

Промени в основни агрохимични почвени показатели в резултат на фактори от агротехническият комплекс в рамките на триполно полско сеитбообращение

Илияна Герасимова*, Ваня Лозанова, Мая Бенкова, Ивайло Кирилов, Здравка Петкова

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкиров”, Селскостопанска академия, София, България

E-mail*: ilianich_ilieva@abv.bg

Резюме

Целта на изследването е да се проследят промените в някои основни агрохимични почвени показатели в резултат на фактори от агротехническият комплекс. Проучено е влиянието на две нарастващи торови норми и контролен вариант без торене, и две системи на обработка на почвата (конвенционална и минимална) в рамките на триполно полско сеитбообращение (пшеница/тритикале-царевица-тритикале/пшеница) при неполивни условия.

От проведените полски торови опити за изследвания период 2019-2021 г. е установено, че приложеното минерално торене влияе предимно върху съдържанието на нитратен и амониен азот. Съдържанието на подвижен фосфор бележи известно леко нарастване, но изследваната почва остава слабо запасена с този макроелемент. Съдържанието на усвоим калий е със задоволителна запасеност при двете сеитбообращения. Реакцията на почвения разтвор (рН) е слабо кисела, въпреки използването на опитната площ за дългогодишен период за полски изследвания с варианти на интензивна агротехника. Съдържанието на органично вещество остава добро, дължащо се на преобладаващите хумификационни процеси над минерализационните при разлагане на останалите в почвата растителни остатъци след прибиране на основната продукция от отглежданите земеделски култури при неполивни условия в района на излужените смолници в западна България.

Повишаването на азотната и фосфорната торова норма с около 20% при норма T_2 спрямо T_1 (от 120 на 140 kg/ha за азота и от 80 на 100 kg/ha за фосфора) не води до съществено по-високи добиви и при трите култури. Различните варианти на обработка на почвата не оказват влияние върху стойностите на минерален азот. По-високо съдържание на фосфор е отчетено при вариантите с обработка O_2 (дискуване) в сравнение с приложена обработка O_1 (оран). За периода на изследване няма съществена разлика в наличието на усвоим калий между торените и неторени варианти. Отчетените разлики и при двата начина на извършване на обработката (независимо от нормата на торене) са незначителни с непоследователна характеристика.

Ключови думи: сеитбообращение, обработка на почвата, макроелементи, хумус, рН, пшеница и тритикале, царевица

Changes in main agrochemical soil parameters as a result of factors from the agro-technical complex within the three-field field crop rotation

Iliyana Gerasimova*, Vanya Lozanova, Maya Benkova, Ivaylo Kirilov, Zdravka Petkova

Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "Nikola Poushkarov", National Center for Agrarian Science, Sofia, Bulgaria

Corresponding author*: ilianich_ilieva@abv.bg

Citation: Gerasimova, I., Lozanova, V., Benkova, M., Kirilov, I., & Petkova, Z. (2022). Changes in main agrochemical soil parameters as a result of factors from the agro-technical complex within the three-field field crop rotation. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 56(2), 3-15.

Abstract

The aim of presented experiments was to monitor the changes in some main agrochemical soil parameters as a result of factors from the crops agrotechnical complex. The influence of two increasing fertilizer norms and a non-fertilization control variant and two tillage systems (conventional and minimum) during the three-field crop rotation (wheat/triticale-maize-triticale/wheat) under non-irrigation conditions were studied. It was found that the applied mineral fertilization mainly influence on the content of sum of nitrate and ammonium nitrogen. The content of mobile phosphorus shows a slight increase, but the studied soil remains poorly stocked with this macronutrient. The content of available potassium is in a satisfactory reserve in both crop rotations. The reaction of the soil solution (pH) remains slightly acid, despite that the experimental area have been used for a long period for field research with intensive agricultural techniques. The organic matter content remains good due to the predominant humification processes over mineralization in the decomposition of residual plant residues in the soil after harvesting the main products from cultivated crops under non-irrigated conditions in the region of Haplic Vertisol in West Bulgaria. Increasing the nitrogen and phosphorus fertilizer norm by about 20% at T₂ norm compared to T₁ (from 120 to 140 kg/ha for nitrogen and from 80 to 100 kg/ha for phosphorus) does not lead to significantly higher yields in the three crops. The different variants for soil tillage systems do not affect the values of mineral nitrogen. Higher phosphorus content was observed in the variants with O₂ tillage (discing) compared to the applied O₁ tillage (plowing). For the study period there is no significant difference in the availability of digestible potassium between fertilized and non-fertilized variants. The reported differences between two methods of soil tillage (regardless of the rate of fertilization) are insignificant with inconsistent characteristics.

