

ORIGINAL PAPER

Сравнителна оценка на агротехнически решения за почвено-климатичните условия на Софийското поле

**Иван Димитров¹ • Николай Трайков¹ • Мартин Ненов¹ •
Ваня Лозанова¹ • Костадинка Недялкова¹**

¹Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията, София, България

Автор за кореспонденция: Иван Димитров; E-mail: idspasov@abv.bg

Comparative assessment of agrotechnical solutions for the soil and climatic conditions of Sofia Valley

**Ivan Dimitrov¹ • Nikolay Traykov¹ • Martin Nenov¹ •
Vanya Lozanova¹ • Kostadinka Nedyalkova¹**

¹Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria

Corresponding Author: Ivan Dimitrov; E-mail: idspasov@abv.bg

Received: October 2018 / Accepted: November 2018 /

Published: June 2019 © Author(s)

Abstract

Dimitrov, I., Traykov, N., Nenov, M., Lozanova V. & Nedyalkova, K. (2019). Comparative assessment of agrotechnical solutions for the soil and climatic conditions of Sofia Valley. Field Crops Studies, XII(2), 31-52.

At the present stage of development of agricultural practices, corrections are necessary in the quantitative and qualitative parameters of agro-technical solutions.

The aim of the study is to make a comparative assessment of the results of the application of agro-technical solutions for different soil and climatic conditions of the Sofia field.

The study was conducted over a three-year period in two field trials based on the block method, which tested three factors - soil-climatic conditions, soil treatment and fertilization.

The productivity of crop rotation, agro-technical factors studied, is largely determined by fertilization (64.06% of total data variation). Climate conditions are the second most important factor. Statistically proven (with $p < 0.1\%$ error) is

also the impact of the applied processing system, with higher productivity being observed in the O1 (processing system including deep loosening for maize during the first year and plowing as pre-sowing soil treatment for wheat) . The applied agro-technical measures have the most significant impact on soil strength, followed by density and moisture content. In the Cleyic-Chromic Luvisols at the end of the three-year rotation there is a slight decrease of the digestible nitrogen, with the fertilized variants being from 2.9 to 5.6 mg / kg of soil. It has a tendency to raise the pH, with values ranging from 4.7-4.9 changing to 5.0-5.5, which is explained by the use of calcium ammonium nitrate and ammophos. There is a certain decrease in the content of digestible forms of potassium, especially in zero fertilization. Different tillage systems affect positively or negatively the individual groups of microorganisms in the years under study, depending on the type of crop and its phase of vegetation.

Key words: Agrotechnical solutions, Crop rotation, Productivity, Soil tillage.

Въведение

Поддържането и повишаването на почвеното плодородие е основополагащо стратегическо направление в аграрната наука. Количеството на произведената селскостопанска продукция от единица площ зависи от голям брой фактори и особено от почвеното плодородие (Hargrove, 1985; Convertini et al., 1997; Zarkov and Koteva, 2005; Ozpinar and Cay, 2006; Borissova and Nikolova, 2008). Това налага научно обоснован подход при избора на агротехнически решения и прилагането на технологии за отглеждане на културите (Mitova et al., 1999; Karlen et al., 2013; Toncheva et al., 2015).

Агротехническите решения имат значителен дял в постигането на устойчиво производство от полските култури (Stoynev, 2004; Terra et al., 2006; Estrade et al., 2010). На сегашния етап на развитие на земеделските практики се налагат корекции в количествените и качествени параметри на агротехническите решения.

Цел на изследването е да се направи сравнителна оценка на резултатите от прилагането на агротехнически решения за различни почвено-климатични условия на Софийското поле.

Материали и методи

Изследването е проведено за период от три години в два полски опити, заложили по блоковия метод, в които са изпитвани три фактора – почвено-климатични условия, обработка на почвата и торене.

Полските опити са с обща площ от по 3,2 da, включват 24 опитни парцели с площ по 60 m², с големина на реколтните парцели 40 m². Вариантите на

изследване са изпитвани в четири повторения.

Полските опити включват триполно сеитбообращение по схемата пролетна окопна култура-зимна житна-пролетна окопна (схема 1.), две системи за обработка на почвата (схема 2) и три варианта на торене (схема 3).

Схема 1. Сеитбообращение в опита за периода 2013г. – 2016г.
Scheme 1. Crop rotation during the period 2013-2016

Години	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Сеитбообращение	Царевица	Пшеница	Царевица

Схема 2. Системи за обработка на почвата в триполно сеитбообращение
Scheme 2. Soil tillage systems in crop rotation

Култура	Вариант O_1	Вариант O_2
царевица	оран 25-30 cm разрохване 40-45 cm	дискуване 10-12 cm оран 25–30 cm
пшеница	оран 15-18 cm	дискуване 10-12 cm
царевица	дискуване 10-12 cm оран 28–30cm	оран 23-25 cm

Схема 3. Варианти на торене
Scheme 3. Treatments of fertilization

Култура	Варианти на торене		
	T_0	T_1	T_2
царевица	без торене	$N_{16}P_{10}K_6$ калиев сулфат суперфосфат амониев нитрат	$N_{16}P_{10}K_6$ Eurobio Патент К Са амониев нитрат листен тор
пшеница	без торене	$N_{14}P_{10}$ суперфосфат амониев нитрат	$N_{14}P_{10}$ амофос Са амониев нитрат листен тор
царевица	без торене	$N_{16}P_{10}K_6$ калиев сулфат суперфосфат амониев нитрат	$N_{16}P_{10}K_6$ Eurobio Патент К Са амониев нитрат листен тор

С оглед на механичният състав на изследваните почвени различия и установената в тях по-плътна почвена прослойка, в система O_1 са включени по-интензивни обработки – дълбоко разрохкване като основна обработка за царевицата – първа година и плужна оран като предсеитбена обработка за пшеницата.

Изпитвани са три варианта на торене – без торене и два варианта на торене с еднакво ниво на активните вещества, но внесени с различни минерални торове – като съдържание и реакция (pH). За царевицата като алтернатива на традиционното торене е използван фосфорен тор с леко алкална реакция и повишено съдържание на лесно усвоими форми (Eurobio – P_2O_5 27%), а за пшеницата подходящ за предсеитбено приложение комбиниран тор с високо съдържание на фосфор - Амофос ($N_{10}P_{50}$) и бързо усвоими фосфати. Използван е калциево-амониев нитрат вместо амониев нитрат.

Във вариант на торене T_{22} , част от почвения азотен тор е заменен с листен тор – Агролийф (съдържа 30% азот) в доза 400 g/da. Пръскането е във фаза 9-10 лист на царевицата и фаза изкласяване на пшеницата.

