

АГРОХИМИЯ

ГРНТИ 68.33.29:68.35.21

DOI: [10.51886/1999-740X.2023.4.60](https://doi.org/10.51886/1999-740X.2023.4.60)

Б.М. Амиров^{1*}, Қ.Қ. Құлымбет¹, Г.А. Сапаров¹, А.Т. Сейтменбетова¹,
О.С. Құрманакын¹

**УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ И ФОРМ
АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ШАУЛЬДЕРСКОМ МАССИВЕ
ОРОШЕНИЯ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 75 В, Казахстан,
*e-mail: bak.amirov@gmail.com

Аннотация. В настоящее время для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур помимо создания и внедрения новых высокопродуктивных сортов, использования различных средств защиты растений, стимуляторов роста и биопрепаратов необходимым агроприемом является эффективное применение минеральных удобрений. Целью данной работы являлось изучение влияния различных доз и форм азотных удобрений на динамику накопления сырой массы растений кукурузы, урожайность, также вынос и нормативное потребление питательных элементов на разных фонах засоления в Шаульдерском массиве орошения Туркестанской области. Полученные результаты показали, что наилучшие показатели установлены в слабозасоленном фоне, чем в средnezасоленном. В среднем на слабозасоленном фоне урожайность зерна кукурузы в зависимости от форм азотных удобрений в дозе 80 кг/га варьировал в пределах 13,2-14,9 т/га. При этом прибавка урожая от применения различных форм удобрений при одинаковых дозах азота составила 21,6-37,4 %. На средnezасоленном фоне наилучшей эффективностью среди форм азотных удобрений выделился вариант с применением аммиачной селитры (вариант 5) с прибавкой от азотного удобрения 47,7 % к фосфорно-калийному фону. Получены регрессионные модели, точно отражающие зависимости урожая зерна и элементов структуры урожая кукурузы от суммарного влияния азотного удобрения (x_1) и степени засоленности почв (x_2): $Y = 18,429 + 0,2656x_1^{0,5} - 37,0995x_2$ с высоким коэффициентом детерминации - $R^2 = 0,954$. На слабозасоленном фоне вынос азота урожаем зерна кукурузы при соответствующем количестве побочной продукции по вариантам опыта варьировал от 282,9 кг/га в варианте $P_{80}K_{80}$, до 370,1 кг/га в варианте $P_{80}K_{80} + N_{120}$ (сульфат аммония), фосфора – от 121,4 кг/га в варианте $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (мочевина) до 160,7 кг/га в варианте $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (аммиачная селитра), калия – от 325,2 кг/га в варианте $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (мочевина) до 413,7 кг/га в варианте $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (сульфат аммония). На средnezасоленном фоне вынос азота составил в пределах 175,3-223,8 кг/га, фосфора – 67,4-89,6 кг/га, калия – 178,5-217,3 кг/га. Коэффициент использования азота из удобрений значительно варьировал в зависимости от доз и форм азотных удобрений и степени засоленности почвы.

Ключевые слова: серозем светлый, засоленность, кукуруза, урожайность, вынос азота, фосфора и калия.

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза (*Zea mays* L.), обладающая высокими пищевыми качествами, хорошей урожайностью, а также способностью адаптироваться к условиям произрастания является одной из основных зерновых культур в мировом земледелии. На сегодняшний день общий объем

производства кукурузы в мире превосходит производство пшеницы и риса [1].

В рейтинге, составленном по данным USDA, по выращиванию кукурузы в мировом масштабе (в млн тонн) лидируют США - 347, затем Китай - 254, на третьем месте Бразилия - 101, Евросоюз - 64,56 и Аргентина - 50. Топ 10 стран

замыкает Украина - 35,5, Индия - 29, Мексика - 25, ЮАР - 14 и Российская Федерация - 14 [2].

Для улучшения роста и развития растений кукурузы и в целом получения высоких урожаев решающее значение имеет применение удобрений, в частности минеральных. Как известно, в процессе вегетации данной культуры основные элементы минерального питания (азот, фосфор и калий) потребляются неодинаково. Так, на ранних стадиях развития большое значение имеет азот. Его недостаток в этот период приводит к задержке роста и развития растений. Поглощение азота кукурузой продолжается почти до созревания зерна, однако максимум его приходится на период за 2-3 недели до выметывания метелок. Критический период потребления азота приходится на фазы цветения и образования семян. Потребление азота замедляется после начала фазы молочной спелости зерна. Фосфор усваивается равномерно, вплоть до созревания, однако особо острую потребность в данном элементе растения кукурузы испытывают в самый начальный период развития, особенно когда закладываются будущие соцветия, то есть в фазе 4-6 листьев. Недостаток фосфора в этот период приводит к неполному развитию початков и формированию неправильных рядов зерен. Поглощение фосфора растениями проходит в меньших количествах, а поступление протекает медленнее и равномернее, чем калия и азота. Максимальное потребление приходится на период формирования зерна и продолжается почти до созревания. Калий также наиболее интенсивно поглощается в начальном периоде вегетации, т.е. с первых дней от появления всходов. Недостаток калия приводит к замедлению передвижения углеводов, снижает синтетическую деятельность листьев, ослабляет корневую систему и понижает устойчивость кукурузы к полеганию. К началу фазы выметывания растения

поглощают до 90 % калия. После окончания цветения поступление калия замедляется. С фазы молочной спелости зерна содержание калия в тканях растения уменьшается вследствие его вымывания осадками и экзосмоса через корневую систему в почву [3-5].

