

«Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур на засоленных почвах юга Казахстана: диагностика и расчет доз удобрений»

Амиров Бахытбек Мустафаулы, кандидат с-х. наук, доцент,
зав. отделом агрохимии КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова



11 ноября
2025 г.



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
АҒАШАҒАШЫЛЫҚ
МИНИСТРЛІГІ

NASEC
АҒАШАҒАШЫЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ӘДІСБЕЛ БЕРУ ОРТАЛЫҒЫ

AGRO *science* bilim.kz



«А. АСТАНДЫҚОВ АТЫНДАҒЫ
ҚАЗАҚ ТОПЫЛЫҚТАНУ
ЖӘНЕ АГРОСӨЕМЕН
ҒЫЛЫМИ-ӘДІСБЕЛ
ИНСТИТУТЫ» ЖШС

ВЕБИНАР:

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІГІНДЕГІ ТҰЗДАНҒАН

ТОПЫРАҚТАРДА АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ

ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ МИНЕРАЛДЫҚ ҚОРЕКТЕНУІН

ОҢТАЙЛАНДЫРУ: ДИАГНОСТИКА

ЖӘНЕ ТЫҢАҮТҚЫШ МӨЛШЕРІН ЕСЕПТЕУ

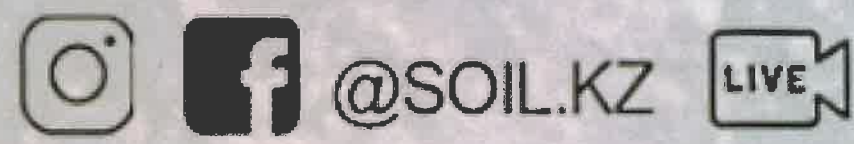


қәріскер/сарапшы
Амиров Бахытбек
Мұстафаұлы.

, а.-ш.ғ.к.,
қоцент

11.11.2025Ж
(АҒ. 11:00 (АСТАНА
УАҚЫТЫМЕН))

ҚАРАША 2025						
Бүгін	Ертең	Сәбәт	Сәбәт	Бүгін	Ертең	Бүгін
				1	2	
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30



@SOIL.KZ

ЦЕЛЬ - Оптимизация системы минерального питания сельскохозяйственных культур на засоленных почвах юга Казахстана на основе диагностики почвенного состояния и расчета рациональных доз удобрений для повышения урожайности и устойчивости растений к засолению.

ЗАДАЧИ:

- Оценка агрохимической характеристики засоленных почв (содержание гумуса, pH, содержание подвижных питательных элементов, степень засоления).
- Изучение роста и развития растений в зависимости уровня обеспеченности питательными элементами и степени засоленности почвы.
- Подобрать оптимальные нормы удобрений для основных культур региона (кукуруза, бахчевые культуры) с учетом засоленности почвы на основе математических моделей.
- Показать экономическую эффективность применения удобрений на засоленных почвах.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ДЛЯ ФЕРМЕРА

- ❖ Дает понятные рекомендации, как адаптировать дозы удобрений под фактическое состояние почвы.
- ❖ Позволяет снизить затраты на удобрения за счет их рационального использования.
- ❖ Повышает урожайность и качество продукции даже при умеренном засолении.
- ❖ Снижает риск вторичного засоления и деградации почв.
- ❖ Создает основу для цифрового мониторинга питания растений и управления плодородием.

ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

В южных регионах Казахстана (Туркестанская, Кызылординская, Жамбылская области) до 40–60% орошаемых земель подвержены засолению.

Основные причины: вторичное засоление из-за неглубокого уровня грунтовых вод, избыточного полива, нерационального дренажа.

Последствия — снижение усвоения элементов питания, особенно фосфора и азота, и снижение урожайности на 30–70%.

Особенности засоленных почв юга Казахстана и их влияние на питание растений

Тип почв	Регион распространения	Преобладающие соли	Особенности
Сероземы	Шаульдер, Келес, Сарыагаш, Мактаарал, Жетысай	Na_2SO_4 , NaCl	Средне- и слабозасолённые
Аллювиально-сероземные	поймы рек Арыс, Бадам	Cl^- , SO_4^{2-}	Сульфатно-хлоридное засоление

ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

Роль удобрений в современном земледелии

- ❖ Минеральные удобрения — ключевой фактор повышения урожайности и плодородия почв.
- ❖ Обеспечивают продовольственную безопасность и устойчивый доход фермеров.
- ❖ Являются важнейшим элементом системы рационального питания растений.

Современные программы поддержки требуют научного сопровождения

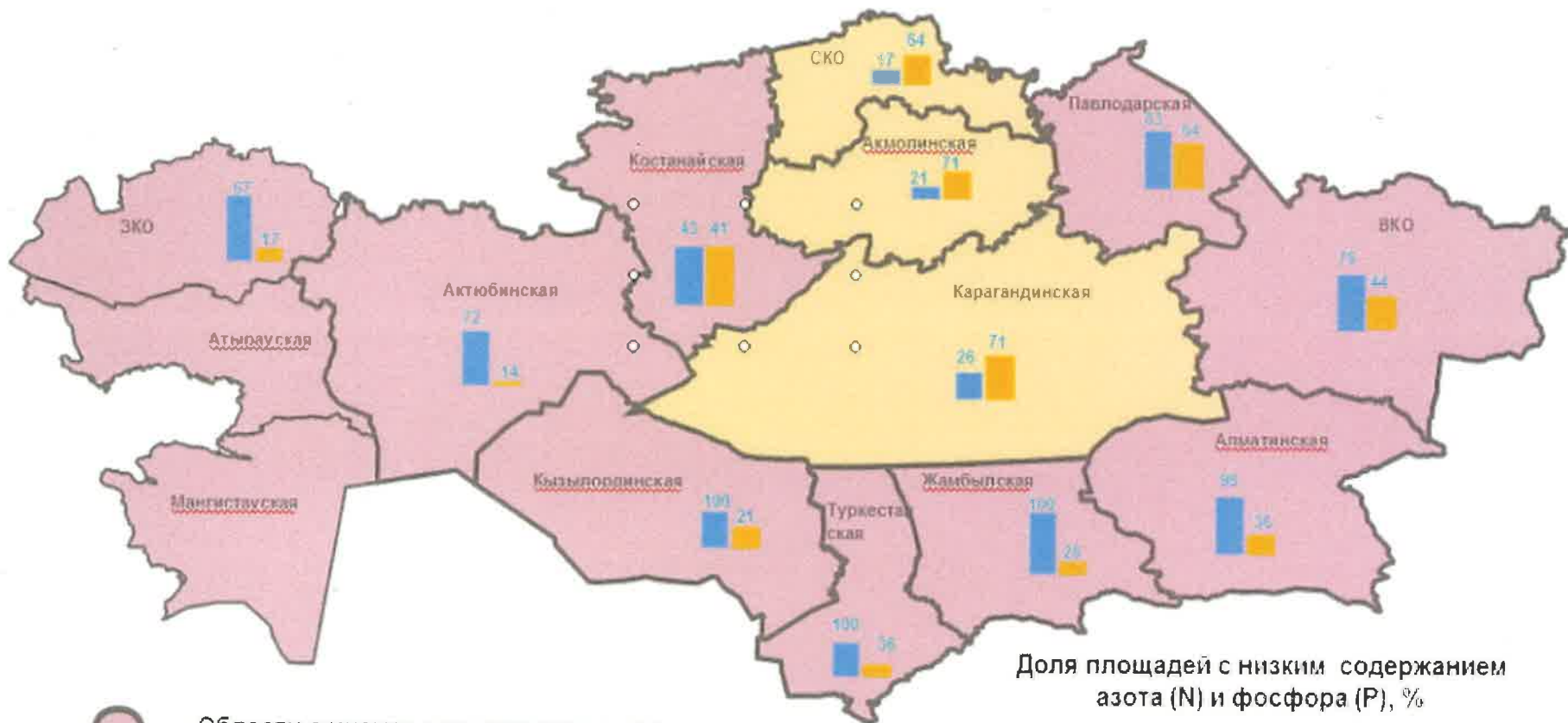
- ❖ Субсидирование удобрений не всегда основано на данных агрохимической диагностики.
- ❖ Фермерам предлагаются разные типы и формы удобрений без учёта специфики почв.
- ❖ Отсутствует системный контроль за эффективностью применения субсидируемых удобрений.


Необходимость обновления норм и подходов

- ❖ Расчеты базируются на устаревших нормах 60–80-х годов прошлого века.
- ❖ Не учитываются:
 - реальная обеспеченность элементами питания
 - уровень засоления и деградации почв
 - рельеф и особенности размещения полей
- ❖ В результате возникают:
 - низкая эффективность удобрений
 - иногда — отрицательное воздействие на урожай и почву.

ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

Агрохимическое состояние почв



-  - Области с низким содержанием азота
-  - Области с низким содержанием фосфора

Доля площадей с низким содержанием азота (N) и фосфора (P), %



ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

- В настоящее время в Казахстане отечественные заводы обеспечивают 40% потребности в азотных удобрениях.
 - В 2024 году объём производства азотных удобрений составил **≈ 350 тыс. тонн.**
 - фосфорных удобрений **≈ 470 тыс. тонн.**
 - Крупнейшими производителями являются заводы КазАзот и Казфосфат.
 - Годовая потребность **≈ 394 тыс. тонн** калийных удобрений, но производство практически отсутствует.
- 
- По данным ФАО, самый высокий уровень использования азотных удобрений на гектар пашни в Египте – около 330 кг. Следом идут Туркменистан - 310 кг и Китай -190 кг. Узбекистан и Ирландия также применяют высокие нормы - 187 кг и 177 кг соответственно.
 - Самый высокий уровень использования фосфорных удобрений в Бангладеш - 120,6 кг на гектар пахотной земли. Далее следуют Кувейт -106 кг, Бразилия - 90 кг, Китай и Япония – по 75 кг.
 - Казахстан практически не применяет удобрения по сравнению с лидирующими странами - на гектар пахотных земель приходится лишь 2,4 кг азотных и 1,3 кг фосфорных удобрений — одни из самых низких показателей в мире, сопоставимые с уровнями Северной Кореи, Судана и Йемена.
 - Среди стран ЦА и ЕАЭС Казахстан занимает последнее место по использованию азотных и фосфорных удобрений. По объёмам использования фосфорных удобрений среди стран ЦА и ЕАЭС лидирует Беларусь и Туркменистан – по 17 кг и Узбекистан - 12,1 кг.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

