



Списание за наука

„Ново знание“

ISSN 2367-4598 (Online)

Академично издателство „Талант“

*Висше училище по агробизнес и развитие на
регионите - Пловдив*

New Knowledge

Journal of Science

ISSN 2367-4598 (Online)

Academic Publishing House „Talent“

*University of Agribusiness and Rural Development -
Bulgaria*

<http://science.uard.bg>

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MINERAL NITROGEN FERTILIZERS ON THE MICROBIOLOGICAL AND ENZYMIC ACTIVITY OF SOILS WITH RAPESEED

Boyka Malcheva¹, Pavlina Naskova², Dragomir Plamenov²

¹Department of Soil Science, University of Forestry – Sofia, Bulgaria

²Department of Plant Production, Technical University – Varna, Bulgaria

Abstract: The use of easily digestible and fast-acting mineral fertilizers, in effective combinations and fertilizer standards, suitable time and duration of fertilization, improves soil fertility, quality and yield of agricultural production. The purpose of this experimental work is to investigate the influence of mineral nitrogen fertilizers - products of Agropolychim AD (variant with liquid nitrogen fertilizer UAN and variant using urea and ammonium nitrate) on soil microflora in the rapeseed rhizosphere and the enzymatic activity of fertilized soils. Higher biogenicity of the studied soils than Urea + ammonium nitrate was found upon the introduction of UAN. Fertilization with urea + ammonium nitrate, however, increases soil mineralization activity against UANs and untreated controls. Both fertilizer variants have been found to increase the activity of cellulase and catalase enzymes. The analyzed microbiological and enzymatic parameters can serve as sensitive biological and biochemical markers for establishing the influence of fertilization with nitrogen mineral fertilizers on the amount, composition and activity of soil microbiocenosis, as a key factor in improving soil fertility.

Key words: rapeseed, mineral nitrogen fertilizers, soil microflora, catalase, cellulase.

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА МИНЕРАЛНИ АЗОТНИ ТОРОВЕ ВЪРХУ МИКРОБИОЛОГИЧНАТА И ЕНЗИМНА АКТИВНОСТ НА ПОЧВИ ПРИ РАПИЦА

Бойка Малчева¹, Павлина Наскова², Драгомир Пламенов²

¹*Лесотехнически университет – София, катедра „Почвознание“*

²*Технически университет – Варна, катедра „Растениевъдство“*

Резюме: Използването на лесноусвоими и бързодействащи минерални торове, в ефективни комбинации и торови норми, подходящи време и продължителност на торене, подобрява почвеното плодородие, качеството и добива на селскостопанската продукция. Целта на настоящата експериментална работа е да се изследва влиянието на минерални азотни торове – продукти на „Агрополихим“ АД (вариант с течен азотен тор UAN и вариант с използване на карбамид и амониев нитрат) върху почвената микрофлора в ризосферата на рапица и върху ензимната активност на наторените почви. При внасяне на UAN се установява по-висока биогенност на изследваните почви в сравнение с използването на „карбамид + амониев нитрат“. Торенето с „карбамид + амониев нитрат“ обаче повишава минерализационната активност на почвите спрямо UAN и наторените контролни проби. Установено е, че двата торови варианта повишават активността на ензимите целулаза и каталаза. Анализираният микробиологични и ензимни показатели могат да служат като чувствителни биологични и биохимични маркери за установяване влиянието на торенето с азотни минерални торове върху количеството, състава и активността на почвения микробоценоз, като ключов фактор за подобряване на почвеното плодородие.

Ключови думи: рапица, минерални азотни торове, почвена микрофлора, каталаза, целулаза.

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на минерални торове е от съществено значение за подобряване на почвеното плодородие, тъй като повишава съдържанието на хранителни вещества в почвата, стимулира развитието и активността на почвените микроорганизми, особено когато се използват лесноусвоими и бързодействащи торови продукти, в подходяща форма, комбинация и норма, в точното време и продължителност на торене. Спазването на тези фактори при наторяването на почвите води до повишаване на добивите и качеството на селскостопанската продукция от една страна, а от друга до запазването на устойчиво екологично равновесие в природата, без замърсяване на почвите, подпочвените води и селскостопанските култури.

