

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ТОРОВАТА ПОСТЕЛЯ В ПТИЦЕВЪДНИ ФЕРМИ: 2. ПРИЛАГАНЕ НА БАКТЕРИАЛНО-ЕНЗИМНА ДОБАВКА ПРИ ПУЙКИ

Васил Василев

Земеделски институт – Стара Загора

E-mail: vsvqualitet@abv.bg

РЕЗЮМЕ

Целта на изследването беше да се установят стойностите на рН, влага, азот (NH_4^+ -N; NO_3^- -N; общ N) и общ С на торова постеля от пуйки (ТПП), третирана с бактериално-ензимен продукт Micropan® Normal (Eurovix, Italy). Изследването беше проведено в птицефермата на Земеделски институт – Стара Загора, за период от 61 дни, до вземане на последната проба. Третирането беше извършено на 1-, 15-, 29-, 40- и 54-ия ден от опита. Средни проби за лабораторен анализ бяха взети на 8-, 12-, 19-, 26-, 33-, 40-, 50-, 54- и 61-ия ден от опита. Установено е, че няма значими различия в средните стойности на рН на опитните проби (ОП) и контролните проби (КП) – $7,02 \pm 0,62$ и $6,65 \pm 0,89$, съответно. Влагата в ОП намалява с 4,6% ($P < 0,05$). Концентрацията на NH_4^+ -N и съотношението NH_4^+ -N:общ N в третираната ТПП намаляват с 21,2% ($P < 0,01$) и 22,7% ($P < 0,01$), съответно, докато третирането няма значим ефект върху концентрациите на NO_3^- -N. Не е установен значим ефект от третирането върху процентите на общ N и общ С, като повишаването им е съответно с 2,58 и 2,84%, средно за опита. След 33-ия ден има значително повишаване на стойностите на общ N и С при третираната ТПП. Съотношението С:N е $6,24 \pm 0,81$ и $6,15 \pm 0,55$ за ОП и КП, съответно, без значими различия.

Ключови думи: пуйки, торова постеля, третиране, бактериално-ензимна добавка

OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE CHARACTERISTICS OF MANURE LITTER IN POULTRY FARMS: 2. APPLICATION OF BACTERIAL-ENZYMATIC ADDITIVE IN TURKEYS

V. Vasilev

Agricultural institute – Stara Zagora

E-mail: vsvqualitet@abv.bg

ABSTRACT

The aim of this study was to establish the values of pH, moisture, nitrogen (NH_4^+ -N; NO_3^- -N; and total N) and total carbon in the turkey's manure litter (TML), treated by bacterial-enzymatic product Micropan® Normal (Eurovix, Italy). The study has been carried out at the poultry farm of the Agricultural institute – Stara Zagora for a period of 61 days, when the last sample was taken. The treatment was done at the days 1, 15, 29, 40 and 54 of the experiment. The composite samples for the purposes of laboratory analysis were taken at days 8, 12, 19, 26, 33, 40, 50, 54 and 61 of the experiment. It was established that there were no significant differences between the experimental samples (ES) and control samples (CS) average values of the pH (7.02 ± 0.62 and 6.65 ± 0.89 , respectively). The

moisture of the ES decreased by 4.6% in comparison with CS, at low level of significance ($P < 0.05$). The NH_4^+ -N concentrations and the NH_4^+ -N:total N ratio in the treated TML decreased by 21.2% ($P < 0.01$) and 22.7% ($P < 0.01$), respectively, whereas the treatment had no significant effect on the NO_3^- -N concentrations. There were no significant effect of treatment on the percentages of the total N and total C as the increase in treated TML was by 2.58% and 2.84%, respectively. After day 33 there were significant increase in the percentages of total N and total C in treated TML. The C:N ratio was 6.24 ± 0.81 and 6.15 ± 0.55 for ES and CS, respectively, with no significant differences.

Key words: turkeys, manure litter, treatment, bacterial-enzymatic additive

Проблемът с емисиите на амониак (NH_3) и миризми от животновъдството е все още частично решен. Основна причина за това е недостатъчно задълбоченото познаване на процесите, протичащи в животинските отпадъци, поради участието на голям брой микроорганизми в тези процеси и влиянието на различни фактори на околната среда.

Счита се, че изпарението на NH_3 е главният път за загуба на азот (N) от производството на животинска продукция. Това е критичен въпрос, защото представлява загуба на наторяваща стойност и може неблагоприятно да повлияе на околната среда (McGinn and Janzen, 1998; Harper et al., 2000). Депозирването на излишен N в среди, където естественото снабдяване с N е ниско или в N-чувствителни екосистеми, може да повлияе негативно на тези системи (Arogo et al., 2001). В сградите за отглеждане на животни NH_3 е дразнеш газ, водещ до неблагоприятни ефекти върху продуктивността, здравето и благосъстоянието им (Banhazi et al., 2008). Амониевият N (NH_4^+ -N) сам по себе си не е летлив, но е податлив на изпаряване чрез неговите заместващи видове (NH_3 -N). Във водни среди, NH_4^+ -N и NH_3 -N съществуват в равновесие, което се регулира от pH и температурата (Hristov et al., 2011).