За сравнителната оценка са определяни редица показатели: продуктивност – основна и допълнителна продукция от отглежданата култура, изчислена в kg/da, структурен анализ на получената продукция – зърно и растителна маса от метровка $1m^2$, обща продуктивност на културите в сеитбообращението;

Физични: съдържание на влага в тегловни % и обемна плътност в g/cm^3 - по тегловния метод Качински, послойно през 10 cm на дълбочина до 60cm с пръстени с обем $100 cm^3$; твърдост – с твърдомер с падаща тежест тип ДОРНИЙ, с ъгъл на конуса 30° , послойно през 5 cm на дълбочина до 40 cm;

Агрохимични - подвижни форми: азот – по метода на Бремнер и Киней; фосфор – по метода на П. Иванов; калий по метода на П. Иванов; реакция на почвения разтвор (pH) – потенциометрично във вода и калиев хлорид; карбонати – по метода на Шайблер; съдържание на органично вещество в почвата – по Тюрин;

Микробиологични: численост на основни групи почвени микроорганизми (амонифициращи бактерии, актиномицети, бактерии усвояващи минерален азот, микроскопични гъби, целулозоразлагащи микроорганизми) – върху селективни агарови среди; обща биологична активност – чрез анализ на CO_2 -продукцията на почвата.

Статистическата обработка на данните е извършена с използването на програмен пакет „SPSS”. Поради големият обем на данните в таблици и графики са отразени резултатите през първата и третата година на експеримента.

Резултати и обсъждане

От проведеното изследване е установено, че приложените агротехнически мероприятия оказват най-значимо влияние върху твърдостта на почвата, следвана от плътността и влажността, като по-динамичните са промените при Излужена Смолница в сравнение с Ливадно-Канелената почва.

През първата година на експеримента (2014) съдържанието на почвена влага е повлияно както от приложената агротехника, така и от обилните валежи през време на вегетацията и за двете експериментални бази. Обработката на почвата и почвено-климатичните условия, са оказвали статистически значимо влияние върху влажността (при вероятност за грешка $p < 0,1\%$) (Фигура 1 и 2). По дълбочина на профила разликите във влажността между двете обработки и за двете бази нарастват, като достигат до $0,1\%$ доказаност за дълбочина 40–60 cm. При Излужената Смолница от Божурище, за слоя 20–30 cm тя е по-висока с $1,45\%$ в сравнение с тази при обработка O_2 , като с увеличаване на дълбочината, разликата нараства – $1,87\%$ при 30–40 cm и $3,95\%$ - при 40–60 cm дълбочина на слоя (Фигура 1, б,в). За Ливадно-канелената почва от Г. Лозен тези разлики са съответно $2,33\%$, $2,29\%$ и $2,79\%$ също в полза на приложената обработка O_1 . Вероятна причина за това е извършеното разрохкване на дълбочина 40 – 45 cm при O_1 (Фигура 2 б, в).

През вегетацията на пшеницата (2014-2015 г.) е установено, че почвено-климатичните условия са оказали статистически значимо влияние върху почвената влага (при $p < 0,1\%$) и през трите фази на измерване, докато приложената система на обработка - само през фаза „поникване”. При Ливадно-Канелената почва във фаза „восъчна зрялост” съдържанието на почвена влага е доста ниско (вероятно и поради настъпилото трайно засушаване) – от $5,98\%$ за повърхностния почвен слой до $11,67\%$ на дълбочина 40–60 cm. За опитна база Божурище доказано по-висока почвена влага (при $p < 0,1\%$) е установена в слоя 10–20 cm при обработка O_2 , а на дълбочина 40–60 cm влажността е с $1,65\%$ по-висока при O_1 .

Моментното съдържание на влага в почвата, установено в началото на вегетацията и във фаза „изметляване” на царевицата в опита в ОБ Божурище през реколтната 2016 г. е силно повлияно от приложената обработка (при вероятност за грешка $p < 0,1\%$), докато в края на вегетацията нейното влияние е статистически доказано едва при $p < 5\%$ (Фигура 2б). Същата тенденция се наблюдава и за фаза „восъчна зрялост”. Този факт се обяснява с по-засилено придвижване на влагата по капилярен път, поради оструктурирането на пододорния слой с разрохкването при царевицата.

За опитна база Г. Лозен във фаза „изметляване” съдържанието на влага при Ливадно-Канелената почва нараства постепенно по дълбочина на

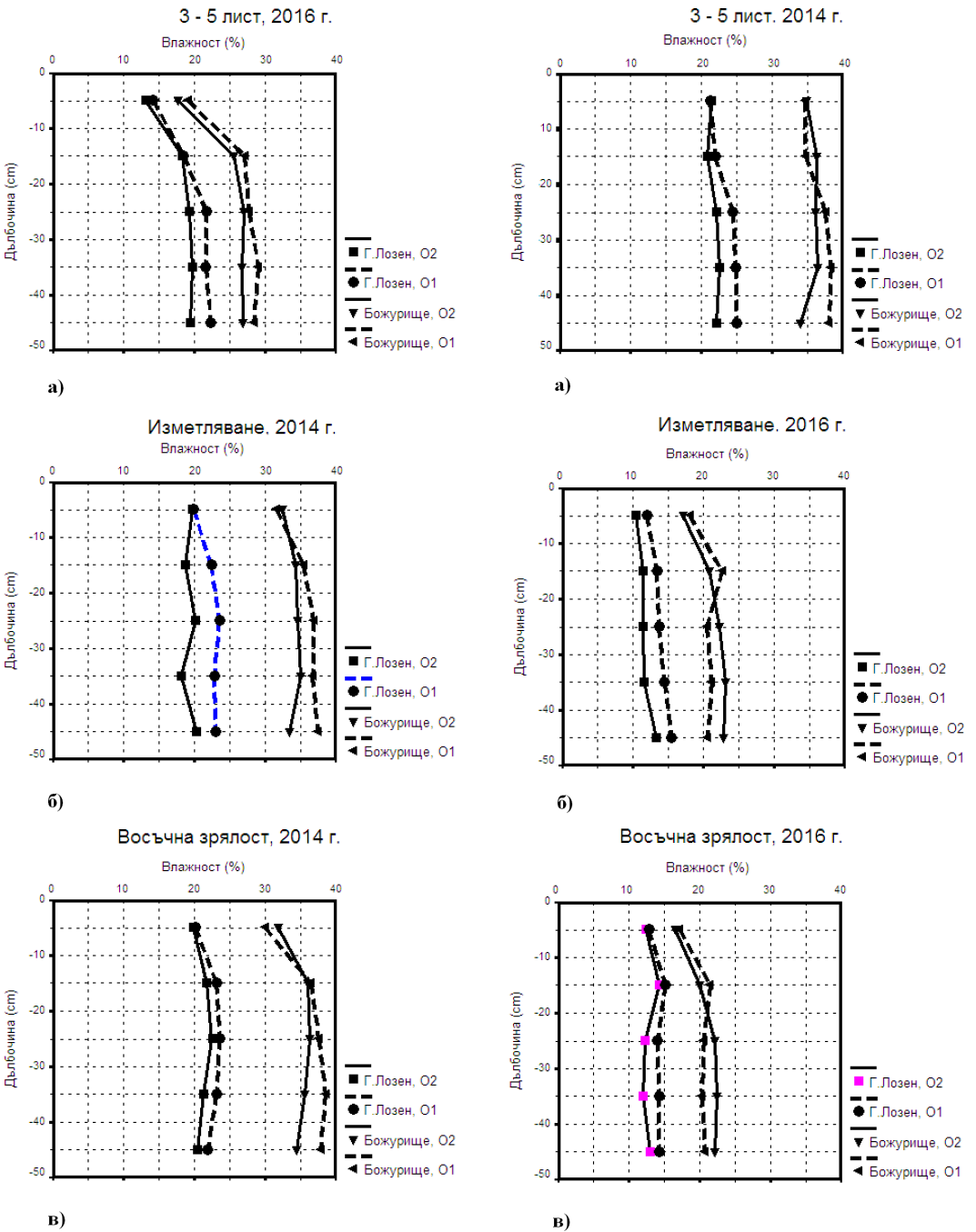
профила, като по-висока статистически доказана е тя при оранта на 28–30 cm дълбочина. Подобна тенденция се наблюдава и за фаза „восъчна зрялост”, като в слоя 0–20 cm няма доказана разлика във влажността при двете системи на обработка на почвата.

