



***Field Crops Studies***

***Volume X***

***No. 1***

***2016***

***Изследвания  
върху полските култури***

***Том X  
Книжка 1***

***2016***

## РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ:

**Гл. РЕДАКТОР:** Доц. д-р Юлия Енчева  
**РЕДАКТОРИ:** Проф. д-р Маргарита Нанкова  
Проф. д-р Валентина Енчева  
Проф. д-р Емил Пенчев  
Доц. д-р Татяна Петрова  
Доц. д-р Генчо Милев

**ЕЗИКОВИ  
РЕДАКТОРИ:** Катя Делчева  
Соня Димитрова  
гл. ас. д-р Даниела Вълкова

---

---

**Издател:** Добруджански земеделски институт  
**Редакция:** Добруджански земеделски институт  
гр. Генерал Тошево, 9520  
тел.: +359 58 / 603 125; факс: +359 58 / 603 183  
e-mail: [fcs@dai-gt.org](mailto:fcs@dai-gt.org); <http://fcs.dai-gt.org/>  
**Корица:** Катя Делчева, Стефан Димитров  
**Дизайн и предпечат:** Катя Делчева, Стефан Димитров  
**Печат:** "Нилекта Принт" ООД - гр. Добрич (+359 58 600 299)  
**ISSN 1312-3882**

---

---

## EDITORIAL BOARD:

**EDITOR IN CHIEF:** *Assoc. Prof. Julia Encheva*  
**EDITORS:** *Prof. Margarita Nankova*  
*Prof. Valentina Encheva*  
*Prof. Emli Penchev*  
*Assoc. Prof. Tatyana Petrova*  
*Assoc. Prof. Gencho Milev*

**LANGUAGE  
EDITORS:** Katia Delcheva  
Sonia Dimitrova  
Daniela Valkova

---

---

**Publisher:** Dobrudzha Agricultural Institute  
**Address:** Dobrudzha Agricultural Institute  
General Toshevo 9520  
phone: +359 58 / 603 125; fax: +359 58 / 603 183  
e-mail: [fcs@dai-gt.org](mailto:fcs@dai-gt.org); <http://fcs.dai-gt.org/>  
**Cover design by** Katia Delcheva & Stefan Dimitrov  
**Text design and typeset by** Katia Delcheva & Stefan Dimitrov  
**Printed by** Nilekta Print Ltd. - Dobrich (+359 58 600 299)  
**ISSN 1312-3882**

ОБЩО ЗЕМЕДЕЛИЕ И АГРОТЕХНОЛОГИИ  
GENERAL AGRICULTURE and TECHNOLOGIES



ВЛИЯНИЕ НА НАРАСТВАЩИТЕ НИВА НА ОБМЕНЕН АЛУМИНИЙ В  
ПОЧВАТА ВЪРХУ КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА ОСНОВНИ МАКРОЕЛЕМЕНТИ  
В ЗЪРНТО НА СОРТОВЕ ПШЕНИЦА (*TRITICUM AESTIVUM L.*)

Маргарита Нанкова

Добруджански земеделски институт - Генерал Тошево

Резюме

Нанкова, М., 2016. Влияние на нарастващите нива на обменен алуминий в почвата върху концентрацията на основни макроелементи в зърното на сортове пшеница (*Triticum aestivum L.*) FCS 10(1):191-206

Изследването е проведено във вегетационен експеримент при използването на светло сива горска почва (Stagnic Podzoluvisols - FAO, 2002) с естествено съдържание на обменен  $Al^{3+}$  0,5 meq/100 g почва и  $pH_{KCl}$  - 4,8 ( $Al_0$ ). Допълнително са създадени нарастващи нива на токсичност чрез прибавянето на 2,5 meq  $Al^{3+}$ /100 g ( $Al_1$ ) и 5,0 meq  $Al^{3+}$ /100 g ( $Al_2$ ). Освен самостоятелно същите са дублирани с прибавка на минерално торене с  $N_{200}P_{200}K_{200}$  mg/1000 g почва. Изследването е проведено с 18 генотипа *T.aestivum L.* и ръжено-пшеничен хибрид *Triticale*, използван като стандарт. Вегетационният опит е проведен в три-кратна повторимост в съдове съдържащи 1 kg почва.

Различните нива на алуминиева токсичност в почвата влияе в различни посоки върху концентрацията на основни макроелементи в зърното на широк набор сортове пшеница и стандартната култура тритикале.

Нарастащите до 5.5 meq  $Al^{3+}$ /100 g почва нива на обменен алуминий повишават концентрацията на азот в зърното и намаляват тази на фосфора и калия. Увеличението в концентрацията на азот в зърното достига до 27.32% в сравнение с естествения статус на Stagnic Podzoluvisols. Намалението в концентрацията на фосфор и калий в зърното достига съответно до 69.36% и 67.98% в сравнение с установеното при естественото съдържание на почвата.

Минералното торене има по-слабо изразен положителен ефект върху средното съдържание на фосфор и калий в зърното в сравнение с това на азот, което се повишава средно с 32.54%. Установена е тенденция към намаляване ефекта на торенето с нарастване нивото на токсичен алуминий в почвата.

Генотипната реакция към присъствието на токсичен алуминий в почвата е много силно изразена. Всички сортове, които успяват да завършат развитието си по съдържание на азот в зърното превишават концентрацията му спрямо установената в зърното на тритикале с 11,50%. С най-висока концентрация на азот в зърното са сортовете Победа (3.31% N), Галатея (3.24% N), Враца (3.17% N), Аглика (3.11% N) и Милена (3.02% N).

Средната концентрация на фосфор в зърното на пшеницата е 94.96%, а на калий – 81.82% от установената в тритикале. С най-високо съдържание на фосфор

в зърното е сорт Галатея (1,04 %  $P_2O_5$ ). Същият значително превишава всички останали сортове пшеница, а спрямо тритикале концентрацията му е с 31.65% по-висока. Всички изследвани пшеница с изключение на сорт Плиска са с концентрация на калий в зърното под тази на тритикале.

Стойностите на корелационните зависимости между съдържанието на трите основни макроелемента в зърното и органите на вегетативната биомаса и масата на 1000 зърна варират в зависимост от нивото на обменен  $Al^{3+}$  в почвата. Особено високи са корелативните зависимости с нарастване присъствието на токсичен алуминий в почвата и тези със съдържанието на азот, фосфор и калий в кореновата система.

**Ключови думи:** обменен  $Al^{3+}$ , пшеница, химичен състав на зърното, корелационни зависимости

## Abstract

*Nankova, M., 2016 Effect of increasing exchangeable aluminium levels in soil on the concentration of main macro elements in the grain of common wheat cultivars (Triticum aestivum L.). FCS 10(1):191-206*

The investigation was carried out within a vegetation experiment, using light grey forest soil (Stagnic Podzolucisols - FAO, 2002) with natural content of exchangeable  $Al^{3+}$  0.5 meq/100 g soil and  $pH_{KCl}$  - 4,8 ( $Al_0$ ). Additionally, increasing levels of toxicity were created by adding 2.5 meq  $Al^{3+}$ /100 g ( $Al_1$ ) and 5.0 meq  $Al^{3+}$  /100 g ( $Al_2$ ). Apart from using these levels independently, they were also applied together with mineral fertilization with  $N_{200}$ ,  $P_{200}$ ,  $K_{200}$  mg/1000 g soil. The investigation involved 18 *T.aestivum* L. genotypes and the rye-wheat hybrid *Triticale*, included as a standard. The vegetation experiment was planted in three replicates in pots containing 1 kg soil each.