Според изследвания на някои автори (Khonje et al., 1989) торенето може директно да стимулира растежа на микробните популации като цяло чрез снабдяване с хранителни вещества и да повлияе на състава на отделните микробни общности в почвата. При други изследвания се установява, че използването на неорганични торове води до намаляване съдържанието на органичен въглерод, броят на микроорганизмите и количеството на микробната биомаса в почвата, въпреки че се повишава нивото на NPK в почвата, което може да се обясни с нормите на прилаганите торове (Nakhro and Dkhar, 2010). Наторяването с азотни торове значително намалява микробната биомаса и микробното функционално разнообразие при висока норма на торене (200kgN/ha), а се увеличава при

торенето с азотен тор с по-ниска норма (50kgN/ha), в сравнение с контролната неторена проба (He et al., 2012). Проучванията относно ефектите на азотното торене върху микробната биомаса остават противоречиви. Например, Zhang et al. (2005) са наблюдавали значимо увеличение на микробната биомаса до две години с азотни торове на пасища в Китай, но Sarathchandra et al. (2001) съобщават за значително намаление на микробната биомаса в многогодишно пасище на Нова Зеландия поради двугодишното азотно торене. Междувременно, Johnson et al. (2005) са установили, че две години прилагане на N не е повлияло на микробната биомаса в почви в Шотландия. Тези тенденции зависят от различията по отношение на почвена влажност, съдържание на органични вещества в почвата, общо съдържание на N, рН, продължителност на добавяне на N (Williams et al., 2007), но специфичните основни фактори все още не са напълно идентифицирани (Arnebrant, 1990, Zhang et al., 1998). Степента на ефекта на торене върху микробната биомаса е зависима от рН според изследвания на Geisseler and Scow (2014) – торенето намалява микробната биомаса при почви с рН под 5, но има значително положителен ефект при по-високи стойности на рН на почвата. Докладвани са противоречиви изводи и по отношение влиянието на торенето с оборски тор и минерални торове върху почвените ензими – посочени са както положителни, така и отрицателни ефекти (Dick et al., 1988; Dick, 1992; Kandeler et al., 1999; Olander and Vitousek, 2000). Резултати на Jian et al. (2016) показват, че азотното торене значително повишава активностите на b-D-целобиозидаза, hydrolytic C acquisition enzymes, кисела фосфатаза, b-1,4-ксилозидаза, b-1,4-глюкозидаза, a-1,4-глюкозидаза и уреаза с 6.4, 9.1, 10.6, 11.0, 11.2, 12.0 и 18.6%, но намаляват съответно пероксидаза, окислително разлагане и фенол оксидаза с 6.1, 7.9 и 11.1%. Същите автори установяват, че азотното торене повишава съдържанието на органичен въглерод и почвения азот със съответно 7,6% и 15,3%, но инхибира количеството на микробната биомаса с 9,5%.

Минералният азот може пряко да повлияе на микробния синтез на почвените ензими, но ефектът варира в зависимост от вида на почвата и ензима, както и от типа на ензимната реакция (Iyempregumal and Shi, 2008). От друга страна, азотното торене, особено в минерални форми, може да има косвен ефект върху дейността на почвените ензими чрез промени в свойствата на почвата, като промяна на реакцията на почвата (Gianfreda and Ruggiero, 2006). По-често, обаче, ензимните активности се увеличават, когато са добавени органични и неорганични азотни торове заедно (Eivazi et al., 2003).

Промените в микробните общности могат да се използват за прогнозиране на ефектите от екосистемните смущения от органични и конвенционални практики на управление (Bending et al., 2000; Bruggen-Van and Semenov, 2000; Poudel et al., 2002), тъй като микробната общност притежава потенциал за по-бърз растеж и обмен, поради което е по-реактивен компонент на земната екосистема за външен стрес, отколкото растенията и животните (Panikov, 1999). Почвените микроорганизми са чувствителни към промени в заобикалящата ги среда (Schinner and Sonnetner, 1996) и са показатели, че микробната популация се променя след наторяването (Nyman et al., 1990). Микробната биомаса и ензимните активности са признати за ранни показатели за почвен стрес или настъпващи промени в резултат на различни земеделски практики, замърсяване на почвите и други процеси нарушаващи екологичното равновесие. Освен това, съществуват значителни доказателства, че те могат да бъдат използвани за оценка на влиянието на управлението и използването на почвите (Caravaca et al., 2002; Sagar et al., 1999).

Темата за оценяване на влиянието на минерални торове върху количеството, състава и функционирането на почвените микроорганизми при наторени почви продължава да бъде актуална, значима и развиваща се. Обект на настоящия доклад е изследване на торенето с различни азотни торови продукти на „Агрополихим“ АД върху

динамиката на почвените микробни популации и определени ензимни активности в почви при рапица.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експериментът е изведен на учебно-опитно поле на катедра “Растениевъдство“ към Технически университет – Варна. Опитът е заложен в две повторения, като е използван хибрид рапица РТ225 (селекция на фирма „Пионер“). Сеитбата на маслодайната рапица е извършена на 04.09.2016 г. със сеитбена норма 60 к.с./m² и големина на опитната парцела 4 m².

