

## СЕМИНАР ТАҚЫРЫБЫ:

Моделирование ростовых и продуктивных показателей сельскохозяйственных культур при применении различных средств (удобрений, биопрепаратов и др.) в зависимости от факторов среды.

Қоршаған орта факторларына байланысты әртүрлі заттарды (тыңайтқыштар, биологиялық өнімдер және т.б.) пайдалану кезінде ауыл шаруашылығы дақылдарының өсу және өнімділік көрсеткіштерін модельдеу.

Амиров Бахытбек Мустафаулы, ауыл шаруашылығы ғылымының кандидаты, доцент,  
«Ө.О.Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, агрохимия бөлімінің меңгерушісі



03 қараша  
2023 жыл

**МАҚСАТЫ – Ауылшаруашылығы дақылдарын өсіруде тыңайтқыштарды пайдалануды өсімдіктердің өсіп-даму процесстерін моделдеу арқылы реттеп отыруды ұсынып, оны пайдалану туралы білімді тарату.**

### **Тапсырмалар:**

1. Дақылдардың жоспарланған өнімін өсімдікті минералды қоректендірудің оңтайлы математикалық моделдеу әдісін қолданыу арқылы қамтамасыз ету.
2. Тыңайтқыштарды моделдер арқылы есептелген мөлшерін қолданудың экономикалық маңыздылығы. Топырақтағы минералды қоректік заттардың оң теңгерімділігін қамтамасыз етіп, оның құнарлығын сақтау және молайту.
3. Тыңайтқыштардың дозасын анықтаудың әртүрлі тәсілдерін көп жылдық тәжірибе және тыңайтқыш дозаларын есептеудің баланстық әдісіне негіздеп түсіндіру.
4. Елдің 2 аймағындағы егін алқаптарында тыңайтқыштарды есептік әдіспен қолдану мысалдарын қарастыру.

### **ФЕРМЕР ҮШІН ПРАКТИКАЛЫҚ МӘНІ:**

Фермер әртүрлі ауылшаруашылық дақылдарына тыңайтқыштарды қолдану бойынша қажетті базалық білім алады және жоспарланған дақылға тыңайтқыштарды есептеп енгізу әдістерімен танысады және тыңайтқыштарды қолданудың экономикалық тиімділігін бағалайды.

## ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙ

Тыңайтқыштар ауыл шаруашылығында кеңінен қолданылатын өнім болып табылады және жаһандық азық-түлік қауіпсіздігіне, фермерлердің өмір сүруіне және адамның сапалы тамақтануына ықпал етеді.

Қазіргі уақытта елімізде ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігінің «Қолдау» электронды платформасы арқылы фермерді субсидиялау арқылы қолдау бағдарламасы жүзеге асырылып келеді.

Топырақ-агрохимиялық өңдеудің ғылыми негізделген нақты нәтижелерімен қамтамасыз ету жеткілікті түрде әзірленбеген.

Субсидиялау шеңберінде тауар өндірушілерге тізілімге сәйкес әртүрлі сауда ұйымдары беретін кең ауқымды сипаттамалары бар тыңайтқыштардың көптеген түрлері мен нысандары ұсынылады. Қолданыстағы ұсыныстар мен нормативті есептеулер өткен ғасырдың 60-80 жылдарындағы ескірген тыңайтқыш нормаларына негізделген, олар топырақтағы қоректік заттардың жетімділігін, топырақтың мелиоративтік жай-күйі мен егістіктердің тозу дәрежесін, танаптардың орналасу ерекшеліктері мен рельефін есепке алмайды. Мұндай жағдайда тыңайтқыштардың теңгерімсіз қолданылған дозалары тиімсіз және экологиялық теріс әсерге әкеліп соғады.

## ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙ

Агрохимиялық картограмма топырақ құнарын сақтау мен өнімділікті арттырудың басты құралы Елімізде Кеңес Одағы кезінде қолданылған тыңайтқыштардың ұсынылған нормаларын қолдану дәстүрге айналған.

Бұл нормалар аймақтық тәжірибелер желісінің бірыңғай мемлекеттік бағдарламасы бойынша жүргізілген далалық тәжірибелер негізінде анықталған болатын.

Сонымен қатар, жаппай егіс алқаптары қажетті мөлшерде тыңайтқыштармен орталықтандырылған түрде жеткілікті тұрақты қамтамасыз етілетін, және міндетті түрде егістік зерттеулердің негізінде 5 жыл сайын егістік картограммалары жасалатын.

Қазір жағдай басқаша – шаруа қожалығының иесі экономикалық дербестіктің арқасында тыңайтқыштарды ұтымды пайдалану мәселелеріне көп көңіл бөлінбейді.

Көптеген фермерлер тыңайтқыштарды соқыр пайдаланады - кім не табады, соны қолданады. Сондықтан мұндай жағдайларда минералды қоректенудің теңгерімсіздігі, соның салдарынан танаптардың өнімділігінің төмендеуі және топырақ пен қоршаған ортаның тыңайтқыштардың қалдық элементтерімен ластану қаупі жоғарылайды.

## ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Бүгінгі таңда әртүрлі топырақ-климаттық аймақтарда тыңайтқыштарды қолданудың стандарттары мен индекстерін әзірлей отырып, топырақ-агрохимиялық ақпараттық жүйені құру өте өзекті мәселеге айналып отыр.

