

Динамика на достъпните за растенията количества азот, фосфор и калий в полски опит на Излужена смолница

Илияна Герасимова*, Люба Ненова, Цецка Симеонова, Мартин Ненов, Ваня Лозанова, Миладин Назарков, Здравка Петкова

Селскостопанска академия, ИПАЗР „Н. Пушкиров“, 1080 София, ул. „Шосе Банкя“, 7

*Email: ilianich_ilieva@abv.bg

Резюме

В две триполни сеитбообращения от типа „зимна житна - пролетна окопна – зимна житна“ са изпитани две системи за обработка (конвенционална и минимална) на почвата, които се различават по вида и дълбочината на обработките за включените в сеитбообращението култури. Полският опит е изведен през периода 2019-2021 г. в опитна база Божурище на ИПАЗР „Н. Пушкиров“, Софийска област. През 2019-2020 г. са отглеждани пшеница и тритикале. За стопанската 2020 г. в опита е отглеждана царевица за зърно, а през 2021 г. отново тритикале и пшеница. Използвани са данни от агрохимични почвени анализи за определяне на съдържанието на основните хранителни вещества в почвата. Цел на изследването е да се проучи влиянието на торенето върху количеството на някои агрохимически показатели в триполно сеитбообращение за тригодишен период при почвено-климатичните условия на Софийския район.

От получените резултати се установява, че количеството на минералния азот в Излужената смолница поддържа сравнително добро ниво и се отчита леко повишаване във вариантите с внесените норми минерални торове. Това повишаване е по-осезаемо през 2021 г. след отглеждане на тритикале и пшеница, което най-вероятно се дължи и на по-благоприятните климатични условия през тази година. Съдържанието на подвижен фосфор бележи известно нарастване, но изследваната почва остава слабо запасена с този макроелемент. Съдържанието на усвоим калий е със задоволителна запасеност, като се наблюдава известно изравняване при двете сеитбообращения. Съдържанието на органично вещество остава добро и даже се отчита повишение, дължащо се на преобладаващите хумификационни процеси над минерализационните при разлагане на останалите в почвата растителни остатъци след прибиране на основната продукция.

Ключови думи: сеитбообращение; макроеlementи; хумус; рН; пшеница и тритикале; царевица

Dynamics of the amounts of nitrogen, phosphorus and potassium available to plants in the field experiment of Haplic Vertisols

Iliana Gerassimova, Lyuba Nenova, Tsetska Simeonova, Martin Nenov, Vania Lozanova, Miladin Nazarkov, Zdravka Petkova

Agricultural Academy, “N. Poushkarov” Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection, 1080 Sofia, Bulgaria

E-mail: ilianich_ilieva@abv.bg

Citation

Gerassimova, I., Nenova, L., Simeonova, Ts., Nenov, M., Lozanova, V., Nazarkov, V., & Petkova, Z. (2022). Dynamics of the amounts of nitrogen, phosphorus and potassium available to plants in the field experiment of Haplic Vertisols. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 59(4) 76-87.

Abstract

Two tillage systems (conventional and minimum) were studied in two three-field crop rotations of the type “cereal crops – arable crops – cereal crops” differing in the type and depth of tillage for the crops included in rotation. The field experiment was conducted in the period 2019-2021 in the experimental base Bozhurishte of IPAZR “N. Pushkarov”, Sofia region.

Wheat and triticale were grown in 2019-2020. For the economic year 2020, maize was grown in the experiment, and again in 2021, triticale and wheat. Data from agrochemical soil analyzes were used to determine the content of essential nutrients in the soil. The aim of the study was to investigate the effect of fertilization on the amount of some agrochemical indicators in a three-field crop rotation for 3-year period under the soil and climatic conditions of the Sofia region.

It was found that the amount of mineral nitrogen in the Haplic Vertisols maintains a relatively good level and there is a slight increase in the variants with the applied norms of mineral fertilizers. This increase is more noticeable in 2021 after triticale and wheat vegetation, which is most likely due to the more favorable weather conditions this year. The content of mobile phosphorus shows a certain increase, but the studied soil remains poorly stocked with this macronutrient. The content of available potassium is in a satisfactory reserve, with some equalization in both crop rotations. The content of organic matter remains good and even shows an increase due to the predominance of humification processes over mineralization in the decomposition of plant residues remaining in the soil after harvesting the main product.

Key words: crop rotation; macronutrients; humus; pH; wheat and triticale; maize

ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемът с актуализирането на технологиите в земеделието, в частност в полевъдството е актуален и обществено значим. Алтернативните технологични решения, удовлетворяващи критериите за ефективност, а именно увеличаване на продуктивността, намаляване на вложенията, рационално използване на ресурсите и запазване и повишаване на почвеното плодородие, са предпоставка за успешна стопанска дейност (Dimitrov et al., 2011).

Методите за опазване и подобряване продуктивността на растенията и плодородието на почвата включват правилен подбор на култури, съчетан с подходящо редуване в сеитбообращение, научнообосновано торене в съответствие с изискванията на растенията и механизация за обработка на конкретните почви. За извършването на дадена агротехническа операция е необходимо да бъдат спазени редица изисквания и да се вземе най-точното решение. (Nenov et al., 2020). Рационализирането на основните агротехнически мероприятия позволява по-пълно да се използва репродуктивния потенциал на отглежданите култури при добро ниво на почвеното плодородие. (Bazitov, 1998; Deen et al., 2006; Estrade et al., 2010; Griffith et al., 2013).

В България пшеницата е главната полска култура и се отглежда на площ от около 12 милиона декара. Засетите с пшеница площи през 2020 г. са с 0,5% повече на годишна база (Agricultural Report, 2021).

Тритикалето (*Triticosecale*) е изкуствен хибрид между пшеница и ръж. Отглеждането на култура като тритикале на съвременния етап на развитие на земеделието дава възможност за разнообразяване на производството, от една страна, а от друга за получаването на по-високи добиви и продукти, отличаващи се с висока фуражна стойност (Stoyanov & Baychev, 2018; Tsvetkov, 1989).