Заложени са следните торови варианти:

- Карбамид (46% азот) + Амониен нитрат (34% азот);
- UAN (Течен азотен тор) (32% азот).

Освен посочените продукти, предсеитбено са използвани MAP (Моноамониен фосфат, 11% N и 52% P₂O₅), а листово – ФАСТ – NPK 5:15:10 (есенно внасяне) и ФАСТ – NPK 10:10:10 (пролетно внасяне, преди цъфтеж)

Използваната торова норма в настоящия експеримент е 15 kg/da азот активно вещество, преизчислена за всеки от вариантите.

Ефективността от торенето е определена по метода на сравнителния анализ, при който торовите варианти се сравняват с неторената контрола.

Преди залагане на опита, по време на вегетацията (фаза „розетка“ и фаза „зрялост“) и след реколтиране на културата са взети почвени проби, за всеки от вариантите, за провеждане на:

- микробиологичен анализ на почвените проби, който включва определяне на следните групи микроорганизми: неспорообразуващи бактерии, бацили, актиноциети, микромицети, бактерии усвояващи минерален азот;
- изследване на ензимната активност на почвените проби, чрез определяне активността на ензимите каталаза и целулаза.

Пробите са анализирани до 48 часа след пробонабиране в стерилни хартиени пликове, като през това време са съхранявани в хладилник при температура 4-10 °С. За провеждане на микробиологичния анализ е използван методът на пределните разреждания и последващи посевки на твърди хранителни среди (месопептонен агар за бацили и неспорообразуващи бактерии, скорбяло-амонячен агар за актиноциети и бактерии, усвояващи минерален азот, Чапек-Докс агар за плесенни гъби). Определен е броят на колониеобразуващите единици за всяка изследвана група микроорганизми, като резултатите са преизчислени за 1 g абсолютно суха почва.

Каталазната активност на почвите е определена по мангано-метричен метод (Khaziev, 1976). Целулазната активност е изследвана чрез лабораторен опит (Khaziev, 1976), при който се поддържа 60 % пределна полска влагоемност (ППВ) на почвените проби и през определен период на култивиране се отчита разградената площ на предварително поставени върху почвата стерилни филтърни ленти.

Статистическият анализ на данните включва определяне на средна стойност (от три повторения), коефициент на вариация и стандартно отклонение.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Биогенността на изследваните проби е представена чрез определяне в отделните фази на развитие на рапицата на неспорообразуващи бактерии, бацили, микромицети, актиноциети и бактерии, усвояващи минерален азот (таблица 1).

Таблица 1. Качествен състав и количество на микроорганизмите (КОЕ x 10³/g абс. суха почва) ± CV; (%)

Проба	Неспоро- образуващи бактерии	Бацили	Микро- мицети	Актино- мицети	Бактерии, усвояващи мин. азот	Обща микрофлора	Коефициент на минерализация
Контрола преди залагане на опита							
Контрола №1 неторена	5472.0 ± 1.316 (79.4)	936.0 ± 1.068 (13.6)	342.0 ± 2.924 (5.0)	144.0 ± 5.556 (2.1)	3960.0 ± 1.515	6894.0	0.62
Фаза розетка							
Рапица контрола	4365.0 ± 0.062 (73.1)	1105.8 ± 0.163 (18.5)	155.2 ± 0.773 (2.6)	349.2 ± 0.229 (5.8)	6634.8 ± 0.030	5975.2	1.21
Рапица карбамид+ UAN	1382.4 ± 0.318 (50.6)	864.0 ± 0.231 (31.7)	153.6 ± 0.391 (5.6)	329.8 ± 0.182 (12.1)	2899.2 ± 0.097	2729.8	1.29
Рапица UAN	4224.0 ± 0.047 (70.5)	1152.0 ± 0.174 (19.2)	230.4 ± 0.174 (3.8)	388.0 ± 0.258 (6.5)	1516.8 ± 0.264	5994.4	0.28
Фаза зрялост							
Рапица контрола	2948.8 ± 0.122 (59.8)	1261.0 ± 0.159 (25.6)	368.6 ± 0.109 (7.5)	349.2 ± 0.172 (7.1)	4559.0 ± 0.059	4927.6	1.08
Рапица карбамид+ UAN	1190.4 ± 0.187 (49.9)	748.8 ± 0.385 (31.4)	134.4 ± 0.394 (5.6)	310.4 ± 0.193 (13.0)	2880.0 ± 0.139	2384.0	1.49
Рапица UAN	3456.0 ± 0.058 (71.1)	864.0 ± 0.116 (17.8)	172.8 ± 0.231 (3.6)	368.6 ± 0.094 (7.6)	1459.2 ± 0.343	4861.4	0.34
Фаза реколтиране							
Рапица контрола	3142.8 ± 0.072 (60.2)	1299.8 ± 0.169 (24.9)	407.4 ± 0.130 (7.8)	368.6 ± 0.380 (7.1)	4753.0 ± 0.036	5218.6	1.07
Рапица карбамид+ UAN	1209.6 ± 0.231 (48.0)	787.2 ± 0.141 (31.3)	172.8 ± 0.401 (6.9)	349.2 ± 0.101 (13.9)	3033.6 ± 0.092	2518.8	1.52
Рапица UAN	3686.4 ± 0.103 (71.1)	902.4 ± 0.177 (17.4)	211.2 ± 0.284 (4.1)	388.0 ± 0.206 (7.5)	1536.0 ± 0.260	5188.0	0.33