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

Въведение

В условията на устойчиво земеделие получаването на стабилни добиви с високо качество на растениевъдната продукция изисква поддържането на високо ниво на почвено плодородие. За постигането на тези цели е необходимо да се овладеят процесите на трансформация и придвижване на хранителните елементи в почвата, а също така обмена на хранителните вещества между почвата и растенията. (Stanchev & Valchovski, 2011). Постигането на устойчиво развитие на селскостопанското производство е немислимо без адекватна грижа за агрохимическото състояние на използваните почви чрез прилагане на торене за обезпечаване на оптимален хранителен режим на растенията. За достоверен анализ на стопанския и икономическия ефект от торенето служат събраните бази данни от дълготрайните стационарни торови опити, провеждани в райони с различни почвено-климатични условия на нашата страна (Mitova et al., 1999, Nenov et al., 2015 и др.). Натрупана е информация от направения анализ на резултати от почвено-агрохимически изследвания в полски торови опити, изведени на голям брой почвени различия в опитните полета в географската мрежа на ИПАЗР „Никола Пушкаргов”. В института, на почвен тип излужена смолница се поддържа дългогодишен торов опит, чиято над 30-годишна база данни проследява промените в плодородието на почвата следствие от торенето на полски култури, характеризира динамичността на метеорологичната обстановка и влиянието върху добивите от основни полски култури, отглеждани с различен хранителен режим. В предишни публикации е представена частично стопанската и икономическата ефективност от торенето през различни периоди (Valchovski & Petkova, 2003; Petkova & Damqnova-Kirilova, 2003; Tosheva et al., 2009).

Разумното използване на химични торове може в дългосрочен план да поддържа качеството на почвата и продуктивния капацитет. Оптималното управление на тора и ефективното използване на азот, фосфор и калий са необходими за подобряване на добива и качеството и за

намаляване на производствените разходи (Belay et al., 2002).

Въпреки това, прекомерното прилагане на торове може да има неблагоприятни ефекти върху околната среда, качеството на водата, излугването и оттока. Ето защо е важно да се определят количествата на внасяне на торове, които максимизират добивите, като същевременно минимизират замърсяването на околната среда (Hoque et al., 2010).

В тази публикация акцентът се поставя върху изменението на основни агрохимически показатели, повлияни предимно от торенето и почвообработките.

Изследването има за цел да проследи промените в някои основни агрохимични почвени показатели в резултат на фактори от агротехнически комплекс в триполно сеитбообращение (пшеница/ тритикале-царевица-тритикале/пшеница) при неполивни условия.

Материали и методи

Поддържането и повишаването на почвеното плодородие е основополагащо стратегическо направление в аграрната наука.

За реализиране на поставената цел през периода 2019-2021 г. е изведен полски опит в опитна база Божурище на ИПАЗР „Н. Пушкаргов”, Софийска област. Опитът е заложен по блоковия метод (стандартен) с дълги парцелки с обща площ от 7,2 да. Схемата на опита включва две триполни сеитбообращения от типа „зимна житна - пролетна окопна – зимна житна култура”(таблица 1). Всяко сеитбообращение включва 24 парцели с опитна площ от 90 m² и реколтна парцела от 70 m².

През периода 2018-2019 г. в първото сеитбообращение на опита се отглежда пшеница (*Triticum aestivum*, L.), а второто сеитбообращение започва с тритикале (*Triticosecale*). За стопанската 2020 година и в двете сеитбообращения на опита се отглежда царевица за зърно (*Zea mays*, L.), а през 2020-2021 година в третото сеитбооборотното поле на I-во сеитбообращение е засято тритикале (*Triticosecale*) а във второто пшеница (*Triti-*

cum aestivum, L.). Използваните сортове са: пшеница – „Садово 1”, тритикале – „Колорит” и царевица - средно-ранен хибрид „Пионер” Р-8834 от група 310 по ФАО на „Пионер”.

Опитът е изведен при неполивни условия върху Излужена Смолница, която е представител на най-тежката по механичен състав почвена разновидност. Според класификацията на почвите в България (Koinov, 1987) се определя като *Naptic Vertisol* (FAO, 2015) 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 определя почвата като средно хумусна (3,02%). Съдържанието на общ азот е в ниски до умерени количества (0,139%), но въпреки това съдържанието на минерален азот е ниско – 12,67-14,98 mg N в 1000 g почва. По съдържание на подвижен фосфор обезпечеността също е ниска от 0,20 до 0,34 mg P₂O₅ на 100g почва, но е по-добре запасена с усвоим калий – до 30,11 mg K₂O на 100 g почва. Реакцията на почвата в хумусния хоризонт е слабо кисела – рН_{H₂O} = 6,3-6,5.

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.