В целом, за период вегетации кукуруза потребляет большое количество питательных веществ. На создание 1 т зерна и соответствующего количества листостебельной массы потребляется в среднем 24-30 кг азота, 10-12 кг фосфора и 25-30 кг калия. При урожайности 5-6 т/га зерна или 50-60 т/га зеленой массы из почвы поглощается около 150-180 кг N, 60-70 P₂O₅ и 160-190 кг K₂O [6].

В этой связи повышение продуктивности кукурузы в зависимости от рациональной технологии применения различных минеральных удобрений, их доз, оптимальных сроков и способов внесения является актуальным направлением исследований. В наши задачи входило изучение различных доз и форм главным образом азотных удобрений на урожайность кукурузы, возделываемой в условиях сероземов светлых Шаульдерского массива орошения Туркестанской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты с кукурузой на зерно проведены в 2020 году на землях крестьянского хозяйства «Тілеген» с. Шытты, Отырарский район, Туркестанская область. Почва опытного участка здесь представлена сероземом светлым разной степени засоления (рисунок 1).

Опыты заложены компактно на 2-х фонах засоления на одном поле производственного массива. Площадь учетной делянки составила 56 м², повторность опыта - 3-х кратная при средней густоте стояния растений перед уборкой на слабозасоленном фоне 73 тыс. растений/га, на средnezасоленном фоне - 61 тыс. растений/га. При посеве использованы гибридные семена куку-

рузы «ЗПСК-704». Дата посева - 08.06.2020 г.

Схема опыта на обоих фонах засоления почвы включала одинаковые варианты удобрений: 1. $P_{80}K_{80}$ - фон;
2. $P_{80}K_{80}+N_{40}$ (сульфат аммония);

3. $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (сульфат аммония);
4. $P_{80}K_{80}+N_{120}$ (сульфат аммония);
5. $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (аммиачная селитра);
6. $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (мочевина);
7. $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (нитроаммофоска).

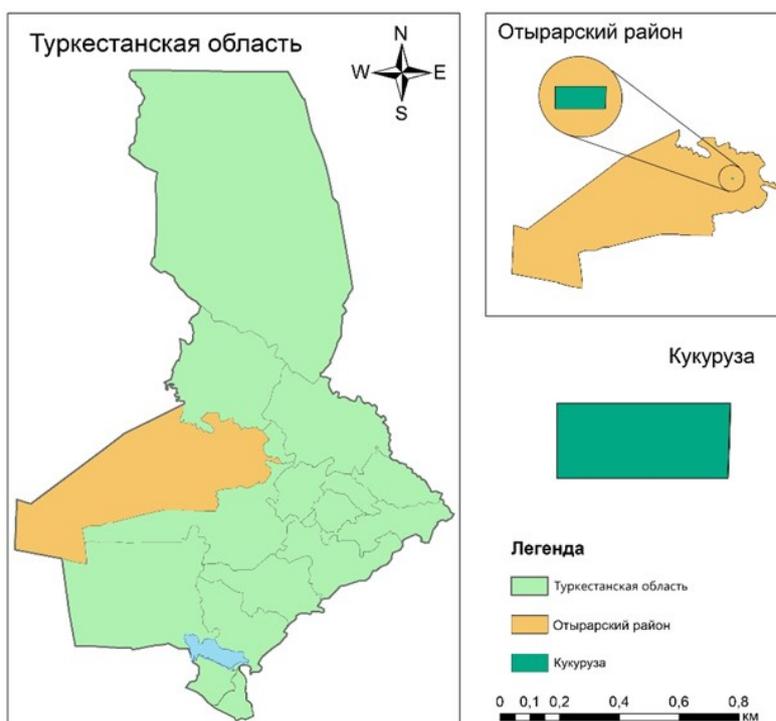


Рисунок 1 – Карта-схема расположения опытного участка

В основные фазы роста и развития растений кукурузы проведены биометрические исследования и отборы растительных образцов для изучения их динамики роста и развития в зависимости от различных видов и доз азотных удобрений.

Полученный экспериментальный материал обработан статистически по Б.А. Доспехову [9] и В.Н. Перегудову [10]. Для выражения зависимостей продуктивных показателей кукурузы от применяемых доз и форм азотных удобрений, данные проанализированы на регрессионную связь, учитывающую дей-

ствие и взаимодействие удобрений и степени засоления почвы на продуктивные показатели кукурузы по нелинейному множественному уравнению. Составление регрессионного уравнения осуществлялось по программному приложению Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перед закладкой полевого опыта с культурой кукурузы гибрида «ЗПСК-704» проведено агрохимическое обследование почв опытного участка, представленных сероземом светлым (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели сероземов светлых под культурой кукурузы перед посевом

Глубина, см	Общий гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			Сумма солей, %
		легко-гидролизуемый N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Слабозасоленный фон					
0-25	0,70	46,1	28,0	328	0,187
25-50	0,54	41,4	22,0	300	0,194
Среднезасоленный фон					
0-25	0,60	49,8	36,6	344	0,395
25-50	0,52	52,6	32,4	334	0,383

Почвы опытных участков характеризовались очень низким содержанием общего гумуса (0,52-0,70 %), повышенной обеспеченности легкогидролизуемым азотом (41,4-52,6 мг/кг), от низкой до повышенной обеспеченности подвижным фосфором (22,0-36,6 мг/кг) и

средним содержанием подвижного калия (300-344 мг/кг).

