



**ВЛИЯНИЕ НА ТЕРМОТРИБОХИМИЧНО АКТИВИРАНИ ПРИРОДНИ
ФОСФАТИ ВЪРХУ ПРОДУКТИВНОСТТА И УСВОЯВАНЕТО
НА ХРАНИТЕЛНИ ЕЛЕМЕНТИ ПРИ *T. AESTIVUM* L.**

Маргарита Нанкова¹, Иван Домбалов², Костадин Костов¹

¹Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево

²Химикотехнологичен и металургичен университет, София

Резюме

*Нанкова М., И. Домбалов, К. Костов, 2009. Влияние на термотрибохимично активирани природни фосфати върху продуктивността и усвояването на хранителни елементи при *T. aestivum* L.*

Във вегетационен опит (Naplic Chernozem) е изследвано влиянието на термо трибохимично активирани (ТТХА) природни фосфорити (Тунис и Мароко) и дикалциеви фосфати – промишлени и отпадъчни върху добива и усвояването на хранителни вещества при три сорта *T. aestivum* L. (“Аглика”, “Кристал” и “Свилена”). Същите са внасяне в почвата самостоятелно и в комбинация с торова добавка от $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + KCl + доломит. Установена е ясно изразена генотипна специфика в продуктивността и някои от елементите и, както и в усвояването на азота, фосфора и калия. Сорт “Свилена” реагира положително на самостоятелно внасяне ДКФ – промишлени и отпадъчни, а ефектът от внасянето на марокански фосфорити се изравнява с този на тройния суперфосфат. Най-неподходящи за сорт “Аглика” са туниските фосфорити и ДКФ – промишлени и отпадъчни. Независимо от по-ниските абсолютни стойности на добива от сорт “Аглика” положителната реакция от внасянето на Р-източници е най-силно изразена. Сорт “Кристал” се отличава като по-слабо отзивчив в сравнение със сортовете “Свилена” и “Аглика”. Добивът зърно от този сорт е най-висок при прилагането на ДКФ – промишлени и отпадъчни в комбинация с торовата добавка. Самостоятелното действие и взаимодействието на факторите “торов източник” и “сорт” е най-силно проявено при GHI и абсолютната маса на зърното. Средната продуктивност на сортовете нараства с 9.2 % в резултат от комбинирането на ТТХА Р-източници с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + KCl + доломит, в сравнение със самостоятелното им прилагане. Ефектът от тази комбинация е изразен най-силно при сорт “Свилена”. Като фосфатен източник активираните отпадъчни ДКФ се изравняват или много слабо отстъпват тройния суперфосфат. Този фосфатен източник допринася за увеличаване усвояването на азот и калий в общо формираната надземна биомаса средно с 15.0 % и за двата хранителни елемента, спрямо самостоятелното прилагане на ТТХА Р-източници. Активацията на отпадъчните от производството на гипс ДКФ води до усвояването на по-големи количества фосфор и калий в пшеницата в сравнение с употребата на троен суперфосфат.

Ключови думи: термотрибохимична активация, природни фосфорити, дикалциеви фосфати (промишлени и отпадъчни), генотипи, усвояване на хранителни вещества

Abstract

Nankova M, I. Dombalov, K. Kostov. Effect of thermo-tribochemical activated natural phosphates on productivity and nutrient uptake of T. aestivum L.

In a vegetation pot experiment (Haplic Chernozem) the effect of thermo-tribochemically activated (TTCA) natural phosphorites (Tunisian and Morocco) and dipotassium phosphates (industrial and waste) on yield and uptake of nutrients in three *T. aestivum* L. varieties (“**Aglika**”, “**Kristal**” and “**Svilena**”) was investigated. These were introduced in soil independently and in combination with fertilizer additive $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KCl} + \text{dolomite}$. A clear genotype specificity was established in the productivity of its elements, as well as in nitrogen, phosphorus and potassium uptake. Variety “**Svilena**” responded positively to the independent application of dicalcium phosphates - industrial and waste (DCP_i and DCP_w), and the effect of the application of Morocco phosphorites (MP) was equal to the effect of triple super phosphate. Tunisian phosphorites (TP) and DCP (industrial and waste) proved most unsuitable for variety “**Aglika**”. Regardless of the lower absolute yield values of variety “**Aglika**”, the positive response to the introduction of P-sources was highest. Variety “**Kristal**” was less responsive in comparison to “**Svilena**” and “**Aglika**”. Grain yield from this variety was highest after fertilization with DCP (industrial and waste) in combination with fertilizer additive. The independent effect and the interaction of the factors “fertilizer source” and “variety” was highest in GHI and absolute grain weight. The mean productivity of the varieties increased with 9.2 % as a result from the combining of TTCA P-sources with fertilizer additive $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KCl} + \text{dolomite}]$ in comparison to their independent application. The effect of this combination was most evident in variety “**Svilena**”. Activated waste DCP as a phosphate source were equal or slightly conceding to triple super phosphate. This phosphate source contributed to the increased uptake of nitrogen and potassium in the total shoot mass formed with 15 % for both elements, as compared to the independent use of TTCA P-sources. The activation of waste DCP from the production of gypsum lead to the uptake of greater phosphorus and potassium amounts in wheat in comparison to fertilization with triple super phosphate.