Плътността на почвата е силно зависима от нейната влажност. През 2014 г. влиянието на приложената система на обработка оказва статистически значимо влияние върху този показател и при трите фази на отчитане. При Излужената Смолница във фаза 3–5 лист, стойностите на параметъра са от 0,09 g/cm³ за слоя 0–10 cm до 0,06 g/cm³ за 40–60 cm по-високи на парцелите с оран на 25–30 cm в сравнение с тези, с извършено разрохкване на 40–45 cm. Макар и по-слабо изразена, тази тенденция е отчетена и в Г. Лозен. Разликите в обемните плътности при вариантите с дискуване и оран са статистически доказани в повечето случаи (при 5% и 1%).

При Излужената Смолница в края на вегетацията след приложено дискуване най-силно е уплътнена почвата в слоя 10-20 cm. При Ливадно-Канелената почва във фаза «восъчна зрялост» обемната плътност нараства значително, като на дълбочина 20-30 cm измерената стойност при дискуване е 1,74 g/cm³. По-ниски стойности са отчетени при оран на дълбочина 15–18cm. Най-силно уплътняване се отчита в зоната разположена под дълбочината на предсеитбената обработка. Установява се влияние и на последствието на обработката, извършена за предшественика.

През 2015 г. е установено, че приложената система на обработка оказва значимо влияние върху плътността на почвата само през първите две фази („поникване” и „вретенене”). Разликите в обемните плътности при вариантите с дискуване и оран са статистически доказани в повечето случаи (при 5% и 1%). При Излужената Смолница в края на вегетацията след приложено дискуване най-силно е уплътнена почвата в слоя 10-20 cm. При Ливадно-Канелената почва във фаза «восъчна зрялост» обемната плътност нараства значително, като на дълбочина 20-30 cm измерената стойност при дискуване е 1,74 g/cm³. По-ниски стойности са отчетени при оран на дълбочина 15–18cm. Най-силно уплътняване се отчита в зоната разположена под дълбочината на предсеитбената обработка. Установява се влияние и на последствието на обработката, извършена за предшественика.

През третата година на експеримента приложената обработка оказва значимо влияние върху стойностите на обемната плътност и за трите фази на измерване. Във фаза „3–5 лист” за Излужената Смолница от Божурище стойностите на параметъра при оран на 28–30 cm са по-ниски, между тях и тези при по-плитката обработка няма статистически доказани различия (с изключение на слоя 30–40 cm). При Ливадно-Канелената почва също няма доказани разлики в обемната плътност между двете системи на обработка,



Фигура 1 и 2. Съдържание на влага в тегловни % - царевица 2014 г. и 2016 г.
 Figure 1 and 2. Moisture content in % - maize 2014 and 2016

но най-големи стойности се наблюдават на дълбочина 20–30 cm – съответно $1,55 \text{ g/cm}^3$ при продълбочената и $1,59 \text{ g/cm}^3$ при плитката обработка. Явно това е граничният слой на силното просъхване и вследствие на сбиване на почвата.

При Излужената Смолница в края на вегетацията с нарастване на дълбочината на слоя расте и обемната плътност. След оран на дълбочина 28–30 cm, тя се изменя от $1,32 \text{ g/cm}^3$ в слоя 0–10 cm до $1,52 \text{ g/cm}^3$ при 30–40 cm. При оран 23–25 cm тези граници са съответно от 1,38 до $1,59 \text{ g/cm}^3$, като по-силно се уплътнява почвата в слоя 20–40 cm, т.е. под дълбочината на обработката. С провеждането на оранта на дълбочина до 30 cm се получава оструктуриране на целия изследван профил 0–40 cm, тъй като слоя 30–40 cm запазва в значителна степен структурното състояние от проведеното продълбочаване.

Твърдостта на почвата (съпротивлението на проникване) е в тясна взаимовръзка с останалите два физични параметри – влажност и плътност.

През 2014 г., фаза 3–5 лист от растежа и развитието на царевицата, за база Божурище, статистически доказано по-висока е твърдостта на почвата по цялата дълбочина (0–40 cm) при система на обработка O_2 . При по-плитката обработка този показател се изменя от $40,64 \text{ kg/cm}^2$ за слоя 0–10 cm до $58,23 \text{ kg/cm}^2$ при дълбочина на пробата 20–30 cm, докато при продълбочаване до 45 cm твърдостта се изменя съответно от $34,62 \text{ kg/cm}^2$ до $47,12 \text{ kg/cm}^2$ (Фигура 3а). За Ливадно-Канелената почва няма доказаност на разликите в стойностите на твърдостта при двете системи на обработка в повърхностния почвен слой (0–10 cm). С нарастване на дълбочината, нарастват и техните разлики, като за слоя 10–20 cm те са доказани при 5%, а за 20–30 cm и 30–40 cm – при 0,1% (Фигура 4а). Твърдостта отново е по-висока при обработка O_2 .

Във фаза “изметляване” за Излужената Смолница по дълбочина на профила стойностите на твърдостта при система на обработка O_2 нарастват и са доказано по-високи от тези при обработка O_1 (Фигура 3б). За почвата от Г. Лозен всички стойности на измервания параметър при плитката обработка са доказано по-високи в сравнение с тези при обработка O_1 . Най-голяма е измерената твърдост при O_2 - в слоя 20–30 cm ($68,56 \text{ kg/cm}^2$). Тези резултати показват къде по профила почвата се сляга по-бързо от натиска на валежната вода.

При поникване на пшеницата (2014/2015 г.), стойностите на твърдостта на Излужената Смолница в повърхностния почвен слой при двете системи на обработка не се различават статистически, докато при Ливадно-Канелената почва стойностите на този параметър са по-високи за парцелите с дискуване. Във фаза вретенене твърдостта нараства по дълбочина на профила и за двете почвени различия, като по-високи стойности се наблюдават за Излужената Смолница, при която по-рано настъпва дефицит на почвена влага. За тази

почва стойностите на параметърът се изменят от 74,64 kg/cm² в слоя 0–10 cm до 89,33 kg/cm² при дискуване на 10-12 cm. При прибиране на пшеницата, тази тенденция се запазва, като стойностите на твърдостта достигат до 128,62 kg/cm² в резултат на настъпилото трайно засушаване.