Необходимо отметить, что динамика засоления почвы в опыте зависела от степени засоленности пахотного и подпахотного горизонтов почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика суммы солей в пахотном и подпахотном горизонтах почвы в течение вегетации кукурузы, %

Фон	Слой почвы, см	Перед посевом	Фаза формирования початков	Фаза спелости зерна
Слабозасоленный фон	0-25	0,187	0,127	0,217
	25-50	0,194	0,140	0,193
Среднезасоленный фон	0-25	0,395	0,395	0,625
	25-50	0,383	0,422	0,609

В среднем по вариантам в изученных горизонтах почвы на слабозасоленном фоне сумма солей незначительно изменялась от посева к уборке кукурузы – в пахотном слое она колебалась в пределах 0,127-0,217 %, а в подпахотном - 0,140-0,193 %. На среднезасоленном фоне сумма солей в среднем по опыту значительно выросла с весны к осени, показав по слоям, соответственно, от 0,395 и 0,383 % перед посевом до 0,625 и 0,609 % в фазе спелости кукурузы. Значительный рост суммы солей в изучаемом профиле среднезасоленной почвы обусловлен летними восходящими потоками влаги. Известно, что в жаркие летние месяцы соли, промытые рано весной в более глубокие слои почвы,

перемещаются вверх по профилю почвы.

Изучение результатов применения удобрений в конечном итоге позволило выявить некоторые закономерности в динамике формирования урожайности кукурузы и его структуры в зависимости от доз и форм азотных удобрений на разных фонах засоления. Так, полученные данные показали (таблица 3), что наибольший показатель сырой массы растений кукурузы в слабозасоленном фоне в фазе 3-5 листьев выявлен в 5 варианте фона с применением аммиачной селитры в дозе 80 кг/га по фону фосфорно-калийных удобрений, где он составил 5,860 г/растение, что на 0,680 г/растение выше фонового варианта. Наименьшая сырая масса

отмечена при применении самой низкой дозы сульфата аммония в калийном фоне (вариант 2).

Таблица 3 - Динамика накопления сырой массы растений кукурузы в зависимости от доз и форм азотных удобрений на разных фонах засоления (г/растение)

Варианты опыта	Фаза 3-5 листьев	Фаза начала образования початков	Фаза спелости початков
Слабозасоленный фон			
1. P ₈₀ K ₈₀ - Фон	5,180	966	1112
2. P ₈₀ K ₈₀ + N ₄₀ (сульфат аммония)	5,200	1163	1258
3. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (сульфат аммония)	5,460	1417	1330
4. P ₈₀ K ₈₀ + N ₁₂₀ (сульфат аммония)	5,700	1587	1319
5. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (аммиачная селитра)	5,860	1669	1349
6. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (мочевина)	5,380	1717	1214
7. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (нитроаммофоска)	5,640	1846	1456
Среднезасоленный фон			
1. P ₈₀ K ₈₀ - Фон	4,740	609	680
2. P ₈₀ K ₈₀ + N ₄₀ (сульфат аммония)	4,960	828	837
3. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (сульфат аммония)	5,100	1147	965
4. P ₈₀ K ₈₀ + N ₁₂₀ (сульфат аммония)	5,080	982	1073
5. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (аммиачная селитра)	5,180	837	944
6. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (мочевина)	5,020	532	903
7. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (нитроаммофоска)	5,200	945	933

В фазе начала образования початков и в фазе их спелости максимальная сырая масса растений кукурузы установлена в 7 варианте фона с внесением азота в дозе 80 кг/га в форме нитроаммофоски. Здесь данный показатель, составивший 1846 и 1456 г/растение в эти фазы развития растений, оказался выше фонового варианта на 880 и 344 г/растение, соответственно.

На среднезасоленном фоне наибольшая сырая масса растений кукурузы в фазе 3-5 листьев отмечена по двум вариантам опыта 7 и 5, где в качестве азотного удобрения применены нитроаммофоска и аммиачная селитра в дозах 80 кг/га, при этом превышение фонового варианта составило 0,460 и 0,440 г/растение, соответственно. В фазе начала образования початков максимальный показатель сырой массы установлен в 3 варианте с внесением азота в дозе 80 кг/га в форме сульфата аммония - 1147 г/растение, что на 538 г/растение выше фосфорно-калийного фона.

В фазе спелости початков наибольший показатель сырой массы кукурузы выявлен в 4 варианте опыта с применением максимальной дозы сульфата аммония в количестве 120 кг/га - 1073 г/растение, что также выше фосфорно-калийного фона на 393 г/растение.

