

**ТОЛЕРАНТНОСТ НА БЪЛГАРСКИ СОРТОВЕ ПШЕНИЦА
КЪМ УСЛОВИЯТА НА КИСЕЛА ПОЧВЕНА РЕАКЦИЯ.
III. НАРАСТВАЩИ НИВА НА ОБМЕНЕН АЛУМИНИЙ
В ПОЧВАТА И УСВОЯВАНЕ НА АЗОТ**

Маргарита Нанкова

Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево

Резюме

Нанкова М., 2009. Толерантност на български сортове пшеница към условията на кисела почвена реакция. III. Нарастващи нива на обменен алуминий в почвата и усвояване на азот

Присъствието на генетично кисели, както и на вторично вкислени почви в България налага проучване толерантността на пшеницата към нарастващи количества обменен алуминий. Изследването е проведено във вегетационен експеримент при използването на светло сива горска почва (Stagnic Podzoluvisols-FAO, 2002) със съдържание на обменен Al^{3+} 0.5 meq/100 g почва (A_0). Допълнително са създадени нарастващи нива на токсичност чрез прибавянето на 2.5 meq Al^{3+} /100 g (A_1) и 5.0 meq Al^{3+} /100 g (A_2). Експериментът е проведен с 20 генотипа зимни житни култури: 18 – *T.aestivum* L., 1 – *T.durum* Desf. и ръжено-пшеничният хибрид *Triticale*. Последният е използван за стандарт. Опитът е проведен на два фона на почвено торене: 1 – контролен по отношение нивата на обменен Al^{3+} и 2 – минерално торене с N:P:K=1:1:1 от норми по 200 mg N, P_2O_5 и K_2O /1000 g почва. При генетично кисели почви нивото на обменен алуминий в почвата е факторът с определящо влияние върху усвояването на азот в зърното (82.4 %), надземната биомаса на растенията (76.8 %) и кореновата им система (66.6%). Факторът сорт също има добре изразено влияние върху тези показатели, като най-силно е проявено влиянието му върху усвояването на азот в кореновата система (17.0 %). Балансираното минерално торене в значителна степен намалява негативното влияние на нивата на обменен алуминий в почвата върху усвояването на азот от растенията. Същото засилва положителната роля на фактора сорт особено при усвояването на азот в надземната биомаса и зърното. Нивата на обменен алуминий в почвата и приложеното балансирано минерално торене водят до съществено задълбочаване на генотипната диференциация между сортовете по отношение на усвоените количества азот в кореновата система, зърното и надземната биомаса като цяло. Сортовете “Миряна”, “Енола” и “Карат” се отличават с повишена толерантност към нарастващи нива на обменен алуминий в почвата и приложеното към тях балансирано торене и превъзхождат останалите сортове пшеница, както и тритикале “Вихрен” по количество на усвоения азот в надземната биомаса и зърното средно за всички варианти в опита. В края на вегетацията кореновата система на тритикале “Вихрен” се отличава с по-големи количества усвоен азот и никой от масово разпространените в практиката сортове не го превъзхожда независимо дори и при балансирано торене. Корелационните зависимости в усвоения азот между отделните органи са положителни и много добре изразени. Корелационната зависимост между усвоения азот в зърното и надземната биомаса е най-силно

изразена.

Ключови думи: алуминиева токсичност, пшеница, усвояване на азот

Abstract

Nankova, M., 2009. Tolerance of Bulgarian wheat varieties to acid soil reaction. III. Increasing levels of exchangeable aluminum in soil and nitrogen uptake.

The presence of genetically acid, as well as of secondarily acidified soils in Bulgaria imposes the necessity of investigating the wheat tolerance to increasing amounts of exchangeable aluminum. This study was performed as a vegetation experiment using light gray forest soil (Stagnic Podzolic soils-FAO, 2002) which contained exchangeable Al^{3+} 0.5 meq/100 g soil (A_0). Increasing levels of toxicity were applied by adding 2.5 meq Al^{3+} /100 g (A_1) and 5.0 meq Al^{3+} /100 g (A_2). The experiment involved 20 genotypes of winter cereals: 18 *T.aestivum* L. genotypes, 1 *T.durum* Desf. genotype, and the rye-wheat hybrid *Triticale*. This hybrid was used as a standard. The experiment was carried out against two soil fertilization backgrounds: 1 – check variant with regard to the levels of exchangeable Al^{3+} , and 2 - fertilization with N:P:K=1:1:1 at norms 200 mg N, P_2O_5 and K_2O /1000 g soil. In the genetically acid soils the level of exchangeable aluminum was the factor which determined the effect on nitrogen uptake in the grain (82.4%), in the shoot biomass of plants (76.8%) and in their root system (66.6%). The factor variety also had a well expressed effect on the above indices, especially on nitrogen uptake of the root (17.0 %). Balanced mineral fertilization significantly reduced the negative effect of exchangeable aluminum in soil on nitrogen uptake of plants. It also enhanced the positive role of the factor variety, especially for the nitrogen uptake in the shoot biomass and grain. The levels of exchangeable aluminum in soil and the applied balanced mineral fertilization significantly deepened the genotype differentiation between the varieties with regard to the nitrogen amounts taken up by the root, the grain and the shoot as a whole. Varieties Miryana, Enola and Karat possessed enhanced tolerance to increasing levels of exchangeable aluminum in soil and the balanced fertilization applied to them, and they exceeded the rest of the wheat varieties and triticale Vihren by the amount of nitrogen taken up in the shoot biomass and grain, averaged for all variants of the experiment. At the end of vegetation the roots of triticale Vihren had larger amounts of nitrogen uptake and none of the varieties used in mass production exceeded it even at balanced fertilization. The correlations of nitrogen taken up in the respective plant organs were positive and well expressed. The correlation between nitrogen uptake in grain and in the shoot biomass was best expressed.