Key words: thermo-tribochemical activated natural phosphates, genotypes, nutrient uptake

УВОД

Преработването на природните фосфати до фосфорни торове се свежда в преминаването на фосфора от трудно достъпна в лесно усвояема за растенията форма. Използваните в класическата торова промишленост методи са скъпи, технологически сложни и екологически нецелесъобразни. Непрекъснатото изчерпване на богатите находища на природни фосфати и замаяната им с по-бедни, налага търсенето на нови по-рационални решения, едно от които може да бъде трибохимичната активация на природните фосфати (Kostadinova and Dombalov, 2003^{a,b}). Механичната им обработка води не само до повишаване на дисперсността, но и до протичане на редица физикохимични процеси, вследствие на които се изменя структурата на решетката. Според някои автори разходите за активиране са многократно по-ниски от тези при киселинното разлагане. Освен това трибохимичният метод позволява да се използват както богати, така и бедни фосфатни суровини.

В зависимост от условията на трибохимично активиране природните фосфати се превръщат в подходяща форма за директно използване в земеделието (Kostadinova and Dombalov, 2005). По свойства те не отстъпват на различните видове класически

фосфорни торове (Домбалов, 2003; Янева, 2005; Костадинова, 2006). Интерес представлява възможността за съчетаване на механо активацията с химични методи за преработка на фосфатните суровини.

Целта на настоящата разработка е да се изследва влиянието на термо трибохимично активирани природни фосфатни източници с различен произход, както и на дикалциеви фосфати (промишлени и отпадъчни) върху добива и усвояването на хранителни вещества от пшеницата.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Във връзка с целта на изследването в Добруджански земеделски институт е заложен вегетационен опит. Използвана е почва (Naplic Chernozem-FAO, 2002) от контролен вариант на стационарен полски опит, не торен с минерални торове от 1967 г. ($<1 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ почва). Това позволява да се проявят в максимална степен възможностите на всеки един от изпитаните фосфатни източници. Вегетационният опит е заложен в пластмасови съдове в 5-кратна повторимост (табл. 1, 2 и 3).

Таблица 1. Описание на изпитваните торови източници и варианти в опита
Table 1. Description of tested fertilizer sources and variants of the trial

№	Исходни компоненти / Types of P-containing materials
1.	ТФ (туниски фосфорит) + торова добавка(AS + KCl + доломит) Tunisian phosphorite + fertiliser additive [(NH ₄) ₂ SO ₄ + KCl + dolomite] - (TP + FA)
2.	МФ (марокански фосфорит) + торова добавка(AS + KCl + доломит) Marocco phosphorite + fertiliser additive [(NH ₄) ₂ SO ₄ + KCl + dolomite] - (MP+ FA)
3.	TSP (троен суперфосфат) + торова добавка(AS + KCl + доломит) TSP (Triple superfosphate) + fertiliser additive [(NH ₄) ₂ SO ₄ + KCl + dolomite] - (TSP + FA)
4.	ДКФ-П (дикалциев фосфат-промишлен) + торова добавка(AS + KCl + доломит) Dicalcium phosphate - industrial + fertiliser additive [(NH ₄) ₂ SO ₄ + KCl + dolomite] - (DCP-i + FA)
5.	ДКФ-О (дикалциев фосфат-отпадъчен) + торова добавка(AS + KCl + доломит) Dicalcium phosphate - waste + fertiliser additive [(NH ₄) ₂ SO ₄ + KCl + dolomite] - (DCP-w + FA)
6.	ТФ - самостоятелно Tunisian phosphorite – (TP) - (independently)
7.	МФ - самостоятелно Marocco phosphorite – (MP) - (independently)
8.	TSP - самостоятелно TSP - (independently)
9.	ДКФ-П - самостоятелно DCP-i - (independently)
10.	ДКФ-О - самостоятелно DCP-w - (independently)
11.	AS (амониев сулфат)- самостоятелно (NH₄)₂SO₄ - (independently)
12.	Абсолютна контрола -почва в изходно състояние Absolute control - initial soil