Царевицата е една от основните зърнени култури, отглеждани в нашата страна, като по производство се нарежда веднага след пшеницата. Тя е с много голяма генетично обусловена продуктивност, за реализирането на която е необходимо оптимизиране на главните агротехнически фактори, сред които са режима на минерално хранене, гъстотата на посева, напояването. Екстремните метеорологични условия често са причина за силно редуциране на добивите и (Toncheva, 2016).

Известно е, че торенето е едно от най-ефективните средства за повишаване продуктивността на основните зърнено-житни култури.

Функцията на хранителните вещества е от първостепенно значение за качеството и продуктивността на зърнените култури, които изискват минерални хранителни вещества в големи количества. (Traikov et al., 2017). За постигане на високи икономически резултати в земеделието е необходимо изучаване на взаимовръзката между конкретните почвено-климатични условия, физиологичните изисквания на отглежданите култури и агротехническите мероприятия, осигуряващи наличие на достъпни количества основни хранителни вещества, обезпечаващ оптимален хранителен режим и стабилни добиви с високо качество (Tsenov & Gubator, 2018).

Целта на настоящето изследване е да се проучи влиянието на торенето върху количеството на някои агрохимически показатели в триполно сеитбообращение за тригодишен период при почвено-климатичните условия на Софийския район.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ.

За реализиране на поставената цел през периода 2019-2021 г. е изведен полски опит, заложен по блоковия метод – стандартен, на дългите

парцели в опитна база Божурище на ИПАЗР „Н. Пушкиров“, Софийска област. Базата попада в района на високите полета в Западна България - Софийско-Крайщенския екологичен район. Полският опит е с обща площ от 7,2 da, включва две сеитбообращения по 3,0 da, всяко с 24 опитни парцели с площ по 90 m², с големина на реколтните парцели 70 m². Схемата на опита включва две триполни сеитбообращения от типа „зимна житна - пролетна окопна – зимна житна“ (Таблица 1).

Проучвани са два фактора от общия агротехнически комплекс: варианти на обработка на почвата с две нива (O₁ и O₂) и норми на минерално торене с три нива (T₀, T₁ и T₂), посочени в Таблица 2 и 3.

Обработка на почвата – включени са две системи за обработка на почвата приложени за всяко сеитбообращение. Едната система включва по-интензивни обработки (вариант O₁), а при другата е извършвано дискуване, като вариант на минимална обработка на почвата (O₂) (Таблица 2). Приложени са подходящи системи за обработка и агротехнически мероприятия с цел да се намалят негативните промени във функциите на почвата и чрез системен агротехнически подход да се стабилизи-

Таблица 1. Редуване на културите в сеитбообращението

Table 1. Crop rotation

Година /Years	2018 - 2019	2020	2020 - 2021
Сеитбообращения /Crop rotation			
Първо сеитбообращение/ First rotation	Пшеница/Wheat	Царевица/Maize	Тритикале/Triticale
Второ сеитбообращение/ Second rotation	Тритикале/Triticale	Царевица/Maize	Пшеница/Wheat

Таблица 2. Системи за обработка на почвата в сеитбообращение

Table 2. Soil tillage systems in crop rotation

Година/ Year	Култура/ Crop	Системи за обработка/ Soil tillage systems	
		O ₁	O ₂
2018-2019	Пшеница/ Тритикале Wheat/ Triticale	Оран/ Plowing 15-18 cm	Дискуване/ Discing 10-12 cm
2020	Царевица/ Maize	Разрохкване/ Loosening 40-45cm	Оран/ Plowing 22-25cm
2020-2021	Тритикале/ Пшеница Triticale/ Wheat	Оран/ Plowing 15-18 cm	Дискуване/ Discing 10-12 cm

зира и подобри почвеното плодородие, с което да се постигне устойчиво равнище на продуктивност.

За обработка на почвата са използвани трактор Беларус 80 КС за предсеитбена подготовка на опитната площ, разрохквач- дълбочинен Копе, плугове ПН5 – 35 и ПН – 4-25, култиватори КПС – 4,0 и КРН – 4,2, дискова брана БДТ – 2,5. За пръскане е използвана пръскачка Торнадо със захват 12 m. Прибирането за отчитане на добива е ръчно с метровки, а опитните парцели са прибирани с комбайн John Deere 106 RL.

Торене на културите в сеитбообращението:

В опита се изпитват две норми на минерално торене и неторен вариант, както следва: T_0 – неторено, $T_1 - N_{120}P_{80}$ и $T_2 - N_{140}P_{100}$ kg/ha за зимните житни и $T_1 - N_{120}P_{80}$ и $T_2 - N_{160}P_{120}$ kg/ha за царевичата. Азотът (N) е внесен под формата на амониева селитра, фосфорът (P) – като троен суперфосфат. При зимно-житните култури фосфорният тор и 1/3 от азотния са внесени с предсеитбената обработка, а 2/3 от азотния тор като подхранване през пролетта. При царевичата торенето е извършено преди сеитбата с пролетните предсеитбени обработки. При двете сеитбообращения нормата на торене е еднаква, с цел да се установят измененията в почвените агрохимични параметри при еднакви условия.

Изследвани показатели

Агрохимични показатели:

Съдържанието на подвижни форми азот е определено по метода на Бремнер и Киней; (Bremner, 1965), на фосфор и калий по метода на П. Иванов (Ivanov, 1984). Определена е реакцията на почвения разтвор (pH) – потенциометрично във вода (H_2O) и калиев хлорид (KCl); Изследвано е съдържание на органично вещество в почвата – по метода на Тюрин (Kononova, 1963). Почвените проби за агрохимичен анализ са взети на дълбочина 0-30 cm и 30-60 cm, след прибиране на отглежданите култури в сеитбообращението.