Key words: aluminum toxicity, wheat, nitrogen uptake

УВОД

Присъствието на обменен алуминий при почвите с кисела реакция е причина за токсични ефекти, водещи до намаляване на добива и качеството на продукцията, а често пъти дори и за компроментиране на реколтата (Alva et al., 1986; Wright, 1989). Изследването на растежа, развитието и хранителните характеристики на различни генотипи пшеница при условията на кисела реакция има изключително важно научно и практическо значение. Според Brag and Giddens (1968) и Haynes (1986) в киселите почви Al^{3+} токсичност е основния стресов фактор за растежа и йонния транспорт в корените. Изследванията на Климашевский и Чернишева (1980) установяват доминиращата роля в генотипната специфика на устойчивостта на растенията към йонна токсичност принадлежи на корена.

В своето ревю Samas и Tesfaye (2003) посочват, че алуминиевата токсичност освен, че подтиква удължаването и деленето на кореновите клетки води и до спиране на растежа им, съпроводено със силно затруднение в постъпването на вода и хранителни вещества.

Целта на настоящото изследване е да установи ефекта на нарастващите нива на обменен алуминий в почвата върху усвояването на азот някои органи на зимните житни култури.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В условията на вегетационен експеримент през периода 1999-2000 г. е изследвана толерантността на 18 генотипа *T. aestivum* L., 1 представител на *T. durum* Desf. (“Сатурн 1”) и 1 представител на ръжено-пшеничен хибрид – *Triticale* (“Вихрен”), използван като стандартна култура. Изпитваните материали са представители на българската селекция. Експериментът е проведен на светло сива горска почва (Stagnic Podzoluvicsols-FAO, 2002) със съдържание на обменен алуминий 0.5 meq/100 g почва и $pH_{KCl} = 4.8$ (A_0). Допълнително са внесени 2.5 (A_1) и 5.0 (A_2) meq Al^{3+} /100 g почва, съответно при условия без торене и при торене (т) с $N_{200}P_{200}K_{200}$ mg/1000 g почва (A_0+t ; A_1+t ; A_2+t).

В края на вегетационния период на растенията е определено сухото вещество по органи. Същите са подготвени за определяне съдържанието на азот, фосфор и калий по Келдал. Азотът е определян на дестилационен апарат тип Парнас-Вагнер; фосфорът – колориметрично по жълтата молибдатно-ванадатна реакция, а калият – пламъчно-фотометрично.

Статистическият анализ на получените резултати е осъществен с програмен продукт SPSS 13.0.

РЕЗУЛТАТИ

На базата на дисперсионния анализ е установено, че самостоятелното и комбинирано влияние на факторите “нива на обменен алуминий” и “сорт”, в зависимост от хранителния режим на почвата, оказват въздействие върху натрупването на азот в някои органи на изпитаните зимни житни култури (табл. 1). Видно е, че самостоятелното влияние на посочените фактори както при контролните варианти (A_0 , A_1 и A_2), така и при приложеното към тях балансирано минерално торене (A_0+t , A_1+t и A_2+t) в максимална степен статистически доказано влияят върху усвояването на азота в изследваните органи. Същото се отнася и за въздействието на фактора “сорт” за усвояването на азот по органи и в надземната биомаса.

Взаимодействието между двата фактора влияе в максимална степен достоверно върху усвоения количества азот в надземната биомаса и зърното. В кореновата система на изпитаните зимни житни култури влиянието му е недостоверно. Тази недоказаност на взаимодействието между факторите “нива на алуминий в почвата” и “сорт” е много по-силно изразена при вариантите с приложено балансирано минерално торене в сравнение с контролните варианти.

Депресията в усвояването на азота в резултат на допълнителното прибавяне на 5 meq Al /100 g почва (A_2) е най-голяма (табл. 2). Балансираното минерално торене определено има положителна роля за повишаване количеството на усвоения азот в тези варианти. Средното увеличението при надземната биомаса е със 111.8 %, при зърното – с 95.3 % и при кореновата маса – с 47.7 %.

Тестът на Waller-Duncan не установява доказани различия в количеството на усвоения азот в надземната биомаса и зърното при контролните варианти A_0 и A_1 и ги поставя в една група. Различията в установените количества азот в кореновата система при трите контролни варианти (A_0 , A_1 и A_2) обаче са и ясно открити.