The different levels of aluminum toxicity in soil had multidirectional effects on the concentration of the main macro elements in the grain of a large set of wheat cultivars and the standard crop triticale.

The levels of exchangeable aluminum increasing to 5.5 meq  $Al^{3+}$ /100 g soil also increased the concentration of nitrogen in the grain and reduced the concentration of phosphorus and potassium. The increase of the nitrogen concentration in grain reached 27.32% in comparison to the natural status of Stagnic Podzolucisols. The decrease in the concentration of phosphorus and potassium in grain amounted to 69.36% and 67.98%, respectively, in comparison to the concentration determined as natural soil content.

The mineral fertilization had lower positive effect on the mean content of phosphorus and potassium in grain in comparison to nitrogen, which was increasing with an average of 32.54%. A tendency was established toward lower effect of fertilization with the increasing levels of toxic aluminum in soil. The genotype reaction to the presence of toxic aluminum in soil was very strong. All cultivars, which managed to complete their development, exceeded by their nitrogen content in grain the nitrogen concentration of grain determined in triticale with 11.50 %. Cultivars Pobeda (3.31% N), Galateya (3.24% N), Vratsa (3.17% N), Aglika (3.11% N) and Milena (3.02% N) were with highest concentration of nitrogen in grain. The mean concentration of phosphorus in the grain of wheat was 94.96%, and of potassium – 81.82% from the amount established in the grain of triticale. Cultivar Galateya was with highest content of phosphorus in grain (1.04 %  $P_2O_5$ ). It considerably exceeded all other wheat cultivars, and its concentration was with 31.65% higher than that of triticale. All investigated wheat cultivars, with the exception of Pliska, had potassium concentration in grain lower than in triticale. The values of the correlations between the content of the three main macro elements in the grain, the organs of the vegetative biomass and the 1000 kernel weight varied according to the level of exchangeable  $Al^{3+}$  in soil. Especially high were the correlations with the increased presence of toxic aluminum in soil, as well as the correlations with the content of nitrogen, phosphorus and potassium in the roots.

**Key words:** exchangeable  $Al^{3+}$ , wheat, chemical composition of grain, correlations

## УВОД

У нас генетично киселите почви заемат малко над 13% от обработваемата площ на страната. Киселите почви се характеризират с повишено съдържание на водородни, желязни и алуминиеви йони, както и на редица токсични елементи и тежки метали и имат нисък продуктивен капацитет и лоши физични, химични, биологични и водно-въздушни свойства. Естествените процеси на почвено вкисляване са интензифицирани от агротехнически практики (най-често самостоятелно азотно торене) и киселинни дъждове (Rao et al., 1993). Според Сакмак (2002) около 40% от обработваемите земи в света имат проблеми с киселинността, независимо от адекватното торене. В световен мащаб това води до намаляване на земеделската продукция с 30-40% (Zečević et al., 2012).

За мелиориране на киселите почви са необходими комплексни и скъпо струващи мерки. Едно от възможните решения на този проблем е избора на толерантни култури/ сортове, т.к. е установена генотипна толерантност към кисела почвена реакция (Jelic et al., 2000). Основният лимитиращ фактор за растежа и продуктивността на културите, отглеждани в кисели минерални почви е Al-токсичност (Marschner, 1991). Алуминият реагира с другите хранителни елементи в почвата, такива като фосфора, и намалява тяхната достъпност за растенията. В допълнение той може да намали усвояването и транспорта на Ca, Mg, P, K и водата (Rayburn et al., 2002; Zhang et al., 2004). Киселата реакция на псевдоглеевидни почви, тяхното ниско хумусно съдържание и ниски нива на усвоими за растенията фосфор и калий са лимитиращ фактор за земеделското производство (Dugalic et al., 2005). На база на многобройни изследвания е установено, че за повишаване продуктивността на културите при условията на кисела реакция съществен принос имат комбинираното NPK торене, органичното торене и съчетаването им с варуване (Zeidan et al., 2001; Kistic et al., 2004; Kiani et al., 2005; Zivanovic-Katic et al., 2005).

Kovačević et al. (2013) установяват, че в резултат на NPK торене на кисели почви значително е повишена концентрацията на P, Mg, Zn, Mn, Fe, B, Cd и St в зърното. Авторите заключават, че съдържанието на Cd в зърното на пшеницата е в приемливи количества от гледна точка на човешкото здраве, а концентрацията на K и Cu в зърното не се влияят съществено от минералното торене.

Целта на настоящото проучване е да се проследи влиянието на нарастващото ниво на обменния алуминий в почвата и съчетаването му с балансиран внос на азот, фосфор и калий върху концентрацията на основни макроелементи в зърното на български сортове *T.aestivum* L.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е проведено във вегетационен експеримент при използването на светло сива горска почва (Stagnic Podzoluvisols - FAO, 2002) с естествено съдържание на обменен  $Al^{3+}$  0,5 meq/100 g почва и  $pH_{KCl}$  - 4,8 ( $Al_0$ ). Допълнително са създадени нарастващи нива на токсичност чрез прибавянето на 2,5 meq  $Al^{3+}$ /100 g ( $Al_1$ ) и 5,0 meq  $Al^{3+}$ /100 g ( $Al_2$ ). Изследването е проведено с 18 генотипа *T.aestivum* L. - Аглика, Албена, Идеал, Милена, Победа, Преслав, Враца, Галатея, Енола, Карат, Миряна, Плиска, Пряспа, Тракия, Садово-1, Кристал, Тодора и Свилена и ръжено-пшеничен хибрид *Triticale* - сорт Вихрен. Последният е използван като стандарт. Вегетационният опит е проведен в три-кратна повторимост в съдове съдържащи 1 kg почва, като във всеки съд са реколтирани по 5 растения. Всеки генотип е отгледан на 6 варианта: 1.  $Al_0$ ; 2.  $Al_0 + n$ ; 3.  $Al_1$ ; 4.  $Al_1 + n$ ; 5.  $Al_2$ ; 6.  $Al_2 + n$ , където "n" е минералното  $N_{200}P_{200}K_{200}$  mg/1000 g почва.

При узряване растенията са ожънвани и след определяне масата на отделните

**Влияние на нарастващите нива на обмен алуминий в почвата върху концентрацията на основни макроелементи в зърното на сортове пшеница (*Triticum aestivum L.*)**

органи са подготвяни за анализ. Концентрацията на азот, фосфор и калий е определяна след мокро изгаряне по метода на Келдал. Процентът на азота е определян след дестилация, фосфора - колориметрично по жълтата молибдатно-ванадатна реакция, а калия - пламъчно-фотометрично.

Данните са анализирани, използвайки SPSS версия 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) при ниво на вероятност 0.05. Разделянето на стойностите е извършено чрез използване на Waller-Duncan Multiple Range Test.

**РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ**

**Таблица 1.** Анализ на вариансите на концентрацията на макроелементи в зърното сортовете

**Table 1.** Analysis of the variances of macroelements concentration in varieties grain

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Средно за всички самостоятелно приложени нива на обм. Al <sup>3+</sup> Average for the independenth applied exchangeable Al <sup>3+</sup> levels						
Нива на Al (1)	N	5.562	2	2.781	3212.293	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.056	2	1.028	550.214	0.000
	K <sub>2</sub> O	0.761	2	0.381	1141.779	0.000
Сортове (2)	N	26.985	18	1.499	1731.557	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.849	18	0.103	540.971	0.000
	K <sub>2</sub> O	0.806	18	0.045	134.346	0.000
1 x 2	N	43.456	36	1.207	1394.217	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.678	36	0.074	39.811	0.000
	K <sub>2</sub> O	1.349	36	0.037	112.437	0.000
Средно за всички нива на обм. Al <sup>3+</sup> + N <sub>200</sub> P <sub>200</sub> K <sub>200</sub> Average for the independenth applied exchangeable Al <sup>3+</sup> levels + N <sub>200</sub> P <sub>200</sub> K <sub>200</sub>						
Нива на Al (1)	N	4.556	2	2.278	958.182	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5.203	2	2.602	1269.641	0.000
	K <sub>2</sub> O	1.020	2	0.510	1208.840	0.000
Сортове (2)	N	48.908	18	2.717	1142.981	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.759	18	0.153	74.790	0.000
	K <sub>2</sub> O	1.487	18	0.083	195.755	0.000
1 x 2	N	44.790	36	1.244	523.381	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.752	36	0.049	23.744	0.000
	K <sub>2</sub> O	1.549	36	0.043	101.953	0.000
Средно за всички варианти в експеримента Average for all variants of the experiment						
Нива на Al (1)	N	40.296	5	8.059	4970.292	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7.330	5	1.466	748.453	0.000
	K <sub>2</sub> O	1.997	5	0.399	1057.541	0.000
Сортове (2)	N	72.141	18	4.008	2471.703	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.300	18	0.239	121.972	0.000
	K <sub>2</sub> O	2.177	18	0.121	320.230	0.000
1 x 2	N	91.997	90	1.022	630.402	0.000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.736	90	0.053	26.866	0.000
	K <sub>2</sub> O	3.014	90	0.033	88.679	0.000

Чрез анализ на вариансите е определено въздействието на нарастващите нива на обменен алуминий, внесени самостоятелно и в съчетание с минерално торене,

върху значимостта на промяната в концентрацията на азот, фосфор и калий в зърното на изпитваните генотипове (Табл. 1). Резултатите показват, че както самостоятелното влияние на изпитваните фактори, така и тяхното взаимодействие е с максимално ниво на достоверност.

Установена е много силно изразена диференциация в съдържанието на трите основни макроелемента в зърното на изпитваните сортове в зависимост от нивото на обменен алуминий в почвата (Табл. 2). Наблюдава се тенденция към нарастване концентрацията на азот в зърното по посока на увеличаване нивото на токсичен алуминий в сравнение с естествения статус на използваната кисела почва. При внасянето на  $5 \text{ meq Al}^{3+}/100 \text{ g (Al}_2\text{)}$  концентрацията на азот в зърното нараства с 27.32% в сравнение с изходното. Приложения балансиран внос на трите макроелемента води до средно повишение съдържанието на азот в зърното с 32.54%. Установена е тенденция към намаляване ефекта на торенето с нарастване нивото на токсичен алуминий в почвата.

Концентрацията на фосфор и калий, средно за изпитваните генотипове бележи обратна тенденция в сравнение с тази на азота. Повишаване концентрацията на обменен алуминий в почвата води до значително рязко намаляване концентрацията на двата хранителни елемента в зърното. Най-високото ниво на обменен  $\text{Al}^{3+}$  намалява концентрацията на фосфор в зърното до 69.36%, а на калий - до 67.98% в сравнение с установеното при естественото състояние на Stagnic Podzoluvisols. Минералното торене има много слабо изразен положителен ефект върху средното съдържание на фосфор и калий в зърното на изследваните генотипове.

**Таблица 2.** Влияние на нивата на обменен  $\text{Al}^{3+}$  в почвата и минералното торене върху концентрацията на основни макроелементи в зърното средно за изпитваните сортове. (Waller-Duncan  $n=38$ )

**Table 2.** Effect of exchangeable  $\text{Al}^{3+}$  levels in soil and of mineral fertilization on the concentration of main macroelements in grain, average for the investigated cultivars

№	$\text{Al}^{3+}$ нива/ $\text{Al}^{3+}$ - level	N %	$\text{P}_2\text{O}_5$ - %	$\text{K}_2\text{O}$ - %
1	$\text{Al}_0$	1.94 a	0.90 d	0.61 d
3	$\text{Al}_0 + n$	3.14 f	1.05 e	0.69 f
2	$\text{Al}_1$	2.30 b	0.74 c	0.58 c
5	$\text{Al}_1 + n$	3.07 e	0.75 c	0.64 e
4	$\text{Al}_2$	2.47 c	0.57 b	0.43 a
6	$\text{Al}_2 + n$	2.68 d	0.52 a	0.47 b
The error term is Mean Square (Error)		= 0.002	= 0.002	= 0.000

Средно за опита реакцията на сортовете по отношение концентрацията на трите макроелемента е силно изразена и добре диференцирана (Табл. 3).

С най-голяма концентрация на азот в зърното се отличава сорт Победа (3.31% N). Сортовете Галатея, Враца, Аглика и Милена също се отличават с висока концентрация на азот - над 3,0% N. Превишението спрямо съдържанието на азот в зърното на тритикале при тези сортове е от 41.35% (Победа) до 28.74% (Милена). По средно съдържание на азот в зърното сортовете Пряспа, Тракия, Садово 1 и Кристал са под средното ниво за използвания стандарт.

Концентрацията на фосфор в зърното също е белязано с много добре изразена диференциация между генотиповете. Същото варира между 1.04%  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Галатея) до 0.37% (Садово 1), като преобладават ясно оформени групи според теста на Waller-Duncan. Само 33,3% от изпитваните сортове пшеница по средно съдържание на фосфор в зърното превишават стандарта.

**Таблица 3.** Концентрация на основни макроелементи в зърното на сортове пшеница средно за нивата на обменен Al в почвата и минералното торене (Waller-Duncan N=12)

**Table 3.** Concentration of main macroelements in the grain of cultivars average for the levels of exchangeable Al<sup>3+</sup> in soil and of mineral fertilization

No	Сортове/Cultivars	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %
1	Аглика/Aglika	3.11 l	0.79 e	0.64 l
3	Албена/Albena	2.89 ij	0.79 e	0.61 ij
2	Идеал/Ideal	2.84 h	0.84 f	0.55 f
5	Милена/Milena	3.02 k	0.88 g	0.60 hi
4	Победа/Pobeda	<b>3.31 o</b>	0.85 fg	0.55 f
6	Преслав/Preslav	2.86 hi	0.78 e	0.65 l
7	Враца/Vratza	3.17 m	0.95 h	0.62 jk
8	Галатея/Galateya	3.24 n	<b>1.04 i</b>	0.62 k
9	Енола/Enola	2.91 j	0.78 e	0.59 h
10	Карат/Karat	2.83 h	0.79 e	0.67 m
11	Миряна/Miryana	2.63 g	0.69 d	0.55 f
12	Плиска/Pliska	2.83 h	0.83 f	<b>0.76 o</b>
13	Пряспа/Pryaspa	1.73 d	0.56 bc	0.39 b
14	Тракия/Trakiya	1.63 b	0.53 ab	0.44 c
15	Садово 1/Sadovo 1	1.49 a	0.51 a	0.37 a
16	Кристал/Kristal	1.68 c	0.57 c	0.46 d
17	Тодора/Todora	2.53 f	0.71 d	0.52 e
18	Свилена/Svilena	2.37 e	0.71 d	0.57 g
19	<b>Вихрен-st/Vihren-st</b>	<b>2.34 e</b>	<b>0.79 e</b>	<b>0.68 n</b>
The error term is Mean Square (Error)		= ,002	= ,002	= ,000

Сортовете се различават много добре и по съдържание на калий с вариране в концентрацията на елемента в зърното от 0,76% K<sub>2</sub>O (Плиска) до 0.37% K<sub>2</sub>O (Садово 1). Всички изпитвани сортове обикновена пшеница без сорт Плиска отстъпват по средно съдържание на калий в зърното на стандарта тритикале Вихрен.