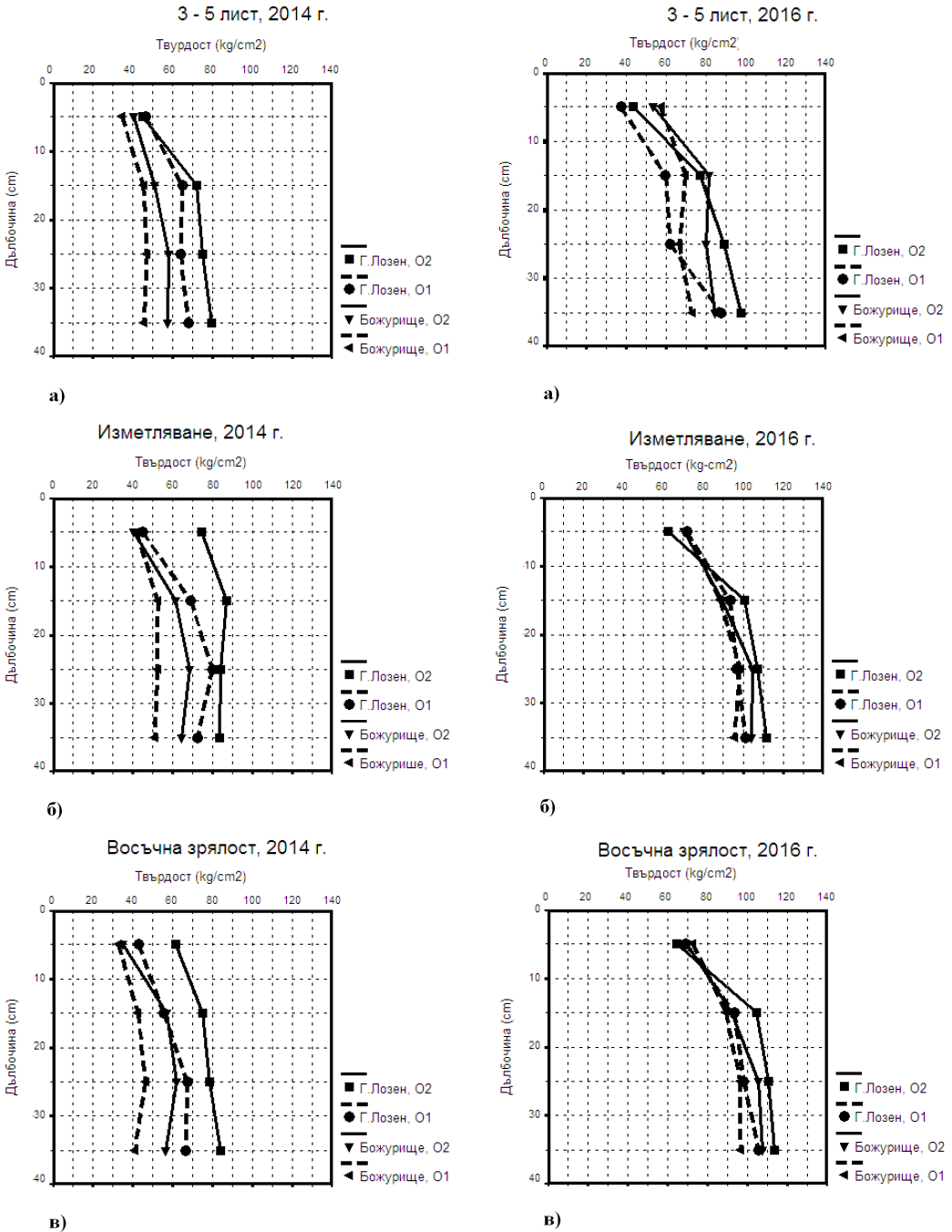
На опитните площи с царевица през 2016 г. след засяване, по-високи стойности на параметъра в слоя 0–10 cm са измерени за Излужената Смолница. С нарастване на дълбочината от 20 до 40 cm, обаче, по-високи стойности на твърдостта във фаза “3–5 лист” са установени за Ливадно-Канелената почва. За тази фаза, разликите в стойностите по варианти на обработка и за двете почви са статистически доказани (с изключение на слоя 0–10 cm при Излужената Смолница), като на дълбочина 20–30 cm твърдостта при по-плитката оран (на 23-25 cm) е по-висока с 13,65 kg/cm² за Излужената Смолница и със 16,70 kg/cm² - за Ливадно-Канелената в сравнение с тази при обработка на дълбочина 28-30 cm (Фигура 3в и 4в). Данните показват, че твърдостта нараства в слоя разположен под дълбочината на обработка.

Във фаза восьмична зрялост и за двете почвени различия се наблюдава статистически доказано (Фигура 3в и 4в) по-висока твърдост на почвата при приложена система на обработка O₂ (при доказаност на разликите 0,1%). При Ливадно-Канелената почва с нарастване на дълбочината на вземане на проби, расте и твърдостта, докато при Излужената Смолница отново най-висока твърдост се наблюдава за слоя 20–30 cm (61,76 kg/cm²).

При поникване на пшеницата (2014-2015 г.), стойностите на твърдостта на Излужената Смолница в повърхностния почвен слой при двете системи на обработка не се различават статистически, докато при Ливадно-Канелената почва стойностите на този параметър са по-високи за парцелите с дискуване. Във фаза вретенене твърдостта нараства по дълбочина на профила и за двете почвени различия, като по-високи стойности се наблюдават за Излужената Смолница, при която по-рано настъпва дефицит на почвена влага. За тази почва стойностите на параметърът се изменят от 74,64 kg/cm² в слоя 0–10 cm до 89,33 kg/cm² при дискуване на 10-12 cm. При прибиране на пшеницата, тази тенденция се запазва, като стойностите на твърдостта достигат до 128,62 kg/cm² в резултат на настъпилото трайно засушаване.

На опитните площи с царевица през 2016 г. след засяване, по-високи стойности на параметъра в слоя 0–10 cm са измерени за Излужената Смолница. С нарастване на дълбочината от 20 до 40 cm, обаче, по-високи стойности на твърдостта във фаза “3–5 лист” са установени за Ливадно-Канелената почва. За тази фаза, разликите в стойностите по варианти на обработка и за двете почви са статистически доказани (с изключение на слоя 0–10 cm при Излужената Смолница), като на дълбочина 20–30 cm твърдостта при по-плитката оран (на 23-25 cm) е по-висока с 13,65 kg/cm² за Излужената Смолница и със 16,70 kg/cm²

cm² - за Ливадно-Канелената в сравнение с тази при обработка на дълбочина



Фигура 3 и 4. Твърдост на почвата в kg/cm² – царевица 2014 г. и 2016 г.
 Figure 3 and 4. Soil strength (kg/cm²) – maize 2014 and 2016

28-30 cm (Фигура 3в и 4в). Данните показват, че твърдостта нараства в слоя разположен под дълбочината на обработка.

Подобни тенденции се наблюдават и във фази „изметляване” и „восъчна зрялост”, за които в повърхностния почвен слой твърдостта на почвата е по-висока за база Божурище, но с нарастване на дълбочината по-високи стойности на параметъра се наблюдават за Г. Лозен.