В края на вегетационния период кореновата система на пшеницата съдържа най-много азот при варианта с естествено съдържание на обменен алуминий (A_0). Моделираните нарастващи количества токсичен алуминий в почвата рязко намаляват усвоения количества азот. При последния вариант (A_2), съдържащ 5 meq Al /100 g

Толерантност на български сортове пшеница към условията на кисела почвена реакция.
III. Нарастващи нива на обменен алуминий в почвата и усвояване на азот.

почва кореновата система на зимните житни съдържа 3.6 пъти по-малко усвоен азот в сравнение с контролния (A_0).

Таблица 1. Дисперсионен анализ за влиянието на изследваните фактори върху усвояването на азот по органи

Table 1. Dispersion analysis on the effect of the investigated factors on the N uptake by organs

Показатели Source	Зависими показатели Dependent Variable	df	Контролни варианти Control variants			Торови варианти Fertilizer variants		
			Mean Square	F	Sig.	Mean Square	F	Sig.
Нива на Al Al levels	Зърно Grain	2	57632.9	703.5	.000	138564.1	191.9	.000
	Корен Roots	2	940.9	133.1	.000	842.1	58.1	.000
	Надз. биомаса Shoot biomass	2	64837.6	603.3	.000	188595.9	234.9	.000
Сортове Genotypes	Зърно Grain	19	378.2	4.6	.000	3937.8	5.5	.000
	Корен Roots	19	25.2	3.6	.000	38.2	2.6	.003
	Надз. биомаса Shoot biomass	19	629.9	5.9	.000	5250.7	6.5	.000
Al x Сорт Al x Genotypes	Зърно Grain	38	456.7	5.6	.000	2291.9	3.2	.000
	Корен Roots	38	12.3	1.7	.028	22.9	1.6	.081
	Надз. биомаса Shoot biomass	38	714.3	6.6	.000	2377.6	2.9	.000

Таблица 2. Усвоен азот в надземната биомаса, зърното и кореновата система (mg/съд)

Table 2. Nitrogen uptake in Shoot biomass, Grain and Root system (mg/pot)

Контролни варианти Control variants		Торови варианти – + N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀ Fertilizer variants	
Variants-Al	Value	Variants-Al	Value
Надземна биомаса (Shoot biomass)			
+5.0 meq Al ³⁺ /100 g	45.824 a	+5.0 meq Al ³⁺ /100 g	97.041 a
0.5 meq Al ³⁺ /100 g	113.459 b	+2.5 meq Al ³⁺ /100 g	226.082 b
+2.5 meq Al ³⁺ /100 g	117.483 b	0.5 meq Al ³⁺ /100 g	282.496 c
Зърно (Grain)			
+5.0 meq Al ³⁺ /100 g	32.700 a	+5.0 meq Al ³⁺ /100 g	63.853 a
0.5 meq Al ³⁺ /100 g	97.161 b	+2.5 meq Al ³⁺ /100 g	170.424 b
+2.5 meq Al ³⁺ /100 g	99.660 b	0.5 meq Al ³⁺ /100 g	224.410 c
Коренова система (Root)			
+5.0 meq Al ³⁺ /100 g	3.655 a	+5.0 meq Al ³⁺ /100 g	5.397 a
+2.5 meq Al ³⁺ /100 g	7.947 b	+2.5 meq Al ³⁺ /100 g	11.591 b
0.5 meq Al ³⁺ /100 g	13.334 c	0.5 meq Al ³⁺ /100 g	17.169 c

Waller-Duncan=40

Ролята на балансираното минерално торене за усвояването на азот от растенията при естествено състояние на светло сивата горска почва и допълнително внесените количества обменен алуминий е силно изразена в положителна посока.

Факторът “сорт” също допринася за промяна в спектъра на влияние на различните нива на обменен алуминий в почвата върху усвояването на този есенциален хранителен елемент (табл. 3). Количеството на усвояения в надземната биомаса азот при контролните варианти варира от 68.033 mg/съд (“**Садово 1**”) до 107.699 mg/съд (“**Карат**”). Въз основа на усвоените количества азот тестът на Waller-Duncan разпределя сортовете в 7 групи. Като изключим сортовете “**Садово 1**” и “**Карат**” голяма част от изпитаните зимни житни култури показват сходство в натрупването на азот.