Направената обща характеристика за средното съдържание на основни макроелементи в зърното на изпитваните генотипове към нарастващите нива на обменен алуминий в почвата очертава някои тенденции, но не дава коректна представа за реакцията на сортовете при всеки един от изпитваните варианти в опитната постановка. Посочените индекси от анализа на вариансите при всеки един от изпитваните варианти показват отново максимално ниво на статистическа достоверност на влиянието на нарастващо присъствие на токсичен алуминий в почвата върху изследваните агрохимически показатели (Табл.4).

**Таблица 4.** Анализ на вариансите на концентрацията на основни макроелементи по нива на обменен Al и съчетанието им с минерално торене

**Table 4.** Analysis of the variances of the concentration of macroelements according to exchangeable Al<sup>3+</sup> levels and their combination with mineral fertilization

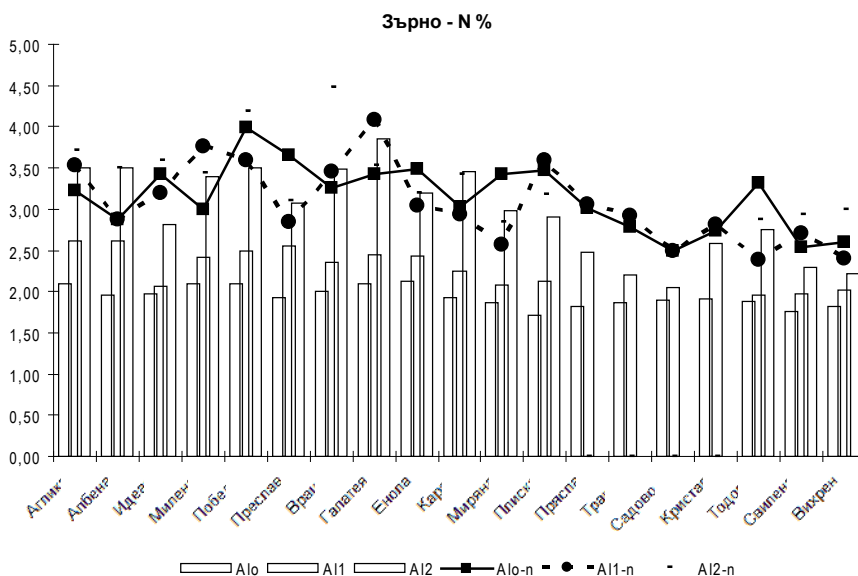
Dependent Variable	df	Al <sub>0</sub>		Al <sub>0</sub> + n		Al <sub>1</sub>		Al <sub>1</sub> + n		Al <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> + n	
		F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
N	18	45,3	,000	203,4	,000	114,4	,000	14,3	,000	3855,5	,000	1884,2	,000
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	18	8,2	,000	13,6	,000	11,5	,000	9,9	,000	125,5	,000	77,5	,000
K <sub>2</sub> O	18	20,0	,000	54,4	,000	41,6	,000	12,8	,000	244,5	,000	311,7	,000



Както вече отбелязахме, генотипната диференциация по съдържание на азот в зърното на изследваните сортове пшеница се засилва с нарастване присъствието на токсичен  $Al^{3+}$  в почвата. Нещо повече при самостоятелно внасяне на  $5\text{ meq } Al^{3+}/100\text{ g}$  ( $Al_2$ ) четири от сортовете загиват още при поникване или малко по-късно (Фиг. 1). Това са сортовете Пряспа, Тракия, Садово 1 и Кристал.

В контролния вариант ( $Al_0$ ) сортовете Аглика, Енола, Галатея, Враца, Милена и Победа се отличават с най-висока концентрация на азот в зърното, без да са установени съществени различия между тях. По този показател те формират групата от най-висш порядък във варианта ("ч" - **Waller-Duncan**) и **превъзхождат сорт Пряспа** и стандарта - Вихрен средно с над 14%.

При варианта  $Al_1$  сорт Аглика твърдо запазва лидерската си позиция и заедно със сорт Албена по концентрация на азот в зърното превъзхождат стандарта с 29.21%, а сорт Пряспа - с 5.24%. Единствено концентрацията на азот в зърното на сорт Тодора е доказано под тази в стандарта, а установената в сортовете Свилена, Садово 1, Миряна и Идеал показва признаци на сходство със стандарта.



**Фигура 1.** Концентрация на азот в зърното на изпитваните сортове, %  
**Figure 1.** Concentration of nitrogen in the grain of the tested cultivars, %

Екстремно високото присъствие на токсичен  $Al^{3+}$  ( $Al_2$ ) в почвата концентрира азота в зърното на тритикале Вихрен спрямо контролния вариант ( $Al_0$ ) с 21,37%, а спрямо варианта с прибавка на  $2.5\text{ meq } Al^{3+}/100\text{ g}$  ( $Al_1$ ) - с 9.65%. Средно за изследваните сортове пшеница посочените увеличения са съответно с 27.63% и 7.26%. Изключвайки сортовете, които загиват, най-голямо увеличение в концентрацията на азот в зърното е установено спрямо изходното състояние на почвата при сортовете Галатея (с 83.33%), Карат (със 79.69%) и Албена (със 79,74%).

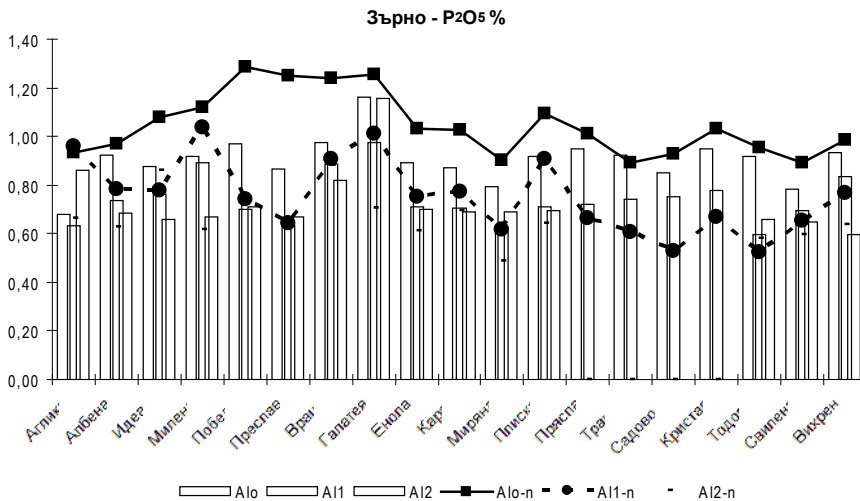
Приносът на минералното торене за повишаване концентрацията на азот в зърното е най-силно изразена при прилагането му към контролния вариант ( $Al_0$ ), в който съдържанието на обменен алуминий е само  $0.5\text{ meq } Al^{3+}/100\text{ g}$ . При тези условия концентрацията на азот в тритикале (Вихрен) се повишава с 42.47%. Концентрацията на азот средно за сортовете пшеница в резултат на торенето се повишава с 62.99%, като максимално увеличение е установено при сорт Плиска (със 101.74%).