От взетите преди залагането на опита проби се установи, че при Излужената Смолница запасеността с усвоими форми на азота е сравнително добра, като при торените варианти за слоя 0-30 cm съдържанието е от 24,8 mg/kg до 35,7 mg/kg почва. Ниско е съдържанието във вариантите без торене (над 20 години), където то е едва 8,2-13,8 mg/kg почва. Тя е слабо запасена с фосфор, като в орния хоризонт усвоимите форми са от 1,6 до 4,7 mg/100g почва, докато в подорницата съдържанието е само следи – под 0,7 mg/100g почва. Съдържанието на калий е от задоволително до добро - за орния слой е 29,4-38,1 mg/100g почва. Реакцията на почвения разтвор е неутрална, като в някои проби от слоя 0-30 cm тя е слабо кисела – 5,0 в KCL, което е вследствие дългогодишното прилагане на интензивни практики на земеделие.

На опитната площ в опитната база на ИФРГ – БАН Г. Лозен, анализът на изходните проби показва ниска запасеност с подвижни форми на азот и фосфор. В съдържанието на азот не са установени съществени разлики, резултатите от пробите показват изравненост на площта при недостатъчно количество хранителни вещества. Особено ниско е съдържанието на усвоими фосфати, като в орния хоризонт то е едва 1,2-3,4 mg/100g почва, а в слоя 30-60cm се намира в състояние на следи.

Стойностите за общо съдържание на усвоим азот във вариантите с нулево торене след вегетацията на царевицата 2014 г. бележат лека тенденция на нарастване, което вероятно е в резултат от постъпление от разлагане на растителните остатъци и протичане на оксиредукционни процеси. При вариантите с торене не е установена съществена разлика в отчетените стойности за усвоимия азот. В слоя 0-30 cm съдържанието на разтворимия фосфор е ниско – от 2,1 до 5,22 mg/100 g почва, а в подорния слой 30-60 cm фосфора е само следи 0.2 до 1.2 mg/100 g почва.

В опитната площ върху Ливадно-Канелена почва е установена тенденция на нарастване съдържанието на усвоими нитратни и амониеви форми на азота. Тези резултати имат логично обяснение при наличието на минерално торене с азот. При неторените варианти азота е с 2,3 mg/kg почва повече в слоя 30-60 cm. При торените варианти общото съдържание е с 1,8 до 2,5 mg/kg почва в повече от установеното на неторените парцели.

През втората година на изследването в неторените варианти на опитната площ върху Излужена Смолница съдържанието на усвоими форми азот се

запазва в количество, близко до отчетеното в предходната година и в орния слой достига до 18,5 mg/kg. При торените варианти стойностите са с 2-3 mg по-ниски, което показва, че значителна част от внесения азот е усвоен от растенията. Най-много общ усвоим азот е установен във вариант T_2O_2 – 24,2 mg/kg почва. Не се установява разлика между вариантите на торене – T_1 и T_2 . При Ливадно-Канелената почва също е установена тенденция за леко нарастване съдържанието на подвижни форми азот в орния слой. Разликите в стойностното изражение между вариантите на обработка е от 1,0 до 4,2 mg/kg почва. Количеството на достъпния фосфор е твърде ниско, в слоя 0-30 cm то е в границите от 0,6 до 2,7 mg/100g почва, а в слоя 30-60 cm е едва от 0,2 до 1,1 mg/100g почва.

Таблица 1. Агрохимичен анализ опит ОБ Божурище, царевица восьчна зрялост 2016г.

Table 1. Agrochemical analyses – field trial Bozhurishte – maize (waxy maturity) - 2016

Варианти	Дълбочина cm	pH		Σ N-NH ₄ +NO ₃ mg/kg	P ₂ O ₅ mg/100gr	K ₂ O %	Хумус
		H ₂ O	KCL				
T_0O_1	0-30	6,1	5,2	13,8	0,9	23,5	3,59
T_0O_1	30-60	6,2	5,4	13,2	0,7	15,4	3,04
T_1O_1	0-30	5,7	4,9	22,5	5,0	26,2	3,96
T_1O_1	30-60	6,5	5,7	20,7	1,1	18,7	2,95
T_2O_1	0-30	6,3	5,3	21,9	5,8	24,5	3,73
T_2O_1	30-60	6,4	5,6	15,1	1,2	17,4	3,11
T_0O_2	0-30	5,7	5,0	14,3	1,1	21,4	3,54
T_0O_2	30-60	6,3	5,5	11,9	0,6	19,7	3,47
T_1O_2	0-30	5,7	4,8	19,4	5,4	26,2	3,78
T_1O_2	30-60	6,1	5,4	27,6	0,7	20,0	3,34
T_2O_2	0-30	6,3	5,5	21,3	7,3	25,3	3,67
T_2O_2	30-60	7,0	6,3	23,0	0,5	19,7	3,16

При Ливадно-Канелената почва също е установена тенденция за леко нарастване съдържанието на подвижни форми азот в орния слой. Разликите в стойностното изражение между вариантите на обработка е от 1,0 до 4,2 mg/kg почва. Като обща тенденция се отчита известно нарастване на стойностите за усвоимия азот в слоя 0-30 cm, като най-високата е стойност е при вариант T_1O_1 – 25,6 mg/kg почва. При Ливадно-Канелената почва в орния слой азота е повече, отколкото при Излужената Смолница. Тази разлика се държи на по-голямото количество използвано за образуването на единица биомаса в

опита върху Излужена Смолница. Количеството на достъпния фосфор обаче е твърде ниско, в слоя 0-30 cm то е в границите от 0,6 до 2,7 mg/100g почва, а в слоя 30-60 cm е едва от 0,2 до 1,1 mg/100g почва.

През третата на Излужената Смолница има слабо изразена тенденция (3-4,5 mg/1000 g) на намаляване на подвижни форми на азот във варианта на торене с приложено третиране с листен тор T_2 (Таблица 1). Следователно заменянето на макар и малка част от нормата на торене с почвени торове не подобрява азотното съдържание.

Таблица 2. Агрохимичен анализ опит ОБ Г.Лозен, царевица восьчна зрялост 2016 г.