- ❖ **Создание почвенно-агрохимической информационной системы, а также разработка региональных систем дифференцированного применения удобрений в различных почвенно-климатических зонах является одной из наиболее актуальных задач современного земледелия.**
- ❖ **В условиях точного земледелия требуется внедрение новых подходов к управлению питанием растений, обеспечивающих согласование динамики поступления питательных веществ с потребностями культур и особенностями почвы.**
- ❖ **Эффективное обеспечение сельскохозяйственных культур элементами питания в оптимальных количествах и сроках, с учетом почвенно-климатической и региональной изменчивости, способствует повышению урожайности, рентабельности производства и снижению потерь питательных веществ, предотвращая тем самым экологические риски.**
- ❖ **Для реализации дифференцированного минерального питания необходимо разработать региональные технологии под культуры, что позволит обоснованно рассчитывать дозы удобрений.**
- ❖ **Экспериментальные данные должны учитывать влияние климатических условий, тип и реальное состояние плодородия и степень деградации почвы, урожайности культуры, форм и способы внесения удобрений.**

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

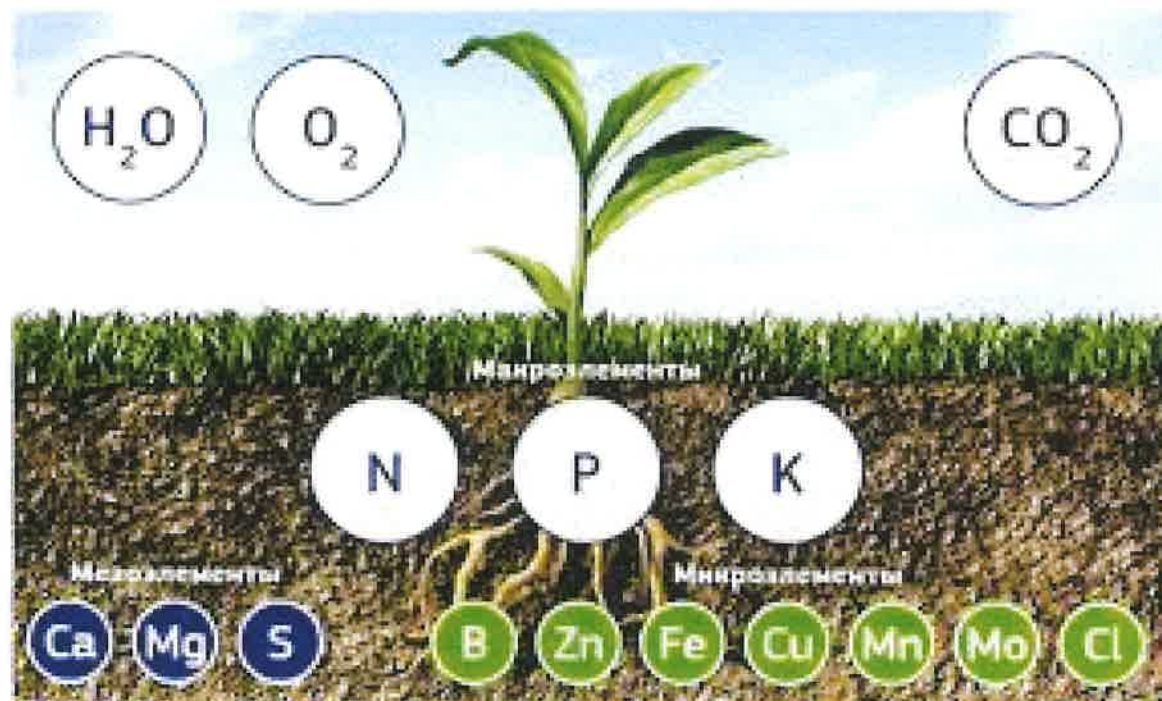
- ❖ Проведение региональных агрохимических экспериментов по определению нормативных коэффициентов использования (КИ) питательных веществ почвой и удобрениями является важным этапом оптимизации минерального питания растений. При этом необходимо учитывать рельеф местности, фактический уровень плодородия, мелиоративное состояние и степень деградации почв, планируемых под возделывание сельскохозяйственных культур.
- ❖ Полевые испытания различных вариантов удобрений позволяют уточнить и адаптировать нормы использования элементов NPK для конкретных регионов, хозяйств и даже отдельных полей.
- ❖ Эксперименты должны проводиться в комплексе с изучением особенностей минерального питания растений, форм и сочетаний удобрений — органических, минеральных, зеленых или комбинированных.
- ❖ При этом необходимо учитывать мелиоративное состояние, степень деградации, а также возможные загрязнения почв вследствие воздействия промышленных отходов и других антропогенных факторов.
- ❖ Формирование обширной базы экспериментальных данных, полученных в реальных условиях, создает основу для разработки прикладных моделей питания растений, обеспечивающих достижение целевых показателей урожайности с учётом всех ключевых природных и техногенных факторов.

Незаменимые питательные вещества — это элементы, которые необходимы растению для завершения его жизненного цикла: выживания, роста и размножения.

По исследованиям известно, что для питания растений необходимы до 84 элементов периодической системы Д. И. Менделеева.

Тем не менее общепринято, что определенные элементы необходимы для нормального роста и развития растений и получения хорошей урожайности.

В целом растениям необходимо 16 основных элементов (из 103 известных элементов); 13 из них растения получают из почвы.



МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ УДОБРЕНИЙ

Все существующие методы определения дозы удобрений и их модификации можно разделить на три группы:

- ❖ Методы обобщения результатов экспериментов с эмпирическими дозами удобрений.
- ❖ Методы обобщения результатов экспериментов с использованием элементарного баланса питательных веществ.
- ❖ Методы моделирования и прогнозирования, основанные на применении математических моделей, регрессионного анализа, геоинформационных систем и цифровых технологий, позволяющих учитывать комплекс почвенно-климатических и агротехнических факторов.

Все перечисленные подходы к оптимизации доз удобрений позволяют более объективно прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур. Однако они требуют дальнейшего совершенствования и разработки интегрированного подхода, учитывающего условия выращивания культур и экономическую эффективность применения удобрений.

Метод элементарного баланса

Метод элементарного баланса наиболее распространенный и наименее точный метод, так как в нем используют сильно варьирующие под влиянием множества факторов коэффициенты использования элементов почвы (КИП) и более устойчивые разностные коэффициенты использования удобрений. Этот метод широко распространен, так как учитывает все статьи прихода и расхода питательных веществ.

При использовании метода элементарного баланса учитывают:

- ❖ вынос питательных веществ урожаем культуры;
- ❖ содержание подвижных питательных веществ в почве;
- ❖ коэффициент использования питательных веществ из почвы;
- ❖ коэффициент использования питательных веществ из удобрений;
- ❖ масса пахотного слоя почвы или слоя почвы, на который ведется расчет.

Агрохимические показатели картограмм обеспеченности почв азотом, фосфором и калием в мг/кг почвы переводят в кг/га умножением на коэффициент, соответствующий почвенной разности и глубине расчетного слоя. Например, для пахотного слоя 0-25 см сероземных почв он равен 3,25, то есть масса 1 га пахотного слоя сероземной почвы считают равной 3250 т.

Данный балансовый метод также применяется с уточнениями и модификациями. Объективность метода зависит от достоверности перечисленных данных, которые могут значительно меняться в зависимости от свойств почвы, погодных условий, доз и форм удобрения, срока и способа внесения и других факторов.

Результаты полевых опытов

Картофель КХ «Нам», Ескельдинский район, Жетысуская область.

Почва - светло-каштановая орошаемая незасоленная среднесуглинистая на лессовидном суглинке.

Расчет доз удобрений картофеля, КХ «Нам», 2023 г.

Показатели	Ед. изм	Расчет доз удобрений под урожай картофеля по выносу и содержанию NPK		
		N	P	K
Вынос элементов питания с 1 тонн продукции картофеля (при соответствующем урожае побочной продукции)	кг	4,2	1,9	5,4
Усредненная обеспеченность почвы подвижными элементами питания (на основе лабораторного анализа)	мг/кг	46,2	71,3	260,0
Запас подвижных элементов питания в почве	кг/га	150,2	231,7	845,0
Коэффициент использования элементов питания из почвы на опытном участке	%	60,6	34,5	26,3
Получает картофель из почвы (кг с 1 га)	кг	91,0	79,9	222,2
Без внесения удобрения получим урожай с 1 га	т	21,7	42,1	41,2
Запланированный урожай картофеля с гектара	т/га	50,0		
Вынос элементов питания с планируемым урожаем картофеля	кг	210,0	95,0	270,0
Необходимо внести в почву элементов питания, для получения планируемого урожая картофеля	кг/га	119,0	15,1	47,8
Обобщенный коэффициент использования элементов питания из удобрения	%	72,8	30,5	61,8
Необходимо внести в почву удобрения с учетом КИУ, кг д.в на 1 га	кг/га	163	49	77
Фактическая валовая урожайность	т/га	49,5		
Расчетная валовая урожайность по модели $Y = 28,2517 + 0,0785N + 0,4751P^{0,5} + 0,374K^{0,5}; R^2 = 0,849$	т/га	47,9		
Расчетная валовая урожайность по модели $Y = -14,741 + 0,0721(NK)^{0,5} + 0,0384(PK)^{0,5}; R^2 = 0,772$	т/га	43,5		

Результаты полевых опытов

Лук репчатый, КХ «Нам», Ескельдинский район, Жетысуская область.

Почва - серозем обыкновенный орошаемый среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Подвижные элементы, мг/кг: N – 48, P – 28, K – 198.

Расчет доз удобрений репчатого лука, КХ «Нам», 2023 г.

Показатели	Ед. изм	Расчет доз удобрений под урожай лука по выносу и содержанию NPK		
		N	P	K
Вынос элементов питания с 1 тонн продукции лука (при соответствующем урожае побочной продукции)	кг	2,0	0,9	1,8
Усредненная обеспеченность почвы подвижными элементами питания (на основе лабораторного анализа)	мг/кг	48,3	27,8	197,5
Запас подвижных элементов питания в почве	кг/га	157,0	90,4	641,9
Коэффициент использования элементов питания из почвы на опытном участке	%	80,2	25,0	21,3
Получает лук из почвы (кг с 1 га)	Кг	125,9	22,6	136,5
Без внесения удобрения получим урожай	т/га	64,6	25,1	75,9
Запланированный урожай лука с гектара	т/га	95,0		
Вынос элементов питания с планируемыми урожаем лука	Кг	185,3	85,5	171,0
Необходимо внести в почву элементов питания, для получения планируемого урожая лука	кг/га	59,4	62,9	34,5
Обобщенный коэффициент использования элементов питания из удобрения	%	54,1	27,4	69,5
Необходимо внести в почву удобрения с учетом КИУ, кг д.в на 1 га	кг/га	110	230	50
Фактическая валовая урожайность	т/га	93,4		
Расчетная валовая урожайность $Y = 52,087 + 0,9256N^{0,5} + 1,2682P^{0,5} + 0,7736K^{0,5} + 0,0502(NP)^{0,5}; R^2 = 0,932$	т/га	94,4		

Результаты полевых опытов

Хлопчатник, КХ «Сабыр», Мактааральский район, Туркестанская область.

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лесовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-62 мг/кг, P – 39-78 мг/кг, K – 280-350 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 36-53 мг/кг, P – 36-78 мг/кг, K – 380-407 мг/кг. , сумма солей – 0,394-0,530 %;

Расчет доз удобрений хлопчатника, КХ «Сабыр», 2023 г.