Почвата в опитното поле Божурище е Излужена смолница, според класификацията на почвите в България (Koinov, 1992) се определя като Haplic Vertisol (FAO, 2006) и е типичен представител на глинестите смолници в Софийско. Съдържание на физична глина 78-80 %, а на ил 62 %. Относителната плътност на почвата е 2,68. Обемната плътност в сухо състояние е 1,95-2,0 g/cm³, а при ППВ - 1,23-1,25 g/cm³. Направеният агрохимичен анализ преди залагане на опита я определя като средно хумусна (3,02%). Съдържанието на общ азот е в ниски до умерени количества (0,139 %), но въпреки това съдържанието на минерален азот не е високо- 12,67-14,98 mg N в 1000 g почва. По съдържание на подвижен фосфор обезпечеността е също ниска от 0,20 до

Таблица 3. Варианти на торене

Table 3. Fertilizer treatment

Култура/ Crop	Варианти на торене, норми в kg.ha ⁻¹ / Fertilization treatment, norms in kg.ha ⁻¹		
	T_0	T_1	T_2
Пшеница/ Тритикале Wheat/ Triticale	Без торене/ without fertilization	$N_{120}P_{80}$ Суперфосфат и Амониев нитрат/ Superphosphate and ammonium nitrate	$N_{140}P_{100}$ Суперфосфат и Амониев нитрат/ Superphosphate and ammonium nitrate
Царевица/ Maize	Без торене/ without fertilization	$N_{120}P_{80}$ Суперфосфат амониев нитрат/ Superphosphate and ammonium nitrate	$N_{160}P_{120}$ Суперфосфат Амониев нитрат/ Superphosphate and ammonium nitrate
Тритикале/ Пшеница Triticale/ Wheat	Без торене/ without fertilization	$N_{120}P_{80}$ Суперфосфат и Амониев нитрат/ Superphosphate and ammonium nitrate	$N_{140}P_{100}$ Суперфосфат и Амониев нитрат/ Superphosphate and ammonium nitrate

0,34 mg P₂O₅ на 100 g почва, но е по-добре запасена с усвоим калий - до 30,11 mg K₂O на 100 g почва, а стойностите на pH я определят като слабо кисела в хумусния хоризонт.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Почвено-климатичните условия силно влияят на растежните и продуктивните процеси на растенията. (Marijanovic et al., 2010; Tsenov & Atanasova, 2013). Температурните условия у нас за голяма част от страната, са благоприятни за отглеждането на зърнено-житни култури, но определящ фактор за формиране на добива обикновено са валежите (Zarkov, 2001). Засушаването засяга повечето растения и може да бъде най-лимитиращия фактор за добива (Bruse et al., 2002).

Периодът на изследването обхваща години, които се различават по количество и разпределение на падналите валежи през вегетационния период на отглежданите култури.

През първата година на полския опит отглежданите култури в сеитбообращенията са пшеница и тритикале.

Сумата на валежите през вегетацията е 453,3 mm, добре разпределени през отделните фази от развитието на културите. След изкласяване дори се получи леко изжълтяване на посевите, вероятно поради намаляване на аерацията в Из-

лужената смолница, но стреса бе бързо преодолян и репродуктивните процеси в растенията протекоха с необходимия интензитет.

Растежът и развитието на царевичата протекоха при много добро постъпление на валежи (428,5 mm) от поникване до пълна зрелост. Като количество то е над средното количество за многогодишен период, но има и период на засушаване – през месец юли падналите валежи са само 43 mm. Въпреки този дефицит, стрес при растенията от торените варианти не бе наблюдаван. През месец август падналите валежи бяха 89 mm и не доведоха до засушаване на царевичата през фазата на млечна зрелост, при което растенията се развива много добре. Падналите валежи през месец октомври – 113 mm, в края на вегетацията на царевичата, доведоха до по-късното узряване на зърното, при което се закъсня с прибирането на културата в оптималния срок.

Резултатите от биометричните измервания са силно повлияни от почвено-климатичните условия на годината на изследване. При условията на средно влажна година биометричните параметри, отчетени при царевичата са добри.

През вегетационния период – 2020/2021 г. опитната площ е засята със зимни житни култури тритикале и пшеница. Климатичните условия се отличават с вариране в съдържанието на почвената влага и температура. Растежът и развитието на пшеница и тритикале протекоха първоначал-



Фигура 1. Средна месечна температура (°C) и месечна сума на валежите (mm) за периода 2020-2021 г. – пшеница и тритикале

Figure 1. Average monthly temperature (°C) and monthly amount of precipitation (mm) for the period 2020-2021 – wheat and triticale

но при много слабо постъпление от валежи. От (Фигура 1) се вижда, че през ноември валежите са изключително малко, достигат до 60 mm през декември и едва през януари се повишават - до 160 mm. Падналите валежи през март се отразиха благоприятно на растежа и дружното встъпване на растенията във фаза „3-ти лист“, отчетена в периода 15-18 март. Няма установени разлики в развитието на посева по варианти на изследването. Добър темп на развитие без повлияване от изпитваните агротехнически фактори е отчетен и във фаза „братене“. При посева с тритикале е констатирано по-бързо протичане на фазите в сравнение с пшеницата. Открояват се разлики във фаза „изкласяване“ в зависимост от торенето, но не и от обработката на почвата и тази тенденция се запазва до настъпване на фаза „пълна зрялост“. На неторените парцели се наблюдава закъснение на настъпване на фаза „пълна зрялост“ с три дни спрямо това в торените варианти. След изкласяването на житните култури започна период на засушаване с пик по време на наливането на зърното. Това не се отрази на величината на получените добиви.

Създадените чрез изпитваните агротехнически фактори условия за развитие на отглежданите култури оказват положително влияние върху растежа и продуктивния потенциал на царевичката, пшеницата и тритикалето. При прилагане на по-дълбока обработка и на минерално торене с торове, съдържащи лесно усвоими форми на макроелементите, се създава по-благоприятен хранителен режим в изследваната почва, което води до образуването на повече биомаса от растенията.