Table 2. Agrochemical analyses – field trial G. Lozen – maize (waxy maturity) - 2016

Варианти	Дълбочина cm	pH		Σ N-NH ₄ +NO ₃ mg/kg	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	Хумус %
		H ₂ O	KCl				
T ₀ O ₁	0-30	5,4	4,9	14,4	0,6	23,9	2,64
T ₀ O ₁	30-60	6,2	5,4	11,3	0,2	22,4	2,14
T ₁ O ₁	0-30	6,0	5,0	19,6	3,4	29,8	2,46
T ₁ O ₁	30-60	6,2	5,3	18,4	0,6	28,1	2,16
T ₂ O ₁	0-30	6,3	5,3	19,0	3,6	29,8	2,46
T ₂ O ₁	30-60	6,7	5,9	16,1	0,6	27,5	2,35
T ₀ O ₂	0-30	6,5	5,4	13,2	0,6	24,8	2,62
T ₀ O ₂	30-60	6,6	5,8	12,5	0,2	24,2	2,31
T ₁ O ₂	0-30	5,9	4,9	18,4	2,7	25,7	2,54
T ₁ O ₂	30-60	6,5	5,5	15,6	0,4	23,5	2,18
T ₂ O ₂	0-30	6,3	5,3	17,3	2,4	24,1	2,54
T ₂ O ₂	30-60	6,7	5,9	14,4	0,2	22,5	2,47

Друга важна тенденция е повишаването на количеството на усвоим фосфор в орния слой при торените варианти, като то е в границите от 5,0 до 7,3 mg/100 g. Повишаване на съдържанието на усвоими фосфати в подорницата (слой 30-60 cm) обаче не се установява. Съществува и тенденция на понижаване на количеството усвоим калий, като за някои от торените варианти то е около 10 mg/100 g почва. Този факт потвърждава необходимостта от балансирано торене, тъй като с добитата продукция се изнасят известни количества калий, които трябва да се компенсират. Резултатите за реакцията на почвения разтвор показват зависимост от приложеното торене, във варианти T_2 с употреба на физиологично неутрални и алкални торове в слоя 0-30 cm стойностите в зависимост от обработката са 5,3 и 5,5, докато при вариант T_1 - съответно 4,9

и 4,8 (Таблица 1). Следователно за три годишния период на изследването е постигнато стабилизиране на рН на почвата.

При Ливадно-Канелената почва също е установена тенденция за намаляване съдържанието на подвижни форми азот. Приложеното торене и трансформацията на органичната маса от растителните остатъци явно не могат да покрият износа с продукцията, като предполагаме, с оглед на механичния състав, че има миграция по дълбочината на профила. При варианти на торене след обработка дискуване по-голямо е съдържанието на азот в слоя 30-60 cm в сравнение на отчетеното за слоя 0-30 cm (Таблица 2). За разлика от Излужената Смолница при това почвено различие не се установява тенденция за повишаване нивото на усвоимите фосфати. В слоя 0-30 cm съдържанието е едва 2,4–3,6 mg/100 g. Предполагаме, че има и преобразуване в неусвоими форми на част от внесения с тора фосфор. За калия при Ливадно-Канелената почва не е установено понижаване на количеството в такива стойности, както при Излужената Смолница. Това е обяснимо, с оглед на нивото на продуктивност постигнато на двата опита. Има тенденция на подобряване на реакцията на почвения разтвор след употребата на алтернативни торове – вариант Т₂, като стойностите за рН на почвата са 5,3 за слоя 0-30 cm и съответно 5,9 за слоя 30-60 cm, докато на вариантите с приложено торене Т₁ те са съответно 4,9-5,0 и 5,3-5,5 (Таблица 2). Следователно чрез използването на физиологично неутрални и алкални торовене само се предотвратява развитието на процесите на киселяване, но и се върви в посока на подобрене на реакцията на почвата.

Таблица 3. Влияние на факторите торене и обработка върху количеството на микроорганизмите в ризосферата на царевица във фаза зрелост, ОБ Г. Лозен 2016г.

Table 3. Influence of the fertilizing and processing factors on the quantity of microorganisms in maize rhizosphere in maturity phase, GR G. Lozen - 2016

Фактори		Амони- фициращи бактерии	Актино- мицети	Бактерии, усвояващи минерален азот	Микро- скопични гъби	Целулозо- разлагащи микроорг.
		CFU/g. 10 ⁵				
Торене	T ₀	16.8 b	3.53 a	11.6 b	0.144 a	0.0260 b
	T ₁	27.77 a	3.13 a	20.4 a	0.081 b	0.0238 b
	T ₂	16.03 b	3.6 a	10.8 b	0.092 b	0.0459 a
Обработка	O ₁	17.31 b	3.18 a	12.55 b	0.1004 a	0.0302 b
	O ₂	23.08 a	3.67 a	15.98 a	0.1109 a	0.0336 a
Торене x обработка		***	n.s.	n.s.	***	***

Таблица 4. Влияние на факторите торене и обработка върху количеството на микроорганизмите в ризосферата на царевица във фаза зрелост, ОБ Божурище 2016г.

Table 4. Influence of the fertilizing and processing factors on the quantity of microorganisms in maize rhizosphere in maturity phase, FS Bozhurishte - 2016

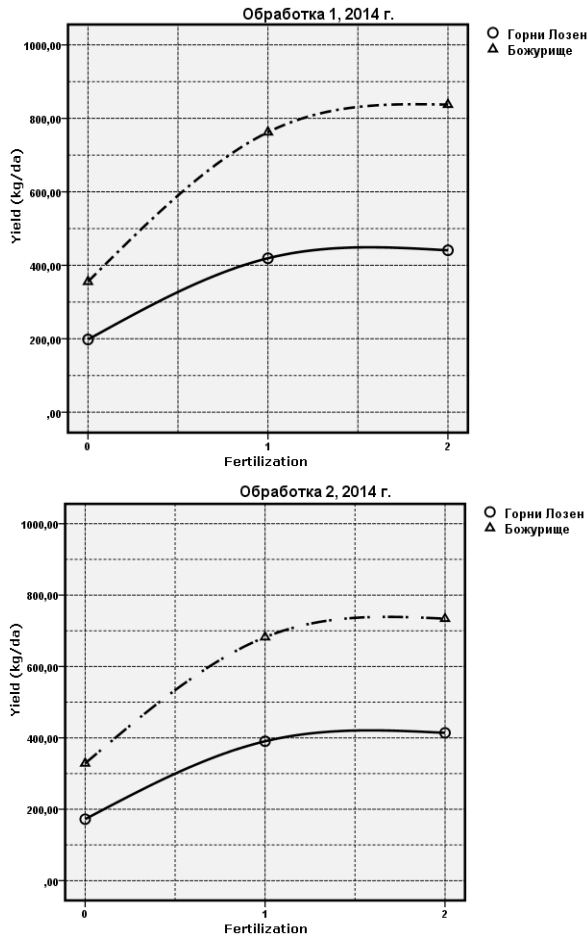
Фактори		Амони- фициращи бактерии	Актино- мицети	Бактерии, усвояващи минерален азот	Микро- скопични гъби	Целулозо- разлагащи микроорг.
		CFU/g.10 ⁵				
Торене	T ₀	11.97 a	2.1a	6.73 a	0.0573 b	0.0609 a
	T ₁	12.23 a	2.4 a	7.43 a	0.0763 a	0.0534 b
	T ₂	8.47b	2.3 a	4.37 b	0.0543 b	0.0463 c
Обработка	O ₁	11.69 a	2.49 a	6.67 a	0.0755 a	0.0444 b
	O ₂	10.09 a	2.04 a	5.69 a	0.0500 b	0.0627 a
Торене x обработка		***	***	***	***	***

Обобщено за двете обработки при Ливадно-Канелената почва, вариант T₁ влияе стимулиращо върху амонифициращите бактерии и бактериите усвояващи минерален азот, а вариант T₂ - върху целулозоразлагащите микроорганизми. Микроскопичните гъби намаляват в двата варианта. Актиномицетите не се влияят съществено от торенето, както и от вида на обработката. На тази почва при обработка O₂ се развиват по-голямо количество амонифициращи бактерии, бактерии усвояващи минерален азот и целулозоразлагащи микроорганизми (Таблица 3), а при актиномицетите и гъбите не са установени изменения в зависимост от обработката. Взаимодействието между двата фактора торене и обработка на почвата е значимо при амонифициращите бактерии, микроскопичните гъби и целулозоразлагащите микроорганизми.