Показатели	Ед. изм	N	P	K
Вынос элементов питания с 1 тонн продукции хлопчатника (при соотв. побочной продукции)	кг	35,1	10,4	42,1
Усредненная обеспеченность почвы подвижными элементами питания	мг/кг	44,0	36,5	406,8
Запас подвижных элементов питания в почве	кг/га	143	119	1322
Обобщенный коэффициент использования элементов питания из почвы	%	75,3	20,8	17,5
Получает хлопчатник из почвы (с 1 га/кг)	кг	107,7	24,7	231,2
Без внесения удобрения получим урожай с 1 га	т	3,1	2,4	5,5
Запланированный урожай хлопчатника с гектара	т/га	4,5		
Вынос элементов питания с планируемым урожаем	кг	157,9	46,6	189,2
Необходимо внести в почву элементов питания, для получения планируемого урожая	кг/га	50,1	21,9	-
Обобщенный коэффициент использования элементов питания из удобрения	%	61,8	13,1	55,0
Необходимо внести в почву удобрения с учетом КИУ, кг д.в на 1 га	кг/га	81	167	-
Фактическая валовая урожайность	т/га	4,8		
Расчетная валовая урожайность $Y = - 34,296 - 0,0358N_s + 3,3828N_s^{0,5} + 1,0042P_s^{0,5} + 0,4553K_s^{0,5} - 6,1841S^{0,5} - 0,0608(N_sP_s)^{0,5} - 0,0323(N_sK_s)^{0,5}$; R=0,978	т/га	5,1		

Результаты полевых опытов

Дыня, КХ «Сабыр», Мактааральский район, Туркестанская область.

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-62 мг/кг, P – 39-78 мг/кг, K – 280-350 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

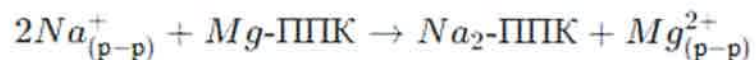
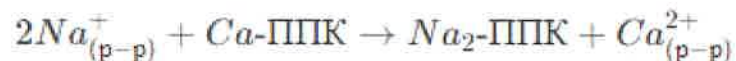
Среднезасоленный фон: N – 36-53 мг/кг, P – 36-78 мг/кг, K – 380-407 мг/кг. , сумма солей – 0,394-0,530 %;

Расчет доз удобрений дыни, КХ «Сабыр», 2023 г.

Показатели	Ед. изм	N	P	K
Вынос элементов питания с 1 тонн продукции хлопчатника (при соотв. побочной продукции)	кг	5,3	1,6	10,2
Усредненная обеспеченность почвы подвижными элементами питания	мг/кг	30,8	42,5	340,0
Запас подвижных элементов питания в почве	кг/га	100,1	138,1	1105,0
Обобщенный коэффициент использования элементов питания из почвы	%	50,3	14,9	12,3
Получает дыня из почвы (с 1 га/кг)	кг	50,4	20,6	135,9
Без внесения удобрения получим урожай с 1 га	т	9,5	12,9	13,3
Запланированный урожай дыни с гектара	т/га	15,0		
Вынос элементов питания с планируемым урожаем	кг	79,5	24,0	153,0
Необходимо внести в почву элементов питания, для получения планируемого урожая	кг/га	29,1	3,4	17,1
Обобщенный коэффициент использования элементов питания из удобрения	%	35,7	11,4	68,1
Необходимо внести в почву удобрения с учетом КИУ, кг д.в на 1 га	кг/га	82	30	25
Фактическая валовая урожайность	т/га	15,2		
Расчетная валовая урожайность $Y = 9,887 + 5,274N^{0,5} + 0,027(NsPs)^{0,5} - 0,153(NK)^{0,5} + 2,659(KsS)^{0,5} - 24,56S - 77,15S^{0,5}$; R=0,824	т/га	14,9		

Влияние солей на питание растений

Na⁺ вытесняет Ca²⁺ и Mg²⁺ из почвенного поглощающего комплекса → ухудшается структура и воздухопроницаемость.



Натрий (Na⁺) замещает кальций и магний, потому что при избытке солей в почвенном растворе он становится преобладающим катионом. Однако ионы Na⁺ имеют **большой гидратационный радиус** и **меньшую коагулирующую способность**, чем Ca²⁺ и Mg²⁺.

Последствия:

Разрушается структура почвы (диспергирование коллоидов).

Почва становится плотной, липкой при увлажнении и пылевидной при высыхании.

Снижается **воздухопроницаемость, водопроницаемость и аэрация корней**.

Высокая электропроводность (ЕС) снижает водопоглощение корнями.

Высокая ЕС означает **высокое осмотическое давление** почвенного раствора. Разность водного потенциала между почвой и корнями уменьшается. В результате корни поглощают меньше воды. Может возникнуть физиологическая засуха даже при видимом наличии влаги. Замедляется поступление питательных веществ в растение.



Влияние солей на питание растений

Азот теряется в виде аммиака при высоком pH.

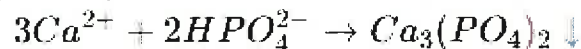
При pH > 8 равновесие смещается вправо — **аммоний (NH₄⁺)** переходит в **аммиак (NH₃)**, который улетучивается.



В результате теряется значительная часть внесенного азота.

Эффективность азотных удобрений резко падает.

Фосфор связывается в труднорастворимые формы (Ca₃(PO₄)₂).



При щелочной реакции среды (pH > 7,5) и избытке кальция, характерном для засоленных и содовых почв, фосфаты осаждаются в виде **труднорастворимого фосфата кальция**.

В результате снижается подвижность и доступность фосфора для растений.

Замедляется развитие корневой системы и генеративных органов.

Калий хуже усваивается из-за конкуренции с натрием.

На среднесоленой почве (ЕС = 4–6 мСм/см) усвоение азота снижается на 25–35%, а фосфора — на 40–50%.

Na⁺ и K⁺ имеют схожие размеры и заряды - относятся к **одновалентным катионам** с близкими радиусами гидратированных ионов (Na⁺ ≈ 0,36 нм, K⁺ ≈ 0,33 нм.), поэтому натрий **конкурирует с калием** за активные центры поглощения в корнях. Избыточный Na⁺ вызывает **осмотический стресс** — повышает концентрацию солей в цитоплазме, обезвоживая клетку; **вытесняет K⁺** из ферментативных комплексов, нарушая их активность; изменяет работу **Na⁺/K⁺-насоса**, что нарушает регуляцию обмена веществ и тургор клеток.

Без достаточного K⁺ активность многих ферментов падает (калий — кофактор более чем 60 ферментных систем). Недостаток K⁺ приводит к снижению фотосинтеза (хуже транспорт сахаров по флоэме), потере тургора (растения вянут даже при влажной почве), повышенной чувствительности к засухе и засолению.

При избытке Na⁺ и недостатке K⁺ наблюдаются хлорозы, ожоги листьев, замедленный рост и преждевременное старение тканей.

Влияние солей на питание растений

Для оценки засоленности почв применён экспресс-метод кондуктометрии по электропроводности (ЕС) водной вытяжки (1:5). Исследования проведены на почвах Шаульдерского массива Туркестанской области, различающихся по степени засоления. Проанализировано 76 образцов с глубины до 1 м, измерения ЕС (0,254–15,420 мСм/см) выполнены кондуктометром FieldScout CTS 50С. По данным ЕС и сумме солей проведена классификация по Richards (1954) и FAO. Построено пять регрессионных моделей, из которых полиномиальная третьей степени ($R^2 = 0,947$; $MSE = 0,034$) наиболее точно описала зависимость между ЕС и содержанием солей (0,077–4,518 %). Почвы варьировали от незасоленных до сильно засоленных.