Таблица 2. Съдържание и форми на азота и фосфора
в изпитваните торови източници
Table 2. Nitrogen and phosphorus content and forms in the tested fertilizer sources

Вар. №	Видове P-съдържащи материали Types of P-containing materials	Общ P ₂ O ₅ (%) Total - P ₂ O ₅ (%)	P ₂ O ₅ цитратно разтворим (%) Citric soluble P ₂ O ₅ (%)	P ₂ O ₅ Водораз- ворим (%) Water soluble P ₂ O ₅ (%)	Общ азот (%) Total N (%)
1	ТФ + торова добавка TP + FA	7.0	3.1	0.0	14.7
2	МФ + торова добавка MP+ FA	7.0	1.9	0.0	14.8
3	TSP + торова добавка TSP + FA	8.6	7.9	6.9	16.4
4	ДКФ-П + торова добавка DCP-i + FA	7.3	7.2	0.0	15.7
5	ДКФ-О + торова добавка DCP-w + FA	6.8	5.2	0.0	14.4
6	ТФ TP	27.0	12.0	0.0	0.0
7	МФ MP	30.0	8.0	0.0	0.0
8	TSP	50.0	46.0	40.0	0.0
9	ДКФ-П DCP-i	35.0	32.0	30.0	0.0
10	ДКФ-О DCP-w	25.0	19.0	0.0	0.0
11	AS	0.0	0.0	0.0	21.0

Таблица 3. Съотношение между хранителните елементи
в изпитваните торови източници

Table 3. Ratio of nutrients in the tested fertilizer sources

Вид	Съотношение между Елементите /Ratio of nutrients				Изходни компоненти* Types of P-containing materials	Условия Conditions
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO		
1	2	1	0.2	0.2	ТФ + AS + KCl + dolomit	ТТХА*
2	2	1	0.2	0.2	МФ + AS + KCl + dolomit	ТТХА*
3	2	1	0.2	0.2	TSP + AS + KCl + dolomit	ТТХА*
4	2	1	0.2	0.2	ДКФ-П + AS + KCl + dolomit	ТТХА*
5	2	1	0.2	0.2	ДКФ-О + AS + KCl + dolomit	ТТХА*
6	–	1	–	–	ТФ /TP	ТТХА*
7	–	1	–	–	МФ /MP	ТТХА*
8	–	1	–	–	TSP	ТТХА*
9	–	1	–	–	ДКФ-П / DCP-i	ТТХА*
10	–	1	–	–	ДКФ-О / DCP-w	ТТХА*
11	1	–	–	–	AS	ТТХА*

* Всички изпитвани торови източници са трибохимично активирани.

Пробите са механично третирани в трибореактор – “Вихрова инсталация
с въртящо се магнитно поле”(ВИВМП) при следните условия:

- тегловно съотношение – материал:смилащи частици = 1:25;
- честота на въртене на магнитното поле 2800-3000 об/мин.;
- продължителност – 10 мин.;
- интензивност – 100 % натоварване на ВИВМП (V=220V; B=0.168 T,
синхронна честота на въртене на двуполусното магнитно поле – 3 000 об/мин.).

Промишлените дикалциеви фосфати (ДКФ-П) са производство на “Агробиохим” АД, Стара Загора, а отпадъчните дикалциеви фосфати (ДКФ-О) – са отпадък от “ГИПС” АД – Кошава, Видинско.

Нормата на Р-материали е съобразена с физическата характеристика на слабо излужените черноземи (обемно тегло), както и ниското съдържание на усвоим фосфор в използваната почва. За вегетационния опит същата е преизчислена на базата на полска норма 15 kg P₂O₅/дка. Торовете се внасяни, без да се разтварят, като са разбъркани с целия обем почва. Този начин на внасянето им е в максимална степен коректен и съпоставим с торенето при производствени условия.

В изпитването са включени сортовете *T. aestivum* L. – “Свилена”, “Кристал” и “Аглика”, създадени в Добруджански земеделски институт – Генерал Тошево. Подборът на сортовете е направен на базата на предходни изследвания в Добруджански земеделски институт. Основен критерий при подбора е количеството на усвояния с реколтата фосфор при условия без минерално торене.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Средно за изпитаните сортове най-висок добив зърно е установен от варианта със самостоятелно внасяне на азот, като сорт “Свилена” превишава сортовете “Кристал” и “Аглика”. Изпитаните Р-източници водят до проява на силно изразена специфика в реакцията на сортовете – от отрицателно до много силно изразено положително влияние върху продуктивността им. При сортовете “Свилена” и “Аглика” не е установена отрицателна реакция към вида на Р-източник. Средно за тези варианти сорт “Свилена” формира по-високи абсолютни добиви от сорт “Аглика”. При последния обаче, средното увеличение спрямо контролата е по-силно изразено (138.7 %) в сравнение със сорт “Свилена” (123.9 %). Продуктивността на сорт “Свилена” се влияе силно положително във вариантите с ТФ, МФ, ТСП в комбинация с торова добавка. Интересно е да се отбележи, че ДКФ-П и ДКФ-О при самостоятелно прилагане имат еднакъв ефект върху добива зърно с комбинираното им внасяне с торовата добавка. Най-ниска е ефективността на туниските фосфорити (с 3.9 %), а на мароканските се изравнява с тази на тройния суперфосфат.