Стратегиите за намаляване загубите на NH_3 от животновъдството са насочени към: 1) редуциране на формирането или производството на NH_3 или NH_4^+ ; 2) физично ограничаване на NH_3 или NH_4^+ след тяхното формиране; 3) редуциране на летливите азотни

форми (Arogo et al., 2006). Добавките за тора са потенциално ефективни инструменти за намаляване на атмосферните емисии от животновъдството, по-конкретно миризмите и NH_3 . За да бъдат полезни, тези добавки трябва да бъдат безопасни за околната среда, евтини и лесни за прилагане (Varel, 2002). Тъй като лошата миризма произхожда от микробни дейности, включващи различни микроби, разбирането на характеристиките на микрофлората, присъстваща в тора, е от съществено значение за развитие на ефективни техники за контрол на миризмите (Zhu, 2000).

Бактериално-ензимните добавки (разграждащи обезмирисители) са смеси от бактериални култури и ензими, използвани за разграждане на съединенията с лоша миризма от тора и подобряване качеството на въздуха.

Асимиляцията на амониак от микроорганизми се счита за една от най-важните стъпки за отстраняване на NH_3 от системите за третиране на тора (Nakai et al., 1999; Nakai, 2001; Sasaki et al., 2002, 2004). Асимиляцията на N или имобилизацията е включването на NH_3 в органични съединения чрез бактериален процес. Тя може да настъпи както при аеробни, така и при анаеробни условия, но е по-висока при аеробни условия (Kermarrec, 1999). Това зависи от съотношението въглерод/азот (C:N) на разградимите органични съединения: когато съотношението C:N е високо, неорганичният N се имобилизира в микробна биомаса. Съотношения от най-малко 30 са необходими за този процес (Groot Koerkamp, 1994).

Много добавки са ефективни за редуциране на определен източник на миризми, но тяхното влияние върху общите емисии на миризми е под въпрос. Освен това, изследванията са показали, че те може да са ефективни в лабораторни условия, но не и при производствени условия (Vanhazi et al., 2009). Heber et al. (2001) правят оценка на 22 бактериални добавки за третиране на тора. Всеки продукт е тестван в лабораторни условия трикратно (42 дни всяко повторение). Резултатите са докладвани при две нива на сигурност (95% и 75%). Нито една от бактериалните добавки не редуцира миризмата при ниво на сигурност 95% и само 3 продукта редуцират миризмата при ниво на сигурност 75%. По отношение емисията на NH_3 – 6 добавки я редуцират при ниво на сигурност 95% и 2 добавки при 75%. Wheeler et al. (2011) изпитват ефекта на 4 микробни продукта (патентовани аеробни/ факултативни микроби) върху тор от млечни крави. Проучването е при лабораторни условия, при 20 °C, за два периода на съхранение (3 и 30 дни). За краткия период на съхранение (3 дни) две от микробните добавки нямат значителен ефект върху емисията на NH_3 , докато други две водят до значителна краткосрочна редукция на NH_3 . След 30 дни съхранение само една от микробните добавки значително намалява емисията на NH_3 .

Бройлерите и пуйките се отглеждат почти изцяло при системи с дълбока постеля, при които обичайна практика е птиците да се отглеждат върху старата постеля за период от една година или повече преди почистването на старата сграда. Между почистванията се отстранява единствено пресованата засъхнала постеля в края на смяната и може да бъде добавен пресен материал към постелята (Xin and Berry, 1995). При птици, прилагането на бактериално-ензимни биостимулатори е редуцирало значително емисията на NH_3 в сградите и е оказало положителен ефект върху благосъстоянието, здравето и продуктивността (Cabrini and Brignoli, 2009; Vjedov et al., 2013).

Целта на изследването беше да се установи ефектът от прилагането на бактериално-ензимен продукт Micropan® Normal, при про-

изводствени условия, върху основни характеристики на торовата постеля от пуйки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Опитът беше проведен в птицефермата на Земеделски институт – Стара Загора, намираща се в с. Малко Кадиево, в периода от 27.02.2015 до 28.04.2015 г. (общо 61 дни, до вземане на последната проба) в производствена сграда за пуйки от породата Севернокавказка бронзова, при гъстота на настаняване 2,4 бр./ m^2 . Фуражните смеси съдържаха 16% суров протеин. Помещението е с бетонен под и за постелъчен материал се използват дървени стърготини, талаш и слама. В опитния период не беше добавяна нова постеля. Преди първото третиране беше извършено повърхностно разрохкване (до 5 cm) на старата торова постеля, която беше на приблизителна възраст 6 месеца и с дебелина 10–15 cm. Опитната площ бе 40 m^2 и беше третирана с бактериално-ензимен продукт Micropan® Normal по следната схема: 10 g/m^2 на 1-ия, 15-ия и 29-ия ден, и с 5 g/m^2 (поддържаща фаза) на 40-ия и 54-ия ден от опита. Третирането беше извършвано ръчно и равномерно по цялата повърхност, с пригодени за целта „солници“.