На Излужената Смолница (Божурище) във фаза млечно-восъчна зрелост на пшеница двата вида торене влияят положително върху количеството на актиномицетите. Алтернативното торене стимулира развитието на целулозоразлагащите микроорганизми. Система на обработка O₁ създава благоприятни условия за развитие на актиномицетите и микроскопичните гъби.

Във фаза 3-5 лист от развитието на царевица на Излужена Смолница през 2016 г. е установен положителен ефект на двата вида торене върху амонифициращите бактерии. Система на обработка O₁ има положително влияние върху числеността на бактериите усвояващи минерален азот, микроскопичните гъби и целулозоразлагащите микроорганизми (Таблица 4). Във фаза восъчна зрелост стандартното торене има стимулиращ ефект

върху микроскопичните гъби. Система на обработка O_1 има положително влияние върху числеността на микроскопичните гъби, а обработка O_2 – върху целулозоразлагащите микроорганизми. Наблюдаваните изменения в числеността на микроорганизмите се дължат в голяма степен на взаимодействието между изследваните фактори.



Фигура 5. Добиви от царевица в зависимост от почвено-климатичните условия и обработката на почвата – 2014 г.

Figure 5. Corn yields depending on soil and climatic conditions and soil treatment - 2014

Получените добиви са сумарен израз на условията на годината и приложената агротехника. В двата пункта през 2014 г. във фаза 9-10 лист на царевицата имаше поражения от градушка. В ОБ Божурище въпреки сериозните поражения, предимно по листната маса, царевицата бързо

преодоля стреса и успя да развие добър продуктивен потенциал (Фигура 1). Продължителните и обилни валежи доведоха до удължане на вегетацията и до значително закъсняване на фазите восъчна и пълна зрялост.

Дисперсионният анализ на данните за добивите от царевица показва, че през първата експериментална година (2014) влиянието на двата изпитвани фактора „торене” и „обработка” е статистически значимо при вероятност за грешка съответно $p < 0,1\%$ и $p < 0,2\%$ (Таблица 5). Тяхното съвместно влияние не е доказано. 92,57% от общото вариране в данните за добивите може да се обясни с влиянието на торенето и едва 2,97% - с приложените обработки на почвата. Добивите, получени в експериментална база Божурище, са почти два пъти по-високи в сравнение с тези от Горни Лозен най-вероятно поради падналата градушка в Горни Лозен през юни, а също и продължителното отглеждане на житни като монокултура преди залагане на опита в тази база (Фигура 1).

Таблица 5. Дисперсионен анализ на данните за добив царевица: Божурище, 2014 г.

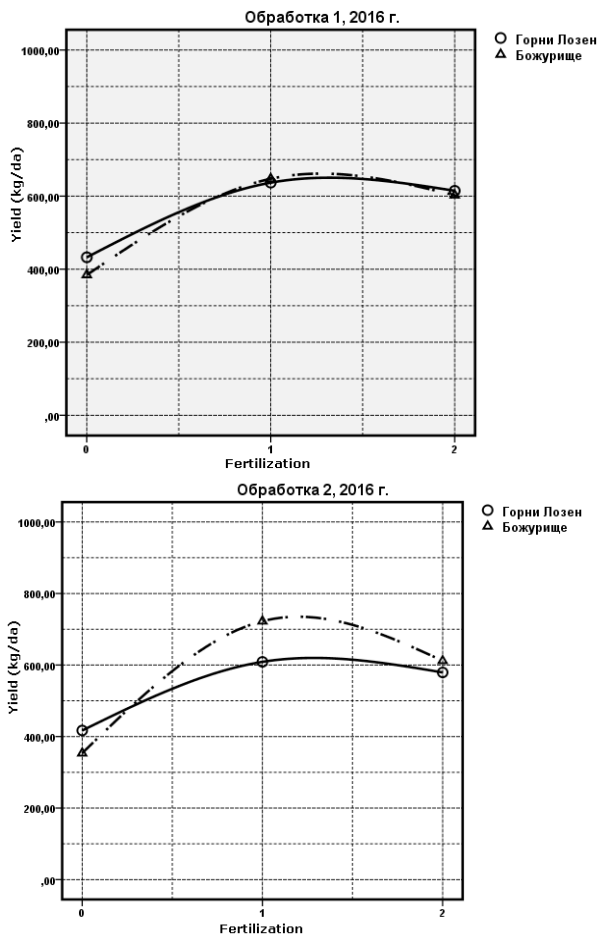
Table 5. Dispersion Analysis of Corn Extraction Data: Bozhurishte, 2014

Източник на вариране	Сума от квадр.	Сума от кв.%	Ст. На св.	Среден квадр.	F-отн.	Ниво на зн.
Торене (F)	921611,395	92,570	2	460805,697	217,343	,000***
Обработка (O)	29600,340	2,974	1	29600,340	13,961	,002 **
F*O	6203,231	0,623	2	3101,616	1,463	,258 -
Грешка	38163,265	3,833	18	2120,181		
Обща сума	995578,231		23			

За експериментална база Божурище – 2015 г., влиянието на изследваните фактори „торене” и „обработка” върху добивите от пшеница е статистически доказано при вероятност за грешка $p < 0,1\%$ (Таблица 4). Варирането в данните, дължащо се на торенето, е 94,03% спрямо общото вариране на данните в опита, докато това на обработката на почвата – 2,65%. Добивите варират в широки граници – от 140,58 kg/da до 473,44 kg/da. Най-високият добив е получен във варианта T₁O₁, вероятно поради последствието на обработката при предшественика – дълбоко разрохкване.

От изпитваните фактори при пшеницата за база Горни Лозен – 2015 г., основно въздействие върху добивите е оказало единствено торенето (при ниво на вероятност $p < 0,1\%$). Резултатите от дисперсионния анализ на данните за добивите за 2015 г. са сходни с тези от Божурище и тук значимо влияние върху добивите оказва само торенето (при $p < 0,1\%$), а това на „обработката”, както и на съвместното влияние на двата фактора, не е доказано (Таблица

6). 82,87% от варирането на добивите е в резултат от торенето, а 1,86% - от обработката.



Фигура 6. Добиви от царевица в зависимост от почвено-климатичните условия и обработката на почвата, 2016 г.

Figure 6. Corn yields depending on soil and climatic conditions and soil treatment - 2016

През третата експериментална година значимо въздействие върху добивите оказва само факторът „торене” (съответно 73,47% и 89,97%). Влиянието на почвено-климатичните условия също е статистически значимо само през първата година на извеждане на опита ($p < 0,1\%$), когато 41,71% от общото вариране в данните за добивите се дължи на този фактор. Няма ясно изразена тенденция за влиянието на добавения листен тор. Необходими са по-продължителни изследвания в тази насока.