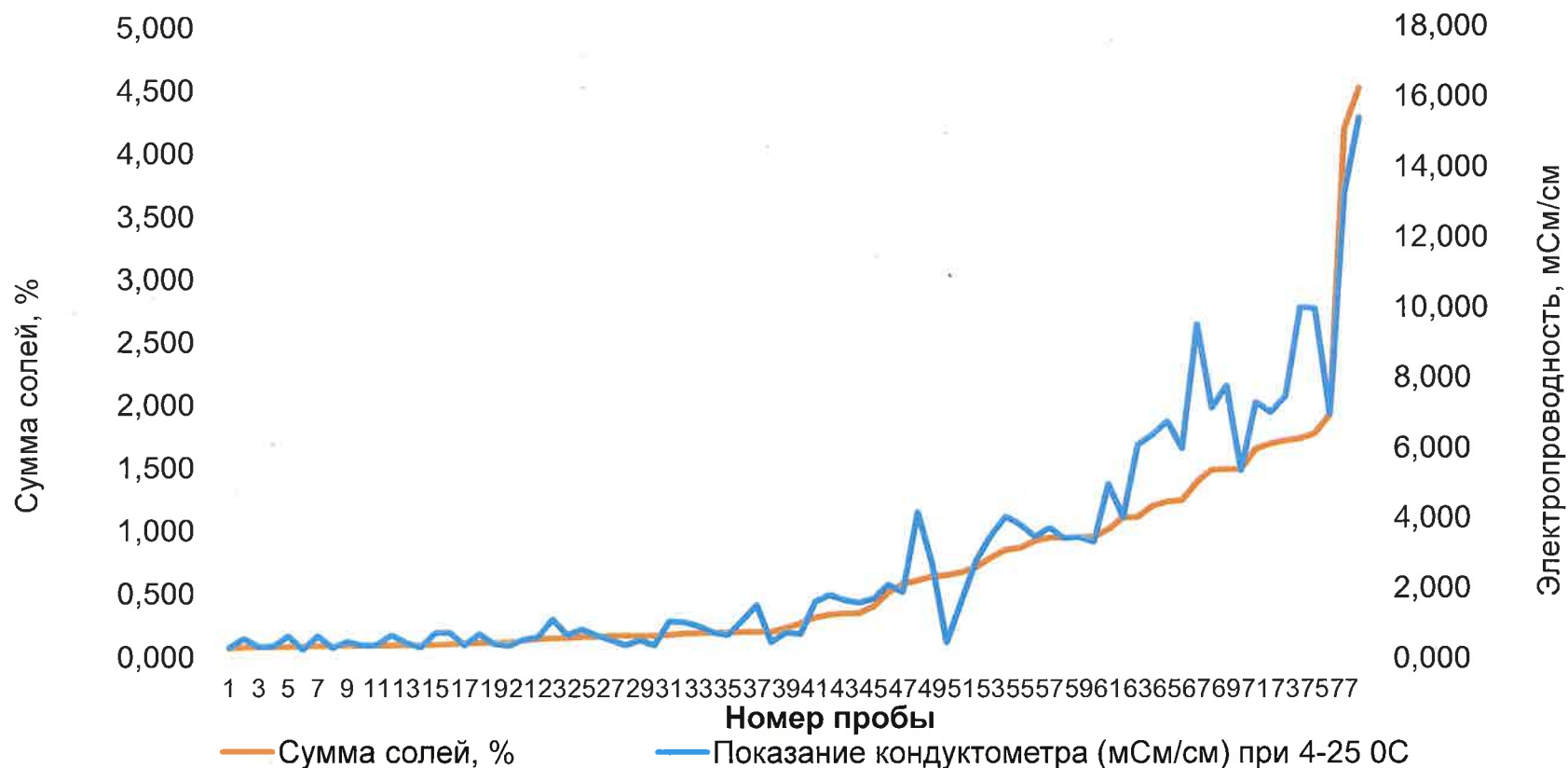


Влияние солей на питание растений

Измерения электропроводности и суммы солей почвенных проб

Номер пробы	Показа-ние кондук-тометра (мСм/см) при 4- 25 °С	Сумма солей, %	Номер пробы	Показа-ние кондук-тометра (мСм/см) при 4- 25 °С	Сумма солей, %	Номер пробы	Показа-ние кондук-тометра (мСм/см) при 4- 25 °С	Сумма солей, %
1	0,307	0,077	27	0,524	0,180	51	3,520	0,798
2	0,566	0,085	28	0,377	0,182	52	4,050	0,861
3	0,326	0,086	27	0,524	0,180	53	3,830	0,878
4	0,353	0,088	28	0,377	0,182	54	3,480	0,932
5	0,634	0,089	29	1,060	0,186	55	3,740	0,957
6	0,254	0,095	30	1,034	0,197	56	3,440	0,957
7	0,639	0,095	31	0,923	0,199	57	3,473	0,965
8	0,300	0,098	32	0,744	0,203	58	3,340	0,965
9	0,475	0,099	33	0,664	0,207	59	4,990	1,024
10	0,372	0,099	34	1,073	0,208	60	4,030	1,117
11	0,386	0,102	35	1,531	0,209	61	6,110	1,122
12	0,669	0,105	36	0,463	0,211	62	6,400	1,208
13	0,455	0,105	37	0,739	0,239	63	6,780	1,243
14	0,316	0,107	38	0,701	0,278	64	6,000	1,253
15	0,737	0,109	39	1,623	0,322	65	9,550	1,396
16	0,734	0,113	40	1,815	0,345	66	7,150	1,499
17	0,374	0,121	41	1,672	0,358	67	7,800	1,502
18	0,701	0,123	42	1,593	0,361	68	5,380	1,506
19	0,418	0,124	43	1,716	0,413	69	7,320	1,661
20	0,368	0,128	44	2,120	0,519	70	7,030	1,704
21	0,538	0,142	45	1,895	0,589	71	7,500	1,728
22	0,603	0,155	46	4,190	0,618	72	10,040	1,744
23	1,116	0,161	47	2,700	0,652	73	10,000	1,784
24	0,667	0,164	48	0,456	0,659	74	6,980	1,931
25	0,838	0,170	49	1,628	0,683	75	13,300	4,196
26	0,664	0,170	50	2,810	0,722	76	15,420	4,518

Влияние солей на питание растений



Анализ показывает четкую положительную корреляцию между электропроводностью и суммой солей (рис. 1). Зависимость между электропроводностью водной вытяжки и содержанием растворимых солей характеризуется четко выраженной положительной корреляцией ($R = 0,951$), при которой с увеличением электропроводности возрастает и концентрация солей, что подтверждает целесообразность применения метода кондуктометрии в качестве экспресс-оценки степени засоленности почвы.

Влияние солей на питание растений

В международной классификации ориентируются на данные таблицы, где приведены классы засоленности почвы и рост сельскохозяйственных культур

Классы засоленности почвы и рост сельскохозяйственных культур

Класс засоленности почвы	Электропроводность насыщенной вытяжки (дСм/м)	Влияние на сельскохозяйственные культуры
Незасоленные	0 - 2	Влияние засоления незначительно
Слабозасоленные	2 - 4	Урожайность чувствительных культур может быть ограничена
Умеренно засоленные	4 - 8	Урожайность многих культур ограничена
Сильнозасоленные	8 - 16	Только толерантные культуры дают удовлетворительную урожайность
Очень сильнозасоленные	> 16	Лишь немногие очень толерантные культуры дают удовлетворительную урожайность

Влияние солей на питание растений

На основе анализа значений электропроводности (ЕС) нами проведено условное ранжирование исследованных почв по степени их засоленности.

Классификация почв по степени засоленности на водной вытяжке 1:5

Условный диапазон ЕС, мСм/см	Характеристика почвы
< 1	Незасоленная
1,0-2,0	Слабозасоленная
2,0 – 4,0	Среднезасоленная
4,0-8,0	Сильнозасоленная
> 8	Очень сильнозасоленная

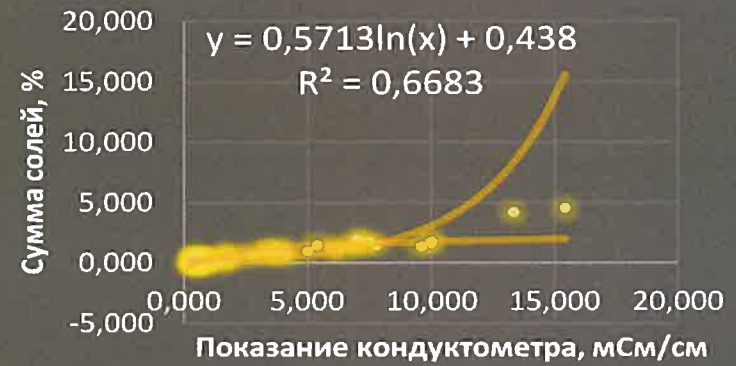
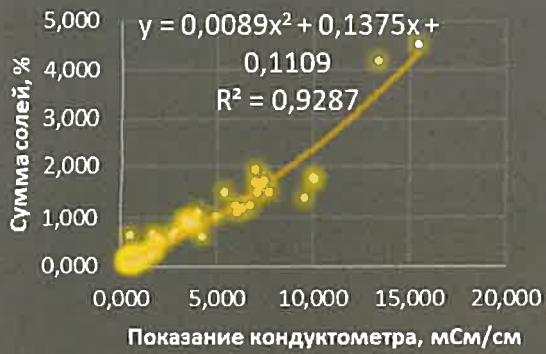
Влияние солей на питание растений

В целях прогнозирования содержания солей в почве по данным электропроводности (ЕС) были построены математические модели: линейная, полиномиальная (2-й и 3-й степени), логарифмическая, и степенная.

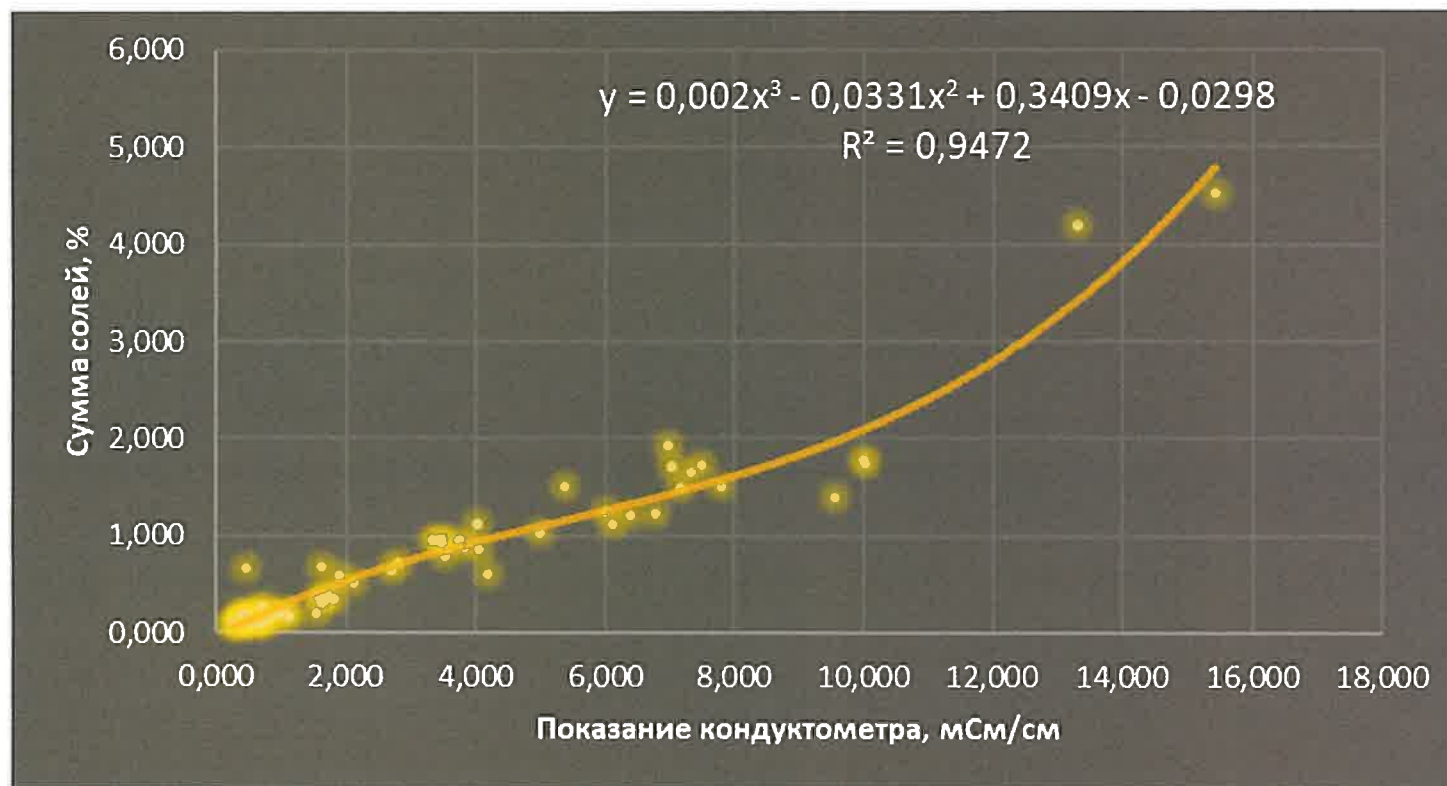
Оценка качества различных регрессионных моделей для зависимости между электропроводностью (ЕС) и суммой солей (%)

Модель	Формула	R ²	MSE
Линейная	$y = 0,2361x - 0,0031$	0,904	0,062
Логарифмическая	$y = 0,5713\ln(x) + 0,438$	0,668	0,215
Степенная	$y = 0,2536x^{0,9063}$	0,903	0,083
Полиномиальная 2-й степени)	$y = 0,0089x^2 + 0,1375x + 0,1109$	0,929	0,046
Полиномиальная 3-й степени)	$y = 0,002x^3 - 0,0331x^2 + 0,3409x - 0,0298$	0,947	0,034

Содержание растений



Влияние солей на питание растений



Наиболее высокую точность обеспечила полиномиальная модель третьей степени. Коэффициент детерминации 0,947 свидетельствует о высоком соответствии модели фактическим данным. Кроме того, она показала наименьшую среднеквадратическую ошибку — 0,034, что подтверждает ее надежность.