Проби за анализ бяха взети на 8-, 12-, 19-, 26-, 33-, 40-, 50-, 54- и 61-ия ден от опита. За получаване на представителна проба беше взиман материал (на сравнително еднаква възраст) от най-малко 10 точки от торовата повърхност и след миксиране беше отделяна средна проба. Взетите проби се запечатваха във фризерни торбички, които се обезвъздушаваша. Остатъкът от материала беше разпръскван върху опитната площ. Анализите на рН, влага и амониев азот бяха извършвани непосредствено след вземане на пробите в лабораторията на Земеделски институт – Стара Загора. Анализирани бяха следните показатели: рН (H_2O) – чрез LaMotte – рН 5 PLUS (LaMotte Company, Chestertown, Maryland 21620 USA); влага (%); амониев азот (NH_4^+ -N, mg/kg) и нитратен азот (NO_3^- -N, mg/kg) – колориметрично определяне чрез LaMotte

– SMART3 Colorimeter (LaMotte Company, Chestertown, Maryland, 21620 USA). Количественото определяне на съдържанието на NH_4^+ -N е извършено след екстракция с разтвор на 2N KCl и оцветяване на получения филтрат с реагент на Неслер (Nesslerization method); общ азот (N, %) и общ въглерод (C, %) – инструментален анализ. Изчислени бяха и съотношенията общ C:общ N и NH_4^+ -N:общ N.

Статистическата обработка на данните се извърши чрез MYSTAT 12 (SYSTAT Software, Inc., 2007).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В табл. 1 са представени получените резултати от третирането с бактериално-ензи-

мен биостимулатор Micropan® Normal на торова постеля (ТП) от пуйки. При показателя рН не са наблюдавани значими различия (фиг. 1), като средната му стойност за опитните проби (ОП) е $7,02 \pm 0,62$, а за контролните проби (КП) – $6,65 \pm 0,89$. Въпреки че не е налице достоверна разлика, при ОП има повишаване на стойностите на рН средно с 0,37 рН-единици. Когато се сравнят средните стойности на рН от контролата, при пуйките рН на торовата постеля е с 2.1 рН-единици по-ниско от това на кокошки – носачки (под печат), и с 2,28 рН-единици по-ниско от това на говеда (Vasilev et al., 2015). Освен това, рН на тора от пуйки е с най-висока степен на вариране, сравнено с другите видове животни ($CV = 8,83$ и $13,38\%$, съответно за ОП и КП).

Таблица 1. Основни параметри на изследваните признаци на нетретирана и третирана с бактериално-ензимна добавка Micropan® Normal на торова постеля от пуйки

Table 1. Basic parameters of the investigated indicators of untreated and treated by bacterial-enzymatic additive Micropan® Normal turkeys manure litter