Таблица 6. Дисперсионен анализ на данните за добива от царевица : Горни Лозен,
Божурище – царевица, 2016г.

Table 6. Dispersion analysis of data on maize yield: Gorni Lozen, Bozhurishte -
maize, 2016

Източник на вариране	Сума от квадър.	Сума от кв. %	Ст. На св.	Среден квадър.	F-отн.	Ниво на зн. (p)
Торене (F)	591829,920	83,722	2	295914,960	154,780	,000***
Обработка (O)	216,493	0,031	1	216,493	,113	,738 -
Пункт (P)	373,004	0,053	1	373,004	,195	,661 -
F*O	4830,628	0,683	2	2415,314	1,263	,295 -
F*P	27974,905	3,957	2	13987,453	7,316	,002 **
O*P	5847,592	0,827	1	5847,592	3,059	,089 -
F*O*P	6999,158	0,990	2	3499,579	1,830	,175 -
Грешка	68826,425	9,736	36	1911,845		
Обща сума	706898,126		47			

Проведеният дисперсионен анализ на данните за двете бази показва, че общата продуктивност на сеитбообращението е статистически доказано по-висока (при $p < 0,1\%$) за Излужената Смолница от Божурище при двата варианта с приложено торене и двете системи на обработка в сравнение с Ливадно-Канелената почва от опита в Г. Лозен (Таблица 7).

Таблица 7. Обща продуктивност Божурище – Горни Лозен – кр. Единици

Table 7. Total productivity Bozhurishte - Gorni Lozen - Bloom Units

Източник на вариране	Сума от квадър.	Сума от кв. %	Ст. На св.	Среден квадър.	F-отн.	Ниво на зн. (p)
Торене (F)	11776244,565	64,060	2	5888122,282	578,702	,000***
Обработка (O)	183845,884	1,000	1	183845,884	18,069	,000***
Пункт (P)	2558551,044	13,918	1	2558551,044	251,462	,000***
F*O	325334,203	1,770	2	162667,101	15,987	,000***
F*P	3070565,245	16,703	2	1535282,623	150,892	,000***
O*P	11377,953	0,062	1	11377,953	1,118	,297 -
F*O*P	91053,055	0,495	2	45526,527	4,474	,018 **
Грешка	366289,206	1,992	36	10174,700		
Обща сума	18383261,156		47			

В повечето случаи по-високи, макар и не винаги статистически доказани, са добивите от вариантите с прилагане на торене с алтернативни (химично неутрални и слабо алкални торове с повишено съдържание на усвоими форми)

и добавен листен тор. При нетореният вариант по-висока е продуктивността на сеитбообращението в опитната площ върху Ливадно-Канелена почва в Горни Лозен. Тази разлика в продуктивността не произхожда от естественото почвено плодородие, а от запасеността с хранителни елементи в резултат на различния период на изключването на торенето преди залагането на опитите.

Изводи

Продуктивността на сеитбообращението, от изследваните агротехнически фактори, в най-голяма степен се определя от торенето. На влиянието на този фактор се дължат 64,06% от общото вариране в данните. Липсата на торене повлиява добивите по осезателно при пшеницата, в сравнение с царевицата. Почвено-климатичните условия са вторият по значимост фактор, оказал влияние върху продуктивността (13,92% от варирането в данните). Най-слабо, но статистически доказано (при $p < 0,1\%$ грешка) е влиянието на приложената система на обработка, като по-висока продуктивност се наблюдава при системата за обработка O_1 включваща дълбоко разрохкване за царевицата през първата година и оран като предсеитбена обработка на почвата за пшеницата. От резултатите от проведеното изследване може да се препоръча нейното съчетаване с минералното торене включено във вариант T_2 .

От тригодишните изследвания се установи, че приложените агротехнически мероприятия оказват най-значимо влияние върху твърдостта на почвата, следвана от плътността и влажността. От анализа на получените резултати за изследваните физични параметри се установи, че по-дълбоките обработки допринасят за поддържане на стойностите им в по-благоприятен диапазон.

За краткият период на изследването при Ливадно-Канелената почва в края на тригодишната ротация има слабо понижение на усвоимия азот, като при торените варианти то е от 2,9 до 5,6 mg/kg почва. Съдържанието на усвоимия фосфор бележи известно нарастване, но изследваните почвени различия остават слабо запасени с този макроелемент. Отчита се известно намаление в съдържанието на усвоими форми на калий, по осезателно при нулево торене. Установена е тенденция за повишаване рН на Ливадно-Канелената почва, като от 4,7-4,9 стойностите се променят до 5,0-5,5, която се обяснява с използването на три годишен период на калциево-амониев нитрат и амофос, вместо амониев нитрат и суперфосфат.

Различните системи на обработка влияят положително или отрицателно върху отделните групи микроорганизми през изследваните години в зависимост вида на културата и фазата от вегетацията ѝ.

Литература References

- Borisova, M., Dimitrov, I. & Nikolova, D. (2004). The soil tillage systems and crop rotations by the sustainable agriculture. *Ecologia i industria*, vol.6, №1, 133-135.(Bg).
- Convertini, G., Giorgio, D.D., Ferri, D., Giglio, L. & Cava La P. (1997). Comparison among soil tillage methods in Southern Italy: Effects on agronomical responses and soil properties. *Proceedings of 14th Triennial ISTRO Conference, Pulawy, Poland*, 155-158.
- Estrade, I.R., Anger, C. Bertrand, M. & Richard, G. (2010). Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research*, 111,1,33-40.
- Hargrove, W. (1985). Influence of tillage on nutrient uptake and yield of corn. *Agronomy Journal*, 77, 5,763-768.
- Karlen, D., Cambardella, C., Kovar, I. & Colvin, T. (2013). Soil quality response to long-term tillage and crop rotation practice. *Soil and Tillage Research*, 133, 54-64.
- Mitova, T., Stoinev, K. & Dimitrov, I. (1999). Methodological Procedure for Assessment of Soil Tillage Systems in Sustainable Agriculture. *Soil science, agrochemistry and ecology*, № 6, 171-175.(Bg).
- Ozpinar, S. & Cay, A. (2006). Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey. *Soil and Tillage Research*, 88,1-2, 95-99.
- Stoynev, K. (2004). Ecological and technological aspects of modern agriculture. Eco innovation Ltd., Sofia.(Bg).
- Terra, I., Shaw, I. & Reeves, D. (2006). Soil management practices and landscape attribute impact on field-scale corn productivity. *Proceedings of 17th Triennial ISTRO Conference, Kiel, Germany*, 1275-1280.
- Toncheva, R., Dimitrov, I., Nikolova, D. & Nenov, M. (2015). Investigation the Productivity of Maize in Different Agroecological Regions and Agrotechnical Treatments. I. Non-irrigated conditions. *Soil science, agrochemistry and ecology*, № 4, 55-64.(Bg).
- Zarkov, B. & Koteva, V. (2005). Productivity and efficiency of seven plots rotation. *Proceedings of Bolkan Conference, Karnobat*, 489-493(Bg).