Структура урожая кукурузы (таблица 4) на слабозасоленном фоне сложилась следующим образом. Наибольшая масса сухого початка отмечена в 7 и 5 вариантах опыта с применением в качестве азотных удобрений аммиачной селитры (вариант 5) и нитроаммофоски (вариант 7) в дозах 80 кг/га, составив 232,8 и 233,2 г, соответственно. По длине сухого початка наилучший показатель также выявлен в 7 варианте опыта, где он составил 21,8 см против 19,8 см на контрольном варианте. Максимальная ширина сухого початка отмечена в варианте 3 с применением в качестве азотного удобрения сульфата аммония в дозе 80 кг/га - 5,8 см. По количеству зерен в початке наилучший

результат выявлен в 5 варианте, где он составил 760,9 шт, что на 195,3 шт выше фонового варианта. По выходу сухих зерен с одного початка кукурузы также лидируют варианты 7 и 5, где данный показатель варьировал в пределах 204,0 и 207,0 г, что на 53,6 и 56,6 г соответственно превышает вариант без применения азотных удобрений. Наибольшая масса 1000 зерен отмечена в 3 и 7 вариантах опыта и составила 278,5 и 279,3 г, соответственно, против 265,9 г на фоновом варианте. Внесение азота в форме мочевины в дозе 80 кг/га показало самый низкий результат – 239,6 г в опыте на слабозасоленной почве.

На средnezасоленном фоне максимальная масса сухого початка кукурузы выявлена в количестве 145,3 г (вариант 5), что на 50,7 г выше фонового варианта. По длине сухого початка наилучшие

показатели отмечены в 3 и 4 вариантах с применением сульфата аммония в дозах 80 и 120 кг/га, где они составили 20,1 и 20,6 см против 15,1 см на контроле. По количеству зерен в початке лидирует 7 вариант ($P_{80}K_{80}+N_{80}$ в форме нитроаммофоски), показавший его увеличение почти в два раза по сравнению с фоном без внесения азотного удобрения – 742, 4 шт. Наибольший выход сухих зерен с одного початка кукурузы отмечен в 5 варианте, где он составил 111,0 г, против 66,0 г в фоновом варианте. Максимальная масса 1000 зерен в количестве 231,7 г составила в варианте с применением азота в форме сульфата аммония ($P_{80}K_{80}+N_{80}$), а самая низкая – 136,0 г в варианте с применением азота в форме нитроаммофоски, против 167,5 г в фоновом варианте.

Таблица 4 - Структура урожая кукурузы в зависимости от доз и форм азотных удобрений на разных фонах засоления

Варианты опыта	Масса сухого початка, г	Длина сухого початка, см	Ширина сухого початка, см	Количество зерен в початке, шт	Выход сухих зерен с 1 початка, г	Масса 1000 зерен, г
Слабозасоленный фон						
1. $P_{80}K_{80}$ - Фон	169,0	19,8	5,0	565,6	150,4	265,9
2. $P_{80}K_{80} + N_{40}$ (сульфат аммония)	203,6	20,3	5,7	671,9	179,4	267,0
3. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (сульфат аммония)	221,0	21,4	5,8	695,2	193,6	278,5
4. $P_{80}K_{80} + N_{120}$ (сульфат аммония)	208,4	20,8	5,6	706,5	182,0	257,6
5. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (аммиачная селитра)	232,8	21,5	5,6	760,9	204,0	268,1
6. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (мочевина)	201,0	20,4	5,4	749,8	177,6	239,6
7. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (нитроаммофоска)	233,2	21,8	5,6	744,4	207,0	279,3
Средnezасоленный фон						
1. $P_{80}K_{80}$ - Фон	94,6	15,1	4,9	394,0	66,0	167,5
2. $P_{80}K_{80} + N_{40}$ (сульфат аммония)	112,6	18,3	4,7	485,0	80,6	166,2
3. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (сульфат аммония)	134,9	20,1	5,4	444,5	103,0	231,7
4. $P_{80}K_{80} + N_{120}$ (сульфат аммония)	138,1	20,6	5,1	541,5	104,0	192,1
5. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (аммиачная селитра)	145,3	17,5	5,0	693,8	111,0	160,0
6. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (мочевина)	128,2	19,6	5,1	591,6	96,3	162,8
7. $P_{80}K_{80} + N_{80}$ (нитроаммофоска)	136,3	19,7	5,0	742,4	101,0	136,0

Урожайность кукурузы на слабозасоленном фоне оказалась значительно выше, чем на средnezасоленном фоне (таблица 5). От повышения засоленности почвы урожай зерна кукурузы в зависимости от вариантов удобрений снизился на 52,19-59,92 %. На слабозасоленной почве урожай зерна кукурузы при применении азота в дозе 80 кг/га варьировал в зависимости от формы удобрений от 13,2 т/га в варианте с мочевиной (вариант 6) до 14,9 т/га в варианте с нитраммофоской (вариант 7).

На средnezасоленной почве наилучшие показатели урожайности отмечены в вариантах, 3, 4 и 5, где их размеры были выше на 46,6; 48,05 и 47,74 % фонового варианта.