Биогенността на изследваните почвени проби е по-висока при използването на торовия продукт UAN, в сравнение с варианта „карбамид + амониев нитрат“. Общото количество микроорганизми при наторяване с UAN е близо по стойност до това на неторените контролни проби. Не се установява прегрупиране на изследваните групи микроорганизми, определящи общата микрофлора, след торене с този препарат. Забавената скорост на минерализация след използването му се дължи на по-слабото развитие на бактериите, усвояващи минерален азот. При внасяне на двата торови продукта („карбамид + амониев нитрат“) се установява около два пъти по-ниско общо

количество на микроорганизми спрямо контролите, но по-високи стойности на минерализационния коефициент: наторяването с този продукт повишава минерализационната активност на микроорганизмите около 1 път спрямо контролите по време на всяка една от фазите и около 2 пъти спрямо контролата преди залагане на опита. Следователно единствено повишаване количеството на микроорганизмите не е предпоставка за тяхната висока активност. Внасянето на хранителни вещества в почвата след наторяване може в даден момент да доведе до пренасищане с различни химични елементи и органични вещества и съответно до промени в количеството, структурата и функционирането на почвените микроорганизми – от повишаване на тяхното развитие и активност до моменти на „изпадане в стрес“ на микроорганизмите и съответно намаляване на тяхното количество и активност. Установява се прегрупиране на микроорганизмите в състава на общата микрофлора при торене с „карбамид + амониев нитрат“ – процентното участие на неспорообразуващите бактерии намалява за сметка на увеличаването на останалите групи микроорганизми. По отношение на сезонността най-ниско е количеството на микроорганизмите през фаза зрялост, докато през пролетта (фаза розетка) и есента (фаза реколтиране) стойностите са по-високи и близки. Очевидно комплекс от фактори (физико-химични, химични) повлиява развитието на микроорганизмите и тяхната активност, включително и типа растителност – установяваме различия по отношение на количеството, качествения състав и активността на почвените микроорганизми при торене със същите торови продукти, но различна растителност – пшеница (Malcheva et al., 2018).

Торовият препарат UAN съдържа три форми на азот: amidна, амониева и нитратна, което предполага по-равномерно и продължително отдаване на активното вещество и намалява процента на денитрификация (<http://agropolychim.bg/produkti/azotni-torove/techen-azoten-tor/>). Това натрупване на азотни съединения в почвата и намаляването на възможността те да се редуцират до газообразен, молекулен азот (намалена денитрификация) вероятно също е причина за подтиснатото развитие на бактериите, усвояващи минерален азот и по-ниската скорост на минерализация на органичните вещества. По наши изследвания общото съдържание на минерален азот е най-високо именно при торенето с UAN (по-високо общо количество на микроорганизми и най-ниска скорост на минерализация на органичните вещества), следвано от това при варианта „карбамид + амониев нитрат“ (най-ниско общо количество на микроорганизми и най-висока скорост на минерализация на органичните вещества) (Наскова и др., 2019). Следователно, от една страна, по-високото съдържание на азот в почвата може в даден момент да доведе до потискане функционирането на почвените микроорганизми – ниска минерализационна активност при торенето с UAN. От друга страна, по-ниското количество на азот при торенето с „карбамид + амониев нитрат“, отколкото при торенето с UAN, създава предпоставка за повишаване в най-висока степен активността на почвените микроорганизми, те не се стресират. Прилагането на карбамид и амониев нитрат може временно да повиши рН, осмотичния потенциал и концентрациите на амоняк до нива, инхибиращи микробните общности. Дългосрочните повтарящи се минерални азотни приложения могат да променят състава на микробната общност дори когато промените в рН са малки (Geisseler and Scow, 2014). Значение за развитието на микроорганизмите има и съставът на препарата, с който се тори, нормата на торене, формата на внасяните елементи, запасеността с хранителни елементи, други химични (рН) и физични (температура, влажност) показатели на почвата, както и от типа растителност.