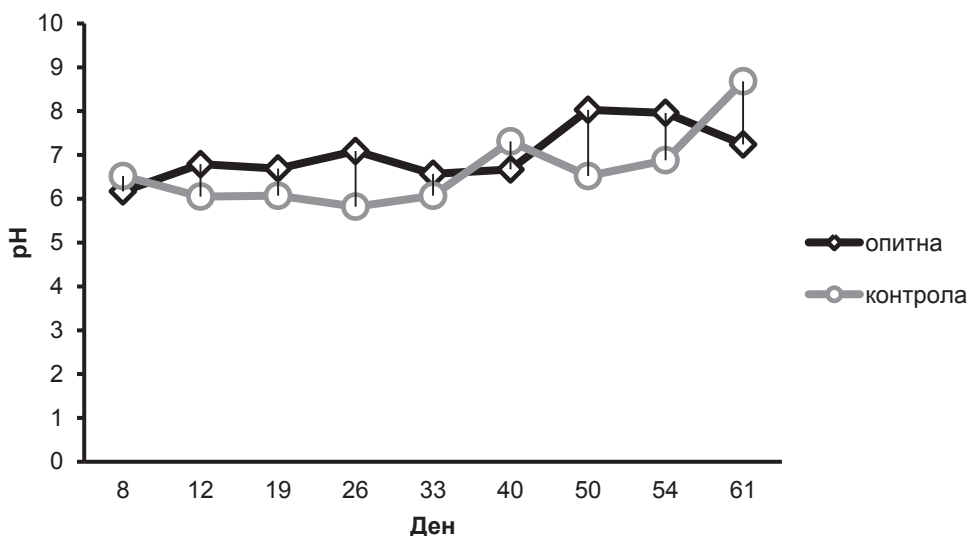
Анализирани показатели Analyzed parameters	Проба (n) Sample (n)	Статистически параметри Statistical parameters			
		$\bar{x} \pm SD$	min – max	CV, %	P
рН (H ₂ O)	О (9)	$7,02 \pm 0,62$	6,17 – 8,03	8,83	n.s.
	К (9)	$6,65 \pm 0,89$	5,82 – 8,68	13,38	
Влага (%) Moisture (%)	О (9)	$44,88 \pm 2,52$	41,9 – 49,0	5,61	*
	К (9)	$47,03 \pm 2,57$	43,3 – 50,0	5,46	
NH_4^+ -N (mg/kg)	О (9)	$5879,2 \pm 1473,6$	3450 – 8074	25,06	**
	К (9)	$7460,0 \pm 1688,8$	5400 – 9834	22,63	
NO_3^- -N (mg/kg)	О (7)	$102,2 \pm 125,2$	3,0 – 332,0	122,5	n.s.
	К (5)	$30,9 \pm 14,0$	17,0 – 52,0	45,3	
Общ N (%) Total N (%)	О (9)	$3,293 \pm 0,475$	2,659 – 4,008	14,42	n.s.
	К (9)	$3,210 \pm 0,248$	2,764 – 3,699	7,72	
Общ C (%) Total C (%)	О (9)	$20,246 \pm 0,986$	18,076 – 21,388	4,87	n.s.
	К (9)	$19,686 \pm 0,853$	17,961 – 20,919	4,33	
C:N съотношение C:N ratio	О (9)	$6,24 \pm 0,81$	5,33 – 7,83	12,98	n.s.
	К (9)	$6,15 \pm 0,55$	5,29 – 7,37	8,94	
NH_4^+ -N:Общ N NH_4^+ -N:Total N ratio	О (9)	$0,17 \pm 0,02$	0,12 – 0,21	11,76	**
	К (9)	$0,22 \pm 0,06$	0,17 – 0,34	27,27	

O = опитна проба (experimental sample); K = контрола (control); * - $P < 0.05$; ** - $P < 0.01$

Процентът **влага** в третираната ТП от пуйки намалява с 4,6% средно за опитния период спрямо нетретираната, при ниско ниво на значимост на разликата ($P < 0,05$). Средната стойност на съдържание на влага в ОП е $44,88 \pm 2,52\%$, и за КП – $47,03 \pm 2,57\%$. Прави впечатление

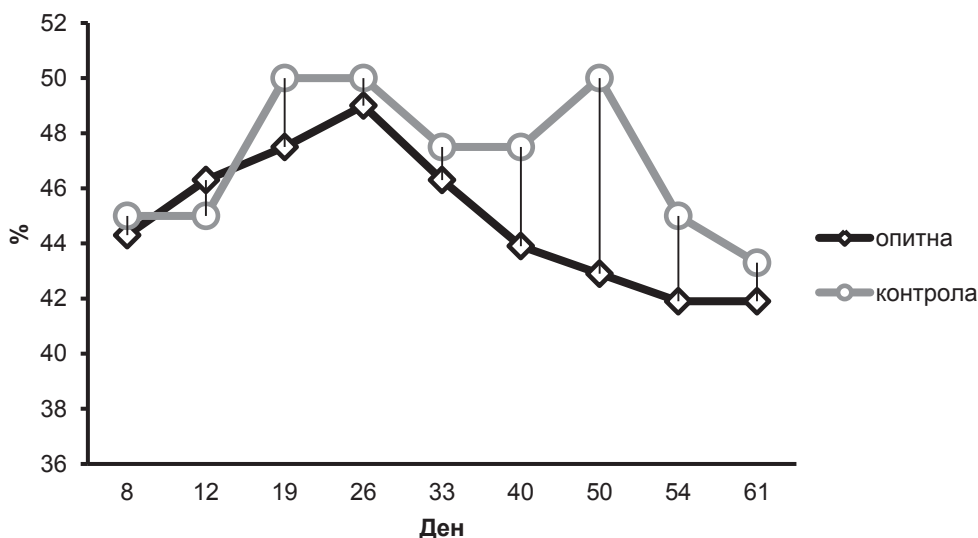
ние ниското вариране на влагата както при ОП ($CV = 5,61\%$), така и при КП ($CV = 5,46\%$). По-значимо намаляване на влагата в третираната ТП настъпва след 26-ия ден от опита (фиг. 2).