Полученные результаты исследований по влиянию азотных удобрений на урожайность были подвергнуты математической обработке и после поэтапных исключений незначимых факторов ($P > 0,5$) было получено уравнение регрессии, достаточно точно прогнозирующее урожайность зерна кукурузы:

$$Y = 18,429 + 0,2656x_1^{0,5} - 37,0995x_2; \quad R^2 = 0,954 \quad (1)$$

где:

У - валовый урожай зерна кукурузы, т/га,

x_1 - дозы азота, кг д.в./га,

x_2 - сумма солей в почве, %

Как видно из уравнения (1), урожай зерна кукурузы на 95,4 % обуславливается суммарным влиянием азотного удобрения и степени засоленности почв при посеве. При этом урожайность зерна (У) положительно отреагировала на внесение азотного удобрения (x_1), а повышение суммы солей (x_2) снижала её.

Получены аналогичные регрессионные модели, точно отражающие зависимости элементов структуры урожая кукурузы от суммарного влияния азотного удобрения и степени засоленности почв.

По массе сырого початка кукурузы, г:

$$Y = 649,13 - 1016,96x_2 + 24,49(x_1x_2)^{0,5}; \quad R^2 = 0,937 \quad (2)$$

Выход сухих зерен с 1 початка, г:

$$Y = 235,02 + 4,031x_1^{0,5} - 432,61x_2; \quad R^2 = 0,964 \quad (3)$$

Таблица 5 - Урожайность кукурузы в зависимости от доз и форм азотных удобрений на разных фонах засоления

Варианты опыта	т/га				Прибавка урожая, %	Снижение от засоления, %
	1 повт.	2 повт.	3 повт.	среднее		
Слабозасоленный фон						
1. P ₈₀ K ₈₀ - Фон	10,86	11,43	10,20	10,83	0,00	-
2. P ₈₀ K ₈₀ + N ₄₀ (сульфат аммония)	12,65	13,65	12,32	12,87	18,87	-
3. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (сульфат аммония)	15,74	13,48	14,97	14,73	36,01	-
4. P ₈₀ K ₈₀ + N ₁₂₀ (сульфат аммония)	14,62	12,34	13,51	13,49	24,56	-
5. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (аммиачная селитра)	14,69	15,4	13,92	14,67	35,46	-
6. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (мочевина)	12,69	14,54	12,28	13,17	21,61	-
7. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (нитраммофоска)	15,67	14,30	14,66	14,88	37,37	-
НСР 0,5, т/га				1,63		
Точность опыта, %				3,92		
Средnezасоленный фон						
1. P ₈₀ K ₈₀ - фон	5,05	4,28	3,74	4,36	0,00	59,77
2. P ₈₀ K ₈₀ + N ₄₀ (сульфат аммония)	5,48	5,16	4,84	5,16	18,44	59,92
3. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (сульфат аммония)	6,18	7,12	5,86	6,39	46,60	56,64
4. P ₈₀ K ₈₀ + N ₁₂₀ (сульфат аммония)	6,44	6,40	6,51	6,45	48,05	52,19

Продолжение таблицы №5

5. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (аммиачная селитра)	6,13	7,25	5,93	6,44	47,74	56,12
6. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (мочевина)	5,12	6,04	5,60	5,59	28,23	57,58
7. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (нитроаммофоска)	5,18	6,39	6,60	6,06	39,02	59,29
НСР 0,5, т/га				0,96		
Точность опыта, %				5,36		

Размеры потребления и выноса питательных элементов растением кукурузы значительно варьировали в зависимости от условий минерального питания и степени засоленности почвы (таблица. 6). На слабозасоленной почве вынос азота урожаем зерна кукурузы при соответствующем количестве побочной продукции по вариантам опыта варьировал от 282,9 кг/га в варианте P₈₀K₈₀, до 370,1 кг/га в варианте P₈₀K₈₀+N₁₂₀ (сульфат аммония), фосфора от 121,4 кг/га в варианте P₈₀K₈₀+N₈₀ (мочевина) до 160,7 кг/га в варианте

P₈₀K₈₀+N₈₀ (аммиачная селитра), калия – от 325,2 кг/га в варианте P₈₀K₈₀+N₈₀ (мочевина) до 413,7 кг/га в варианте P₈₀K₈₀+N₈₀ (сульфат аммония). На среднезасоленном фоне вынос азота составил в пределах 175,3-223,8 кг/га, фосфора – 67,4-89,6 кг/га, калия – 178,5-217,3 кг/га. В среднем по опыту, вынос питательных элементов на 1 тонну продукции кукурузы на среднезасоленной почве по сравнению со слабозасоленной почвой вырос, причем азот с 25,2 до 33,0 кг, фосфор с 10,3 до 13,5 кг, калий с 26,1 до 33,8 кг.