Сумата на валежите оказва влияние и върху количеството на достъпните за растенията хранителни вещества в почвата. Наличието на вода за растенията до голяма степен зависи от нейното присъствие в почвата, но азотното торене е също важно за продуктивността (Bruce et al., 2002).

Въздействието на системата за обработка върху плодородието на почвата се оценява чрез промените в съдържанието на хранителни елементи и тяхната достъпност за растенията. Тя оказва влияние както върху динамиката на хранителните вещества, така и върху влажността на почвата в системата „почва растение“, което от своя страна влияе върху ефективността на

използване на хранителните вещества. Ролята на обработката като фактор за регулиране на съдържанието на почвена влага е особено важна, тъй като под въздействието на глобалното затопляне, периодите и годините с продължително засушаване са със засилена цикличност. Съдържанието на вода в почвата и нейната достъпност зависи от свойствата на почвата и преобладаващата система на обработка (Traikov et al., 2017).

Резултатите от агрохимичния анализ са представени в Таблица 4, 5 и 6 и Фигура 2, 3 и 4.

Анализът на резултатите, получени във взетите почвени проби след прибиране на предшествашите култури пшеница и тритикале през есента на 2019 г. показва, че съдържанието на подвижни форми азот е от задоволително до добро. По-високи стойности на минерален азот са отчетени в слоя 0-30 cm при торените варианти на пшеницата - T_2O_2 - 17,3 mg/kg и вариант T_1O_1 - 15,3 mg/kg почва (Таблица 4). Най-ниска запасеност е установена в неторените варианти на пшеницата, като стойностите се движат в границите от 7,9 mg/kg до 12,7mg/kg почва.

Във второто сеитбообращение с предшественик тритикале по-високи стойности са отчетени отново в торените варианти. Най-високо съдържание на азот е отчетено във вариант T_1O_1 - 20,2 mg/kg и вариант T_2O_1 - 18,4 mg/kg почва, за слоя 0-30 cm. В неторените варианти съдържанието на усвоими форми азот е по-ниско и е в границите от 6,9 mg/kg до 14,4 mg/kg почва. Cassman et al. (2002) и Cassman (1999) съобщават за ниско количество на минерален азот в повърхностния слой почва при отглеждане на зърнено-житни култури.

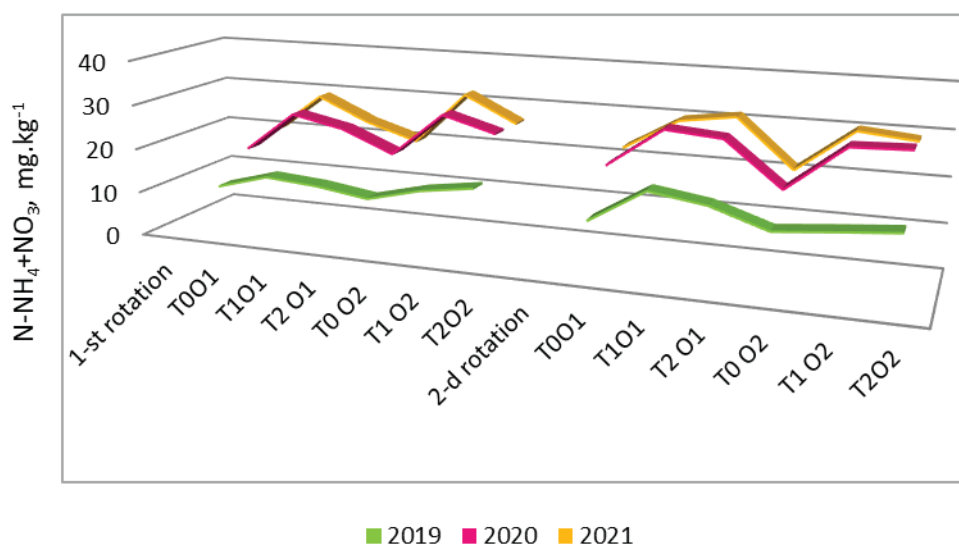
Резултатите показват, че във второто сеитбообращение с предшественик тритикале съдържанието на усвоим азот и за двата изследвани слоя е по-високо в сравнение с тези, получени в първо сеитбообращение. Не се установяват разлики в зависимост от вида на обработка на почвата.

При Излужената Смолница, въпреки ежегодното торене с фосфор запасеността с усвоими за растенията количества е ниска. На площта с пшеница фосфорът достига до 8,5 mg/100 g във вариант T_1O_2 , а в останалите торени варианти е още по-ниско. В подорния слой 30-60 cm фосфорът е в границите от 0.2 до 1.5 mg/100 g поч-

Таблица 4. Агрохимични показатели на Излужена смолница след прибиране на пшеница и тритикале през есента на 2019 г.

Table 4. Agrochemical parameters of HaplicVertisoil after harvesting wheat and triticale in autumn 2019