Торенето към вариант  $Al_1$  повишава концентрацията на азот в зърното на тритикале спрямо същия вариант, но без торене, с 18.81%. В аналогичната ситуация, но при екстремния вариант на обменен алуминий  $Al_2$  тритикале повишава концентрацията на азот в зърното с 35.21%.

За сортовете пшеница положителната роля на минералното торене, приложено към вариант  $Al_1$  повишава концентрацията на азот в зърното с 34.01%, т.е. приблизително 2 пъти по-слабо в сравнение с действието му в  $Al_0$ . Най-силно въздействие на комбинацията  $Al_1 + n$  е установена при сортовете Плиска и Галатея.

Минералното торене към варианта  $Al_2$  води до много слабо средно повишение концентрацията на азот, спрямо варианта без внасянето му - със 7.41%. Основен дял за формирането на тази стойност имат сортовете Враца, Свилена и Идеал, които са реагирали силно положително на фона на екстремната концентрация на токсичен алуминий в почвата.

Повишаване ефективността на използване на фосфора в земеделските системи е един от ключовите проблеми за устойчивото производство на храни и фибри (Rose et al., 2013). Изследванията относно концентрацията, усвояването и неговата ефективност на използване при различни агроекологични условия и генотипи е обект на много разработки, касаещи селекционно-генетични и агротехнически аспекти (Wardyn and Russell, 2004; Cordel et al., 2009; Raboy, 2009; Barraclough et al., 2010; Rose and Wissuwa, 2012). Резултатите от нашия експеримент показват, че концентрацията му в зърното намалява по посока на нарастване нивото на обменен  $Al^{3+}$  в почвата и минералното торене не може да компенсира това намаление. Генотипните различия в концентрацията на фосфор са очевидни, особено при разглеждане на резултатите за всеки един от вариантите поотделно (Фиг. 2).



Фигура 2. Концентрация на фосфор в зърното на изпитваните сортове, %  
 Figure 2. Concentration of phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in the grain of the tested cultivars, %

Най-силно понижение в концентрацията на фосфор в зърното е установено при сорт Тодора и при двете допълнително създадени нива на обменен  $Al^{3+}$  в почвата ( $Al_1$  и  $Al_2$ ) в сравнение с останалите сортове пшеница. При варианта  $Al_2$  изключение от посочената тенденция е установено при сорт Аглика, където концентрацията на фосфор в зърното се увеличава от 0.68% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( $Al_0$ ) до 0.86% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( $Al_2$ ) и сорт Галатея. При последния стойностите на показателя се запазват на нивото на установеното в  $Al_0$ . Сорт Галатея се отличава с най-висока концентрация на фосфор в зърното

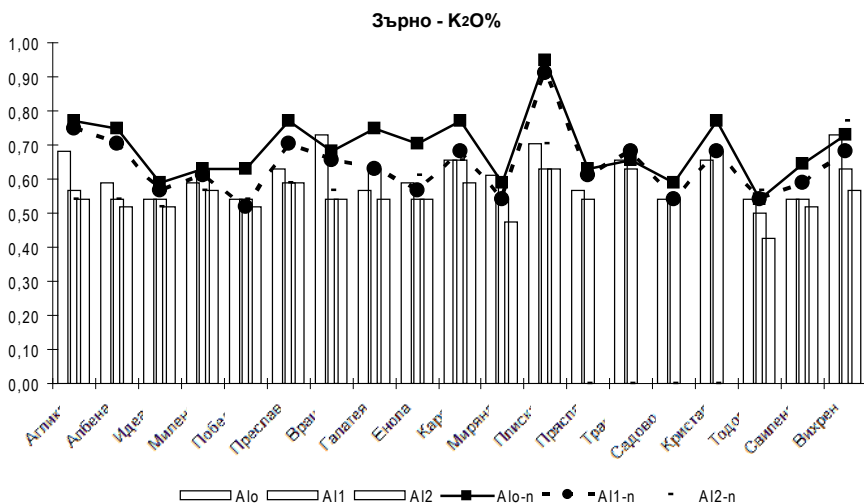
при самостоятелното прилагане на изпитваните нива на обменен  $Al^{3+}$  в почвата. Тенденцията за депресиращото му влияние върху концентрацията на фосфор в зърното е характерна и за тритикале. Същата намалява от 0.94%  $P_2O_5$  ( $Al_0$ ) до 0.60%  $P_2O_5$  ( $Al_2$ ).

Приложеното минерално торене средно за сортовете пшеница много слабо повишава средната концентрация на P в зърното на сортовете при  $Al_0$  и води до намаление - при  $Al_1$ .

И при варианта  $Al_2$  същото не е в състояние да намали силния химичен стрес от моделирането на екстремна сумарна концентрация от 5.5 meq  $Al^{3+}/100$  g. Тази тенденция с абсолютна сила важи и за тритикале. Намалението в концентрацията на P в зърното на сортовете пшеница е двойно в сравнение с торенето при естествения статус на киселата почва. Забележимо положително влияние на минералното торене е установено при сорт Идеал.

Съдържанието на калий в зърното на изпитваните генотипове също варира в зависимост от изпитваните фактори в опита. Това вариране е в много по-тесни граници в сравнение с това на азота и фосфора (Фиг. 3). С нарастване съдържанието на самостоятелно внесен обменен  $Al^{3+}$  в почвата е установено намаляване на калия в зърното. При тритикале същото е от 0.73%  $K_2O$  ( $Al_0$ ) до 0.57%  $K_2O$  ( $Al_2$ ). Средното съдържание на калий в зърното на сортовете пшеница варира от 0.61%  $K_2O$  ( $Al_0$ ) до 0.42%  $K_2O$  ( $Al_2$ ). Наблюдаваните генотипни различия в стойностите на показателя са най-ясно проявени при контролния вариант ( $Al_0$ ).

За разлика от *Kovačević et al. (2013)*, които стигат до заключението, че минералното торене на кисели почви не влияе върху концентрацията на калия, ние установяваме увеличение на съдържанието му в зърното както при тритикале, така и средно за изпитваните сортове пшеница. Минералното торене има положителна роля за повишаване стойностите на показателя, която в зависимост от нивото на обменен  $Al^{3+}$  в почвата е проявена в различна степен. При тритикале увеличението е най-силно изразено във варианта с най-висока концентрация на обменен  $Al^{3+}$  ( $Al_2$ ) – с 36.28%. Средно за сортовете пшеница ефекта от минералното торене за разлика от тритикале намалява по посока на увеличаване нивото на обменен  $Al^{3+}$  в почвата. Увеличението за варианта  $Al_0 + n$  е 13.69% спрямо  $Al_0$ ; за  $Al_1 + n$  – с 10,66%, спрямо  $Al_1$  и за  $+ n$  – с 8.65%, спрямо  $Al_2$ .