Обработка на почвата – включени са две системи за обработка на почвата, приложени за всяко сеитбообращение. Едната система включва по-интензивни обработки (вариант O₁) с редуване на оран 15-18 cm при зимните-житни култури и разрохкване при следващата в сеитбообращението окопна култура. При втората система на обработка е извършвано дискуване в първото сеитбооборотно поле, като вариант на минимална обработка на почвата (O₂) (таблица 2). С изследваните агротехнически мероприятия се цели да се намалят негативните промени във функциите на почвата и чрез системен агротехнически подход да се стабилизира и подобри почвеното

плодородие, с което да се постигне устойчиво равнище на продуктивност.

За обработка на почвата са използвани трактор Беларусъ 80 КС за предсеитбена подготовка на опитната площ, разрохквач - дълбочинен Kone, плугове ПН5-35 и ПН-4-25, култиватори КПС -4,0 и КРН – 4,2, дискова брана БДТ-2,5.

Торене на културите в сеитбообращението:

В опита се изпитват две норми на минерално торене и неторен вариант, както следва: T₀ – неторено, T₁ – N₁₂₀P₈₀ и T₂ – N₁₄₀P₁₀₀ kg/ha за имните житни и T₁ – N₁₂₀P₈₀ и T₂ – N₁₆₀P₁₂₀ kg/ha за царевицата. Нормите на торене са определени на базата запасеност на почвата с хранителни вещества, съгласно модела за даване на препоръки за торене (Archiv IP „N. Pushkarov”, 1982). С цел да се установят измененията в почвените агрохимични параметри в двете сеитбообращения нормите на торене са едни и същи. 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 царевицата торенето е извършено преди сеитбата с пролетните предсеитбени обработки.

Определени са следните агрохимични показатели: минерален азот – по метода на Бремнер и Киней (Bremner, 1965); подвижни форми на фосфор и калий – по метода на П. Иванов; (Ivanov, 1984). реакция на почвения разтвор (рН) – потенциометрично във вода (H₂O) и калиев хлорид (KCl); 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 пшеницата и тритикалето през есента на 2019 г., след прибиране на царевицата през есента на 2020 г. и след прибиране на тритикале и пшеницата през юли 2021 г.

Резултати и обсъждане

Почвено-климатичните условия силно влияят на растежните и продуктивните процеси на

Таблица 1. Редуване на културите в сеитбообращението
Table 1. Crop rotation

Сеитбообращения/Crop rotation	Години и редуване на културите/ Years and crop rotation		
	2018-2019	2020	2020-2021
Първо сеитбообращение/ First rotation	Пшеница/Wheat	Царевица/Maize	Тритикале/Triticale
Второ сеитбообращение/ Second rotation	Тритикале/ Triticale	Царевица/ Maize	Пшеница/Wheat

Таблица 2. Култури, норми на торене и системи за обработка на почвата в сеитбообращенията
Table 2. Crops, fertilization norm and tillage systems in crop rotation

Година/Year	Култура/Crop	Торене/Fertilization, kg/ha	Система за обработката на почвата/ Soil tillage systems	
			O ₁	O ₂
2018-2019	Пшеница/Wheat	T ₀ T ₁ - N ₁₂₀ P ₈₀ T ₂ - N ₁₄₀ P ₁₀₀	Оран/Plowing 15-18 cm	Дискуване/Discing 10-12 cm
2020	Царевица/Maize	T ₀ T ₁ - N ₁₂₀ P ₈₀ T ₂ - N ₁₆₀ P ₁₂₀	Разрохване/ Loosening 40-45 cm	Оран/Plowing 22-25 cm
2020-2021	Тритикале/Triticale	T ₀ T ₁ - N ₁₂₀ P ₈₀ T ₂ - N ₁₄₀ P ₁₀₀	Оран/Plowing 15-18 cm	Дискуване/Discing 10-12 cm

растенията (Marijanovic et al., 2010; Tsenov & Atanassova, 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).

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

През 2018-2019 г. I-во поле на сеитбообращението е заето от пшеница (I-во сеитбообращение) и тритикале във II-ро. Сумата на валежите през вегетацията на зимните житни култури е 453,3 mm, добре разпределени през отделните вегетационни фази.

Царевицата заема сеитбооборотното поле през втората година на опита. За реализиране

на нейните високи продуктивни възможности е необходимо оптимизиране режима на минерално хранене, гъстотата на посева, напояването. Екстремните метеорологични условия често са причина за силно редуциране на добивите (Toncheva, 2016). Растежът и развитието на царевицата през вегетационната 2020 г. протекоха при много добро постъпление на валежна вода от поникване до пълна зрялост (428,5 mm). Това количество е по-високо от средното за многогодишен период, но се отчита период на засушаване през месец юли с валежи само от 43 mm. Въпреки този дефицит, стрес при растенията от торените варианти не бе наблюдаван. През месец август падналите валежи от 89 mm осигуриха добро развитие на царевичните растения и благоприятно преминаване на фазата на млечна зрялост.