Варианти/ Variants	Дълбочина (cm)/ Depth (cm)	pH		$\sum$ N-NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Хумус/ Humus
		H ₂ O	KCl	mg.kg ⁻¹	mg.100 g ⁻¹		%
Пшеница – 1-во – Сеитбообращение/ Wheat – 1-st - Crop rotation							
T ₀ O ₁	0-30	6,3	5,5	12,1	0,4	25,5	3,98
T ₀ O ₁	30-60	6,5	5,6	7,9	0,2	18,4	3,76
T ₁ O ₁	0-30	6,1	5,2	15,3	5,4	23,7	3,83
T ₁ O ₁	30-60	6,2	5,4	11,5	0,7	21,5	3,37
T ₂ O ₁	0-30	6,0	4,9	14,4	2,3	24,8	3,88
T ₂ O ₁	30-60	5,9	5,1	10,3	1,5	27,7	4,23
T ₀ O ₂	0-30	6,4	5,5	12,7	0,2	30,6	3,48
T ₀ O ₂	30-60	6,5	5,7	10,2	0,2	27,7	3,44
T ₁ O ₂	0-30	5,8	4,9	15,6	8,5	22,3	3,53
T ₁ O ₂	30-60	6,2	5,7	11,5	0,2	21,1	3,45
T ₂ O ₂	0-30	5,9	4,9	17,3	4,0	27,5	3,73
T ₂ O ₂	30-60	6,6	5,6	11,5	0,5	23,7	3,13
Тритикале – 2-ро – Сеитбообращение/ Triticale – 2-nd - Crop rotation							
T ₀ O ₁	0-30	6,1	5,2	12,8	0,2	26,0	4,01
T ₀ O ₁	30-60	6,3	5,5	6,9	0,2	19,9	3,79
T ₁ O ₁	0-30	6,0	5,1	20,2	3,6	23,8	3,95
T ₁ O ₁	30-60	6,0	5,3	16,1	0,5	19,3	3,65
T ₂ O ₁	0-30	6,0	4,9	18,4	2,8	29,4	3,76
T ₂ O ₁	30-60	6,2	5,2	19,0	0,2	25,2	4,26
T ₀ O ₂	0-30	6,2	5,6	14,4	0,2	30,5	4,11
T ₀ O ₂	30-60	6,7	6,1	11,0	0,2	23,4	3,87
T ₁ O ₂	0-30	5,9	4,9	15,6	2,1	27,7	3,51
T ₁ O ₂	30-60	6,1	5,2	12,7	0,2	26,0	4,09
T ₂ O ₂	0-30	5,8	5,2	16,7	2,8	36,1	3,64
T ₂ O ₂	30-60	6,3	5,4	12,7	0,2	25,1	3,44

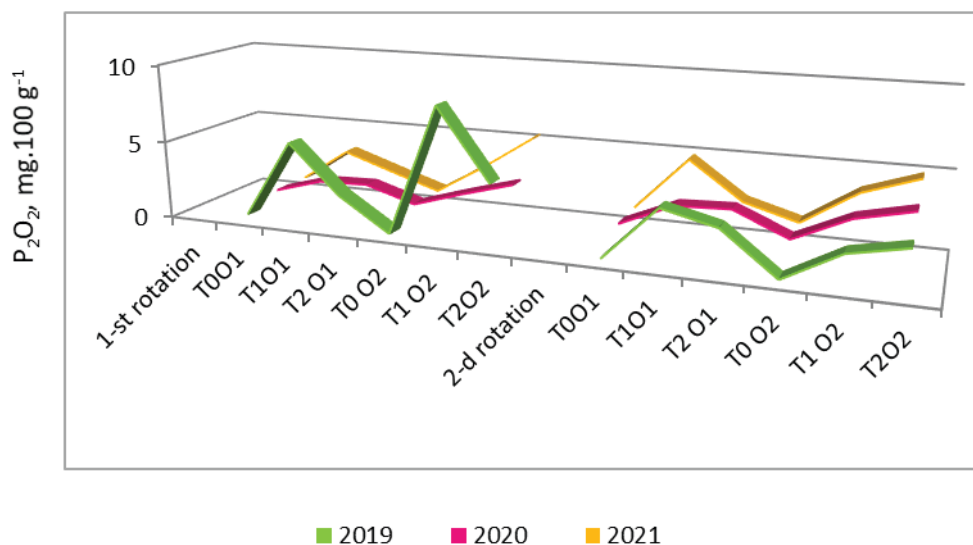


Фигура 2. Динамика на минералния азот в Излужена смолница, 1-во и 2-ро сеитбообращение на полски опит в ОБ Божурище - 2019, 2020 и 2021 г.

Figure 2. Dynamics of mineral nitrogen in Haplic Vertisoil, 1-st and 2-nd crop rotation of field experience in Bozhurishte - 2019, 2020 and 2021

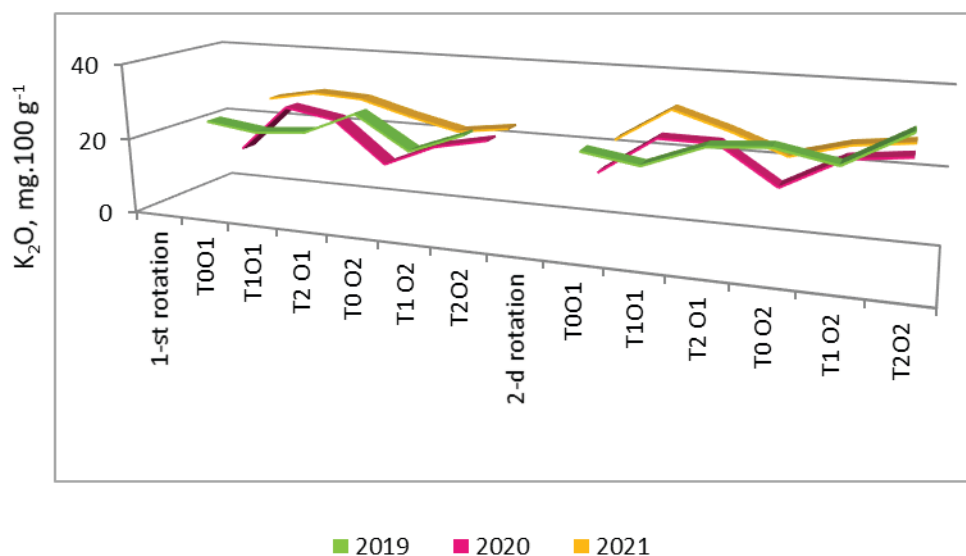
ва (Фигура 3). В неторените варианти фосфор практически липсва. Тези констатации водят до предположението, че значителна част от внесения с торове фосфор преминава в неусвоима форма.

На опитната площ с тритикале съдържанието на усвоим фосфор е още по-ниско, въпреки, че нормата на торене е като при пшеницата. В опита в ОБ Божурище тази ниска запасеност се обяснява с факта, че ежегодно се прилагат ни-



Фигура 3. Динамика на подвижни форми на фосфор (P_2O_5) в Излужена смолница, 1-во и 2-ро сеитбообращение на полски опит в ОБ Божурище - 2019, 2020 и 2021 г.