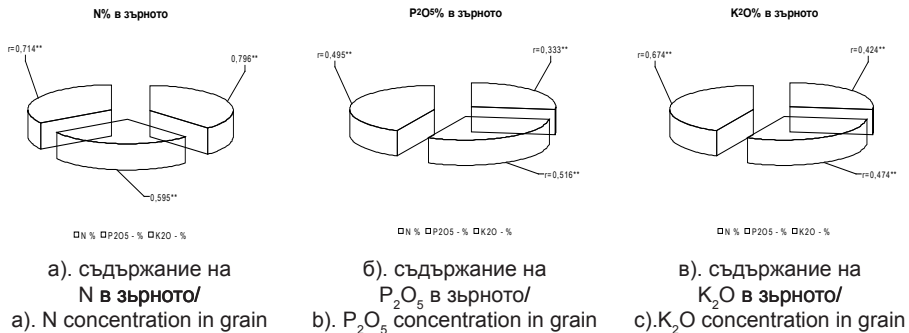
**Фигура 3.** Концентрация на калий в зърното на изпитваните генотипове, %  
**Figure 3.** Concentration of potassium ( $K_2O$ ) in the grain of the tested cultivars, %

Най-силно изразена положителна реакция към минералното торене по отношение съдържанието на калий в зърното е установена при сортовете Плиска (с 30.37%), Албена (с 20.51%) и Аглика (с 15.33%).

Резултатите от изследването показват, че единственият сорт, който в рамките на целия експеримент превишава стандарта по концентрация на калий в зърното е Плиска – средно с 10,60%. Максимално близо до реакцията на стандарта са показали сортовете Карат, Преслав, Аглика и Галатейа, чието средно съдържание на калий в зърното е от 98.11%% до 91.70% от това на тритикале.

В рамките на експеримента съдържанието на азот в зърното показва силно изразени корелационни зависимости с химическия състав на вегетативната маса, включващ листа, стъбла, незърнеста част на класа (НЗЧК) и корен (Фиг. 4).

Установено е, че азота в зърното е в по-тесни корелативни зависимости от съдържанието на калий във вегетативната маса в сравнение с това на фосфора в нея. Също така е установено, че стойностите на корелациите са най-големи със съдържанието на азот в НЗЧК (0.815\*\*) и корените (0.849\*\*), с фосфора в корените (0.836\*\*) и калия в листата (0.792\*\*) и стъблата (0.796\*\*).



**Фигура 4.** Корелационни зависимости между химическия състав на зърното и съдържанието на азот, фосфор и калий средно за органите на вегетативната биомаса.

**Figure 4.** Correlations between the chemical composition of grain and the content of nitrogen, phosphorus and potassium, average for the organs of vegetative biomass

Съдържанието на фосфор в зърното на изследваните генотипове показва високи също показва високи средни корелационни зависимости от химическия състав на вегетативната маса. В този случай стойностите на корелационните коефициенти за връзката между съдържанието на фосфор в зърното със съдържанието на NPK във вегетативната маса са едни от най-високите.

Концентрацията на калий в зърното е в по-силна корелативна връзка с калия на вегетативната маса (0.674\*\*) в сравнение с тази на азота и фосфора. Концентрацията на основни макроелементи (особено азот и фосфор) в кореновата система на генотиповете корелира по-силно със съдържанието на калий в зърното в сравнение с останалите органи. При този хранителен елемент с най-висока стойност е корелацията между съдържанието на калий в зърното и НЗЧК (0.739\*\*).

Установена е динамика в стойностите на корелационните коефициенти и съответно тяхната същественост при изследването на корелативните зависимости за всеки един вариант поотделно (Табл. 5). На фона на естествено съдържание на обменен Al<sup>3+</sup> в почвата корелациите между химическия състав на зърното с този на останалите органи в по-голямата си част са несъществени. Повишаването на нивото на алуминия в почвата чрез прибавка на 2.5 meq Al<sup>3+</sup>/100 g води до нарастване и доказаност на по-голяма част от корелативните зависимости. При следващия вариант – с още по-голяма концентрация на токсичен алуминий всички взаимовръзки

**Таблица 5.** Корелационни зависимости по нива на изпитваните варианти в опита между концентрацията на основни макроелементи в органите на изпитваните сортове  
**Table 5.** Correlations between the concentration of main macroelements in the organs of the tested cultivars according to the levels of the variants of the experiment

Органи / Organs	Листа/ Leaves			Събла/ Stems			Зърно/ Grain			НЗЧК/ Non grain part of spike			Корени/Roots		
	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %
Al <sub>0</sub>															
Зърно N % (Grain N %)	0.028	0.263	0.595**	0.162	-0.094	0.298	1	0.174	-0.157	0.381*	-0.262	-0.298	0.599**	0.449**	-0.385*
Зърно P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % (Grain P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	-0.116	0.356*	0.203	-0.177	0.023	-0.070	0.174	1	-0.030	-0.013	0.179	-0.190	-0.047	-0.203	-0.213
Зърно K <sub>2</sub> O % (Grain K <sub>2</sub> O %)	-0.014	0.013	0.203	0.094	-0.235	-0.111	-0.157	-0.030	1	-0.221	0.416**	0.506**	-0.189	-0.011	0.208
Al <sub>0</sub> + n															
Зърно N % (Grain N %)	0.414**	0.511**	0.573**	0.784**	0.646**	0.333*	1	0.626**	0.086	0.772**	0.599**	-0.102	0.687**	0.436**	-0.058
Зърно P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % (Grain P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	0.131	0.700**	0.697**	0.564**	0.651**	-0.186	0.626**	1	0.229	0.687**	0.741**	0.032	0.388*	0.327*	-0.122
Зърно K <sub>2</sub> O % (Grain K <sub>2</sub> O %)	-0.117	0.119	0.149	-0.088	-0.082	-0.218	0.086	0.229	1	0.297	0.103	0.688**	0.124	-0.051	-0.264
Al <sub>1</sub>															
Зърно N % (Grain N %)	0.643**	0.312	0.488**	0.308	0.241	0.242	1	0.131	0.195	0.308	-0.217	0.143	0.575**	0.670**	0.377*
Зърно P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % (Grain P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	-0.265	0.138	0.363*	-0.109	-0.211	-0.031	0.131	1	0.427**	0.289	0.394*	-0.388*	-0.010	0.026	0.011
Зърно K <sub>2</sub> O % (Grain K <sub>2</sub> O %)	-0.200	-0.016	-0.168	-0.243	0.026	0.188	0.195	0.427**	1	0.269	0.422**	-0.187	-0.235	-0.143	0.147

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Таблица 5. Корелационни зависимости по нива на изпитваните варианти в опита между концентрацията на основни макроелементи в органите на изпитваните сортове (Продължение)  
 Table 5. Correlations between the concentration of main macroelements in the organs of the tested cultivars according to the levels of the variants of the experiment (Continued)

Органи / Organs	Листа/ Leaves			Стъбла/ Stems			Зърно/ Grain			НЗЧК/ Non grain part of spike			Корени/Roots		
	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - %	K <sub>2</sub> O - %
Зърно N % (Grain N %)	-0.023	0.333*	0.233	0.546**	0.630**	0.023	1	0.827**	0.267	0.708**	0.553**	-0.209	0.553**	0.306	0.180
	-0.109	0.413**	0.249	0.445**	0.471**	-0.083	0.827**	1	0.413**	0.745**	0.516**	-0.394*	0.538**	0.244	0.077
	0.016	0.266	-0.054	0.179	-0.001	-0.074	0.267	0.413**	1	0.327*	0.038	0.277	0.335*	0.031	-0.069
Al <sub>1</sub> + n															
Зърно N % (Grain N %)	0.957**	0.898**	0.904**	0.864**	0.935**	0.924**	1	0.958**	0.942**	0.791**	0.579**	0.720**	0.908**	0.885**	0.812**
	0.931**	0.850**	0.846**	0.865**	0.924**	0.899**	0.958**	1	0.911**	0.783**	0.670**	0.671**	0.860**	0.858**	0.826**
	0.908**	0.848**	0.914**	0.777**	0.854**	0.946**	0.942**	0.911**	1	0.681**	0.544**	0.854**	0.913**	0.879**	0.898**
Al <sub>2</sub> + n															
Зърно N % (Grain N %)	0.906**	0.903**	0.760**	0.830**	0.528**	0.902**	1	0.975**	0.906**	0.891**	0.800**	0.769**	0.949**	0.900**	0.862**
	0.872**	0.870**	0.759**	0.880**	0.532**	0.899**	0.975**	1	0.909**	0.892**	0.840**	0.737**	0.915**	0.866**	0.844**
	0.903**	0.844**	0.753**	0.718**	0.513**	0.863**	0.906**	0.909**	1	0.752**	0.650**	0.855**	0.877**	0.851**	0.914**

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

са статистически достоверни.