Таблица 3. Усвоен азот в надземната биомаса в зависимост от сорта и торенето (mg/съд)

Table 3. Nitrogen uptake in shoot biomass according to genotype and fertilization (mg/pot)

Контролни варианти Control variants		Торови варианти – + N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀ Fertilizer variants	
Сортове Genotypes	Стойност Value	Сортове Genotypes	Стойност Value
Садово 1 / Sadovo 1	68.033 a	Албена / Albena	180.397 a
Тракия / Trakiya	80.583 b	Сатурн 1 / Saturn 1	181.775 a
Враца / Vratza	80.938 b	Аглика / Aglika	186.627 ab
Кристал / Kristal	81.177 b	Преслав / Preslav	189.250 abc
Пряспа / Pryaspa	82.517 b	Тракия / Trakiya	191.985 abc
Плиска / Pliska	83.105 bc	Кристал / Kristal	196.026 abcd
Аглика / Aglika	89.886 bcd	Садово 1 / Sadovo 1	204.630 abcd
Сатурн 1 / Saturn 1	90.616 bcde	Победа / Pobeda	212.057 abcde
Албена / Albena	90.829 bcde	Галатей / Galateya	215.223 abcde
Свилена / Svilena	91.102 bcde	Пряспа / Pryaspa	220.260 bcde
Галатей / Galateya	94.250 cdef	Идеал / Ideal	223.304 cde
Тодора / Todora	96.082 defg	Враца / Vratza	224.660 cde
Победа / Pobeda	98.782 defg	Милена / Milena	230.469 def
Милена / Milena	100.473 defg	Тодора / Todora	243.116 efg
Вихрен / Vihren	100.732 defg	Плиска / Pliska	243.911 efg
Миряна / Miryana	100.759 defg	Вихрен / Vihren	264.871 fgh
Идеал / Ideal	101.364 defg	Свилена / Svilena	266.891 gh
Енола / Enola	102.293 efg	Енола / Enola	292.780 hi
Преслав / Preslav	103.893 fg	Карат / Karat	314.075 i
Карат / Karat	107.699 g	Миряна / Miryana	315.729 i

Waller-Duncan=6

Балансираното минерално торене допринася за натрупването на повече азот в надземната биомаса и задълбочава генотипната диференциация. Варирането в стойностите на усвояения азот е от 180.397 mg/съд (“**Албена**”) до 315.729 mg/съд (“**Миряна**”). Тези два сорта заемат полюсни позиции по отношение на реакцията си към посочените условия на отглеждане.

Нарастващите нива на обменен алуминий в почвата са в основата на силно изразена генотипна диференциация в количеството на усвояения азот в зърното при изпитаните зимни житни култури (табл. 4). В условията на опита зърното на сорт “**Садово 1**” се отличава с най-ниски количества усвоен азот. Намалено е натрупването на азот в зърното на сортовете “**Враца**”, “**Тракия**”, “**Сатурн 1**” и “**Плиска**”. При голям брой сортове е установено добре изразено сходство по посока на нарастване на усвоените количества азот. В условията на нарастващ химичен стрес в почвата сорт “**Карат**” се отличава с максимални количества усвоен в зърното азот.

Толерантност на български сортове пшеница към условията на кисела почвена реакция.
III. Нарастващи нива на обменен алуминий в почвата и усвояване на азот.

Таблица 4. Усвоен азот в зърното в зависимост от сорта и торенето (mg/съд)
Table 4. Nitrogen uptake in Grain according to genotype and fertilization (mg/pot)

Контролни варианти Control variants		Торови варианти – + N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀ Fertilizer variants	
Сортове Genotypes	Стойност Value	Сортове Genotypes	Стойност Value
Садово 1 / Sadovo 1	58.502 a	Сатурн 1 / Saturn 1	119.507 a
Враца / Vratza	67.103 ab	Аглика / Aglika	136.634 ab
Тракия / Trakiya	67.987 ab	Албена / Albena	143.090 abc
Сатурн 1 / Saturn 1	68.159 ab	Преслав / Preslav	143.651 abc
Плиска / Pliska	68.701 ab	Тракия / Trakiya	151.481 abcd
Пряспа / Prysapa	71.186 bc	Победа / Pobeda	152.123 abcd
Кристал / Kristal	71.824 bcd	Садово 1 / Sadovo 1	159.614 bcd
Албена / Albena	74.681 bcde	Кристал / Kristal	161.908 bcd
Свилена / Svilena	75.320 bcdef	Галатя / Galateya	166.452 bcde
Аглика / Aglika	75.792 bcdefg	Враца / Vratza	167.541 bcde
Галатя / Galateya	76.714 bcdefg	Пряспа / Prysapa	169.123 bcde
Победа / Pobeda	81.444 cdefgh	Идеал / Ideal	174.030 cdef
Преслав / Preslav	81.885 defgh	Милена / Milena	177.670 cdef
Вихрен / Vehren	82.129 defgh	Тодора / Todora	182.823 def
Миряна / Miryana	82.616 efgh	Плиска / Pliska	182.975 def
Тодора / Todora	82.638 efgh	Вихрен / Vihren	198.810 efg
Милена / Milena	83.091 efgh	Свилена / Svilena	208.160 fg
Енола / Enola	85.584 fgh	Енола / Enola	233.465 gh
Идеал / Ideal	86.006 gh	Карат / Karat	243.140 h
Карат / Karat	88.777 h	Миряна / Miryana	265.138 h

Waller-Duncan N =6

Таблица 5. Усвоен азот в корените в зависимост от сорта и торенето (mg/съд)
Table 5. Nitrogen uptake in Grain according to genotype and fertilization (mg/pot)