Figure 3. Dynamics of mobile forms of phosphorus (P_2O_5) in Haplic Vertisol, 1-st and 2-nd crop rotation of field experience in Bozhurishte - 2019, 2020 and 2021



Фигура 4. Динамика на усвоим калий (K_2O) в Излужена смолница, 1-во и 2-ро сеитбообращение на полски опит в ОБ Божурище- 2019, 2020 и 2021г.

Figure 4. Dynamics of absorbed potassium (K_2O) in Haplic Vertisol, 1-st and 2-nd crop rotation of field experience in Bozhurishte - 2019, 2020 and 2021

ски норми на торене с оглед запазване екологичното равновесие в почвата, а освен това и с високия износ с получаваните сравнително високи добиви от отглежданите култури.

Съдържанието на усвоим калий при Излужената смолница е добро. В първо сеитбообращение във вариантите с пшеница за слоя 0-30 cm то е в границите от 21,1 mg/100 g почва (T_1O_2) до 30,6 mg/100 g (T_0O_2). В слоя 30-60 cm калия е с 3-4 mg/100 g почва по-малко. При този макроелемент повлияване от торенето не се установява, вероятно той се поддържа с внасянето на растителни остатъци. При вариантите с тритикале калия е с по-високо съдържание в слоя 0-30 cm съответно от 23,8 до 36,1 mg/100 g почва (Фигура 4).

По отношение на органичното вещество в почвата прави впечатление и фактът, че за периода на използване на площта в ОБ Божурище за опитни цели – над 20 години съдържанието на хумус се е понижило средно с около 0,3 %. Стойностното изражение се движи в границите от 3,48 до 4,11 % за слоя 0-30 cm, и от 3,13 до 4,26 % за слоя 30-60 cm (Таблица 4).

По своята киселинност почвата е слабо кисела в хумусния хоризонт и в резултат от внасянето на минерални торове се забелязва тенденция на слабо понижаване на стойностите на pH, (като от 6,4 -6,1 (в H_2O) в орния слой на неторените варианти се променят до 5,8 в орния слой на торените варианти). Това е и резултат от използването на опитната площ за дългогодишен период за провеждането на полски изследвания с варианти на интензивна агротехника.

Сходни резултати са получени и за 2020 г. след прибиране на царевица в ОБ Божурище (10.10.2020 г). От фигурите отчетливо се вижда, че количествата минерален азот, достъпен фосфор и усвоим калий в повечето от вариантите са близки или по-високи в сравнение с тези от 2019 г. И други автори съобщават (Miao et al., 2011; Wójcik-Gront & Studnicki, 2021) за нарастване в количеството на достъпни за растенията азот, фосфор и калий след продължителна употреба на съответните минерални торове.

Агрохимичният анализ на почвените проби взети в края на вегетацията на царевицата показва, че в опитната площ съдържанието на подвижни форми азот е от задоволително до добро. В слоя 0-30 cm при торените варианти съдър-

жанието на усвоими форми е 24,59-29,54 mg/kg почва в първо сеитбообращение и 29,06 -30,05 mg/kg почва във второ сеитбообращение. (Таблица 5). По варианти на обработка на почвата не може да се установи никаква тенденция на влияние. Използването на азотни торове играе значима роля в нарастване добива от царевица (Modhej et al., 2008). Намаляването на добива в съответствие с азотния дефицит е по-голямо в сравнение с недостига на други хранителни вещества (Moraditochae et al., 2012). Ефектът от азотното торене зависи в голяма степен от метеорологичните условия. Горещото и сухо време може да намали неговото влияние върху растежа на царевицата и да разшири неблагоприятното въздействие на почвено-климатичните условия върху добива (Hollinger & Hoefft, 1986).

При Излужената смолница, въпреки ежегодното торене с фосфор запасеността е ниска. Установена е тенденция на леко нарастване съдържанието на усвоими форми на фосфора, като от слабо в началото на опита, във вариантите с торене 2,04 - 3,09 mg/100 g в първо сеитбообращение и от 2,78-3,84 mg/100 g почва във второ сеитбообращение.

Съдържанието на усвоим калий при вариантите с царевица е добро. При торените варианти той варира в границите от 20,17 -27,47 mg.100g⁻¹ почва.

Почвеното органично вещество отбелязва повишение особено през 2021 г., дължащо се на протичащите хумификационни процеси, най-вероятно преобладаващи над минерализационните при разлагането на останалите в почвата растителни остатъци след прибиране на основната продукция от отглежданите култури.

Данните за 2021 г. са представени в таблица 6. Количеството минерален азот и в двете сеитбообращения след прибиране на житните култури е сравнително добро. При торените варианти съдържанието е от 23,62 mg.kg⁻¹ до 31,68 mg.kg⁻¹ почва в първо сеитбообращение и 28,80 mg.kg⁻¹ до 31,10 mg.kg⁻¹ почва във второ сеитбообращение. При торените варианти не е установена съществена разлика в отчетените стойности на минералния азот. Данните за общо съдържание на минерален азот във вариантите без торене бележат лека тенденция на нарастване, която вероятно е в резултат от протичане на окислително-редукционни процеси и

постъпление от разлагане на растителните остатъци от предишни години. Съдържанието на азот във вариантите без торене (над 20 години), при двете сеитбообращения е със стойности от

20,05 mg.kg⁻¹ до 22,46 mg.kg⁻¹ почва (Таблица 6). Различните варианти на обработка на почвата не оказват влияние върху стойностите на минерален азот.

Таблица 5. Агрохимична характеристика на Излужена смолница след прибиране на царевица в ОБ Божурище, 10. 10. 2020 г.