Средната стойност на концентрация на **амониев азот** ($\text{NH}_4^+ \text{-N}$) за ОП е $5879,2 \pm$



Фиг. 1. Динамика на стойностите на рН на нетретирана и третирана с бактериално-ензимна добавка торова постеля от пуйки

Fig. 1. Dynamics in pH values of untreated and treated by bacterial-enzymatic additive turkeys manure litter

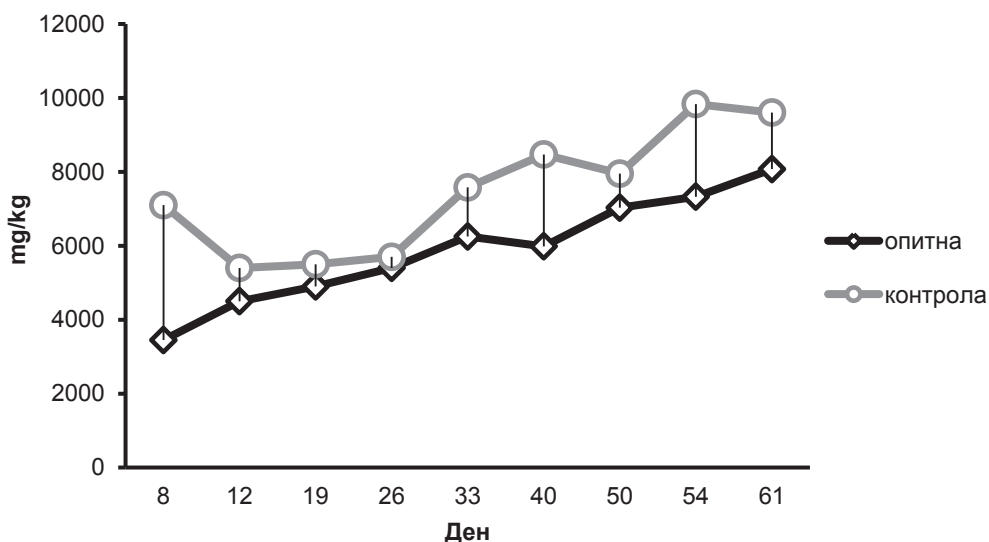


Фиг. 2. Динамика на влагата в нетретирана и третирана с бактериално-ензимна добавка торова постеля от пуйки

Fig. 2. Dynamics in moisture of untreated and treated by bacterial-enzymatic additive turkeys manure litter

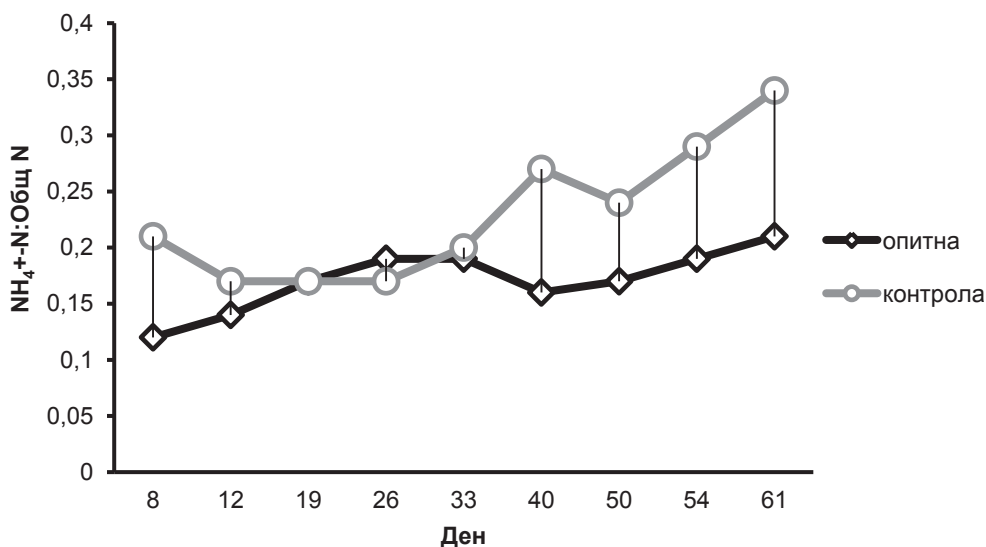
1473,6 mg/kg, и за КП – 7460,0 ± 1688,8 mg/kg, при CV = 25,06 и 22,63%, съответно. Динамиката на този показател за опитния период е представена на фиг. 3. Установено е достоверно (P < 0,01) намаляване на концентрацията на NH₄⁺-N в третираната ТП от пуйки с

21,2%, спрямо контролата. Съотношението NH₄⁺-N:Общ N в третираната ТП намалява достоверно (P < 0,01) с 22,7%, средно за опитния период (фиг. 4), и е със стойности 0,17 ± 0,02 за ОП и 0,22 ± 0,06 за КП. Основните промени в концентрацията на NH₄⁺-N и съот-



Фиг. 3. Динамика в концентрацията на NH₄⁺-N в нетретирана и третирана с бактериално-ензимна добавка торова постеля от пуйки

Fig. 3. Dynamics in the concentration of NH₄⁺-N of untreated and treated by bacterial-enzymatic additive turkeys manure litter



Фиг. 4. Съотношение NH₄⁺-N:Общ N в нетретирана и третирана с бактериално-ензимна добавка торова постеля от пуйки