За сорт “Аглика” най-голямо увеличение на добива зърно е установено при внасянето на троен суперфосфат (с 54.2 %), но увеличението от внасянето на МФ, ТФ, ДКФ-О и ДКФ-П със и без торова добавка също значително – от 17.2 % до 49.7 %. Сортът е единственият от изпитаните, който реагира силно положително на ТТХА марокански и туниски фосфорити, без комбинирането и с добавката. Увеличението спрямо контролата е съответно с 48.4 % и 21.7 %.

Сорт “Кристал” се отличава с много по-слабо изразена отзивчивост към изпитаните торови източници. Туниските фосфорити причиняват рязко намаляване на продуктивността му. За този сорт най-голямо увеличение на продуктивността му е установено при внасянето на двата вида ДКФ в комбинация с добавката – средно с 21.0 % спрямо контролата.

Получените резултати за добива зърно показват, че продуктивността на сортовете “Кристал” и “Аглика” средно за Р-съдържащите източници е съответно 86.2 % и 94.2 % от тази на сорт “Свилена”. При самостоятелното азотно торене полученият добив зърно от сорт “Кристал” е 96.9 %, от сорт “Аглика” – 83.3 % от този на сорт “Свилена”.

При самостоятелно внасяне по своето влияние върху добива зърно (в % спрямо контролата), торовите източници се подреждат в следния низходящ ред:

$$AS > TSP > ДКФ-О \geq МФ > ДКФ-П > ТФ \\ 133.03 > 122.91 > 116.55 \geq 115.47 > 113.93 > 108.38$$

Особено важни са резултатите при комбинирането им с торовата добавка (AS+ KCl+ дол.). Три от изпитваните материали за торене практически са равностойни по ефективност върху добива зърно. Подреждането им в зависимост от ефективността върху добива, изразена в процент, е в следния низходящ ред:

$$\text{TSP} = \text{ДКФ-О} = \text{МФ} > \text{ДКФ-П} > \text{ТФ}$$
$$128.55 = 128.25 = 128.23 > 124.56 > 121,29$$

Теглото на зърното в клас, като един от структуроопределящите добива параметри, показва широк диапазон на вариране в зависимост от вида на торовия вариант и сорта. Същото е от 0.530 г (“Кристал” – ТФ) до 0.802 г (“Свилена” – ам. сулфат). В контролните варианти сорт “Свилена” се отличава с по-високо тегло на зърното в клас, а средно за вариантите с Р внасяне сортовете “Свилена” и “Аглика” значително превишават сорт “Кристал”. Отново най-голямо увеличение спрямо контролата е установено при сорт “Аглика” (от 116.3 % до 151.5 %), независимо от по-ниските абсолютни стойности в сравнение с тези на сорт “Свилена”. Средно за трите сорта ТТХА на ТСФ+тор. добавка води до най-голямо увеличаване теглото на зърното в клас (с 28.3 %). Между 15 и 20 % са повишени стойностите на този показател при използването на ТФ и МФ в комбинация с добавката. Сорт “Кристал” е формирал най-тежко зърно в един клас при вариантите с ДКФ-О и ДКФ-П с торови добавки и при самостоятелно прилагане на троен суперфосфат.

Единствено при сорт “Аглика” е установено повишаване средната стойност на масата на 1000 зърна спрямо средната контрола – с 8.8 %. Сортът формира най-едро зърно при самостоятелното азотно торене (с 29.2 %) и ТСП с и без торова добавка – съответно с 22.7 и 24.6 % спрямо контролата. Средната едрина на зърната при сортовете “Свилена” и “Кристал” е съответно 97.4 и 97.7 % от тази на контролите им. И при двата сорта зърното е най-едро във вариантите с внасяне на отпадъчни ДКФ – съответно с 14.2 и 16.0 %.