Table 5. Agrochemical parameters of HaplicVertisol after harvesting maize, October 10, 2020

Варианти/ Variants	pH		$\Sigma \text{N-NH}_4+\text{NO}_3$	P_2O_5	K_2O	Хумус/Humus
	H ₂ O	KCl	mg.kg ⁻¹	mg.100g ⁻¹		%
Царевица – 1-во – Сеитбообращение/Maize – 1-st - Crop rotation						
T ₀ O ₁	5,7	4,9	18,08	1,12	15,03	5,35
T ₁ O ₁	5,7	4,9	27,01	2,04	27,47	5,24
T ₂ O ₁	6,1	5,1	24,59	2,14	25,15	5,67
T ₀ O ₂	6,0	5,0	19,78	1,16	14,31	4,12
T ₁ O ₂	5,6	4,9	29,54	2,17	20,17	4,50
T ₂ O ₂	5,7	4,9	26,25	3,09	22,97	5,04
Царевица – 2-ро – Сеитбообращение/ Maize – 2-nd - Crop rotation						
T ₀ O ₁	6,1	5,3	21,43	1,31	17,31	5,05
T ₁ O ₁	5,7	4,9	30,05	2,78	27,03	5,14
T ₂ O ₁	6,1	5,2	29,06	2,92	26,88	5,65
T ₀ O ₂	6,1	5,2	19,58	1,47	17,67	4,29
T ₁ O ₂	5,6	4,9	29,35	3,06	25,65	4,68
T ₂ O ₂	5,7	4,9	29,75	3,84	27,36	5,35

Таблица 6. Агрохимична характеристика на Излужена смолница след прибиране на тритикале и пшеница, ОБ Божурище, 19. 07. 2021 г.

Table 6. Agrochemical parameters of HaplicVertisol after harvesting triticale and wheat in July 19, 2021

Варианти/ Variants	pH		$\Sigma \text{N-NH}_4+\text{NO}_3$	P_2O_5	K_2O	Хумус/ Humus
	H ₂ O	KCl	mg.kg ⁻¹	mg.100g ⁻¹		%
Тритикале-1-во – Сеитбообращение/ Triticale – 1-st - Crop rotation						
T ₀ O ₁	5,7	4,9	20,05	1,14	26,26	6,45
T ₁ O ₁	5,7	4,9	28,80	3,26	28,75	4,14
T ₂ O ₁	6,1	5,1	23,62	2,19	28,05	4,67
T ₀ O ₂	6,0	5,0	20,07	1,16	24,30	4,20
T ₁ O ₂	5,6	4,9	31,68	3,12	21,15	4,64
T ₂ O ₂	5,7	4,9	25,92	5,29	22,97	5,84
Пшеница - 2-ро – Сеитбообращение/ Wheat – 2-nd - Crop rotation						
T ₀ O ₁	6,1	5,3	22,46	1,38	22,32	6,65
T ₁ O ₁	5,7	4,9	29,38	4,78	31,23	4,64
T ₂ O ₁	6,1	5,2	31,10	2,42	26,88	4,65
T ₀ O ₂	6,1	5,2	20,68	1,47	21,67	5,29
T ₁ O ₂	5,6	4,9	29,95	3,66	25,65	4,86
T ₂ O ₂	5,7	4,9	28,80	4,83	27,36	6,38

От получените резултати се констатира, че при Излужената смолница запасеността с подвижен фосфор е ниска (Таблица 6). Установена е тенденция на леко нарастване в съдържанието на усвоими форми на фосфора, като във вариантите с торене то е 2,19-5,29 mg.100g⁻¹ в първо сеитбообращение и 2,42 – 4,83 mg.100g⁻¹ във второ сеитбообращение. По-високо съдържание на фосфор е отчетено при вариантите с обработка O₂ (разрохкване) в сравнение с приложена обработка O₁ (оран). При неторените варианти фосфорът е в границите от 1,16-1,47 mg.100g⁻¹. Причини за ниското количество достъпен фосфор могат да бъдат изискванията на житните култури към фосфора, свързването на фосфора в трудно достъпни за растенията форми, нормите на торене и др.

Съдържанието на калий е от задоволително до добро и за двете изследвани сеитбообращения съответно 21,15 - 28,75 mg.100g⁻¹ и 21,67 – 31,23 mg.100g⁻¹ почва. (Фигура 4). За периода на изследване няма съществена разлика в наличието на усвоим калий между торените и неторените варианти. Реакцията на почвата в орния слой е със стойности - 5,7 - 6,1 (във H₂O).

Хумусното съдържание варира в границите от 4,14% до 6,65%. Резултатите от анализите показват повишение през 2021 г. в сравнение с останалите години на изследване. (Таблица 6). Това се дължи на преобладаващите хумификационни процеси над минерализационните на останалите в почвата растителни остатъци след прибиране на основната продукция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведените полски торови опити за изследвания период 2019 - 2021 г. е установено, че с приложеното торене основно е повлияно съдържанието на нитратен и амонячен азот. Количеството на минералния азот в Излужената смолница поддържа сравнително добро ниво и се отчита леко повишаване във вариантите с внесените норми минерални торове. Това повишаване е по-осезаемо през 2021 г. след тритикале и пшеница, което най-вероятно се дължи и на по-благоприятните климатични условия през тази година.

Съдържанието на подвижен фосфор бележи известно нарастване, но изследваната почва остава слабо запасена с този макроелемент. Съдържанието на усвоим калий е със задоволителна запасеност, като се наблюдава известно изравняване при двете сеитбообращения. Изхождайки от данните от анализа, неговото намаление и износ с произведената продукция е с по-малки количества. Съдържанието на органично вещество остава добро и даже се отчита повишение, дължащо се на преобладаващите хумификационни процеси над минерализационните при разлагане на останалите в почвата растителни остатъци след прибиране на основната продукция.

Резултатите показват, че в зависимост от запасите в почвата и изискванията на отглежданата култура, торовите норми трябва да бъдат насочени към достигане на устойчиво ниво на леснодостъпни макроелементи.