Таблица 6 - Вынос и нормативное потребление питательных элементов урожаем кукурузы в зависимости от доз и форм азотных удобрений на разных фонах засоления

Варианты опыта	Вынос, кг/га			Потребление на 1 тонну продукции, кг			КИУ, %
	N	P	K	N	P	K	
Слабозасоленный фон							
1. P ₈₀ K ₈₀ – фон	282,9	139,9	291,1	26,1	12,9	26,9	-
2. P ₈₀ K ₈₀ + N ₄₀ (сульфат аммония)	314,9	131,7	351,0	24,5	10,2	27,3	80,1
3. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (сульфат аммония)	354,4	142,5	413,7	24,1	9,7	28,1	89,4
4. P ₈₀ K ₈₀ + N ₁₂₀ (сульфат аммония)	370,1	131,3	353,2	27,4	9,7	26,2	72,7
5. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (аммиачная селитра)	359,7	160,7	351,5	24,5	11,0	24,0	96,0
6. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (мочевина)	338,1	121,4	325,2	25,7	9,2	24,7	69,0
7. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (нитроаммофоска)	354,3	142,5	375,5	23,8	9,6	25,2	89,3
Среднезасоленный фон							
1. P ₈₀ K ₈₀ – фон	144,5	60,3	166,4	33,2	13,8	38,2	-
2. P ₈₀ K ₈₀ + N ₄₀ (сульфат аммония)	175,3	67,4	195,7	34,0	13,1	37,9	77,0
3. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (сульфат аммония)	201,6	82,5	217,3	31,6	12,9	34,0	71,4
4. P ₈₀ K ₈₀ + N ₁₂₀ (сульфат аммония)	223,8	89,6	189,7	34,7	13,9	29,4	66,1
5. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (аммиачная селитра)	203,6	81,7	213,5	31,6	12,7	33,2	73,9
6. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (мочевина)	182,2	76,4	178,5	32,6	13,7	31,9	47,1
7. P ₈₀ K ₈₀ + N ₈₀ (нитроаммофоска)	201,3	87,4	193,5	33,2	14,4	31,9	71,0

По данным таблицы 6 наибольший вынос питательных элементов урожаем кукурузы в зависимости от доз и форм азотных удобрений сложился в слабозасоленном фоне нежели в средnezасоленном фоне. Так, вынос азота здесь по вариантам опыта варьировал в пределах 314,9-370,1 кг/га, фосфора – 121,4-160,7 кг/га, калия – 325,2-413,7 кг/га, в то время как в средnezасоленном фоне вынос азота составил 175,3-223,8 кг/га, фосфора – 67,4-89,6 кг/га, калия – 178,5-217,3 кг/га. При этом, наибольший вынос азота на обоих фонах засоления отмечен с применением сульфата аммония в дозе 120 кг/га (вариант 4), фосфора с внесением аммиачной селитры в дозе 80 кг/га (вариант 5), калия с использованием сульфата аммония в дозе 80 кг/га (вариант 3).

В среднем по опыту вынос питательных элементов на 1 тонну продукции кукурузы на средnezасоленном фоне по сравнению со слабозасоленным вырос, причем азот с 25,2 до 33,0 кг, фосфор с 10,3 до 13,5 кг, калий с 26,1 до 33,8 кг.

На слабозасоленной почве хуже всех использовался азот из мочевины (69,0 %), лучше – азот из аммиачной селитры (96,0 %). На средnezасоленной почве растениями кукурузы лучше использовался азот из сульфата аммония (77 %), хуже – из мочевины (47,1%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты полевых опытов, проведенных на землях крестьянского хозяйства «Тілеген» с. Шытты Отырарского района Туркестанской области в 2020 году показали, что формирование урожая кукурузы и его структурных элементов в значительной степени зависит от применяемых доз и форм азотных удобрений и степени засоленности почв.

На слабозасоленных почвах при возделывании кукурузы на зерно лучшую эффективность среди изученных форм азотных удобрений, показывают нитроаммофоска, а на средnezасоленных почвах – аммиачная селитра, обеспечивая 37,4 и 47,7 % прибавки урожая зерна к фосфорно-калийному фону, соответственно.

Полученные регрессионные модели достаточно точно описывают зависимость урожая зерна и элементов структуры урожая кукурузы от суммарного влияния азотного удобрения и степени засоленности почв с высокими коэффициентами детерминации ($R^2=0,937-0,964$).

Потребление и вынос питательных элементов растением кукурузы значительно варьировал в зависимости от условий минерального питания и степени засоленности почвы. На слабозасоленной почве вынос азота урожаем зерна кукурузы при соответствующем количестве побочной продукции по вариантам опыта варьировал от 282,9 кг/га до 370,1 кг/га, фосфора – от 121,4 кг/га до 160,7 кг/га, калия – от 325,2 кг/га до 413,7 кг/га. На средnezасоленном фоне вынос азота составил в пределах 175,3-223,8 кг/га, фосфора – 67,4-89,6 кг/га, калия – 178,5-217,3 кг/га. В среднем, вынос питательных элементов на 1 тонну продукции кукурузы на средnezасоленной почве по сравнению со слабозасоленной почвой вырос, причем азот с 25,2 до 33,0 кг, фосфор с 10,3 до 13,5 кг, калий с 26,1 до 33,8 кг.