Контролни варианти Control variants		Торови варианти – + N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀ Fertilizer variants	
Сортове Genotypes	Стойност Value	Сортове Genotypes	Стойност Value
Враца / Vratza	4.077 a	Враца / Vratza	7.751a
Кристал / Kristal	4.845 ab	Албена / Albena	8.895 a
Тодора / Todora	6.307 abc	Кристал / Kristal	9.165 a
Пряспа / Prysapa	6.633 abcd	Плиска / Pliska	10.762 ab
Албена / Albena	7.329 abcde	Аглика / Aglika	10.931 abc
Садово 1 / Sadovo 1	7.525 bcde	Преслав / Preslav	11.433 abc
Свилена / Svilena	7.608 bcde	Свилена / Svilena	12.030 abc
Тракия / Trakiya	7.983 bcde	Тодора / Todora	12.109 abc
Енола / Enola	8.015 bcde	Милена / Milena	12.420 abc
Плиска / Pliska	8.299 cde	Садово 1 / Sadovo 1	12.818 abc
Милена / Milena	8.556 cde	Тракия / Trakiya	12.818 abc
Сатурн 1 / Saturn 1	8.692 cde	Сатурн 1 / Saturn 1	12.901 abc
Аглика / Aglika	8.766 cde	Галатя / Galateya	13.285 abcd
Галатя / Galateya	8.972 cde	Идеал / Ideal	13.388 abcd
Карат / Karat	9.365 cde	Енола / Enola	13.389 abcd
Победа / Pobeda	9.493 cde	Победа / Pobeda	13.483 abcd
Миряна / Miryana	9.791 de	Пряспа / Prysapa	14.979 bcd
Вихрен / Vihren	10.057 e	Миряна / Miryana	16.658 cde
Идеал / Ideal	10.301 e	Карат / Karat	18.948 de
Преслав / Preslav	13.631f	Вихрен / Vihren	21.497 e

Waller-Duncan N=6

Минералното торене повишава съществено способността на всички сортове да натрупват азот в зърното. Независимо че тестът на Waller-Duncan запазва разпределението на сортовете като брой групи, настъпва разместване на позициите им в сравнение с контролните варианти. Положителното влияние на минералното торене е по-слабо изразено при сортовете “Сатурн 1”, “Аглика”, “Албена” и “Преслав”. С най-големи количества усвоен азот в зърното при балансирано торене е сорт “Миряна” (265.138 mg/съд).

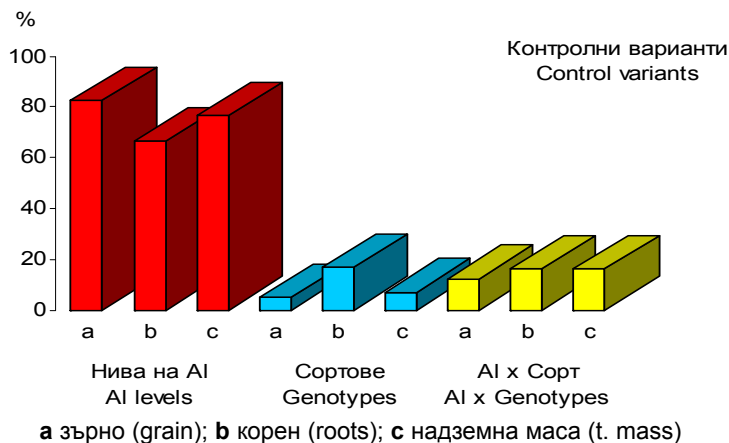
Диференциация между сортовете е установена и по отношение на натрупаните количества азот в кореновата маса (табл. 5). При контролните нарастващи нива на алуминий с най-малко азот в корените се отличава сорт “Враца”. При същите условия сорт “Преслав” се отличава с 3.3 пъти по-голямо количество усвоен азот от “Враца” и заема последната ясно дефинирана група.

Минералното торене повишава остатъчните количества на усвоения в корените азот и слабо стеснява диференциацията между сортовете от различните зимни житни. Сортовете “Враца”, “Албена” и “Кристал” се характеризират с най-малко количество на усвоен азот в корените. Голяма група сортове носят белези на сходство с тях, но се отличават и с нарастващо количество на усвоен азот. Същото е най-голямо при тритикале “Вихрен”, като съществено сходство с него показват сортовете обикновена пшеница “Карат” и “Миряна”.

ОБСЪЖДАНЕ

Нарастващите нива на обменен алуминий в почвата влияят върху механизмите на усвояване на хранителни елементи и съответно натрупването им растенията през отделните фази от развитието им. Това от своя страна води до силно изразено влияние и върху продуктивността. Независимо, че от зимните житни обикновената пшеница и тритикалето се считат за сравнително толерантни култури реакцията им по отношение на тяхната толерантност към Al^{3+} варира в широки граници (Taylor and Foy, 1985^a, 1985^b). Резултатите от нашето изследване в пълна степен подкрепят това становище.