Падналите валежи през месец октомври от 113 mm, в края на вегетацията на царевичката, доведоха до по-късното узряване на зърното и нейното прибиране.

През вегетационния период на 2020/2021 в III-то сеитбооборотно поле на двете сеитбообращения отново се отглеждат зимно-житни култури. През 2021 г. растежът и развитието на пшеницата и тритикалето протекоха първоначално при много слабо постъпление от валежи. От фигура 1 се вижда, че през ноември и декември валежите са изключително малко и едва през януари се повишават до 160 mm. По-късните валежи през март се отразиха благоприятно на растежа и дружното встъпване на растенията във фаза „3-ти лист”. След изкласяването на житните култури започна период на засушаване с пик по време на наливането на зърното.

Сумата на валежите оказва влияние както върху развитието на растенията и натрупването на биомаса, така и върху количеството на достъпните за растенията хранителни вещества в почвата (Bruce et al., 2002). Системата за обработка оказва влияние върху динамиката на хранителните вещества, както и върху влажността на почвата в системата ”почва - растение”, свързано с ефективността на използване на хранителните вещества (Traйkov et al., 2017).

Агрохимичните параметри са определящи за нивото на почвеното плодородие. Въздействието на системата за обработка върху плодородието на почвата се оценява чрез промените в съдържанието на хранителни елементи и тяхната достъпност за растенията. Основните параметри, характеризиращи почвеното плодородие и динамиката на процесите в почвата са рН, количеството на минералния азот, достъпните за растенията форми на фосфор и калий, и хумус.

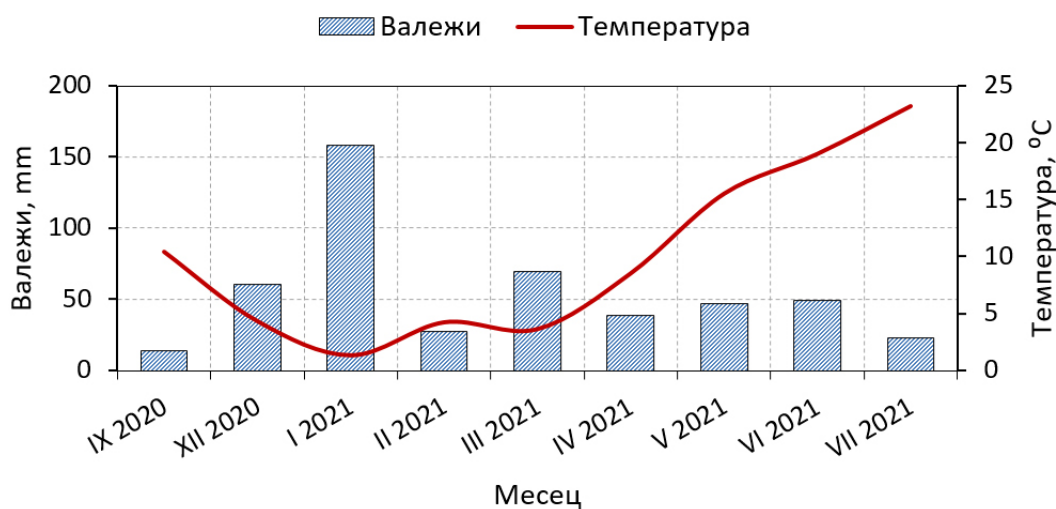
В таблица 3 и 4 и 5 са показани резултатите от агрохимичния анализ, получени в отделните сеитбооборотни полета на I-во и II-ро сеитбообращение.

Анализът на почвените проби, отчетени след прибиране на пшеница и тритикале през есента на 2019 г. показва, че съдържанието на

подвижни форми на азот е от задоволително до добро. По-високи стойности на минерален азот в слоя 0-30 cm са отчетени при торените варианти на пшеницата и дискуване като част от системата за обработка (T_2O_2), съответно 17,3 mg/kg и вариант T_1O_1 (по-ниска азотна норма и обработка оран) с 15,3 mg/kg (таблица 3). Най-ниска запасеност с минерален азот е установена в неторените варианти на пшеницата, като стойностите са в границите от 7,9 mg/kg до 12,7 mg/kg почва. По всяка вероятност това се дължи на по-високия износ на азот с плевелна растителност, която се развива по-силно в условията на дефицит на основни хранителни вещества в контролния вариант. Културните растения изостават значително в развитието си в сравнение с по-невзискателните плевели, които изразходват по-ефективно наличните запаси. Получените стойности са представени и графично за по-добра визуализация (фиг. 2). Според изследвания на Rajicic et al. 2020 ефективното азотно торене е от решаващо значение за икономичното производство на зимни зърнени култури. Азотът показва най-голям ефект при комбинираната употреба с фосфор и калий, докато приложението на тези два елемента без азот не води до значително увеличение на добива, а често дори го намалява.