Най-висок процентен дял в състава на общата микрофлора заема групата на амонификаторите (неспорообразуващи бактерии и бацили) с превес на неспорообразуващите бактерии. Тази група аеробни микроорганизми участват в процеса

амонификация, разлагане на сложни азотосъдържащи органични вещества, при което се отделя амоняк. Тяхното количество е по-ниско при варианта с карбамид и амониев нитрат – очевидно натрупването на азотни съединения при наторяването потиска развитието на амонификаторите, както и на бактериите, усвояващи минерален азот. По-слабо представени в състава на общата микрофлора са микромицетите и актиномицетите, с превес на актиномицетите. Количеството и на двете групи микроорганизми е по-високо с до 1,5 пъти при торенето с UAN, отколкото с „карбамид + амониев нитрат“. Торенето с UAN повишава количеството на актиномицетите спрямо контролните проби до 1 път.

Количеството на бактериите, усвояващи минерален азот е най-високо при контролите, следва торенето с карбамид и амониев нитрат, а най-слабо са се развили при използването на UAN. По-високо количество на бактерии, усвояващи минерален азот и по-ниско на амонифициращи бактерии обуславя по-високи стойности на минерализационния коефициент (по-висока скорост на разграждане на органичните вещества). Азотното торене влияе върху скоростта на разлагане на органичния въглерод в почвата чрез регулиране на извънклетъчни ензимни активности (Jian et al., 2016).

По отношение на сезонната динамика влияние оказват променящата се влажност, температурата на почвата и намаляващата запасеност с хранителни елементи след реколтиране. Стойностите на рН не оказват влияние за промените на количеството на микроорганизмите в отделните сезони, тъй като показват неутрална реакция при всички изследвани фази. Най-висока биогенност при рапицата се установява във фаза „розетка“, но не и най-висока минерализационна активност. Най-високото количество на микроорганизми през пролетта корелира освен с подходяща почвена влажност и температура на почвата, също и с по-високото съдържание на азотни съединения при използването и на двата торови продукта („карбамид + амониев нитрат“) в почвите през този сезон в сравнение с фазата зрялост и реколтиране (Наскова и др., 2019).

Количеството на общата микрофлора спрямо заложената контрола в началото на експеримента е по-ниско при всички фази, но с ненамаляваща активност при контролите и варианта с карбамид и амониев нитрат.

Резултатите от каталазната активност на почвените микроорганизми при изследваните проби са представени в таблица 2.