Присъствието на обменен Al в почвата оказва силно влияние върху количеството на усвоения азот в растенията в края на вегетационния им цикъл. Средно за контролните варианти (A_0 , A_1 и A_2) обменният алуминий в почвата контролира 82.4 % от усвоения азот в зърното и 76.8 % от установения в надземната биомаса на изпитаните житни култури (фиг. 1).



Фигура 1. Сила на влияние на факторите върху усвояването на азот по органи в контролните варианти (%)

Figure 1. Effect of factors on nitrogen uptake by plant organs in the check variants (%)

При кореновата система влиянието на този фактор върху количеството на усвояения азот в крайната фаза е по-слабо изразено - 66,6%. При такива условия кореновата система на растенията първа се сблъсква с наличната и допълнително създадената стресова ситуация в почвата. Това оказва влияние не само върху нейното развитие, но и върху усвояването на хранителни вещества и техния по-нататъшен метаболизъм. Kochian (1995) съобщава, че при кисели почви обменният алуминий води до хронична суша и стрес от хранителен недостиг. Нарастване силата на влиянието на този фактор върху усвояването на азот в надземната биомаса и особено в зърното е изключително силно проявена.

При естественото състояние на използваната почва всички сортове пшеница са усвоили равни или по-големи количества азот в надземната биомаса от тритикале. С най-големи количества се отличават **“Преслав”**, **“Аглика”**, **“Карат”** и **“Тодора”**. Прибавката на 2.5 meq Al/100 g (A_1) не оказва съществено влияние върху средното количество на усвояения азот, но води до съществени промени в генотипната реакция. Същите са най-силно проявени при сортовете **“Идеал”**, **“Преслав”**, **“Аглика”**, **“Садово 1”** и **“Тодора”**. При тях е установено намаление в количеството на усвояения азот, което е съответно 81.7 %, 82.2 %, 83.0 %, 94.1 % и 85.6 % от усвоените количества в A_0 . При следващото нарастване количеството на обменния алуминий в почвата сортовете са усвоили средно 40.3 % от средното количество усвоен азот в надземната биомаса при контролния вариант A_0 . С най-малка депресия в усвояването на азот се отличават тритикале **“Вихрен”**, твърдата пшеница **“Сатурн 1”** и сортовете обикновена пшеница **“Милена”**, **“Идеал”**, **“Миряна”**, **“Карат”**, **“Свилена”** и **“Галатея”**. Посочените сортове зимни житни усвояват от 82.2 до 50.4 % от усвоените количества в A_0 .

Количеството на усвояения азот в зърното на сортовете също варира съществено в зависимост от нивото на обменния алуминий в почвата. При контролния вариант сортовете **“Плиска”** и **“Сатурн 1”** се изравняват с **“Вихрен”** по този показател, а всички останали сортове обикновена пшеница го превишават. С най-много усвоен азот в зърното се отличават сортовете **“Аглика”**, **“Карат”** и **“Тодора”**. Допълнително създадените нарастващи нива на обменен алуминий в почвата задълбочават генотипната диференциация в съдържанието на общ азот в зърното на зимните житни. Прибавката на 2.5 meq Al/100 g (A_1) е причината количеството на усвояения азот в зърното на 14 генотипа да е под установеното при тритикале. По този показател обаче сортовете **“Пряспа”**, **“Кристал”**, **“Галатея”** и **“Енола”** съществено го превишават. При следващото още по-високо ниво на обменен алуминий в почвата количеството на усвояения азот в зърното на изпитаните зимни житни е 33.5 % от усвоените количества в контролния вариант, съдържащ 0.5 meq Al/100 g почва. Освен загиването на четири сорта и при другите е установено силно затормозване в натрупването на азот в зърното. Най-малко са пострадали **“Вихрен”**, **“Милена”**, **“Идеал”** и **“Карат”**. При тези сортове усвоените количества азот в зърното са съответно 73.6 %, 62.9 %, 55.6 % и 47.8 % от натрупания азот в този орган при контролния вариант.