Влияние солей на питание растений

На основе полученной модели построена шкала соответствия суммы солей к показаниям кондуктометра.

Шкала соответствия суммы солей к показаниям кондуктометра

ЭП, мСм/см	сумма солей, %	ЭП, мСм/см	сумма солей, %	ЭП, мСм/см	сумма солей, %	ЭП, мСм/см	сумма солей, %
0,200	0,037	2,200	0,581	4,200	0,966	6,200	1,288
0,400	0,101	2,400	0,625	4,400	1,000	6,400	1,320
0,600	0,163	2,600	0,668	4,600	1,033	6,600	1,353
0,800	0,223	2,800	0,709	4,800	1,065	6,800	1,387
1,000	0,280	3,000	0,749	5,000	1,097	7,000	1,421
1,200	0,335	3,200	0,788	5,200	1,129	7,200	1,455
1,400	0,388	3,400	0,825	5,400	1,161	7,400	1,491
1,600	0,439	3,600	0,862	5,600	1,192	7,600	1,527
1,800	0,488	3,800	0,897	5,800	1,224	7,800	1,565
2,000	0,536	4,000	0,932	6,000	1,256	8,000	1,603

Моделирование электропроводимости засоленных почв в зависимости от гидрометеорологических и мелиоративных факторов

Полученные регрессионные модели имеют вид:

Для слоя 0-25 см

$$Y = 10,996 - 0,72X_2 + 0,0016X_3X_3 + 6,779E-05X_1^2 + 0,0077X_2^2 - 0,00019X_1X_3;$$

$$R^2 = 0,840$$

Для слоя 0-25 см

$$Y = 8,195 - 0,9179X_2 + 0,0511X_3 + 0,0002X_1^2 + 0,023X_2^2 - 9,6E-05X_3^2$$

$$- 0,0016X_1X_2 - 0,00026X_1X_3 + 0,00133X_2X_3; R^2 = 0,960$$

Моделирование содержания легкогидролизуемого азота в засоленных почвах в зависимости от гидрометеорологических и мелиоративных факторов

Для слоя 0-25 см

$$Y = 8,309 + 2,51X_2 - 0,013X_2X_3 - 0,0003X_1^2 + 0,00106X_1X_3; R^2 = 0,493$$

Для слоя 0-50 см

$$Y = 9,132 + 1,5773X_2 + 0,0005X_1X_3 - 0,006X_2X_3; R^2 = 0,572$$

Моделирование содержания обменного калия в
засоленных почвах в зависимости от
гидрометеорологических и мелиоративных
факторов

Уравнение регрессии для слоя 0–25 см имеет вид:

$$Y = -51,93 + 66,45X_2 - 1,12X_2^2 - 0,0737X_1X_2; R^2=0,755$$

Уравнение регрессии для слоя 0–50 см имеет вид:

$$Y = 226,63 + 67,19X_2 - 1,09X_2^2 - 3,47X_3 - 0,0058X_1^2 - 0,0855X_1X_2 + 0,0163X_1X_3;$$

$$R^2 = 0,836$$

Влияние солей на питание растений

Солевой стресс, включая повышенную электропроводность почв и, как следствие, снижение потенциала водной фазы, прежде всего проявляется у растений как осмотический стресс, то есть уменьшение поглощения воды корневой системой, снижение тургора клеток и торможение роста (осмотический стресс). Подобно этому, вызывается ионный (токсический) эффект: натрий (Na^+) или хлориды (Cl^-) накапливаются в корнях и листьях, нарушая ионный баланс (например, высокий Na^+/K^+ -отношение) и конкурируя с поглощением макро- и микроэлементов.

В этом контексте особенно важным становится обеспечение растения сбалансированным питанием, в котором макро- (N, P, K, Ca, Mg, S) и микроэлементы (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo и др.) находятся в адекватных количествах и пропорциях. Такое питание способствует:

- поддержанию тургора и осмотического потенциала клеток (через обеспечение адекватной концентрации осмопротектантов, накопление K^+ , Mg^{2+} и др.);
- уменьшению проникновения ионов Na^+ за счёт конкуренции с K^+ и улучшения селективности ионных транспортёров;
- повышению устойчивости к окислительному стрессу и улучшению физиологических функций (фотосинтез, рост корневой системы).

Влияние солей на питание растений

Азот (N) играет ключевую роль в поддержании метаболизма, но при его избытке или дисбалансе с другими элементами может усиливаться стрессовое состояние растения.

Роль калия (K) особенно подчеркнута: он регулирует осмотический баланс, способствует закрытию устьиц, уменьшает потерю воды и помогает поддерживать высокий K^+/Na^+ -отношение в клетках.

Кальций (Ca) укрепляет клеточные стенки и мембраны, снижает проникновение вредных ионов и способствует поддержанию водного обмена.

Таким образом, сбалансированное питание растений, выращиваемых на засоленных и малогумусных почвах, становится важным агрономическим инструментом для уменьшения осмотического стресса.

В практических агрономических условиях это предполагает:

- корректировку дозы удобрений с учётом исходного содержания элементов в почве, механического состава, водного режима и солестойкости культуры;
- регулярный мониторинг электропроводности почвенного раствора, содержания макро- и микроэлементов, и состояния растений.

В наших исследованиях на сероземных почвах Туркестанской области с $EC < 4$ мС/см и гумусом $< 1\%$, применение сбалансированной системы питания (например, $N:K \approx 1:1,2-1,5$, введение Ca и Mg, микроэлементов) можно рассматривать как меру для уменьшения осмотического стресса, улучшения водного поглощения и увеличения урожайности корнеплодов.

Влияние солей на питание растений

Засоление — накопление растворимых солей (в первую очередь NaCl, но также Na_2SO_4 , MgCl_2 , CaSO_4 и др.) в почвенном растворе. Наиболее распространённые ионы в засоленных почвах: Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} . В то время как Na^+ вызывает ионную и осмотическую токсичность, Cl^- и SO_4^{2-} вносят свой вклад в общую солевую нагрузку и специфическую анионную токсичность.

Давайте детально рассмотрим механизмы действия сульфат- (SO_4^{2-}) и хлорид-ионов (Cl^-) на растения в условиях засоленных почв. Хотя эти анионы часто считаются менее токсичными по сравнению с катионами (в первую очередь Na^+), при высоких концентрациях они оказывают значительное фитотоксическое действие и участвуют в комплексе стрессовых реакций.

Влияние солей на питание растений

Сравнительная таблица: Cl^- vs SO_4^{2-} в засоленных почвах

	Cl^-	SO_4^{2-}
Характеристика	: Cl^-	SO_4^{2-}
Мобильность в растении	Высокая (быстро в листья)	Умеренная/низкая
Основное место токсичности	Листья (некроз краев)	Корни (особенно при H_2S)
Транспорт в корнях	Пассивный	Активный
Конкуренция	С NO_3^- , H_2PO_4^-	С NO_3^- , H_2PO_4^- , MoO_4^{2-}
Особый риск	Фотоингибирование, осмотический стресс	Сероводородный токсикоз в анаэробных почвах

$\text{Cl}^- + \text{Na}^+$: усиливают осмотический стресс и токсичность.

$\text{SO}_4^{2-} + \text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$: создают "горько-соленые" почвы (горькие солончаки), особенно токсичные для большинства культур. Оба аниона усиливают дефицит K^+ , так как нарушают ионный баланс и работу ионных каналов.

Таким образом, на засоленных почвах Cl^- и SO_4^{2-} — не просто «фон», а активные участники стресса:

Cl^- вызывает прямую токсичность в листьях, нарушает фотосинтез и устьичную регуляцию.

SO_4^{2-} , хотя и менее токсичен напрямую, может приводить к образованию H_2S в анаэробных условиях и вызывать дефицит других питательных веществ.

Диагностики типа засоления (хлоридное, сульфатное, смешанное).

Выбора устойчивых сортов (например, хлоротолерантных).

Разработки агротехнических мер (дренаж для предотвращения H_2S , гипсование для вытеснения Na^+ при сульфатном засолении).

Результаты производственной проверки ТОО "Ұлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

В агроклиматических условиях Южного Казахстана (Шаульдерский массив) важнейшим лимитирующим фактором для успешного ведения земледелия остаются дефицит влаги и засоленность. За последние годы наблюдаются заметная межгодовая неустойчивость осадков (150-250 мм), и температуры (13,5-15,5 °С), что напрямую отразилось на агротехнологиях, сроках сева, всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур.

Для примера приведу результаты производственного опыта, проведенного на массиве 20-гектарного производственного участка ТОО "Ұлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область. Почвы территории представлены сероземами светлыми.

**Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты,
Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область**

Основные агрохимические показатели слоя почвы 0-30 см после промывки

Номер пробы	Гумус общий, %	Азот л/г, мг/кг	Нитратный азот, мг/кг	P2O5, мг/кг	K2O, мг/кг	pH
БП-1	1,15	52,5	9,3	20	500	7,34
БП-2	0,81	33,6	4,1	16	430	7,68
БП-3	0,84	42,0	6,4	12	390	7,72
БП-4	1,07	33,6	10,3	24	430	7,83
БП-5	1,01	52,5	15,4	18	430	7,68
БП-6	0,89	49,7	3,7	10	440	7,76
БП-7	0,98	47,6	10,8	20	500	7,81
БП-8	0,77	39,2	4,0	12	420	7,91
БП-9	0,88	48,0	8,0	18	540	7,81
БП-10	0,84	47,6	18,0	28	650	7,91
БП-11	0,81	49,0	8,3	8	440	7,90
БП-12	0,68	36,4	4,7	22	430	7,93
БП-13	0,77	39,2	7,6	22	390	8,03
БП-14	0,87	42,0	7,4	18	520	7,85
БП-15	0,77	75,6	5,5	12	420	7,88
БП-16	1,05	39,2	9,5	34	470	7,95
БП-17	0,83	22,4	4,7	16	410	8,05
БП-18	0,77	36,4	4,8	16	440	7,97
БП-19	0,74	39,2	5,5	20	520	8,00
БП-20	0,37	78,4	6,1	22	380	8,12

**Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты,
Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область**

Корреляционный анализ зависимости основных агрохимических показателей массива кукурузы

	Гумус общий, %	Азот л/г, мг/кг	Нитратный азот, мг/кг	P2O5, мг/кг	K2O, мг/кг	pH
Гумус общий, %	1,00					
Азот л/г, мг/кг	-0,33	1,00				
Нитратный азот, мг/кг	0,44	0,13	1,00			
P2O5, мг/кг	0,18	-0,11	0,50	1,00		
K2O, мг/кг	0,31	-0,04	0,57	0,38	1,00	
pH	-0,67	-0,05	-0,21	0,17	-0,17	1,00