Делът на зърното от общо формираната надземна биомаса (GHI) сравнително по-слабо се влияе от горепосочените показатели. При сорт “Аглика” вадят до намаляване на стойностите средно с 5.4 % спрямо контролата. Средно за сорт “Кристал” не са установени отклонение от контролния вариант, на GHI на този сорт е най-нисък при ТФ+т.д. (84.2 %) и най-висок при промишлени ДКФ+т.д. (109.2 %). При сорт “Свилена” торовите източници водят до запазване и известно повишаване стойностите на GHI. Средното увеличение е с 2.3 %, като най-голямо е при самостоятелното азотно торене (със 7.8 %) и МФ+т.д. (със 7.0 %).

Ефектът върху добива зърно от комбинацията на Р източници с торова добавка от амониев сулфат + калиев хлорид + доломит средно възлиза на 9.2 % спрямо самостоятелното им внасяне. Спрямо самостоятелното им прилагане същият е най-слабо изразен при ТСП – с 6.5 % и най-силно – при МФ – с 12.5 %. Положителният ефект на допълнителната торова корекция на изходните ТТХА Р-източници най-силно се проявява при сорт “Свилена” (с 15.9 %). За сортовете “Аглика” и “Кристал” увеличението е съответно с 8.2 и 3.3 %.

Математическият анализ на получените резултати потвърждава коментиранияте различия относно влиянието на изпитваните торови варианти върху продуктивността на сортовете (табл. 4). Същото е доказано при средно ниво на достоверност – “b”. Ролята както на сорта, така и видовете торови източници е в максимална степен проявено при показателите “жътвен индекс” и “маса на 1000 зърна”. Взаимодействието на двата фактора също е доказано с най-високото ниво на статистическо доверие при всички изследвани показатели.

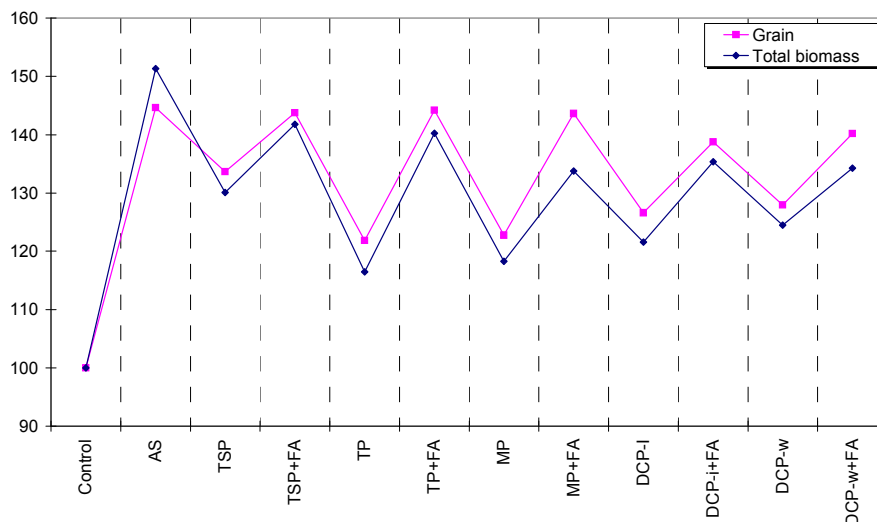
Изпитаните торови варианти оказват силно влияние върху химическия състав на отделните органи на растенията. Всичко това води до усвояването на различни количества от основните макроелементи в тях и като цяло в общата биомаса. Това

от своя страна води до промени в стойностите на харвест индекса на азота, фосфора и калия. В подробности влиянието на Р-източници върху тези показатели са разгледани в дипломната работа на Вълчева (2003). На фигура 1 е отразено влиянието на разглежданите торови варианти върху усвоените в зърното макроелементи средно за трите сорта.

Таблица 4. Анализ на вариантите на някои елементи на продуктивността
Table 4. Dispersion analysis of some productivity elements

Показател / Indices	MS _A	MS _B	MS _{AxB}	Error
Добив / Yield g/pot	0.37 ^b	0.03	1.36 ^c	0.13
Тегло на зърното в клас Grain/spike g	0.04	0.00	2.06 ^c	0.33
Жътвен индекс / GHI	58.33 ^c	27.98 ^c	17.83 ^c	0.18
Абсолютна маса на зърното 1000 grain weight	62.49 ^c	133.18 ^c	34.91 ^c	0.09
df	11	2	22	140

Фактор А – торов източник
Фактор В – сорт



Фигура 1. Количество на усвоения азот с добива зърно и общата биомаса средно за сортовете “Свилена”, “Кристал” и “Аглика”, в % спрямо контролата
Figure 1. Grain and total biomass N uptake in wheat varieties “Svilena”, “Kristal” and “Aglika” (averaged data), in % of control variants