В заключение следва да се отбележи, че изпитваните агротехнически фактори и благоприятните почвено-климатични условия оказват положително влияние върху растежа и продуктивния потенциал на отглежданите култури. При прилагане на по-дълбока обработка и наличие на лесно усвоими форми на макроелементите в резултат от приложеното минерално торене се създава по-благоприятен хранителен режим в изследваното почвено различие, което води до образуването на повече биомаса от растенията.

ЛИТЕРАТУРА

- Agricultural Report.** (2021). Annual report on the state and development of Agriculture. Ministry of Agriculture, Food and the Forestry, Sofia. (Bg) *ad_2021.pdf* (*government.bg*).
- Bazitov, V.** (1998). Changes in the fertility of the arable layer of eutric soil depending on the soil tillage systems. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 5, 74-76 (Bg).
- Bremner, J. M.** (1965 b). Inorganic Forms of Nitrogen. In: *Black C. A. et al., /Eds./ Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Monograph No. 9, ASA and SSSA, Madison*, 1179-1237.
- Bruce, B. W., Gregory, O. E., & Barker, T. C.** (2002). Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *J. Exp. Bot.* 53: pp. 13 – 25.

- Cassman, K. G.** (1999). Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, pp. 5952–5959.
- Cassman, K. G., Dobermann, A. & Walters, D. T.** (2002). Agroecosystems, nitrogen-use-efficiency, and nitrogen management. *Ambio* 31, pp. 132–140.
- Deen, B., Janovicek, K., Vyn, T. & Lapen, D.** (2006). Effect of intermittent tillage on yield and soil quality in a corn/soybean/wheat rotation. *Proceedings of 17th Triennial ISTRO Conference, Kiel, Germany*, 742-751.
- Dimitrov, I., Nikolova, D., Stratieva, S., & Borisova, M.** (2011). Investigation of new agricultural decisions for the maintenance of the soil fertility of the Vertisol. *Proceedings International conference 100 years Bulgarian soil science, 16-20 May 2011, Sofia. Part 2*, pp. 514-518 (Bg).
- Estrade, I. R., Anger, Ch., Bertr, M., & Richard, G.** (2010). Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research*, 111, 1, 33-40.
- FAO.** (2006). World reference base for soil resources 2006. *FAO, Rome*, 132 p.
- Griffith, D., Steinhardt, G., Cladivko, E., & Parsans, S.** (2013). Effect of tillage and rotation on agronomic performance of corn and soybean: Twenty years study on dark clay loam soil. *Journal of Production Agriculture*, 9(2), 241-248.
- Hollinger, S. E., & Hoefft, R .G.** (1986). Influence of weather on year-to-year yield response of corn to Ammonia fertilization. *Agronomy J.*, 78, pp. 818 – 823.
- Ivanov, P.** (1984). New acetate-lactate method for determination of available forms of P and K in soil. *Soil Science and Agrochemistry*, 19 (4), 88-98 (Bg).
- Koinov, V.** (1992). Atlas of soils in Bulgaria. Zemizdat; p.321.
- Kononova, M. M.** (1963). Soil organic matter. Its nature, properties and methods of study. *M., AN SSSR*, 314 (Ru).
- Marijanovic, M., Markulj, A., Tkalec, M. P, Jozic, A., & Kovacevic, V.** (2010). Impact of Precipitation and Temperature on Wheat (*Triticum Aestivum* L). *Yields in Eastern Croatia, Acta Agriculturae Serbica*, XV (30):117-123.
- Miao, Stewart, B., & Zhang.** (2011). Long-term experiments for sustainable nutrient management in China. *A review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/ EDP Sciences/INRA*, 2011, 31 (2), pp.397-414. [ff10.1051/agro/2010034ff](https://doi.org/10.1051/agro/2010034ff). [ffhal-00930463f](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00930463f) <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00930463f/file/hal-00930463.pdf>
- Modhej, A., Naderi, A., Eman, Y., Ayneband, A., & Normohamadi, Gh.** (2008). Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (*T.durum* and *T.aestivum*), genotypes. *Int. J. Plant Production*, 2, 257 – 267.
- Moraditochae, M., Motamed, M. K., Azarpour, E., Danesh, R. K., & Bozori, H. M.** (2012). Effects of Nitrogen fertilizer and Plant Density Management in Corn Farming. *ARPJ. of Agricultural and Biological Science*, 7(2), pp. 133 – 137.
- Nenov, M., Dimitrov, I., Lozanova, V., Gerasimova, I., & Traikov, N.** (2020). Optimization of agrotechnical units in technologies for grain production in the Sofia area. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 54, 3, pp.28-40. (Bg).
- Stoyanov, H., & Baychev, V.** (2018). Tendencies in the yield and its components of the Bulgarian varieties of triticale, grown under contrasting conditions of the environment. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 55(3), 16-26 (Bg).
- Toncheva, R.** (2016). Investigation the Productivity of Maize in Different Agroecological Conditions, Fertilization and Plant Density I. Non-Irrigated Conditions. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 50, 2, pp. 50-59. (Bg).
- Traykov, N., Toncheva, R., & Dimitrov, I.** (2017). Comparative assessment of the productivity of wheat, grown at different soil and climatic conditions. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 51, 1, pp. 25-32. (Bg).
- Tsenov, N., D. & Atanasova, I.** (2013). Influence of environments on the amount and stability of grain yield in modern winter wheat cultivars I. Interaction and degree of variability, *Agricultural science and technology*, 5 (2):153-159 (Bg) .
- Tsenov, N. & Gubatov, T.** (2018). Comparison of basic methods for estimating the size and stability of grain yield in winter wheat. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 55(5), pp. 9-19 (Bg).
- Tsvetkov, S.** (1989). Triticale. *Zemizdat*, 126 p. (Bg).
- Wójcik-Gront, E., & Studnicki, M.** (2021). Long-Term Yield Variability of Triticale ($\times$ Triticosecale Wittmack) Tested Using a CART Model. *Agriculture*, 11(2), 92. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture1102009>.
- Zarkov, B.** (2001). Effects of weather conditions on the yield of maize grain grown under non-irrigated conditions. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 38(5-6), 208-212 (Bg).