Fig. 4. NH₄⁺-N:Total N ratio of untreated and treated by bacterial-enzymatic additive turkeys manure litter

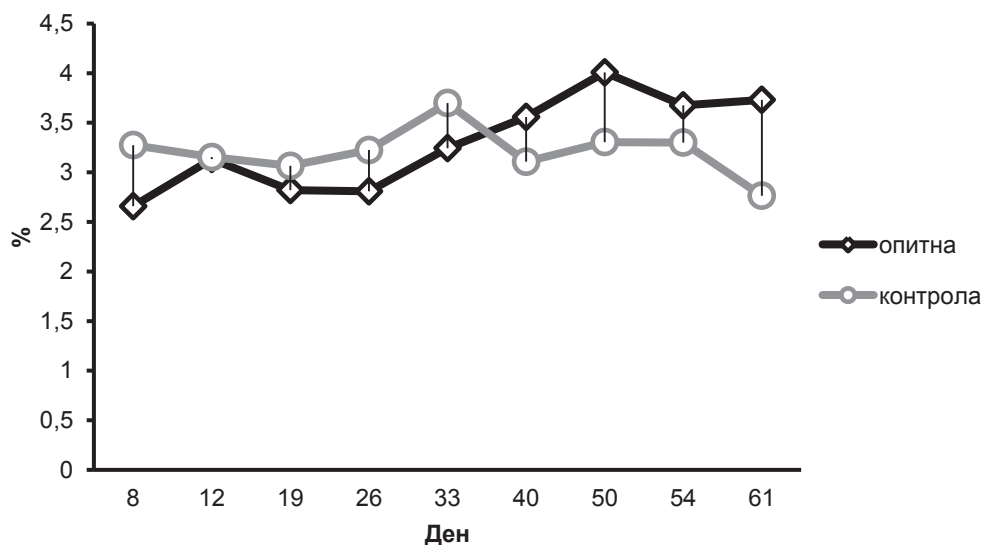
ношението NH_4^+ -N:Общ N в третираната ТП, изразяващи се в повишена асимилация, настъпват след 26-ия ден от опита (фиг. 3 и 4).

По-високите концентрации на NH_4^+ -N при пуйките, сравнени с тези при кокошки (под печат), може да се дължат на значително по-ниското рН на тора (под 7,0), при което равновесието е изместено повече към йонизираната форма на амоняка, от което следва и намалена загуба от изпарение на NH_3 . Arogo et al. (2006) отбелязват, че при стойности на рН под 7,0 изпарение на NH_3 не се случва, защото NH_4^+ формата е практически 100%. Процентът на NH_3 в разтвор при рН 6, 7, 8, и 9 е приблизително 0,1, 1, 10 и 50, съответно (Court et al., 1964). По-високите концентрации на NH_4^+ -N при пуйките може да се обяснят и с по-ниското съотношение C:N на тора. Chadwick et al. (2000) посочват, че в полутечен тор, съхранен в анаеробна среда, в който съотношението C:N е от 4 до 10, на практика не се извършва асимилация. В нашето изследване незначителното намаляване на влагата при пуйките, след третирането и по-плътната консистенция на материала, може да благоприятстват повече анаеробните условия в торовата постеля. Petrov et al.

(1983) съобщават, че относителната плътност на оборски тор в kg/m^3 (изпражнения + урина) при едри преживни е 1025, при свине – 1032, и при птици – 1082.

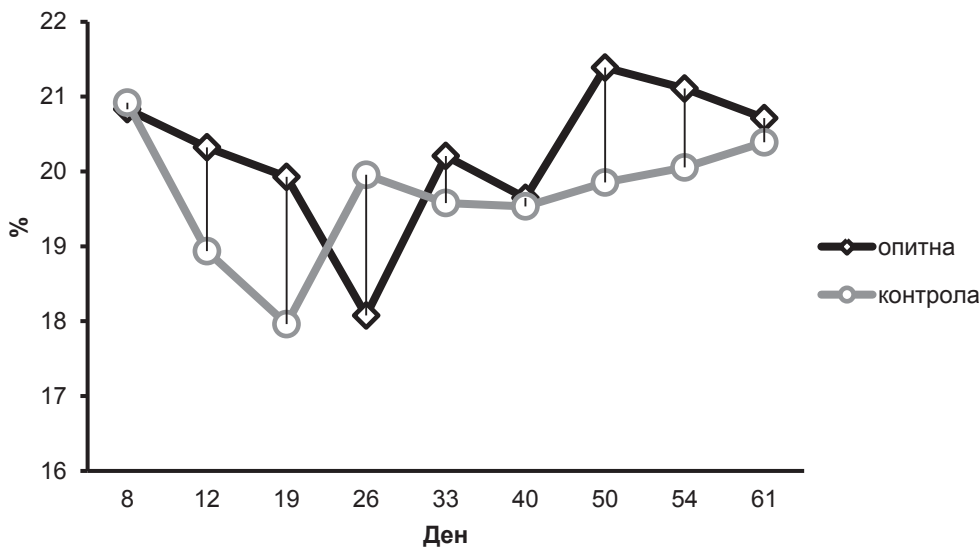
Съдържанието на **нитратен азот** (NO_3^- -N) варира в много по-широки граници при ОП ($CV = 122,5\%$), сравнено с това при КП ($CV = 45,3\%$). Средните стойности са съответно $102,2 \pm 125,2$ и $30,9 \pm 14,0$ mg/kg. Поради високото вариране, разликата не е статистически значима. Все пак, по-високата стойност за ОП може да е в резултат на повишена нитрификация, извършвана от някои от инокулираните микроби. Не са отчетени концентрации на NO_3^- -N в опитните проби, взети на 12- и 26-ия ден, и в контролните проби, взети на 12-, 26-, 33- и 54-ия ден от опита.