На слабозасоленной почве хуже всех использовался азот из мочевины (69,0 %), лучше – азот из аммиачной селитры (96,0 %). На средnezасоленной почве растениями кукурузы лучше использовался азот из сульфата аммония (77 %), хуже – из мочевины (47,1 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agroritm.by/agronomiya/kukuruza/>, свободный.
2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://grainrus.com/novosti-kompanii/articles/mirovye-proizvodstvo-kukuruzy/>, свободный.
3. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГУ, изд-во «Колос», 2004. - 720 с.
4. Крамарев С.М. Интенсивность поступления основных макроэлементов в растения кукурузы в онтогенезе. Агрохимия. - 2002. - №12. - С. 21-30.
5. Кукуруза: учеб. практ. руководство по выращиванию кукурузы / Под общ. ред. В.А. Щербакова. - Мн.: ФУАинформ, 1999. - 192 с.
6. Шелганов И.И. Особенности минерального питания кукурузы / И.И. Шелганов, А.Н. Воронин // Кукуруза и сорго. - 2008. - №4. - С. 10-11.
7. Аринушкина Е.П. Руководство по химическому анализу почв. - М.: МГУ. 1977. - 489 с.
8. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. - Л.: Агропромиздат. 1986. - 295 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
10. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математические обработки их результатов / В.Н. Перегудов. -М.: Колос, 1978. - 181 с.

REFERENCES

1. [Electronic resource]. Rezhim dostupa: <http://agroritm.by/agronomiya/kukuruza/>, svobodnyy.
2. [Electronic resource]. Rezhim dostupa: <https://grainrus.com/novosti-kompanii/articles/mirovye-proizvodstvo-kukuruzy/>, svobodnyy.
3. Mineyev V.G. Agrokhiimiya: uchebnik / V.G. Mineyev. - 2-ye izd., pererab. i dop. - M.: Izd-vo MGU, izd-vo «Kolos», 2004. - 720 s.
4. Kramarev S.M. Intensivnost' postupleniya osnovnykh makroelementov v raseniya kukuruzy v ontogeneze. Agrokhiimiya. - 2002. - №12. - S. 21-30.
5. Kukuruza: ucheb. prakt. rukovodstvo po vyrashchivaniyu kukuruzy / Pod obshch. red. V.A. Shcherbakova. - Mn.: FUAinform, 1999. - 192 s.
6. Shelganov I.I. Osobennosti mineral'nogo pitaniya kukuruzy / I.I. Shelganov, A.N. Voronin // Kukuruza i sorgo. - 2008. - №4. - S. 10-11.
7. Arinushkina Ye.P. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. - M.: MGU. 1977. - 489 s.
8. Aleksandrova L.N., Naydenova O.A. Laboratorno-prakticheskiye zanyatiya po pochvo-vedeniyu. - L.: Agropromizdat. 1986. - 295 s.
9. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). - 5-ye izd., dop. i pererab. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 s.
10. Peregudov V.N. Planirovaniye mnogofaktornykh polevykh opytov s udobreniyami i matematicheskiye obrabotki ikh rezul'tatov / V.N. Peregudov. -M.: Kolos, 1978. - 181 s.

ТҮЙІН

Б.М. Амиров^{1*}, Қ.Қ. Құлымбет¹, Г.А. Сапаров¹, А.Т. Сейтменбетова¹, О.С. Құрманакын¹

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ ШӘУІЛДІР СУАРУ АЛҚАБЫНДА АЗОТТЫ
ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘРТҮРЛІ ДОЗАЛАРЫН ҚОЛДАНУ КЕЗІНДЕГІ
ЖҮГЕРІНІҢ ӨНІМДІЛІГІ

¹*Ө.О.Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми зерттеу институты, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан,*

**e-mail: bak.amirov@gmail.com*

Қазіргі уақытта ауылшаруашылық дақылдарының жоғары және тұрақты өнім алу үшін жаңа жоғары өнімді сорттарды жасау мен енгізуден басқа, өсімдіктерді қорғаудың әртүрлі құралдарын, өсу стимуляторларын және биологиялық өнімдерді пайдаланумен қатар, минералды тыңайтқыштарды тиімді қолдану, қажетті ауылшаруашылық әдісі болып табылады. Жұмыстың мақсаты азотты тыңайтқыштардың әртүрлі дозаларының жүгері өсімдіктерінің массасының жинақталу динамикасына, дақыл құрылымына, өнімділігіне, сондай-ақ Түркістан облысы Шәуілдір суару алқабында тұздандудың әртүрлі фондында қоректік элементтерді алу мен нормативтік тұтынуға әсерін зерттеу болды. Нәтижелер орташа тұзданған фонға қарағанда әлсіз тұзданған фонда ең жақсы көрсеткіштер белгіленгенін көрсетті. Орташа алғанда, әлсіз тұздалған фонда жүгері өнімділігі азотты тыңайтқыштардың 80 кг/га мөлшеріне байланысты 13,2-14,9 т/га аралығында өзгерді. Сонымен қатар, азоттың бірдей дозаларында тыңайтқыштардың әртүрлі формаларын қолданудан түсімнің өсуі 21,6-37,4 % құрады. Орташа тұзданған фон жағдайында азотты тыңайтқыштар түрлерінің ішіндегі ең жақсы тиімділік фосфор-калий фондына азот тыңайтқышынан 47,7 % қосылған аммоний селитрасын қолдану варианты болды. Жүгері өнімділігі мен құрылым элементтерінің азот тыңайтқышының (x_1) жалпы әсеріне және топырақтың тұздану дәрежесіне (x_2) тәуелділігін нақты көрсететін регрессиялық модельдер алынды: $Y=18,429 + 0,2656x_1^{0,5}-37,0995x_2$ жоғары детерминация коэффициенті - $R_2=0,954$. Әлсіз тұзданған фонда жүгері өнімімен азоттың шығарылуы тәжірибе варианттары бойынша жанама өнімнің тиісті мөлшерімен $P_{80}K_{80}$ вариантында 282,9 кг/га, $P_{80}K_{80}+N_{120}$ (аммоний сульфаты) вариантында 370,1 кг/га-ға дейін, фосфор- $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (мочевина) вариантында 121,4 кг/га, $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (аммоний нитраты) вариантында 160,7 кг/га-ға дейін өзгерді, калий - $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (мочевина) вариантында 325,2 кг/га-дан $P_{80}K_{80}+N_{80}$ (аммоний сульфаты) вариантында 413,7 кг/га дейін өзгерді. Орташа тұзданған фонда азоттың шығарылуы - 175,3-223,8 кг/га, фосфор - 67,4-89,6 кг/га, калий-178,5-217,3 кг/га аралығында болды. Тыңайтқыштардан азотты пайдалану коэффициенті азот тыңайтқыштарының дозалары мен формаларына және топырақтың тығыздалу дәрежесіне байланысты айтарлықтай өзгерді.