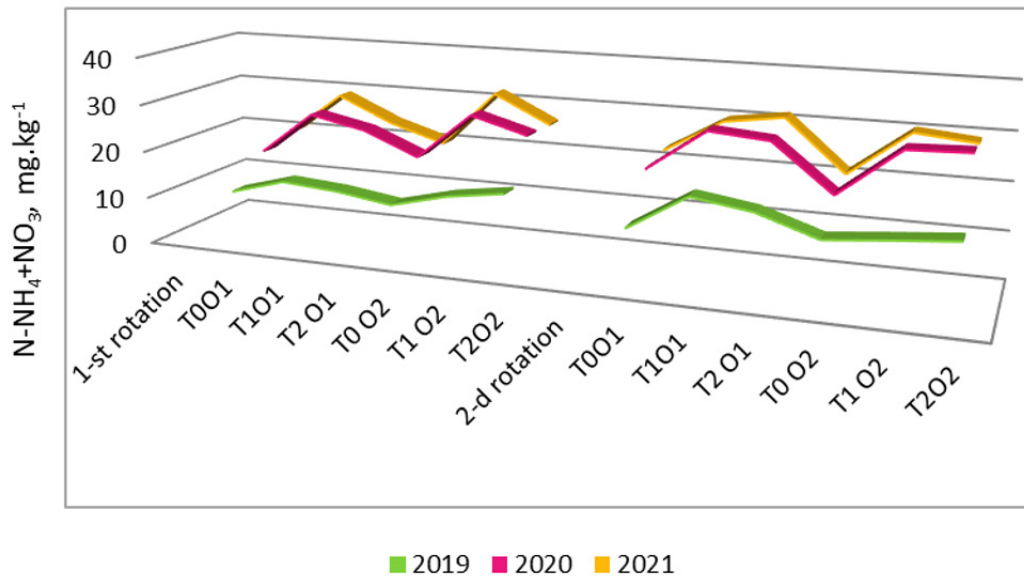
Торенето не оказва еднопосочно влияние върху съдържанието на усвоим азот. В нашите изследвания различните варианти на обработка на почвата не оказват съществено влияние върху стойностите на минерален азот.

Във второто сеитбообращение, засято с тритикале, резултатите са близки до тези в I-во сеитбообращение – най-високо съдържание на азот е отчетено във вариантите на торене (T_1O_1 и T_2O_1) и оран като предсеитбена обработка, съответно (20,2 mg/kg и 18,4 mg/kg) 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, съобщават за ниско количество на минерален азот в повърхностния слой почва при отглеждане на зърнено-житни култури. Резултатите показват, че във второто сеитбообращение съдържанието на усвоим



Фиг. 1. Средна месечна температура ($^{\circ}\text{C}$) и месечна сума на валежите (mm) за вегетационния период на пшеница и тритикале, 2020-2021 г.

Fig. 1. Average monthly temperature ($^{\circ}\text{C}$) and monthly amount of precipitation (mm) during wheat and triticale growing season, 2020-2021



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

Fig. 2. Content of mineral nitrogen in Naplic Vertisol, 1-st and 2-nd crop rotation of field experience in Bozhurishte - 2019, 2020 and 2021

Таблица 3. Агрохимични показатели за състоянието на Излужена Смолница след прибиране на пшеница и тритикале през есента на 2019 г.

Table 3. Agrochemical parameters for the condition of Haplic Vertisol after wheat and triticale harvesting in the autumn of 2019

Варианти/ Variants	Дълбочина/ Depth (cm)	pH		$\Sigma \text{N-NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$	P_2O_5	K_2O	Хумус/Hu- mus
		H_2O	KCl	mg.kg ⁻¹	mg.100 g ⁻¹		%
Пшеница – I-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 – II-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

Таблица 4. Агрохимична характеристика на излужена смолница след прибиране на царевица в ОБ Божурище, 10.10.2020

Table 4. Agrochemical parameters of Naplic Vertisol after maize harvesting, October 10, 2020

Варианти/ Variants	pH		$\Sigma \text{N-NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$	P_2O_5	K_2O	Хумус/Hu- mus
	H_2O	KCl	mg.kg ⁻¹	mg.100 g ⁻¹		%
Царевица I-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 - II-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 5. Агрохимична характеристика на Излужена Смолница след прибиране на тритикале и пшеница, ОБ Божурище, 19.07.2021

Table 5. Agrochemical parameters of Naplic Vertisol 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/Hu- mus
	H_2O	KCl	mg.kg ⁻¹	mg.100 g ⁻¹		%
Тритикале – I-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
Царевица - II-ро – Сеитбообращение/ Maize - 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

азот и за двата изследвани почвени слоя е високо в сравнение с тези, получени в първо сеитбообращение. По-високото съдържание на азот на площта с тритикале се обяснява с по-слабо усвояване от растенията в сравнение с пшеницата. Не се установяват съществени разлики в зависимост от вида на обработка на почвата.