При пуйките третирането не води до достоверно повишаване на процентите на общ N и общ C, въпреки че средните за опита стойности са по-високи за третираната ТП. **Общият N** в третираната ТП (фиг. 5) се увеличава с 2,58% спрямо контролата, като средната му стойност е $3,293 \pm 0,475\%$ за ОП, и $3,210 \pm 0,248\%$ за КП, и е с по-висок вариационен коефициент при ОП. Значимо повишаване ($P = 0,01$) на общия N средно с 20% има в пери-



Фиг. 5. Динамика на общия N в нетретирана и третирана с бактериално-ензимна добавка торова постеля от пуйки

Fig. 5. Dynamics of total N in untreated and treated by bacterial-enzymatic additive turkeys manure litter



Фиг. 6. Динамика на общия С в нетретирана и третирана с бактериално-ензимна добавка торова постеля от пуйки

Fig. 6. Dynamics of total C in untreated and treated by bacterial-enzymatic additive turkeys manure litter

ода от 40-ия до 61-ия ден. Стойността на общия N за КП е по-висока от съобщената в по-старо изследване, проведено в същата ферма от Kostadinova et al. (2015), които за месеците март и април 2009 г. установяват стойности на общ N в постелята от пуйки, съответно 2,85 и 2,42%. Средно за целия 10-месечен период на тяхното проучване (септември 2008 г. – юни 2009 г.) общият N в постелята е $2,40 \pm 0,14\%$ при $CV = 18,1\%$. **Общият С** в третираната ТП в нашето изследване (фиг. 6) нараства с 2,84% спрямо контролата, със средни стойности $20,246 \pm 0,986\%$ за ОП, и $19,686 \pm 0,853\%$ за КП. В периода от 33-ия до 61-ия ден се установява по-ясно изразено ($P < 0,05$) увеличаване на общия С средно с 3,67%. По-незначителното повишаване на общ N и общ С при пуйките, сравнено с кокошки (под печат) и говеда (Vasilev et al., 2015), може да означава, че при тор с такова рН и съотношение С:N, инокулираните микроби не могат да се развият добре и да създадат стабилни колонии, т.е. да станат доминиращи. С това може да се обясни и най-слабото намаляване на съотношението $\text{NH}_4^+ \text{-N}:\text{Общ N}$ при пуйките, сравнено с кокошки и говеда. Съотно-

шението С:N при пуйките остава аналогично за ОП и КП, и е най-ниското, в сравнение с другите видове животни. Средната му стойност е $6,24 \pm 0,81$ и $6,15 \pm 0,55$, съответно за ОП и КП.

ИЗВОДИ

Третирането на торовата постеля от пуйки с бактериално-ензимна добавка Micropan® Normal няма значим ефект върху стойностите на рН.

Процентът влага в третираната торова постеля от пуйки намалява с 4,6% средно за опитния период, спрямо нетретираната контрола ($P < 0,05$).

Установено е достоверно ($P < 0,01$) намаляване на концентрацията на $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ и съотношението $\text{NH}_4^+ \text{-N}:\text{Общ N}$ в третираната торова постеля, съответно с 21,2% и 22,7% средно за опитния период.

Третирането с бактериално-ензимна добавка Micropan® Normal не води до достоверно повишаване на процентите на общ N и общ С средно за опита. След 33-ия ден има

значително повишаване на стойностите на общ N и C при третираната торова постеля.