Таблица 2. Каталазна активност на почвените микроорганизми

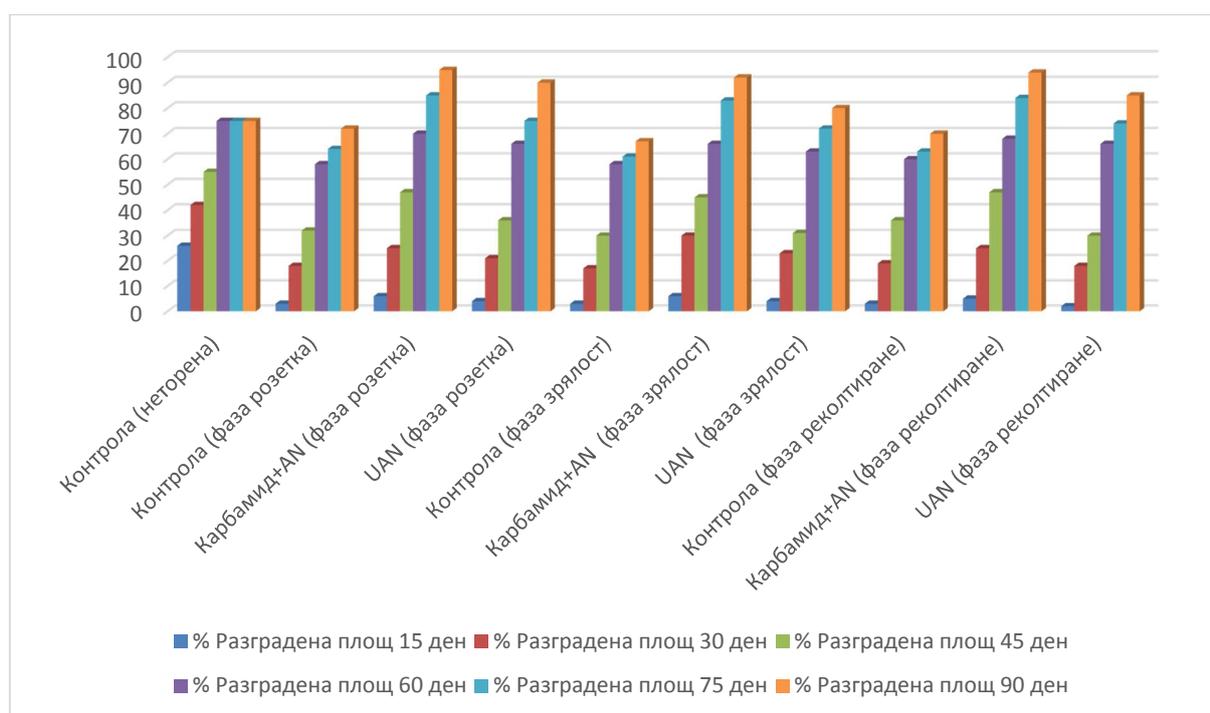
№	Култура	Варианти торове	ml O ₂ /30 min. Mean ± SD
1	Контрола (неторена)	Неторена, преди започване на опита	2.90 ± 0.09
1	Рапица (фаза розетка)	Контрола-неторена	1.33 ± 0.03
2		Карбамид+AN	1.58 ± 0.03
3		UAN	1.52 ± 0.08
1	Рапица (фаза зрялост)	Контрола-неторена	1.27 ± 0.03
2		Карбамид+AN	1.42 ± 0.06
3		UAN	1.37 ± 0.06
1	Рапица (фаза реколтиране)	Контрола-неторена	1.32 ± 0.03
2		Карбамид+AN	1.50 ± 0.05
3		UAN	1.48 ± 0.03

Торенето и в двата варианта на настоящия експеримент повишава активността на ензима каталаза около 1 път през всички фази на изследване спрямо контролните неторени проби. Най-добър резултат се установява при внасяне на карбамид и амониев

нитрат. Тези резултати не корелират с получените данни за биогенността на изследваните проби – при най-ниското количество на микроорганизми активността на калазата е най-висока – наторяването с карбамид и амониев нитрат. Тази тенденция още веднъж потвърждава факта, че активността на микроорганизмите не зависи само от тяхното количество. Значение за общата каталазна активност има и каталазата от растителен произход. Тя не зависи и само от наторяването, а и от много други фактори, влияещи поотделно и в комплекс – количество на микроорганизмите, подходяща влажност, температура, запасеност с хранителни вещества на почвите, както и от типа растителност. При експеримента с рапица каталазната активност е по-ниска при всички проби спрямо контролата заложената в началото на експеримента.

По отношение на сезонната динамика по-високи са стойностите на каталазната активност през пролетта и есента в сравнение с лятото.

Целулазната активност е по-висока при торените почви във всички фази в сравнение с контролите (фиг. 1).



Фиг. 1. Целулазна активност на почвените микроорганизми

Най-висока е активността на ензима целулаза при внасяне на карбамид и амониев нитрат (около 1,4 пъти спрямо контролата) независимо, че при този торен вариант общото количество на микроорганизмите е най-ниско, но както посочихме коефициентът на минерализация е най-висок, т.е. повишена е активността на микроорганизмите, особено за разграждането на органични вещества. По-слабо се повишава целулазната активност при наторяването с UAN – около 1,2 пъти спрямо контролата. Тези тенденции се повтарят и за трите фази на изследване. Подобни тенденции за повишаване на целулазната активност при азотно торене са установили и други автори (Saiya-Cork et al., 2002; Sinsabaugh et al., 2005). По отношение на сезонната динамика по-висока е целулазната активност през пролетта и есента в сравнение с лятото.

Balezentiene и Klimas (2009) установяват, че активността на някои ензими (уреаза и захараза) е по-висока в началото на вегетацията (пролет), отколкото през есента и

достига пикова стойност в средата на лятото поради неизползваните ресурси на субстратите в почвата и повишаване на температурата и влажността. При настоящите изследвания повишаването на температурата и влажността на почвите през пролетта допринася за повишаване на активността на каталазата и целулазата, а през лятото ензимите са потиснати от засушаването и натрупаните неизползвани субстрати.