Въпреки ежегодното торене с фосфор запасеността на излужената смолница с усвоими за растенията количества е ниска. В сеитбооборотното поле на пшеницата 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 почва (таблица 3). В неторените варианти фосфор практически липсва.

В сеитбооборотното поле, заето с тритикале, съдържанието на усвоим фосфор е още по-ниско, въпреки че нормата на торене е като при пшеницата. Настъпилите промени в съдържанието на достъпния за растенията фосфор през тригодишния период са представени на фигура 3.

Съдържанието на усвоим калий на излужената смолница е добро (фиг. 4). В първо сеитбообращение в полето с пшеница за слоя 0-30 cm то е в границите от 21,1 mg/100 g почва (вариант T_1O_2) до 30,6 mg/100 g (вариант T_0O_2). В слоя 30-60 cm калият е с 3-4 mg/100 g почва по-малко. При този макроелемент влияние от торенето не се установява, вероятно той се поддържа с постъпването му от разлагането на растителните остатъци. Друга възможна причина е и слабото подкиселяване на почвената среда в резултат от внасяните ежегодно минерални торове, създаващи условия за допълнително освобождаване на подвижни форми на калия от почвения поглъщателен комплекс. В полето с тритикале съдържанието на калий в слоя 0-30 cm е съответно от 23,8 до 36,1 mg/100 g почва.

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 на този показател е в границите от 3,48 до 4,11% за

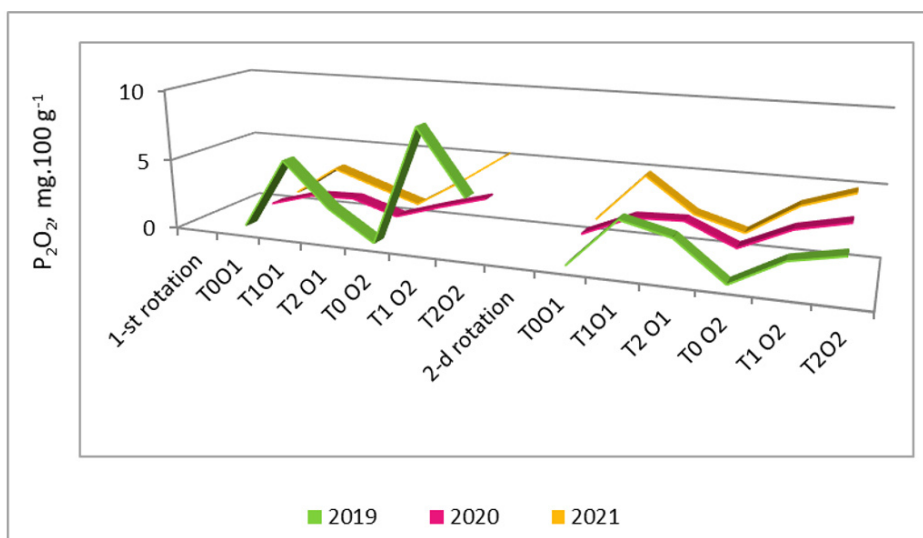
слоя 0-30 cm и от 3,13 до 4,26% за слоя 30-60 cm (таблица 3).

Почвената реакция е слабо кисела в хумусния хоризонт и в резултат от внасянето на минерални торове се забелязва тенденция на слабо понижаване, като от 5,1-6,1 стойностите се променят до 4,9-5,7 в KCl. Може да се предположи, че дългогодишното използване на опитната площ за полски изследвания с варианти на интензивна агротехника е повлияло върху промените.

Резултатите от почвените анализи след прибиране на царевица през 2020 г. са аналогични (таблица 4). Аналитичните данни показват, че стойностите на минерален азот, достъпен фосфор и усвоим калий в повечето от вариантите са близки или по-високи в сравнение с тези от 2019 г. 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. По варианти на обработка на почвата не може да се установи някаква тенденция на влияние. Използването на азотни торове играе значима роля в нарастване добива от царевица (Modhej et al., 2008). Намалването на добива в съответствие с азотния дефицит е по-голямо в сравнение с недостига на други хранителни вещества (Moraditochae et al., 2012).