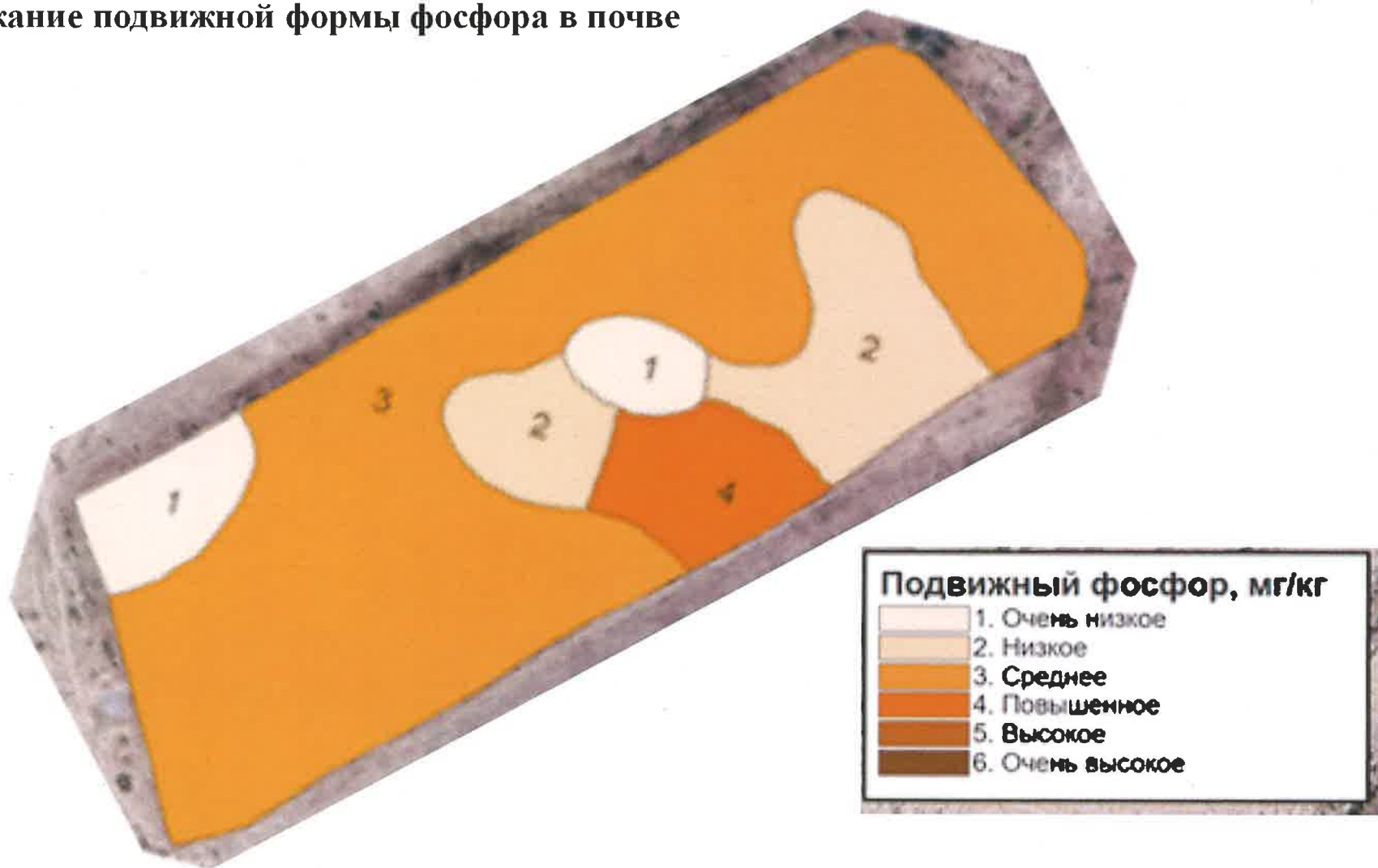
Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты,
Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Содержание легкогидролизуемой формы
азота в почве



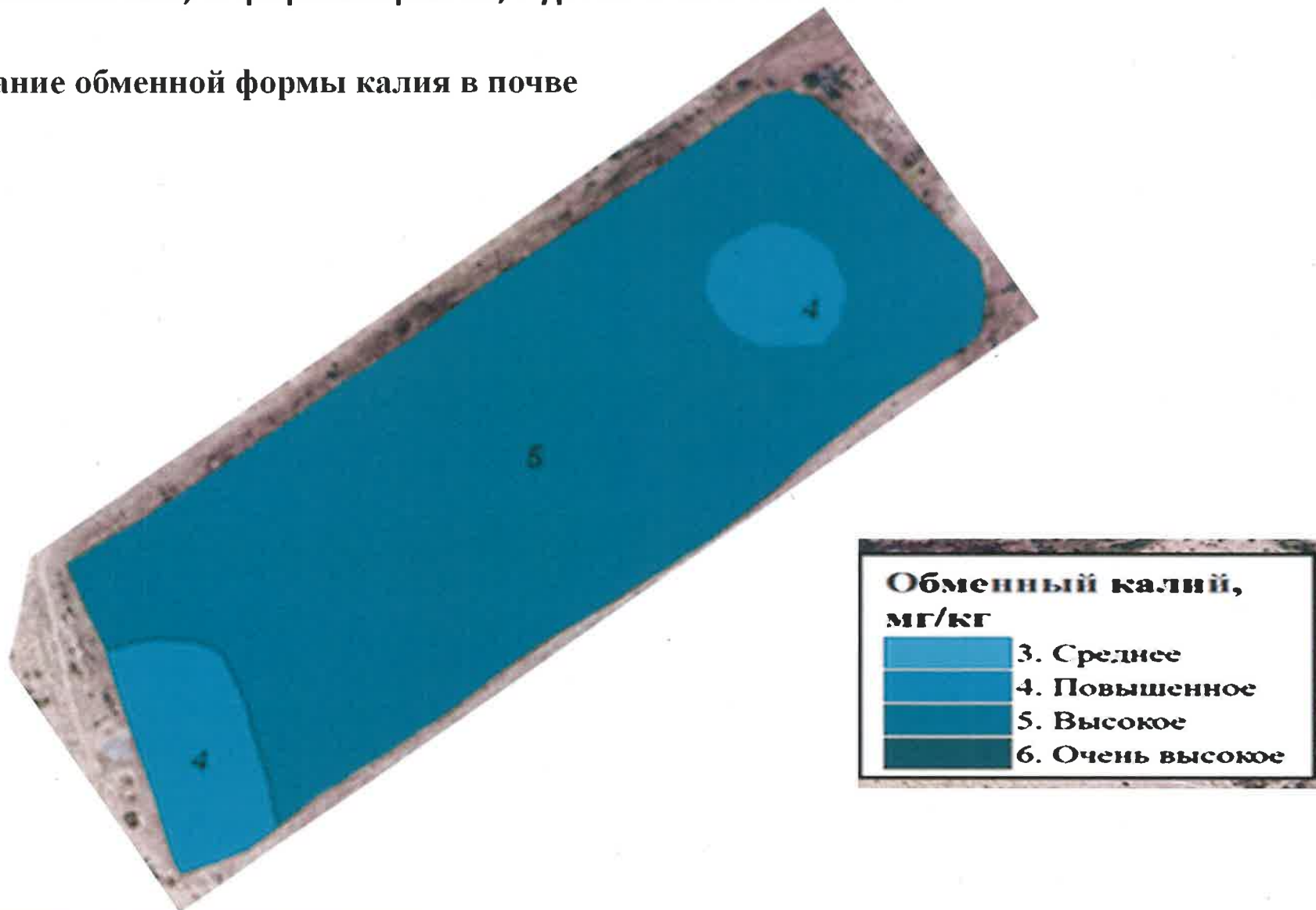
Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты,
Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Содержание подвижной формы фосфора в почве



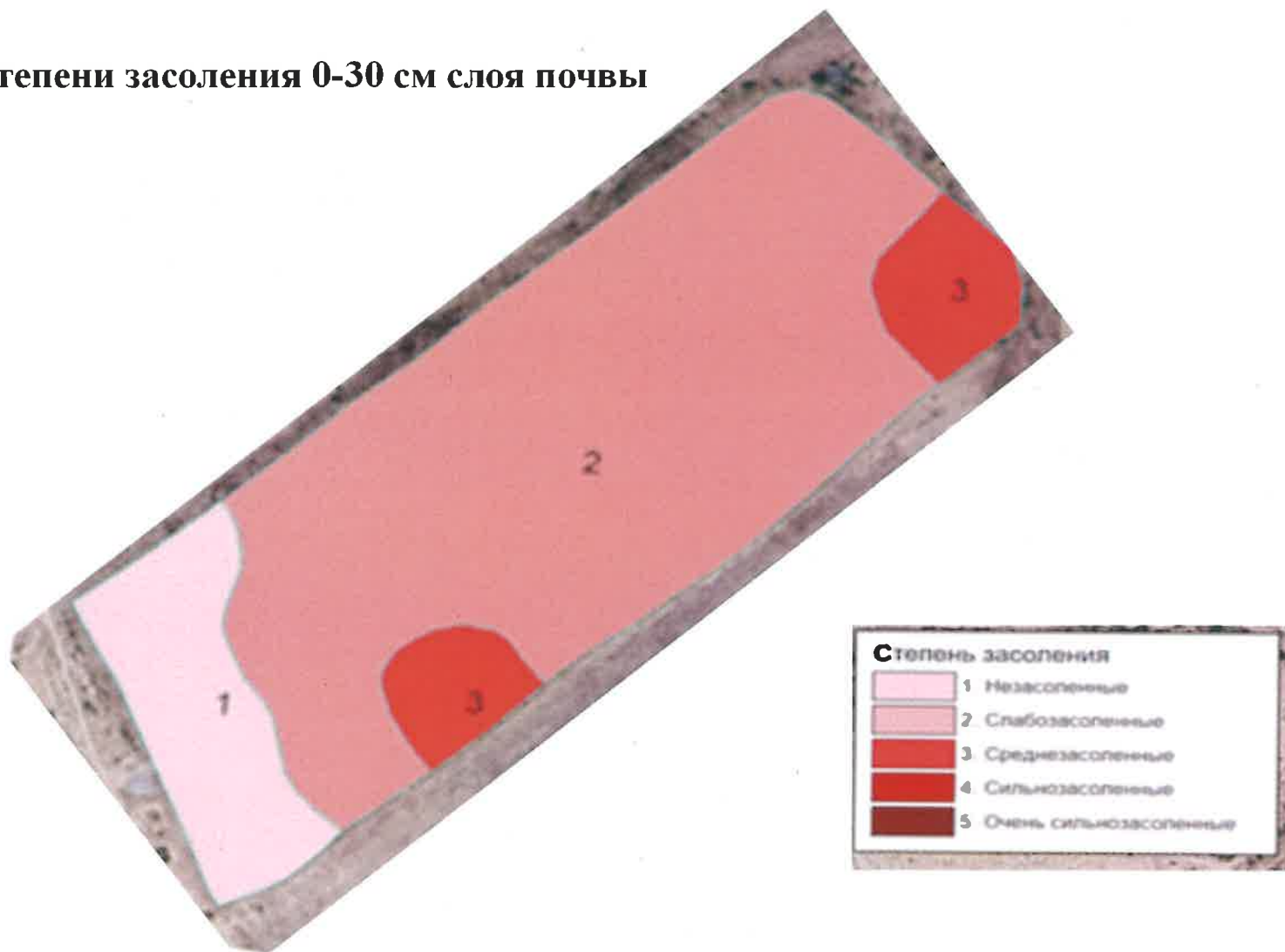
Результаты производственной проверки ТОО "Ұлан-Отырар", с. Шытты,
Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Содержание обменной формы калия в почве