ИЗВОДИ

1. При торене с UAN количеството на общата микрофлора е близко до това при контролните неторени проби. При използване на карбамид и амониев нитрат общото количество на микроорганизмите намалява, но минерализационната им активност се повишава над 1 път спрямо контролите по време на всяка една от фазите и над 2 пъти спрямо контролата преди залагане на опита.

2. Амонифициращите микроорганизми (неспорообразуващи бактерии и бацили) заемат най-висок процентен дял в състава на общата микрофлора при всички изследвани почвени проби – от 80 до 90%, с превес на неспорообразуващите бактерии. По-слабо представени в състава на общата микрофлора (след амонификаторите) са актиномицетите. Отчетено е, че количеството на амонифициращите бактерии и актиномицетите се повишава повече при торенето с UAN, както и спрямо контролите, отколкото при използването на торовите продукти карбамид и амониев нитрат.

3. Количеството на бактериите, усвояващи минерален азот е най-високо при контролните проби, което заедно с количеството на амонификаторите оказва влияние върху скоростта на разграждане на органичните вещества – най-висока при варианта „карбамид + амониев нитрат“ и най-ниска при използването на UAN.

4. По отношение на сезонната динамика – най-високо количество на микроорганизмите, както и стойностите на ензимите каталаза и целулаза, са установени през пролетта и есента, в сравнение с лятото.

5. Торенето повишава каталазната и целулазната активност. От торените варианти активността на ензимите е по-висока при внасяне на торовите продукти карбамид и амониев нитрат, и по-ниска при торенето с UAN, но не по-ниска от контролите.

6. Анализираният микробиологични и ензимни показатели могат да служат като чувствителни биологични и биохимични маркери за настъпващи промени в състава, количеството и функционирането на почвения микробоценоз при наторяване, както и за оценяване и избор на най-добри варианти на торене с цел повишаване на почвеното плодородие, добива и качеството на селскостопанските култури.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наскова, П., Д. Пламенов и Б. Малчева, 2019. Влияние на минералното торене върху агрохимичните характеристики на почвата, добива и химико-технологичните качества на продукцията от обикновена пшеница и маслодайна рапица. Списание за наука „Ново знание“ (представена за публикуване).

2. Arnebrant, K., E. Baath and B. Soderstrom, 1990. Changes in Microfungal Community Structure after Fertilization of Scots Pine Forest Soil with Ammonium Nitrate or Urea, *Soil Biol. Biochem.*, 22 (3), 309.

3. Balezientiene, L., E. Klimas, 2009. Effect of organic and mineral fertilizers and land management on soil enzyme activities. *Agronomy Research* 7 (Special issue I), pp: 191–197.

4. Bending, G.D., C. Putland and F. Rayns, 2000. Changes in microbial community metabolism and labile organic matter fractions as early indicators of the impact of management on soil biological quality. *Biol. Fertil. Soils*, 31: 78-84.