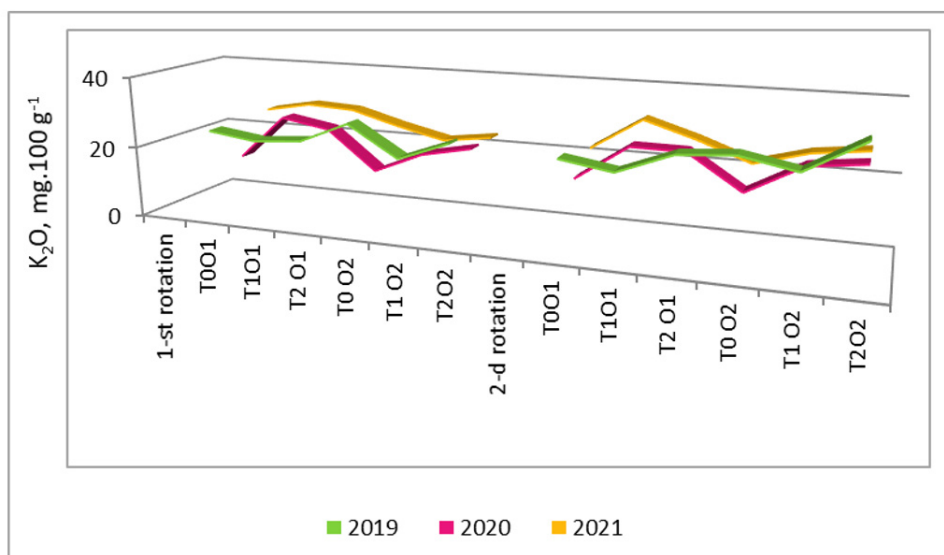
Установена е тенденция на леко нарастване съдържанието на усвоими форми на фосфора, като от слабо в началото на опита, във вариантите с торене то е 2,04 - 3,09 mg/100 g в първо сеитбообращение и от 2,78-3,84 mg/100 g почва във второ сеитбообращение (таблица 4). Onasanya, et al., 2009 съобщават че, фосфорът играе важна роля в много физиологични процеси, които протичат в развиващото се и зреещо растение. Влияе и на качеството на зърната и може да повиши устойчивостта на растенията към болести.

Данните за 2021 г. са представени в таблица 5. Количеството минерален азот и в двете сеитбообращения след прибиране на житните култури е сравнително добро. Rajčić et al., 2020, съобщават, че условията на околната среда (времето и почва) и торенето оказват



Фиг. 3. Съдържание 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

Fig. 3. Content 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



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

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

значително влияние върху добива и качеството на зърното при тритикале. Различните варианти на обработка на почвата не оказват влияние върху стойностите на минерален азот. По-високо съдържание на фосфор е отчетено при вариантите с обработка O_2 (дискуване) в сравнение с приложена обработка O_1 (оран). За периода на изследване няма съществена разлика в наличието на усвоим калий между торените и неторени варианти. Реакцията на почвения разтвор в орния слой е със стойности-5,7-6,1 (във H_2O).

Анализите за съдържанието на органично вещество показват повишение през 2021 г. в сравнение с останалите години на изследване. (Таблица 5). Това вероятно се дължи на преобладаващите хумификационни процеси над минерализационните при разлагане на останалите в почвата растителни остатъци след прибиране на основната продукция.

В изследвания на Đekić et al., 2014, при сравнение на пшеница, тритикале и царевица резултатите показват, че тритикалето натрупва повече азот от пшеница и царевица в периода на наливане и физиологично узряване на зърното, което показва, че тритикалето е много по-подходящ вид за отглеждане на бедна на азот почва.

Заклучение

От проведените полски торови опити за изследвания период 2019-2021 г. е установено, че приложеното минерално торене влияе предимно върху съдържанието на нитратен и амониев азот. Съдържанието на подвижен фосфор бележи известно леко нарастване, но изследваната почва остава слабо запасена с този макроелемент. Съдържанието на усвоим калий е със задоволителна запасеност при двете сеитбообращения. Реакцията на почвения разтвор (рН) остава слабо кисела, въпреки използването на опитната площ за дългогодишен период за полски изследвания с варианти на интензивна агротехника. Съдържанието на органично вещество остава добро, дължащо се на преобладаващите хумификационни процеси

над минерализационните при разлагане на останалите в почвата растителни остатъци след прибиране на основната продукция от отглежданите земеделски култури.

Повишаването на азотната и фосфорната торова норма с около 20% при норма T_2 спрямо T_1 (от 120 на 140 kg/ha за азота и от 80 на 100 kg/ha за фосфора) не води до съществено повишение добиви и при трите култури. Различните варианти на обработка на почвата не оказват влияние върху стойностите на минерален азот. По-високо съдържание на фосфор е отчетено при вариантите с обработка O_2 (дискуване) в сравнение с приложена обработка O_1 (оран). За периода на изследване няма съществена разлика в наличието на усвоим калий между торените и неторени варианти. Отчетените разлики и при двата начина на извършване на обработката (независимо от нормата на торене) са незначителни с непоследователна характеристика.

