atanasova, I., M. Teoharov, S. Marinova and E. Filcheva, 2006.** Sewage sludge storage on soils around a wastewater treatment plant. Impact on some soil properties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 12, 51-62.
- Гиков, Г., 1991.** Влияние на някои микроелементи върху добива и качеството на памука. Дисертация, София.
- Делибалтова, В., 2001.** Проучване реакцията на сортове памук, отглеждани на замърсени с тежки метали почви. Дисертация, София.
- Захаров, В., А. Коваленко, 1987.** Влияние возрастающих доз удобрений на накопление и динамику минеральных форм азота в метровом слое легкосуглинистой почвы. *Агрохимия*, № 3:3-10.
- Котева, В. и Д. Стоянов, 1993.** Изменения в съдържанието на общите и подвижни форми на някои микроелементи в продължителен торов опит на излужена смолница от Югоизточна България. *Почвознание, агрохимия и екология*, № 5, 18-20.
- Литвинович, А., О. Павлова, 1995.** Возделывание хлопчатника в зоне техногенного воздействия. *Агрохимия*, 12, 105-109.
- Литвинович, А., О. Павлова, 1996.** Содержание и распределение свинца в почвах в зоне деятельности завода туковой промышленности, *Агрохимия*, N 3.
- Марков, Е., С. Маринова, Л. Чепилска, 1999.** Агрохимическа и екологична оценка на утайка и компост от пречиствателна станция за отпадни води. *Почвознание, агрохимия и екология*, год 34, № 4 – 5:122 – 127.
- Николов, Г., 2000.** Самостоятелен ефект от листното микроторене на памука. *Почвознание, агрохимия и екология*, № 3, 13-15.
- Янков, Б., В. Делибалтова, Б. Божинов, 2000.** Съдържание на Cu, Zn, Cd и Rb във вегетативните органи на сортове памук, отглеждани в индустриално замърсен район, сп. *Растениевъдни науки*, 37, 525-531.
- Atanasova, I., M. Teoharov, S. Marinova and E. Filcheva, 2006.** Sewage sludge storage on soils around a wastewater treatment plant. Impact on some soil properties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 12, 51-62.
- Convertini, D. De Giorgio, D. Ferri, P. La Cava and L. Giglio, 1999.** Sugar beet and durum

wheat quality characteristics as affected by composted urban waste, Book Series: Developments in Plant and Soil Sciences. Improved Crop Quality by Nutrient Management, Vol. 86, Part 6, p. 241-244.

- Foy C., E. Lee, R. Rowland, T. Devine, R Buzzell, 1995.** Ozone tolerance related to flavonol glycoside genes in soybean. *J Plant Nutr.*;18:637–647.
- Gorbanov, S., G. Panayotova, G. Rachovsky, A. Gorbanova, 1999.** Influence of fertilizing with biological sludge from sewage on agrochemical characteristics of smolnitza and the productivity of cotton-plants. Extended abstracts of 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate, Barselona, Spain, 4-9 July 1999, 253-255.
- Marinova, S., 2003.** Agroecological assessment of sludges from waste water treatment plants and major approaches in agriculture utilization. Habilitation thesis, Sofia, National Centre of Agrarian Sciences.
- Marinova, S. and Chuldyan, H., 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; 286 – 288.
- Marinova, S., N. Kathiyotes, E. Slatareva, 2007.** Testing of sewage sludge produced in a model installation for water purification from antibiotic-production plant as a fertilizer. Proceeding Intern. Conference 60-years Institute of Soil Science “N. Poushkarov”, 13-17 May 2007, Sofia, 605-608.
- 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, 94-104.
- Mullins, G and C. Burmester, 2010.** In: Physiology of Cotton, Chapter 9 Relation of growth and development to mineral nutrition. Stewart, J., D. Osterhuis, J. Heitholt, J. Mauney (Editors), p. 97-105.
- Ordonez, R., M. Aguilar, P. Gonzalez, 1999.** Effect of the application of a water-purifier sludge compost on the yield and nutritional state of the olive tree. Proc. 6-th Intern. Meeting on Soils with Mediterr. Type of Climate, 4-9 July, Barcelona, Spain, 308
- Panayotova, G. and E. Zlatareva, 2008.** Estimation the effect of sewage sludge on the properties of pellic vertisols and durum wheat productivity. Proceedings of XII International Eco-Conference “SAFE FOOD”, 24 – 27th September 2008, Novi Sad, Serbia.
- Rosolem, C.A., L.Ferelli, 2000.** Differential response of cotton cultivars to manganese in nutrient solution *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 24(2) p. 355-361, Portuguese.
- Ryan, J., A. Rufus and L. Chaney, 1994.** Development of limits for land application of sewage sludge. Risk Assessment. Proceeding 15 World Congress of Soil Science, 365-369, Mexico.
- Tsadilas, C., V. Samaras, E. Filcheva, K. Chakalov, 1999.** Soil amendment with sewage sludge and zeolite. II. Influence on nutrient uptake By barley and soil properties. Proc. 6-th Intern. Meeting on Soil with Mediterranean Type of Climate, 4-9 July, Barcelona, Spain, 357-358.
- Williams, J., 1983.** Zinc, Copper and Nickel-suggested safe limits in senage sludge treated soil. In: Environmental Effects of Organic and Inorganic Contaminants in Sewage Sludge. Proc. of a Workshop held at Stevenage, May 25-26 1982, D. Reidel Publ. Company, London, England, 82-90.