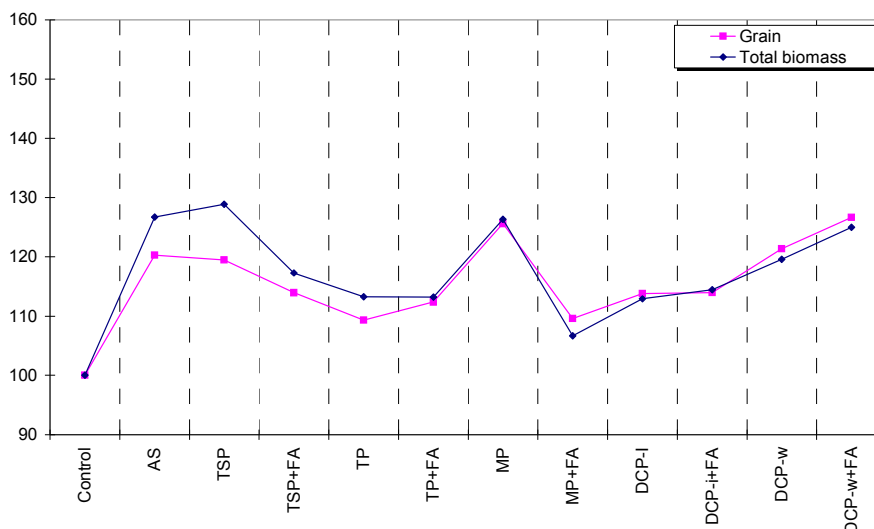
Ясно се вижда, че с най-голям положителен ефект за усвояване на азота в зърното е амониевият сулфат, което е абсолютно логично, тъй като това е азотен тор. От изпитваните торове, съдържащи фосфор в различна концентрация и степен на достъпност за растенията ТСП и отпадъчният ДКФ също оказват силно влияние върху усвояването на азот и натрупването му в зърното. По-слабо изразен е положителният ефект на останалите Р-източници.

Изключително интересен е фактът, че отпадъчните ДКФ и амониевият сулфат са оказали по-силно положително влияние върху усвоените количества фосфор в сравнение с класическия за селското ни стопанство троен суперфосфат. Нещо повече, МФ след ТТХА са се изравнили с него.

За натрупването на повече калий в зърното най-съществен принос имат МФ, ТСП

и отпадъчните ДКФ.

Изпитаните торови варианти оказват влияние върху количеството на усвоените азот, фосфор и калий в общо формираната надземна биомаса, както и ефективността им спрямо контролния вариант (фиг. 2). В основни линии посочените тенденции за количеството на усвоените хранителни вещества с добива зърно се запазват. С пълна сила това важи за усвоените хранителни вещества с общо формираната надземна биомаса. Максимални количества усвоен азот и фосфор, средно за изпитваните сортове, е установено при варианта със самостоятелно внасяне на амониев сулфат. От всички изпитвани фосфатни източници с най-голяма ефективност е тройният суперфосфат.



Фигура 2. Количество на усвояения фосфор с добива зърно и общата биомаса средно за сортовете “Свилена”, “Кристал” и “Аглика”, в % спрямо контролата

Figure 2. Grain and total biomass P uptake in wheat varieties “Svilena”, “Kristal” and “Aglika” (averaged data), in % of control variants

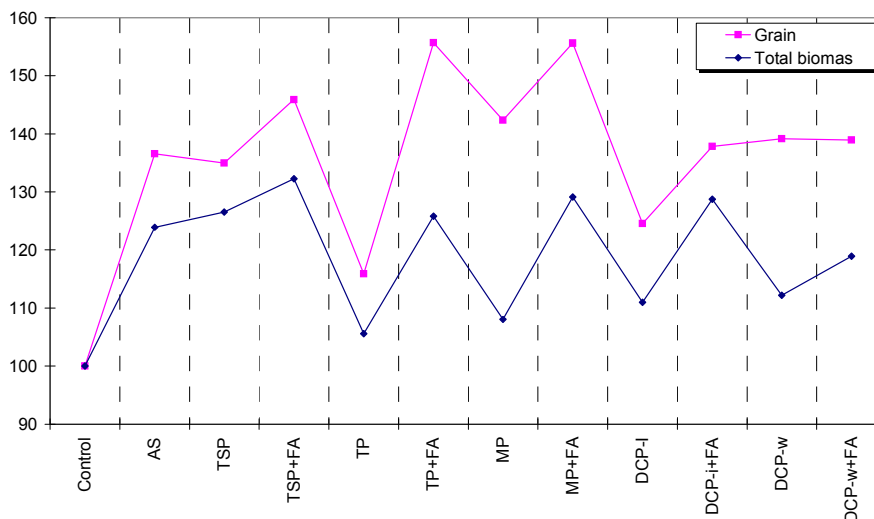
По отношение на усвояения фосфор с надземната биомаса може да се каже, че самостоятелното прилагане на всеки един от изпитваните фосфатни източници има по-висок ефект в сравнение с комбинирането с торовата добавка. Изключение в това отношение прави ДКФ-отпадъчен, където на практика ефективността е приблизително еднаква.