Минералното торене води до разширяване броя на достоверните корелации при по-ниските нива на  $Al^{3+}$  в почвата ( $Al_0$ ,  $Al_1$ ) и пълна, статистически с високо ниво на корелативните взаимовръзки при варианта с най-висока концентрация на токсичен алуминий в почвата.

Необходимо е да изясним доколко химическия състав на зърното се влияе от неговата едрина (маса на 1000 зърна) при условията на кисела почвена реакция. Установените корелативни връзки между масата на 1000 зърна и азота и фосфора в зърното при естественото плодородие на киселата почва ( $Al_0$ ) са несъществени (Табл. 6). Минералното торене на този фон, както и при  $Al_1$ , се отличава с отрицателна статистически доказана корелация между масата на зърното и съдържанието на калий. Отрицателни, но статистически недостоверни са корелациите между масата и съдържанието на азот и фосфор в зърното при изпитваните варианти. Дочев (2011) при експерименти в Образцов чифлик установява много добре доказана отрицателна корелативна зависимост между масата на 1000 зърна и съдържанието на суров протеин.

**Таблица 6.** Корелационни зависимости между химическия състав на зърното и маса на 1000 зърна (Pearson Correlation)

**Table 6.** Correlations between the chemical composition of grain and 1000 kernel

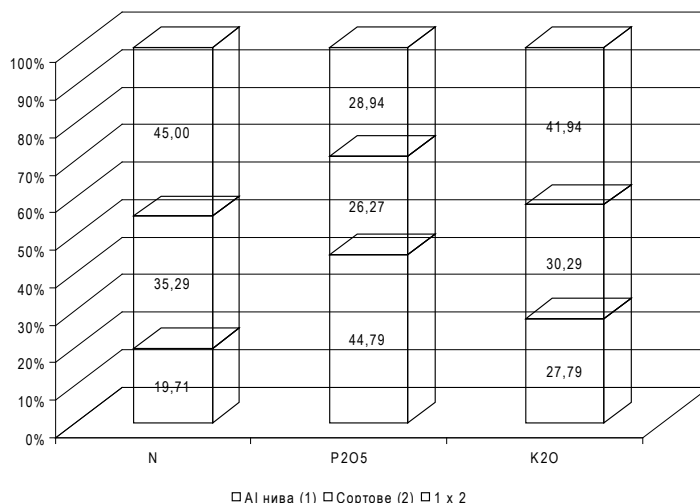
Концентрация на елементи в зърното Elements concentration in grain	Варианти / Variants	Нива на обменен алуминий в почвата		
		$Al_0$	$Al_1$	$Al_2$
N	Контроли/ Controls	0.013	- 0.149	0.930**
	Контроли + $N_{200}P_{200}K_{200}$ / Controls + $N_{200}P_{200}K_{200}$	0.151	- 0.114	0.958**
$P_2O_5$	Контроли/ Controls	0.049	- 0.028	0.919**
	Контроли + $N_{200}P_{200}K_{200}$ / Controls + $N_{200}P_{200}K_{200}$	0.024	- 0.116	0.958**
$K_2O$	Контроли/ Controls	- 0.318	- 0.020	0.942**
	Контроли + $N_{200}P_{200}K_{200}$ / Controls + $N_{200}P_{200}K_{200}$	-0.712**	- 0.660**	0.879**

Химическият състав на зърното на изпитваните генотипове, отглеждани на екстремно високо ниво на обменен  $Al^{3+}$  в почвата ( $Al_2$ ) самостоятелно и с минерално торене се характеризира с положителна статистически достоверна корелативна връзка с масата на 1000 зърна. Минералното торене на всички нива на обменен  $Al^{3+}$  в почвата повишава стойностите на корелационните коефициенти.

Безспорно коментираните до тук изменения в химическия състав на зърното се влияят от факторите в опита и техните нива. Комплексното им взаимодействие определя концентрацията на азот и калий в зърното на изследваните генотипове (Фиг. 5). Силата на това влияние върху концентрацията на азот е 45.00%, а на калий - 41.94%. Следващ по сила на влияние върху концентрацията им е генотипния фактор. Същият има по-силно влияние върху концентрацията на азот в зърното в сравнение с това - върху концентрацията на калий. Нивата на обменен обменен  $Al^{3+}$  в почвата (самостоятелно и в комбинация с минерално торене) остават последен по сила на влияние фактор, чието въздействие е по-силно изразено върху съдържанието на калий в зърното в сравнение с това върху азота.

**Влияние на нарастващите нива на обменен алуминий в почвата върху концентрацията на основни макроелементи в зърното на сортове пшеница (*Triticum aestivum* L.)**

В синхрон с очакванията постъпването и концентрацията на фосфора в крайната фаза в най-голяма степен зависи от въздействието на химичния стрес. Средните стойности на силата на влияние на този фактор върху фосфора в зърното е 44.79%. Самостоятелното действие на генотипа и взаимодействието му с нивото на токсичен алуминий приблизително си поделят остатъка от въздействието.



**Фигура 5.** Сила на влияние на изпитваните фактори върху химическия състав на зърното, %

**Figure 5.** Strength of effect of the tested factors on the chemical composition of grain, % (1. - Al level; 2. - Cutivars)

Влиянието на нарастващите нива на обменен  $Al^{3+}$  в почвата в зависимост от това дали са самостоятелно внесени или са допълнително комбинирани с минерално торене влияят върху силата на въздействието му върху химичния състав на зърното (Табл. 7). В основни линии посочените по-горе тенденции са запазени. При самостоятелното прилагане на обменния  $Al^{3+}$  в почвата комбинираното взаимодействие на факторите има определяща роля за концентрацията на трите макроелемента в зърното на изпитваните генотипове.

**Таблица 7.** Сила на влияние на факторите в зависимост от самостоятелното и комбинирано с  $N_{200}P_{200}K_{200}$  mg/1000 g вънесяне на обменен  $Al^{3+}$  в почвата, %

**Table 7.** Strength of effect of the factors depending on the independent and combined with  $N_{200}P_{200}K_{200}$  mg/1000 g introduction of exchangeable  $Al^{3+}$  in soil

Фактори/Factors	Самостоятелни нива на			Комбинация с минерално торене		
	N	P	K	N	P	K
Нива на обм. Al (1) Exc. Al level (1)	7.32	31.23	26.09	4.64	53.57	25.15
Сортове (2) Varieties (2)	35.51	28.09	27.63	49.78	28.41	36.67
1 x 2	57.18	40.68	46.25	45.59	18.04	38.20

Минералното торене увеличава силата на въздействие на фактора *генотип*



върху концентрацията на азота и калия в зърното. Установена е и висока стабилност на силата на влияние на *генотипа* върху съдържанието на фосфор в зърното.