5. Bruggen-Van, A.H.C., A.M. Semenov, 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecol.*, 15: 13-24.

6. Caravaca, F., G. Masciandaro and B. Ceccanti. 2002. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. *Soil Tillage Res.*, 68: 23-30.
7. Dick, R.P., 1992. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters, *Agric. Ecosyst. Environ.*, 40: 25-36.
8. Dick, R.P., P.E. Rasmussen and E.A. Kerle, 1988. Influence of long-term residue management on soil enzyme activity in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system, *Biol. Fertil. Soils*, 6: 159-164.
9. Eivazi, F., M.R. Bayan and K. Schmidt, 2003. Selected soil enzyme activities in the historic sanborn field as affected by long-term cropping systems. *Comm. Soil Sci. Plant Anal*, 34: 2259-2275.
10. Gianfreda, L., P. Ruggiero, 2006. *Enzyme Activities in Soil*. In: *Nucleic Acids and Proteins in Soil*. (1stedn), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
11. Geisseler, D., K. Scow, 2014. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms - A review. *Soil Biology & Biochemistry*, 75: 54-63.
12. He, Y., Y. Qi, Y. Dong, S. Xiao, Q. Peng, X. Liu and L. Sun, 2012. Effects of Nitrogen Fertilization on Soil Microbial Biomass and Community Functional Diversity in Temperate Grassland in Inner Mongolia, China. *Clean – Soil, Air, Water*, 41 (12): 1216–1221.
13. Hyman, M.R., C.Y. Kim and D.J. Arp, 1990. Inhibition of ammonia monooxygenase in *Nitrosomonas europaea* by carbon disulfide. *J. Bacteriol.*, 172: 4775-4782.
14. Iyyemperumal, K., W. Shi, 2008. Soil enzyme activities in two forage systems following application of different rates of swine lagoon effluent or ammonium nitrate. *Appl. Soil Ecol.*, 38: 128-136.
15. Jian, S., J. Li, J. Chen, G. Wang, M. Mayes, K. Dzantor, D. Hui and Y. Luo, 2016. Soil extracellular enzyme activities, soil carbon and nitrogen storage under nitrogen fertilization: A meta-analysis. *Soil Biology & Biochemistry*, 101: 32-43.
16. Johnson, D., J.R. Leake and D.J. Read, 2005. Liming and Nitrogen Fertilization Affects Phosphatase Activities, Microbial Biomass and Mycorrhizal Colonisation in Upland Grassland. *Plant and Soil*, 271 (1): 157-164.
17. Kandeler, E., M. Stemmer, E.M. Klimanek, 1999. Response of soil microbial biomass, urease and xylanase within particle size fractions to long-term soil management. *Soil Biol. Biochem.*, 31: 261-273.
18. Khaziev, F. 1976. *Enzymatic activity of soils*, ed. Nauka, Moscow, 180 p.
19. Khonje, D.J., E.C. Varsa and B. Klubek, 1989. The acidulation effects of nitrogenous fertilizers on selected chemical and microbiological properties of soil. *Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 20 (Issue 13-14): 1377-1395.
20. Malcheva, B., P. Naskova, D. Plamenov and Y. Iliev, 2018. Study on impact of mineral fertilizers on biogenity and enzymatic activity of soils with common wheat. *International Journal of Advanced Research*, 6 (12): 137-144.
21. Nakhro, N., M.S. Dkhar, 2010. Impact of Organic and Inorganic Fertilizers on Microbial Populations and Biomass Carbon in Paddy Field Soil. *Journal of Agronomy*, 9: 102-110.
22. Olander, L.P., P.M. Vitousek, 2000. Regulation of soil phosphatase and chitinase activity by N and P availability. *Biogeochemistry*, 72: 87-121.
23. Panikov, N.S., 1999. Understanding and prediction of soil microbial community dynamics under global change. *Applied Soil Ecol.*, 11: 161-176.
24. Poudel, D.D., W.R. Horwarth, W.T. Lanini, S.R. Temple and A.H.C. Van-Bruggen, 2002. Compariso of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 90: 125-137.

25. Saggiar, S., M.D. McIntosh, C.B. Hedley and H. Knicker, 1999. Changes in soil microbial biomass, metabolic quotient and organic matter turnover under Hieracium (*H. Pilosella* L.). *Biol. Fert. Soil*, 30: 232-238.
26. Saiya-Cork, K.R., R.L.Sinsabaugh, and D.R. Zak, 2002. The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an Acer saccharum forest soil. *Soil Biol Biochem.*, 34: 1309-1315.
27. Sarathchandra, S.U., A. Ghani, G.W. Yeates, G. Burch and N.R. Cox, 2001. Effect of Nitrogen and Phosphate Fertilisers on Microbial and Nematode Diversity in Pasture Soils, *Soil Biol. Biochem.*, 33 (7-8): 953-964.
28. Schinner, F., R. Sonnletner, 1996. *Bodenökologie: Mikrobiologic und Bodenenzymatik*. Springer-Verlag, Berlin.
29. Sinsabaugh, R.L., M.E. Gallo, C. Lauber, M.P. Waldrop and D.R. Zak, 2005. Extracellular enzyme activities and soil organic matter dynamics for northern hardwood forests receiving simulated nitrogen deposition. *Biogeochemistry*, 75: 201-215.
30. Williams, M.A., C.W. Rice, 2007. Seven years of enhanced water availability influences the physiological, structural, and functional attributes of a soil microbial community, *Appl. Soil Ecol.*, 35 (3): 535-545.
31. Zhang, Q.S., J.C. Zak, 1998. Effects of Water and Nitrogen Amendment on Soil Microbial Biomass and Fine Root Production in a Semi-Arid Environment in West Texas, *Soil Biol. Biochem.*, 30 (1): 39.
32. Zhang, Y.D., Z.H. Sun and Y.X. Shen, 2005. Effect of Fertilization on Soil Microorganism of Deteriorated Grassland in Dry-Hot Valley Region of Jinsha River, *J. Soil Water Conserv.*, 19 (2): 88-91.
33. <http://agropolychim.bg>