Түйінді сөздер: ашық сұр топырақ, тұздану, жүгері, өнімділік, азот, фосфор және калийдің шығарылуы.

SUMMARY

B.M. Amirov^{1*}, K.K. Kulymbet¹, G.A. Saparov¹, A.T. Seytmenbetova¹, O.S. Kurmanakyn¹
CORN YIELD IN THE APPLICATION OF DOSES AND FORMS OF NITROGEN FERTILIZERS
IN THE SHAULDER IRRIGATION MASSIF OF TURKESTAN REGION.

¹*Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named
after U.U. Usmanov, 050060, Almaty, al-Farabi avenue, 75 B, Kazakhstan,*

**e-mail: bak.amirov@gmail.com*

Nowadays, to obtain high and stable yields of agricultural crops, in addition to the creation and introduction of new high-yielding varieties, the use of various plant protection products, growth stimulants and biopreparations, the effective use of mineral fertilizers is a necessary agricultural technique. The purpose of this work was to study the influence of various doses and

forms of nitrogen fertilizers on the dynamics of the accumulation of raw mass of corn plants, crop structure, yield, as well as the removal and normative consumption of nutrients on different salinization backgrounds in the Shoulder irrigation massif of Turkestan region. The obtained results showed that the best indicators were established in a slightly saline background than in an average saline one. On average, on a slightly saline background, the yield of corn grain, depending on the forms of nitrogen fertilizers at a dose of 80 kg / ha, varied in the range of 13.2-14.9 t/ha. At the same time, the yield gain from the use of various forms of fertilizers at the same doses of nitrogen amounted to 21.6-37.4 %. Against a medium-saline background, the option with the use of ammonium nitrate (variant 5) with an addition of 47.7 % nitrogen fertilizer to the phosphorus-potassium background. Regression models were obtained that accurately reflect the dependences of the grain yield and the elements of the corn crop structure on the total effect of nitrogen fertilizer (x_1) and the degree of soil salinity (x_2): $Y = 18.429 + 0.2656x_1^{0.5} - 37.0995x_2$ with a high coefficient of determination - $R_2 = 0.954$. On a slightly saline background, nitrogen removal by the corn grain harvest with the corresponding amount of by-products according to the experimental options varied from 282.9 kg/ha in the $P_{80}K_{80}$ option, to 370.1 kg/ha in the $P_{80}K_{80} + N_{120}$ option (ammonium sulfate), phosphorus – from 121.4 kg/ha in the $P_{80}K_{80} + N_{80}$ option (urea) to 160.7 kg/ha in the $P_{80}K_{80} + N_{80}$ option (ammonium nitrate), potassium – from 325.2 kg/ha in the $P_{80}K_{80} + N_{80}$ option (urea) to 413.7 kg/ha in the $P_{80}K_{80} + N_{80}$ option (ammonium sulfate). On a medium-saline background, nitrogen removal was in the range of 175.3–223.8 kg/ha, phosphorus – 67.4-89.6 kg/ha, potassium – 178.5-217.3 kg/ha. The utilization rate of nitrogen from fertilizers varied significantly depending on the doses and forms of nitrogen fertilizers and the degree of soil salinity.

Key words: serozem light, salinity, corn, yield, nitrogen removal, phosphorus and potassium.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Амиров Бахытбек Мустафаулы - отдел агрохимии, заведующий отделом, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: bak.amirov@gmail.com

2. Құлымбет Қанат Қайратұлы - отдел агрохимии, младший научный сотрудник, PhD докторант, e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

3. Сапаров Галымжан Сапарович - отдел экологии, заведующий отделом, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: saparov.g@mail.ru

4. Сейтменбетова Аксауле Тынысбековна - отдел агрохимии, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: seytmenbetova77@mail.ru