ЛИТЕРАТУРА

- Arogo, J., P. W. Westerman, A. J. Heber, W. P. Robarge, J. J. Classen**, 2001. Ammonia emissions – A review. ASAE paper No. 014089.
- Arogo, J., P. W. Westerman, A. J. Heber, W. P. Robarge, J. J. Classen**, 2006. Ammonia emissions from animal feeding operations. In: Animal agriculture and the Environment: National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers (J. M. Rice, D. F. Caldwell, F. J. Humenik, eds.), pp. 41-88, ASABE, St. Joseph, MI.
- Banhazi, T. M., J. Seedorf, D. L. Rutley, W. S. Pitchford**, 2008. Identification of risk factors for sub-optimal housing conditions in Australian piggeries: Part 1. Study justification and design. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 14, 5-20
- Banhazi, T., N. Hudson, M. Dunlop, C. Dyson, R. Thomas**, 2009. Development and testing of an evaluation procedure for commercial manure additive products. *Bio-syst. Eng.*, 103(3), 321-328
- Bjedov, S., D. Žikić, L. Perić, M. Đukić Stojčić, N. Milošević**, 2013. Effect of different litter treatments on production performance of broiler chickens. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 29 (4), 625-630
- Cabrini, L., P. Brignoli**, 2009. Improvement of environmental quality and animal welfare in poultry farms by application of biological promoters. VIII European Symposium on Poultry Welfare – Cervia, Italy, 18-22 May.
- Chadwick, D. R., B. F. Pain, S. K. E. Brookman**, 2000. Nitrous oxide and methane emissions following application of animal manures to grassland. *Journal of Environmental Quality*, 29, 277-287
- Court, M. N., R. C. Stephen, J. S. Waid**, 1964. Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertilizer. *J. Soil Sci.*, 15: 42-48
- Groot Koerkamp, P. W. G.**, 1994. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59, 73-87
- Harper, L. A., R. R. Sharpe, T. B. Parkin**, 2000. Gaseous nitrogen emissions from anaerobic swine lagoons: Ammonia, nitrous oxide and dinitrogen gas. *Journal of Environmental Quality*, 29: 1356-1365
- Heber, A. J., J. Ni, A. L. Sutton, J. A. Patterson, K. J. Fakhoury, D. T. Kelly, P. Shao**, 2001. Laboratory testing of commercial manure additives for swine odor control. Purdue University Agricultural Air Quality Laboratory, Purdue University, West Lafayette, IN.
- Hristov, A. N., M. Hanigan, A. Cole, R. Todd, T. A. McAllister, P. M. Ndegwa, A. Rotz**, 2011. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim. Sci.*, 91: 1-35
- Kermarrec, C.**, 1999. Bilan et transformations de l'azote en élevage intensif de porcs sur litière. PhD Thesis. University of Rennes, Rennes, p. 185.
- Kostadinova, G., D. Dermendzhieva, G. Petkov, R. Stefanova**, 2015. Agro-ecological assessment of turkeys' manure and litter. *Journal of Animal Science*, 6, 46-53 (BG)
- McGinn, S. M., H. H. Janzen**, 1998. Ammonia sources in agriculture and their measurements. *Can. J. Soil Sci.*, 78: 139-148
- Nakai, Y., T. Abe, C. Kohda, T. Ando**, 1999. Water characteristics and microbial flora in a lagoon system for wastewater from a paddock of dairy cattle. *Anim. Sci. J.*, 70, 38-42
- Nakai, Y.**, 2001. Animal waste management and microorganisms. *Anim. Sci. J.*, 72, 1-13
- Petrov, P., A. Bojilov, I. Vankov, I. Mladenov, G. Petrov, S. Marinova, N. Bildirev**, 1983. Liquid manure. Treatment and utilization in agriculture. Zemizdat, Sofia. (BG)
- Sasaki, H., G. Maruyama, H. Suzuki, J. Nonaka, M. Sato, T. Sasaki, M. Ohta, Y. Nakai**, 2002. Characterization of ammonia assimilating bacteria in a lagoon for wastewater from a paddock of dairy cattle. *Animal Science Journal*, 73, 73-76
- Sasaki, H., O. Kitazume, T. Sasaki, Y. Nakai**, 2004. Ammonia-assimilating microbes in microbial community in a lagoon for wastewater from paddock of dairy cattle. *Animal Science Journal*, 75:79-84
- Varel, V. H.**, 2002. Livestock manure odor abatement with plant-derived oils and nitrogen conservation with urease inhibitors: a review. *J. Anim. Sci.*, 80: E1-E7.
- Vasilev, V., E. Videv, J. Krustanov**, 2015. Treatment of dairy manure litter with bacterial-enzymatic bioactivator. *Journal of Animal Science*, 6, 40-45 (BG)
- Wheeler, E. F., M. Arlene, A. Adviento-Borbe, R. C. Brandt, P. A. Topper, D. A. Topper, H. A. Elliot, R. E. Graves, A. N. Hristov, V. A. Ishler, M. A. V. Burns**, 2011. Evaluation of odor emissions from amended dairy manure: preliminary screening. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 13(2): 1-15
- Xin, H., I. L. Berry**, 1995. Minimum ventilation requirement and associated energy cost for aerial ammonia control in broiler housing. ASAE Paper No. 95-4483. St. Joseph, Mich.: ASAE
- Zhu, J.**, 2000. A review of microbiology in swine manure odor control. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78: 93-106