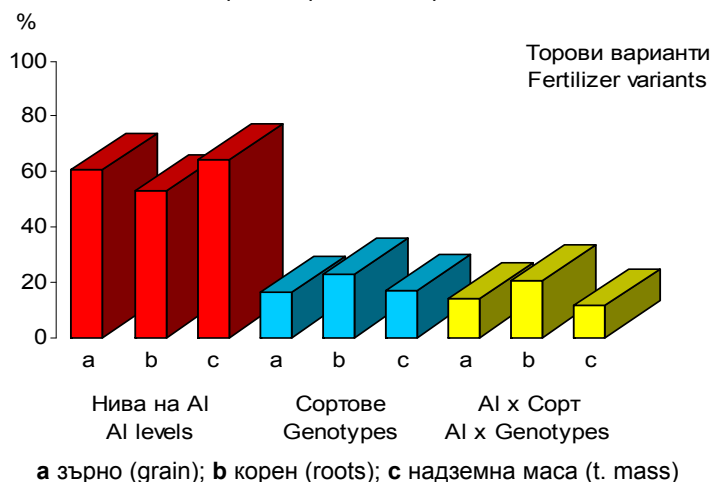
Докато при количеството на усвояения азот в надземната биомаса и зърното, средно за изпитаните сортове, не са установени съществени различия при отглеждането им във вариантите A_0 и A_1 , то кореновата им система реагира с намаляване количеството на усвояения в нея азот още при първото допълнително моделирано ниво на обменен алуминий. При последното е усвоен едва 62.6 % от средното количество азот при естественото състояние на светло сивата горска почва. При това стресово ниво най-малко са пострадали сортовете **“Враца”**, **“Милена”** и **“Енола”**. Количеството на усвояения азот в кореновата система азот е съответно 93.1 %, 91.7 % и 76.6 % от усвоените количества в контролата. В същото време само сортовете **“Кристал”**, **“Садово 1”**, **“Тодора”**, **“Свилена”**, **“Плиска”**, **“Враца”** и **“Албена”** се отличават с по-ниски количества усвоен азот (в абсолютни стойности) от тези на тритикале **“Вихрен”**.

При следващото увеличаване съдържанието на токсичен алуминий в почвата средните количества на усвоения в корените азот представлява 29.1 % от тези при контролата. Нови сортове не загиват, но при всички установения азот в корените е драстично намален. При тези условия се отличават сортовете “Идеал”, “Враца” и “Свилена”, при които усвоените количества азот в A_2 са съответно 69.7 %, 58.6 % и 51.3 % от тези в A_0 . С тази си реакция те изпреварват тритикале “Вихрен”.

Тези резултати показват, че факторът “сорт” макар и значително по-слабо влияещ върху усвояването на азот в зимните житни в сравнение с “нивата на токсичен алуминий в почвата”, също допринася за проявата на съществена диференциация в получените абсолютни стойности на усвоения азот по органи. Неговото влияние е проявено най-силно при кореновата система, следвано от усвоения азот в надземната биомаса и е най-слабо изразено при усвоения азот в зърното.

Комбинираното взаимодействие между двата фактора с еднаква сила влияе върху усвояването на азот от надземната биомаса и кореновата система и по-слабо при зърното.

Балансираното минерално торене има добре изразено буферно действие срещу негативното влияние на нарастващите нива на токсичен алуминий в почвата, които в случая имат ключова роля за усвояването на азот от растенията (фиг. 2). Запазена е същата тенденция за влиянието им върху усвояването на азот по изследваните органи и надземната биомаса както при контролните варианти.



Фигура 2. Сила на влияние на факторите върху усвояването на азот по органи в торовите варианти (%)

Figure 2. Effect of factors on nitrogen uptake by plant parts in the fertilization variants (%)

Минералното торене има и друга много добре изразена роля: повишава ролята на фактора “сорт” за усвояването на азот от растенията. Неговият дял отново е най-силно изразен при усвояването на азот от кореновата система. Спрямо контролните варианти ролята на сорта в резултат на приложеното торене е нараснала с 34,7%. В следствие на цялостното положително влияние на балансираното торене влиянието на фактора “сорт” за усвояване на азот в надземната биомаса и зърното е практически изравнен. В този случай ролята на сорта за усвояване на азот в надземната биомаса е нараснала 1.3 пъти, а при зърното – 2.2 пъти в сравнение с установените в контролните варианти.

Балансираното торене на светло сивата горска почва допринася над 90.0 % от изпитаните сортове да усвоят повече азот в надземната си биомаса от тритикале

“Вихрен”. Това е вариантът (A_0+t), в който растенията усвояват най-много азот. Лидерската позиция заема сорт “Миряна”, следвана от сортовете “Пряспа”, “Карат” и “Енола”.

При варианта A_1+t средното количество на усвояения азот е 80.0 % от това при A_0+t . Девет сорта са усвоили по-малко азот от тритикале, но сортовете “Карат”, “Миряна” и “Енола” значително го превъзхождат по този показател.

При A_2+t нито един от сортовете не превъзхожда стандартната култура по количество на усвоен азот в надземната биомаса. Сортовете “Милена”, “Карат” и “Миряна” обаче усвояват повече азот от останалите.

По усвоени количества азот в зърното средно за вариантите на опита сортовете “Миряна”, “Карат” и “Енола” превишават както тритикале “Вихрен”, така и останалите сортове пшеница. За “Миряна” и “Карат” е установено, че притежават съответно по-висока или равна на тритикале “Вихрен” продуктивност, а средните добиви от сорт “Енола” му отстъпват със 17.5 % (Нанкова и др., 2002).

Средно за усвояения азот в кореновата система при балансирано минерално торене нито един сорт не превъзхожда тритикале. Представителят на тази култура, използвана в опита за стандарт, е и с най-силно развита коренова система (Nankova et al., 2004). От сортовете обикновена пшеница с по-големи количества усвоен азот в корените при узряване се отличават “Карат”, “Миряна”, “Идеал”, “Победа” и “Галатей”.