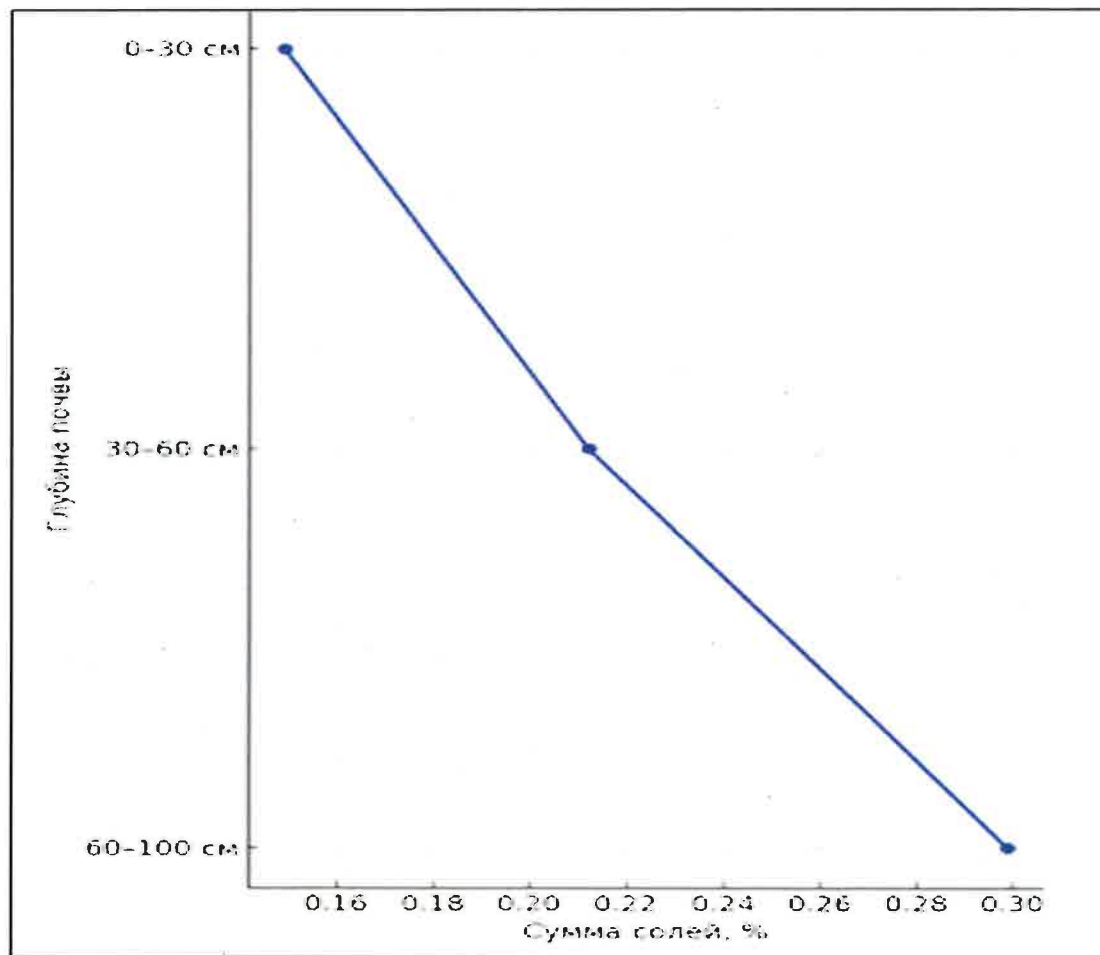
Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты,
Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Карта степени засоления 0-30 см слоя почвы



Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

По содержанию солей до промывки пахотный слой имел 0,3–0,5 %, после — уменьшение на 25–40 %. Верхние горизонты характеризуются слабым засолением, тогда как на глубине 60–100 см отмечается накопление сульфатов и натрия (до 0,3–0,5 %), что требует контроля. В целом почвы пригодны для земледелия, но нуждаются в мелиоративных мероприятиях, регулярном мониторинге засоления и оптимизации минерального питания.



Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

На производственном массиве кукурузы с учетом степени засоленности почв и обеспеченности элементами питания (азотом, фосфором и калием).

были рассчитаны оптимальные нормы минеральных удобрений по участкам.

Для оценки факторов, влияющих на урожайность зерна кукурузы, учитывались почвенные запасы азота (Nt), фосфора (Pt) и калия (Kt), включая внесенные удобрения, а также средний процент засоленности почвы (S) в пределах пахотного горизонта.

Экспериментальные данные были подвергнуты математической обработке с использованием программного приложения Excell, предусматривающей последовательную оценку и исключение незначимых членов регрессии, при уровне значимости $P > 0,05$. Согласованность теоретических и фактических данных оценивалась с использованием коэффициента детерминации (R^2).

Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Учет урожайности зерна кукурузы проведен 21–24 сентября на 20 делянках по координатам весеннего отбора почвенных проб. Средняя густота стояния составила 48 тыс. растений/га. Урожайность определяли поделяночным методом.

Внесение удобрений с учетом запасов азота, фосфора и засоленности обеспечило до 38% прибавки урожая, в среднем — 21%. Азот вносили в форме аммиачной селитры (N – 34,4%), фосфор — аммофоса (N – 10%, P – 45%) по 90 кг д. в./га каждого элемента, в два приема: перед посевом и в подкормку.

Контрольный вариант — 70 кг N/га. Регрессионный анализ урожайности показал, что значимое влияние оказывают два фактора: суммарные запасы азота (Nt) и засоленность почвы (S); остальные переменные оказались статистически незначимыми.

Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты,
Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Тип полученной модели - квадратичная множественная регрессия, описывающая зависимость урожайности зерна кукурузы (Y, т/га) от запасов азота, включая азотные удобрения, (Nt) и содержания солей (S):

$$Y=11,20+0,0106 Nt -7,849 S -0,000177 Nt^2; R^2=0,866$$

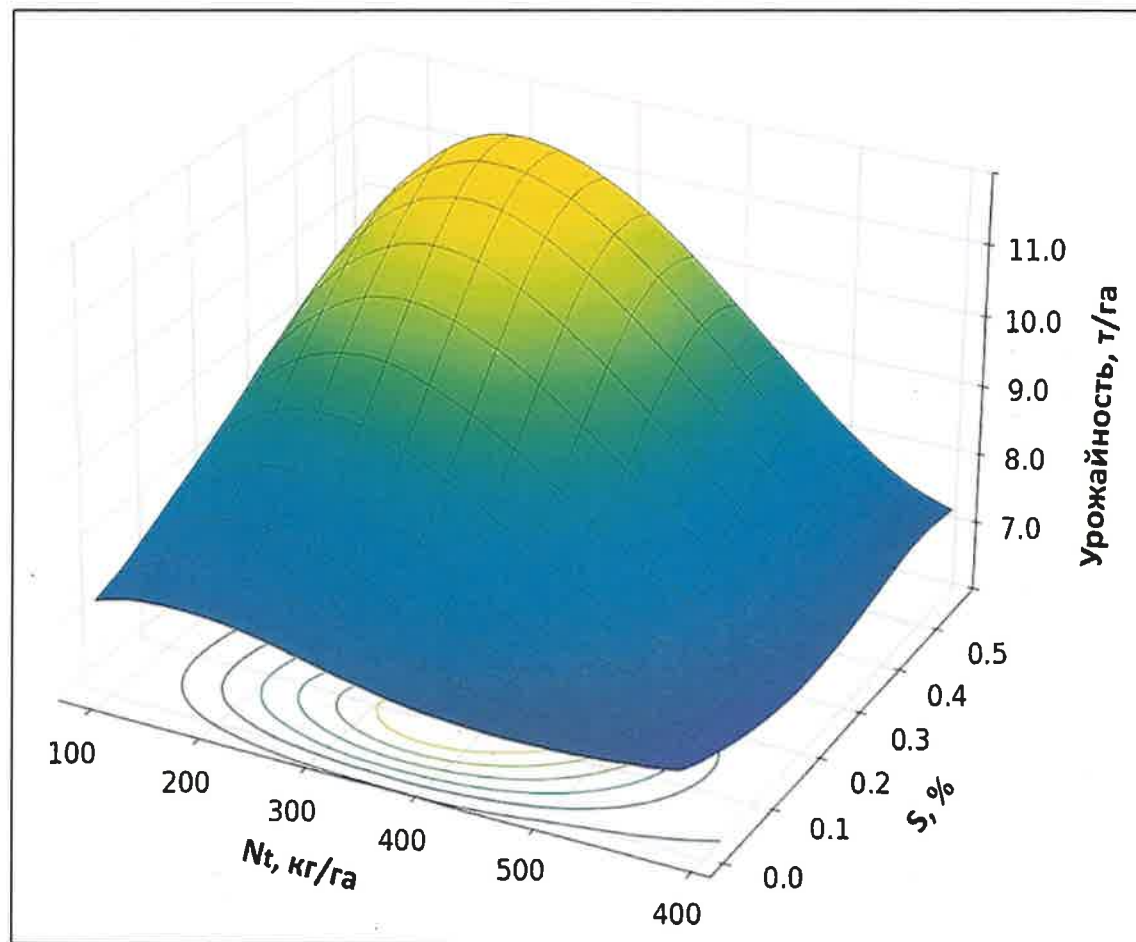
где:

Nt – запасы азота, включая азотные удобрения, кг/га.

S – суммарное содержание солей, %.

Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

На представленном рисунке 11 изображена 3D-поверхность отклика урожайности зерна кукурузы (Y , т/га) в зависимости от суммарных запасов азота (Nt , кг/га) – включая азот удобрений и почвы и степени засоленности почвы (S , %). Видно, что урожайность кукурузы увеличивается с ростом обеспеченности азотом до определенного оптимума ($Nt = 250\text{--}300$ кг/га), после чего начинает снижаться, что указывает на параболический характер зависимости. Максимальная урожайность (около 11 т/га) достигается при умеренных запасах азота (около 250–300 кг/га) и минимальной засоленности ($S < 0,1$ %). При дальнейшем росте Nt урожайность постепенно снижается из-за возможного дисбаланса питания и ухудшения физиологических процессов.



Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

На основе полученной регрессионной модели построена шкала прогнозирования урожайности зерна кукурузы (таблица 13). Шкала построена после корректировки по коэффициенту центрирования по суммарному азоту, включающий легкогидролизуемый азот почвы и вносимых азотных удобрений: Y (т/га) при S (%), $Y=11,02 + 0,01058 \times (Nt - 231) - 7,849 \times S - 0,000177 \times (Nt - 231)^2$.

Шкала прогнозирования урожайности зерна кукурузы, т/га

Nt (кг/га)	При засоленности, %							
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
450	4,78	4,00	3,21	2,43	1,64	0,86	0,07	-
400	7,70	6,92	6,13	5,35	4,56	3,78	2,99	2,21
350	9,74	8,96	8,17	7,39	6,60	5,82	5,03	4,25
300	10,89	10,11	9,32	8,54	7,75	6,97	6,18	5,40
250	11,16	10,38	9,59	8,81	8,02	7,24	6,45	5,67
200	10,54	9,76	8,97	8,19	7,40	6,62	5,83	5,05
150	9,04	8,26	7,47	6,69	5,90	5,12	4,33	3,55
100	6,65	5,87	5,08	4,30	3,51	2,73	1,94	1,16
50	3,38	2,60	1,81	1,03	0,24	-	-	-

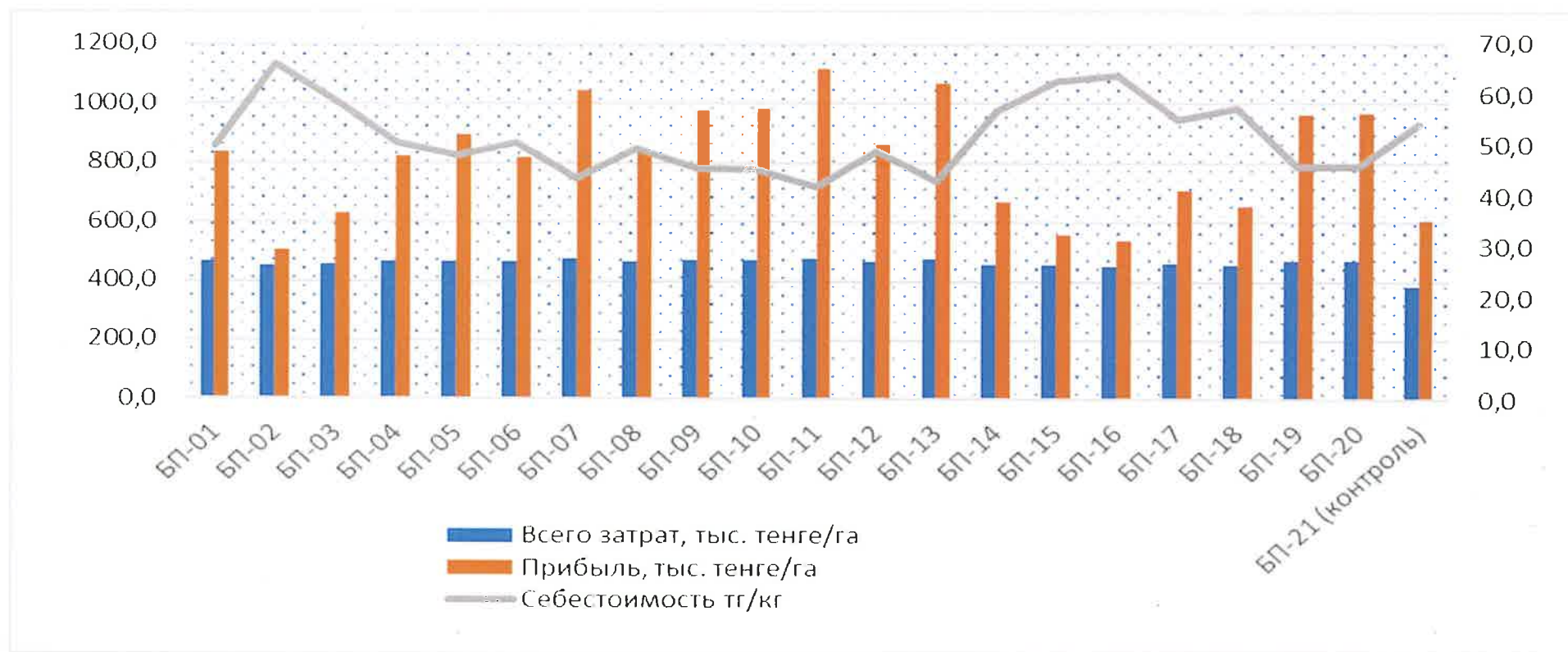
Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Анализ экономических показателей показал (таблица 17), что затраты по вариантам варьировали незначительно – от 451,0 до 476,3 тыс, тенге на гектар, что свидетельствует о близких производственных условиях и одинаковом уровне технологических затрат. Основные различия между вариантами связаны с уровнем урожайности, что отразилось на величине валового дохода и прибыли. Максимальный валовой доход отмечен в варианте БП-11 (1594,9 тыс, тенге/га), что превышает контроль на 61%, тогда как минимальные значения наблюдались в вариантах БП-15 и БП-16. По уровню прибыли лидируют варианты БП-11 (1118,6 тыс, тенге/га), БП-13 (1068,9 тыс, тенге/га), БП-07 (1042,8 тыс, тенге/га) и БП-10 (980,9 тыс, тенге/га), обеспечившие наибольший экономический эффект.

Участок отбора проб	Всего затрат, тыс, тенге/га	Валовой доход, тыс, тенге/га	Прибыль, тыс, тенге/га	Себестоимость, тг/кг	Рентабельность, %	Эк, эффект, к контролю, тыс, тенге/га
БП-01	464,7	1300,0	835,3	50,0	179,8	230,4
БП-02	451,0	952,9	501,9	66,3	111,3	-103,0
БП-03	456,2	1083,8	627,6	58,9	137,6	22,7
БП-04	464,1	1284,6	820,5	50,6	176,8	215,6
БП-05	467,0	1360,1	893,1	48,1	191,2	288,2
БП-06	464,0	1282,1	818,1	50,7	176,3	213,2
БП-07	473,2	1515,9	1042,8	43,7	220,4	437,9
БП-08	465,1	1311,7	846,6	49,6	182,0	241,7
БП-09	470,5	1448,8	978,3	45,5	207,9	373,4
БП-10	470,6	1451,5	980,9	45,4	208,4	376,0
БП-11	476,3	1594,9	1118,6	41,8	234,9	513,7
БП-12	465,8	1327,9	862,1	49,1	185,1	257,2
БП-13	474,2	1543,1	1068,9	43,0	225,4	464,0
БП-14	457,8	1124,9	667,1	57,0	145,7	62,2
БП-15	453,3	1010,7	557,4	62,8	123,0	-47,5
БП-16	452,5	990,0	537,5	64,0	118,8	-67,4
БП-17	459,3	1163,9	704,6	55,2	153,4	99,7
БП-18	457,3	1112,8	655,5	57,5	143,3	50,6
БП-19	469,9	1432,7	962,8	45,9	204,9	357,9
БП-20	470,1	1438,2	968,1	45,8	205,9	363,2
БП-21 (контроль)	384,3	989,2	604,9	54,4	157,4	0,0

Результаты производственной проверки ТОО "Ўлан-Отырар", с. Шытты, Талаптинский с.о., Отрарский район, Туркестанская область

Экономический эффект по сравнению с контролем варьировал от –103,0 до +513,7 тыс, тенге/га. Наибольший положительный эффект отмечен в варианте БП-11, что свидетельствует о наилучшем сочетании питательных факторов, обеспечивших максимальную продуктивность и экономическую отдачу. Таким образом, наибольшую экономическую эффективность показали варианты БП-07, БП-10, БП-11, БП-13 и БП-19, где достигнуто оптимальное соотношение между затратами и прибылью, тогда как варианты БП-02, БП-15 и БП-16 оказались экономически нецелесообразными.



Практические рекомендации по возделыванию кукурузы на зерно

Результаты проведенных производственных опытов на участке ТОО «Ұлан-Отырар» (20 га, с. Шытты, Отрарский район) показали, что эффективность возделывания кукурузы в условиях засоленных и малогумусных почв во многом определяется правильной промывным режимом, системой питания и адаптацией агротехники к почвенно-климатическим условиям региона.

Рекомендации: ежегодно проводить контроль засоленности и электропроводности (ЕС), особенно после орошения; избегать глубоких вспашек, способствующих подтягиванию солей из подпахотного горизонта. По результатам регрессионного моделирования ($R^2 = 0,955$) оптимальная урожайность (10–18 т/га) достигается при дифференцированном внесении удобрений в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания и степени засоления.

Рекомендуемые нормы:

- Азот (N): 90 кг/га д.в. (60 % под предпосевную культивацию, 40 % в подкормках).
- Фосфор (P_2O_5): 90 кг/га в основной обработке.
- Калий (K_2O): не требуется, кроме участков с содержанием < 400 мг/кг.

Предпочтительно использование физиологически нейтральных и серосодержащих форм удобрений (аммофос, сульфат аммония). Применение хлорсодержащих форм (например, хлористого калия) не рекомендуется.

Мелиоративные и агротехнические приемы.

- весенняя промывка почвы нормой 1500–2000 м³/га;
- вспашка 25-27 см;
- бороздовое орошение малыми дозами;
- посев гибридными семенами кукурузы в оптимальные сроки (3 декада апреля – 1 декада мая), на глубину 6-8 см рядовым способом с междурядьями 70 см из расчета 70-90 тыс растений на 1 га;

Практические рекомендации по возделыванию кукурузы на зерно

В случае обеспеченности почв доступными формами фосфора и калия урожай кукурузы можно прогнозировать на основе запасов азота, включающего запасы легкогидролизуемого азота и нормы вносимых азотных удобрений по следующей шкале:

Шкала прогнозирования урожайности зерна кукурузы, т/га

Nt (кг/га)	При засоленности, %							
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
450	4,78	4,00	3,21	2,43	1,64	0,86	0,07	-
400	7,70	6,92	6,13	5,35	4,56	3,78	2,99	2,21
350	9,74	8,96	8,17	7,39	6,60	5,82	5,03	4,25
300	10,89	10,11	9,32	8,54	7,75	6,97	6,18	5,40
250	11,16	10,38	9,59	8,81	8,02	7,24	6,45	5,67
200	10,54	9,76	8,97	8,19	7,40	6,62	5,83	5,05
150	9,04	8,26	7,47	6,69	5,90	5,12	4,33	3,55
100	6,65	5,87	5,08	4,30	3,51	2,73	1,94	1,16
50	3,38	2,60	1,81	1,03	0,24	-	-	-



Слева кукуруза выращенная на засоленном участке, справа – на незасоленном/слабозасоленном участке



Спасибо всем за внимание и участие!

ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»
Председатель Правления  Р.Х. Рамазанова

ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»
Заведующий отделом агрохимии
к.с.-х.н., доцент  Б.М. Амиров