По отношение на усвояения азот самостоятелно внесените ДКФ-промишлени и отпадъчни превъзхождат двата фосфорита. Комбинирането им с торовата добавка води до съществено увеличаване усвояването на азот. Същото е най-силно изразено при туниските, следвани от мароканските фосфорити. При ДКФ-промишлени и отпадъчни ефективността на торовата добавка е по-слабо изразена.

Усвоените с надземната биомаса количества калий във варианта със самостоятелно внасяне на ТСП превъзхождат този – с амониев сулфат (фиг. 3). При всички останали варианти на самостоятелно внасяне на фосфатните източници усвоените количества калий са по-ниски от вариантите с амониев сулфат и троен суперфосфат, но са значително над контролния вариант. Подобно както и при азота, комбинацията с торовата добавка води да съществено увеличаване усвояването на калий с надземната биомаса. Същото е най-силно проявено при изпитваните фосфорити и най-слабо при тройния суперфосфат.

Ниско ефективни по отношение на натрупания азот в зърното са и мароканските

фосфорити, но същите имат водеща роля по отношение на натрупаните количества фосфор и калий в зърното. Предимството им пред тройния суперфосфат е добре изразено.



Фигура 3. Количество на усвояния калий с добива зърно и общата биомаса средно за сортовете “Свилена”, “Кристал” и “Аглика”, в % спрямо контролата
Figure 3. Grain and total biomass K uptake in wheat varieties “Svilena”, “Kristal” and “Aglika” (averaged data), in % of control variants

Самостоятелно приложени, торовете водят до натрупване на повече хранителни елементи в зърното средно за изпитваните сортове. В зависимост от ефективността им спрямо контролния вариант подреждането е както следва:

Самостоятелно приложени:

За азота: AS > TSP > ДКФ-О > ДКФ-П > МФ > ТФ (144.63 → 121.84 %)

За фосфора: МФ > AS > ДКФ-О > TSP > ДКФ-П > ТФ (125.61 → 109.35 %)

За калия: МФ > ДКФ-О > AS > TSP > ДКФ-П > ТФ (142.36 → 115.89 %)

Комбинираното изпитване на торовете източници с торовата прибавка (AS+KCl+доломит) променя както размера на ефекта, така и подреждането на сортовете.

Комбинирано приложени:

За азота: AS > ТФ > TSP ≥ МФ > ДКФ-О > ДКФ-П (144.63 → 138.75 %)

За фосфора: ДКФ-О > AS ≥ ДКФ-П > TSP ≥ ТФ > МФ (126.66 → 109.60 %)

За калия: ТФ = МФ > TSP > AS > ДКФ-О ≥ ДКФ-П (155.71 → 137.83 %)

Получените резултати показват, че ефекта на торовата прибавка спрямо самостоятелното прилагане е добре изразена за усвоените количества на калий и азот в зърното средно за изпитаните сортове. Видно е, че чрез торовата прибавка туниските фосфорити, тройния суперфосфат и мароканските фосфорити практически се изравняват по ефективност със самостоятелното действие на амониевия сулфат. Положителният ефект за калия е с 15.4 % в повече в сравнение със самостоятелното прилагане, а за азота – 15.5 % средно за изпитваните P-източници. По отношение на усвоените количества фосфор в зърното торовата прибавка не оказва влияние, средно

за изпитваните Р-източници (-2.6 %). Същата има негативно влияние при мароканските фосфорити и при тройния суперфосфат. Най-силно положително влияние върху усвоеното количество фосфор в зърното имат отпадъчните ДКФ.