Комбинираното взаимодействие на факторите “ниво на Al” × “сорт” в резултат на балансираното минерално торене повишава силата на влиянието си върху усвояването на азот от растенията главно при зърното – с 12.0 % и при корена – с 22.4 %.

Взаимовръзката между количеството на усвояения азот от отделните органи и надземната биомаса е ясно изразена при ниво 0.01 (табл. 6). Най-силно е изразена корелационната зависимост между натрупания азот в зърното и надземната биомаса ($r=0.988$). По-ниските стойности на зависимостта между азота в зърното и кореновата система ($r=0.732$) запазват своята доказаност на високо ниво. Азотът в кореновата маса е в по-силно изразена взаимовръзка с този в надземната биомаса в сравнение с натрупания в зърното.

Таблица 6. Корелационни зависимости в усвояения азот между отделните органи
Table 6. Corelations between N uptake by organs

Показатели / Indices (N=120)	Азот в зърното / Grain N	Азот в корените / Root N	Азот в надземната биомаса / Shoot N
Азот в зърното / Grain N		.732(**)	.988(**)
Азот в корените / Root N	.732(**)		.764(**)
Азот в надземната биомаса / Shoot N	.988(**)	.764(**)	

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

ИЗВОДИ

При генетично кисели почви “нивото на обменен алуминий в почвата” е факторът с определящо влияние върху усвояването на азот в зърното (82.4 %), надземната биомаса на растенията (76.8 %) и кореновата им система (66.6 %).

Факторът “сорт” има добре изразено влияние върху тези показатели, като най-силно е проявено влиянието му върху усвояването на азот в кореновата система (17.0 %).

Балансираното минерално торене в значителна степен намалява негативното влияние на нивата на обменен алуминий в почвата върху усвояването на азот от растенията. Същото засилва положителната роля на фактора “сорт” особено при

усвояването на азот в надземната биомаса и зърното.

Нивата на обменен алуминий в почвата и приложеното балансирано минерално торене водят до съществено задълбочаване на генотипната диференциация между сортовете по отношение на усвоените количества азот в кореновата система, зърното и надземната биомаса като цяло.

Сортовете “**Миряна**”, “**Енола**” и “**Карат**” се отличават с повишена толерантност към нарастващи нива на обменен алуминий в почвата и приложеното към тях балансирано торене и превъзхождат останалите сортове пшеница, както и тритикале “**Вихрен**” по количество на усвоения азот в надземната биомаса и зърното средно за всички варианти в опита.

В края на вегетацията кореновата система на тритикале “**Вихрен**” се отличава с по-големи количества усвоен азот и никой от масово разпространените в практиката сортове не го превъзхожда дори и при балансирано торене.

Корелационните зависимости в усвоения азот между отделните органи са положителни и много добре изразени. С най-високи стойности е корелацията между усвоения азот в зърното и надземната биомаса.

ЛИТЕРАТУРА

- Климашевский, Е., Н. Чернишева, 1980.** Генетическая вариабилность устойчивости растений к ионной токсичности (водорода и алюминия) в зоне корней: теория и практические аспекты, Сельскохозяйственная Биология, XV (2): 270-277.
- Нанкова, М., К. Костов, Е. Пенчев, 2002.** Толерантност на български сортове пшеница към условията на кисела почвена реакция. I. Влияние на нивото на обменния алуминий върху добива зърно. Юбилейна научна сесия “120 години земеделска наука Садово”, II: 127-134.
- Alva, A., D. Edwards, C. Asher, and F. Llamey, 1986.** Effects of phosphorus/aluminum molar ratio and calcium concentration of plant response to aluminum toxicity. J. Soil Sci. Soc. Amer. 50: 133-137.
- Brar, S., J., and Giddens, 1968.** Inhibition of nitrification in Ladengrassland soil. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 32: 821-823.
- Kochian, L., 1995.** Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 46: 237-260.
- Haynes, R., 1986.** Nitrification. In Mineral Nitrogen in the Plant Soil System. (ed. Haynes R. J.), pp 127-165, Acad. Press., New York.
- Nankova, M., K. Kostov, and E. Penchev, 2004.** Tolerance of Bulgarian Wheat Varieties to Conditions of Acid Soil Reaction. II. Effect of Exchangeable Aluminium on Root mass and Root-shoot Relation. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 10:117-124.
- Taylor, G., and C. Foy, 1985^a.** Mechanisms of aluminium tolerance in *Triticum aestivum* L. (wheat). I. Differential pH induced by winter cultivars in nutrient solutions. Am. J. Bot. 72: 695-701.
- Taylor, G., and C. Foy, 1985^b.** Mechanisms of aluminium tolerance in *Triticum aestivum* L. (wheat). II. Differential pH induced by spring cultivars in nutrient solutions. Am. J. Bot. 72: 702-706.
- Samac, D., and M. Tesfaye, 2003.** Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soil – a review. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 75: 189-207.
- Wright, R., 1989.** Soil aluminum toxicity and plant growth. Commun Soil Sci. Plant Anal., 20: 1479-1497.