Литература

Archiv IP „N. Pushkarov”. (1982). Model for agro-chemical service (Bg).

Belay, A., Claassens, A., & Wehner, F. C. (2002). Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation. *Biology and Fertility of Soils*, 35(6), 420-427.

Bremner, J. M. (1965). *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, W. B., Edmeades, G. O., & Barker, T. C. (2002). Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of experimental botany*, 53(366), 13-25.

Cassman, K. G. (1999). Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11), 5952-5959.

Đekić, V., Milovanović, M., Popović, V., Milivojević, J., Staletić, M., Jelić, M., & Perišić, V. (2014). Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticale. *Romanian Agricultural Research*, 31, 175-183.

FAO (2015). World Reference Base for Soil Resources, 2014. FAO, Rome. 203. <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf> (last accessed 01.03.2022)

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.** (1987). Correlation between the soils of Bulgaria and the soils distinguished by the major soil classification systems in the world. *Soil Science, Agrochemistry and Plant Protection*, 22(5), 5-13 (Bg)
- Kononova, M. M.** (1963). *Soil organic matter. Its nature, properties and methods of study*. M., AN SSSR, 314 (Ru).
- Marijanović, M., Markulj, A., Tkalec, M., Jozić, A., & Kovačević, V.** (2010). Impact of precipitation and temperature on wheat (*Triticum aestivum* L.) yields in eastern Croatia. *Acta Agriculturae Serbica*, 15(30), 117-123.
- Miao, Y., Stewart, B. A., & Zhang, F.** (2011). Long-term experiments for sustainable nutrient management in China. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(2), 397-414 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00930463/file/hal-00930463.pdf> (last accessed 01.03.2022).
- Mitova, T., Stojnev, K., & Dimitrov, I.** (1999). Methodological procedure for assessment of soil tillage systems in sustainable agriculture. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 6, 171-175. (Bg).
- Modhej, A., Naderi, A., Emam, Y., Ayneband, A., & Normohamadi, G.** (2008). Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield and grain growth of wheat (*T. durum* and *T. aestivum*) genotypes. *Int. J. Plant Production*, 2, 257 – 267.
- Moraditochae, M., Motamed, M. K., Azarpour, E., Danesh, R. K., & Bozorgi, H. R.** (2012). Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(2), 133-137.
- Hoque, M. M., Ajwa, H., Othman, M., Smith, R., & Cahn, M.** (2010). Yield and postharvest quality of lettuce in response to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. *HortScience*, 45(10), 1539-1544.
- Neov, M., Dimitrov, I., Nikolova, D., Toncheva, R., & Stratieva, S.** (2015). Fertility of Haplic Vertisols (WRBSR, 2006) Depending on the Applied Agrotechnical Complex. In: *International Conference Soil and Agrotechnology in a Changing World* - 11-15 May 2015, Sofia (Bg).
- Onasanya, R. O., Aiyelari, O. P., Onasanya, A., Oikeh, S., Nwilene, F. E., & Oyelakin, O. O.** (2009). Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilizers in southern Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(4), 400-407.
- Petkova, Z., & Damqnova-Kirilova, I.** (2003). Use of wheat by plant residues with different C: N ratio. *Ecology and Future*, 1, 45-49 (Bg).
- Rajičić, V., Popović, V., Perišić, V., Biberdžić, M., Jovović, Z., Gudžić, N., ... & Terzić, D.** (2020). Impact of nitrogen and phosphorus on grain yield in winter triticale grown on degraded Vertisol. *Agronomy*, 10(6), 757.
- Stanchev, A & Valchovski, I.** (2011). Agrochemical service in help of farming. In: *International conference 100 years Bulgarian soil science*, 16-20 May 2011, Sofia. Part 2, p 649-653 (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), 50-59 (Bg).
- Tosheva, E., Petkova, Z., & Valchovski, I.** (2009). Effect of fertilization of wheat grown on the leached smolnitza. *Proceeding Seminar of Ecology*, Sofia, 267-272 (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), 25-32 (Bg).
- Tsenov, N., & Atanasova, D.** (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 & Technology*, 5(2), 153-159 (Bg).
- Valchovski, I., & Petkova, Z.** (2003). Influence of some agrotechnical factors on the productivity of the main field crops grown on Leached chernozem. In: *International Scientific Conference "50 Years of the University of Forestry"*, 1-2 April 2003, Sofia, 9-13 (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> (last accessed 01.03.2022).
- 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).