Изчисленият среден ефект от самостоятелно и в комбинация с торова добавка прилагане на изпитваните Р-източници, подрежда торовите варианти по следния начин:

Среден ефект:

За азота: AS > TSP > ДКФ-О > МФ = ТФ > ДКФ-П (144.63 → 132.68 %)

За фосфора: ДКФ-О > AS > МФ = TSP > ДКФ-П > ТФ (124.02 → 110.87 %)

За калия: МФ > TSP ≥ ДКФ-О > AS ≥ ТФ > ДКФ-П (148.98 → 131.18 %)

Възможността за директното използване на природни или отпадъчни фосфати в селското стопанство не е новост за науката. Учените от различни области, имащи касателство с крайното им приложение, непрекъснато търсят начини за повишаване усвоимостта на фосфора от такива природни източници. Производството на фосфорни торове е твърде скъпо. От друга страна коефициентът на използване на фосфора от тройния суперфосфат е твърде нисък. Същият се влияе от редица фактори (влага, температура, почвен тип, култура, сорт и др.) и в най-добри условия трудно надминава 30 % в годината на внасяне на тора. Разработеният метод за ТТХА и получените резултати от проведения експеримент дават основание за оптимизъм. Научните изследвания трябва да бъдат поставени на много по-широка основа, за да може да се отговори на редица въпроси като:

- цялостен екологичен и мелиориращ ефект, особено при почвите с повишена киселинност;
- използвани торови норми в зависимост от особеностите на почвения тип;
- размер на последствие, т.к. по същество това са бавно действащи торове;
- много добро познаване реакциите на културите и сортовете към съответните видове природни фосфатни източници.

Този експеримент, основен в студентска дипломна работа показва, че има сериозни основания в практиката да се използват и природни отпадъчни фосфати, преминали ТТХА. Той също така доведе до разширяване научно-изследователската работа в ДЗИ – Г. Тошево по тези проблеми.

ИЗВОДИ

Установена е ясно изразена генотипна специфика в продуктивността и някои от елементите и, както и в усвояването на азота, фосфора и калия при пшеницата в зависимост от вида на изпитваните фосфатни източници. Добивът зърно се влияе положително от прилагането им. Сорт “Свилена” реагира положително на самостоятелно внасяне ДКФ-промишлени и отпадъчни, а ефектът от внасянето на марокански фосфорити се изравнява с този на тройния суперфосфат. При сорт “Аглика” е установен най-силно изразен положителен ефект от прилагането им спрямо контролата, независимо от по-ниските абсолютни стойности на добива. Най-неподходящи за сорт “Аглика” са туниските фосфорити и ДКФ – промишлени и отпадъчни. Сорт “Кристал” се отличава като по-слабо отзивчив в сравнение със сортовете “Свилена” и “Аглика”. Добивът зърно от този сорт е най-висок при прилагането на ДКФ – промишлени и отпадъчни в комбинация с торовата добавка.

Самостоятелното действие и взаимодействието на факторите “торов източник” и “сорт” е най-силно проявено при GН1 и абсолютната маса на зърното. Средната продуктивност на сортовете нараства с 9.2 % в резултат от комбинирането на ТТХА Р-източници с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + KCl + доломит, в сравнение със самостоятелното им прилагане. Ефектът от тази комбинация е изразен най-силно при сорт “Свилена”.

Като фосфатен източник активираните отпадъчни ДКФ се изравняват или много слабо отстъпват тройния суперфосфат. Същата допринася за увеличаване усвояването на азот и калий в общо формираната надземна биомаса средно с 15.0 % и за двата хранителни елемента, спрямо самостоятелното прилагане на ТТХА Р-източници. Активацията на отпадъчните от производството на гипс ДКФ води до усвояването на по-големи количества фосфор и калий в пшеницата в сравнение с употребата на троен суперфосфат.

ЛИТЕРАТУРА

- Вълчева, И., 2003.** Върху възможността за директно използване на природните фосфати в селското стопанство (Р-тели доц. д-р инж. Иван Домбалов и ст.н.с. д-р Маргарита Нанкова), ХТМУ-София.
- Домбалов, И., 2003.** Усъвършенстване процесите на преработване на природните фосфати”, Хабилитационен труд.
- Костадинова, П., 2006.** Твърдофазни процеси при третиране на природни фосфати, докторска дисертация, ХТМИ, София.
- Янева, В., 2005.** Повишаване съдържанието на P_2O_5 -усвоим в Сирийски фосфорит чрез механично въздействие, ХТМИ, София.
- FAO, 2002.** World reference base for soil resources. Rome, Italy.
- Kostadonova, P., and I. Dombalov, 2003^a.** Mechanochemical activation in natural phosphates. Proceeding of the scientific-technical conference Tribology, Sofia, 106-110.
- Kostadonova, P., and I. Dombalov, 2003^b.** Mechanochemical synthesis in a mixture of natural phosphate and ammonium sulphates, Journal of UCTM, XXXVIII, 2: 449-458.
- Kostadonova, P., and I. Dombalov, 2005.** Mechanochemical activated phosphates and their direct use in agriculture, (presentation: “Agriculture and Food Safety Within the Context of European Union Legislation”, Tekirdag, Turkey) in press of Journal of Environmental Protection & Ecology (v. VII, 2006).