Минералното торене съществено повишава силата на токсичното въздействие на обменен  $Al^{3+}$  в почвата върху концентрацията на фосфор в зърното и намалява рязко силата на комбинираното взаимодействие върху стойностите на показателя. То също така намалява въздействието на токсичния алуминий върху съдържанието на азот в зърното, за сметка на повишаване силата на влияние на генотипа и комбинираното взаимодействие на факторите.

## ИЗВОДИ

Различните нива на алуминиева токсичност в почвата влияе в различни посоки върху концентрацията на основни макроелементи в зърното на широк набор сортове пшеница и стандартната култура тритикале.

Нарастващите до 5.5 meq  $Al^{3+}/100$  g почва нива на обменен алуминий повишават концентрацията на азот в зърното и намаляват тази на фосфора и калия. Увеличението в концентрацията на азот в зърното достига до 27.32% в сравнение с естествения статус на Stagnic Podzoluvicsols. Намалението в концентрацията на фосфор и калий в зърното достига съответно до 69.36% и 67.98% в сравнение с установеното при естественото съдържание на почвата.

Минералното торене има по-слабо изразен положителен ефект върху средното съдържание на фосфор и калий в зърното в сравнение с това на азот, което се повишава средно с 32.54%. Установена е тенденция към намаляване ефекта на торенето с нарастване нивото на токсичен алуминий в почвата.

Генотипната реакция към присъствието на токсичен алуминий в почвата е много силно изразена. Всички сортове, които успяват да завършат развитието си по съдържание на азот в зърното превишават концентрацията му спрямо установената в зърното на тритикале с 11,50%. С най-висока концентрация на азот в зърното са сортовете Победа (3.31% N), Галатея (3.24% N), Враца (3.17% N), Аглика (3.11% N) и Милена (3.02% N).

Средната концентрация на фосфор в зърното на пшеницата е 94.96%, а на калий – 81.82% от установената в тритикале. С най-високо съдържание на фосфор в зърното е сорт Галатея (1,04 %  $P_2O_5$ ). Същият значително превишава всички останали сортове пшеница, а спрямо тритикале концентрацията му е с 31.65% по-висока. Всички изследвани пшеница с изключение на сорт Плиска са с концентрация на калий в зърното под тази на тритикале.

Стойностите на корелационните зависимости между съдържанието на трите основни макроелемента в зърното и органите на вегетативната биомаса и масата на 1000 зърна варират в зависимост от нивото на обменен  $Al^{3+}$  в почвата. Особено високи са корелативните зависимости с нарастване присъствието на токсичен алуминий в почвата и тези със съдържанието на азот, фосфор и калий в кореновата система.

## ЛИТЕРАТУРА

- Дочев В., 2011.** Зависимост на стъкловидността, добива на мокър глутен и съдържанието на суров протеин от едрината на зърното при сортове обикновена пшеница (*Triticum aestivum* L.). **Известия на Съюза на учените Русе, серия 3** Аграрни и ветеринарно-медицински науки, том 6, 7-10
- Barraclough, P.B., J.R. Howarth, J. Jones, R. Lopez-Bellido, S. Parmar, C. E Shepherd, 2010.** Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *Eur. J. Agron.* 33, 1–11
- Cakmak I. (2002):** Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and Soil*, 247, pp. 3–24.

- Cordell, D., J. Drangert, S. White, 2009.** The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Glob. Environ. Change* 19, 292–305
- Dugalic, G., Gajic, B., Jelic, M., Jovanovic, Z., 2005.** Agrochemical characteristics of pseudogley in the Kraljevo basin. Proceedings XL Croatian Symposium on Agriculture, 15-18. February, Croatia, Opatija: 415-416.
- Jelic M., J. Milivojevic, O. Nikolic, V. Djekic, S. Stamenkovic, 2015.** Effect on long-term fertilization and soil amendments on yield, grain quality and nutrition optimization in winter wheat on an acidic Pseudogley. *Romanian Agricultural Research*, No 32, pp 165-174.
- Jelic, M., S. Lomovic, S. Zivanovic, J. Milivojevic, J. Stojanovic, 2000.** Tolerance of certain Yugoslav genotypes of winter wheat to high soil acidity and Al concentration. *Annual Wheat Newsletter*, Kansas State University, USA, 46, pp. 270-271.
- Kiani, J.M., M.K. Abbasi, N. Rahim, 2005.** Use of organic manure with mineral N fertilizer increases wheat yield at Rawalakot Azad Jammu and Kashmir. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51 (3), pp. 299-309.
- Kisic I., M. Mesic, F. Basic, A. Butorac, Z. Vadjic, 2004.** The effect of liming and fertilization on yields of maize and winter wheat. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 69 (2–3), pp. 51-57.
- Kovačević V., J. Kadar, M. Rastiya, R. Sudar, 2013.** Impacts of NPK fertilization on chemical composition of wheat grain. 48<sup>th</sup> & 8<sup>th</sup> International symposium on Agriculture/ Dubrovnik/Croatia, 510-514ž
- Marschner H., 1991.** Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. *Plant Soil* 134, pp. 1-20.
- Raboy, V., 2009.** Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus. *Plant Sci.* 177, 281–296.
- Rao I.M., R.S. Zeigler, R. Vera, S. Sarkarung, 1993.** Selection and breeding for acid-soil tolerance in crops. *Bio Science* 43 (7), pp. 454-465.
- Rayburn L.A., J.B. Wetzel, V.C. Baligar, 2002.** Mitotic analysis of sticky chromosomes in aluminum tolerant and susceptible wheat lines grown in soils of differing aluminum saturation. *Euphytica*, 127, pp. 193-199.
- Rose Terry J., Lei Liu and Matthias Wissuw, 2013.** Improving phosphorus efficiency in cereal crops: is breeding for reduced grain phosphorus concentration part of the solution? *Plant Science*, Volume 4, Article 444, 1-6
- Rose, T.J., and M. Wissuwa, 2012.** "Rethinking internal phosphorus utilization efficiency (PUE). *Advance sin Agronomy*, Vol. 80, ed. D.L. Sparks (New York: American Society of Agronomy and Academic Press), 183–215.
- SPSS Inc., Chicago, USA
- Wardyn, B.M., W.K Russell, 2004.** Resource allocation in a breeding program for phosphorus concentration in maize grain. *Crop Sci.* 44, 753–757.
- Zečević V., J. Bošković, D. Knežević, D. Micanovic, 2012.** The effect of fertilization and liming on some grain quality properties of wheat. Pp 470-475 (Ieto.mgk.n-szeged. huRARD2012-183-66. pdf).
- Zeidan M.S., M.F. El Karamany, 2001.** Effect of organic manure and slow-release N fertilizers on the productivity of wheat (*Triticum aestivum L.*) in sandy soil. *Acta Agronomica Hungarica*, 49 (4), pp. 379–385.
- Zhang H., J.L. Schroder, E.G. Krenzer, O.M. Kachurina, M.E. Payton, 2004.** Yield and quality of winter wheat forage as affected by lime. *Plant Management Network, Forage and Grazinglands*. <http://www.plantmanagementnetwork.org>.
- Zivanovic-Katic S., O. Nikolic, M. Jelic, 2005.** The liming and fertilization influence on changes of chemical traits of soil with acid pH reaction. *Contemporary Agriculture*, Novi Sad, 3-4, pp. 645-649.