Дәл егіншілікте өсімдіктердің қоректік режимін басқару технологиясында дақыл мен топырақ арасындағы қоректік заттардың динамикасымен үйлесімділігін қамтамасыз ете алатын жаңа тәсілдер қажет.

Дәнді дақылдарды қоректік заттармен қамтамасыз ету, қажетті мөлшерде және қажетті уақытта, оларға тән аймақтық және топырақтың өзгергіштігін ескере отырып, өнімділікті, рентабельділікті арттыруға және қоректік заттардың жоғалуын болдырмайды, сондықтан экологиялық зардаптардың алдын алады.

Ауылшаруашылық дақылдарының сараланған минералды қоректенуге қажеттілігін анықтау үшін аймақтық сипаттағы Топырақ ҚЭПК және Тыңайтқыш ҚЭПК белгілеу қажет.

Тәжірибелік деректер климаттық жағдайларға, өсірілетін дақылдардың түріне, олардың шығымдылық деңгейіне, топырақ түріне, қолданылатын тыңайтқыштардың түріне, формалары мен дозаларына, оларды қолдану әдістеріне, химиялық зерттеу әдістеріне және

## ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Жоспарланған ауылшаруашылық дақылдарын өсіру үшін жер бедерін, нақты құнарлылық әлеуетін, мелиоративтік жай-күйін және топырақтың тозу дәрежесін ескере отырып, нормативтік Топырақ ҚЭПК және Тыңайтқыш ҚЭПК анықтау үшін аймақтық тәжірибелер жасау маңызды.

Тыңайтқыштардың әртүрлі нұсқалары бар дала сынақтары белгілі бір аймақтың, ферманың немесе тіпті белгілі бір егіс алқабының топырағынан NPK пайдаланудың жаңа нормативтік көрсеткіштерін жасауға мүмкіндік береді.

Мұндай тәжірибелер мәдени дақылдардың минералды қоректену ерекшеліктерін, қолданылатын тыңайтқыштардың түрі мен формаларын (органикалық, минералды, жасыл тыңайтқыштар немесе тыңайтқыштардың күрделі комбинациялары және т.б.) зерттеумен қатар жүргізілуі керек.

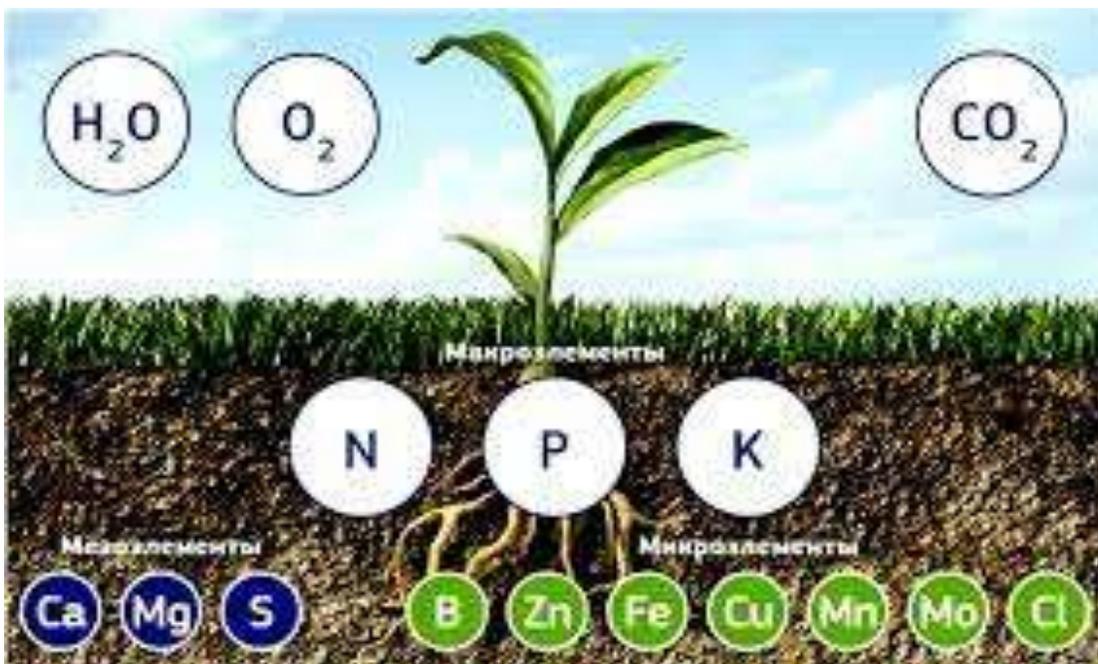
Сондай-ақ топырақтың мелиоративтік жағдайын да, әртүрлі жағымсыз факторлардан – сортаңдану, өндіріс қалдықтарынан ластанулардың болуы және т.б. әсерінен деградация дәрежесін де зерттеу маңызды.

Осылайша нақты жағдайларда және уақытта алынған тәжірибелік деректердің бай базасы жоғарыда аталған барлық тәуелсіз факторларды ескере отырып, жоспарланған өнімді алудың қолданбалы үлгілерін жасауға мүмкіндік береді.

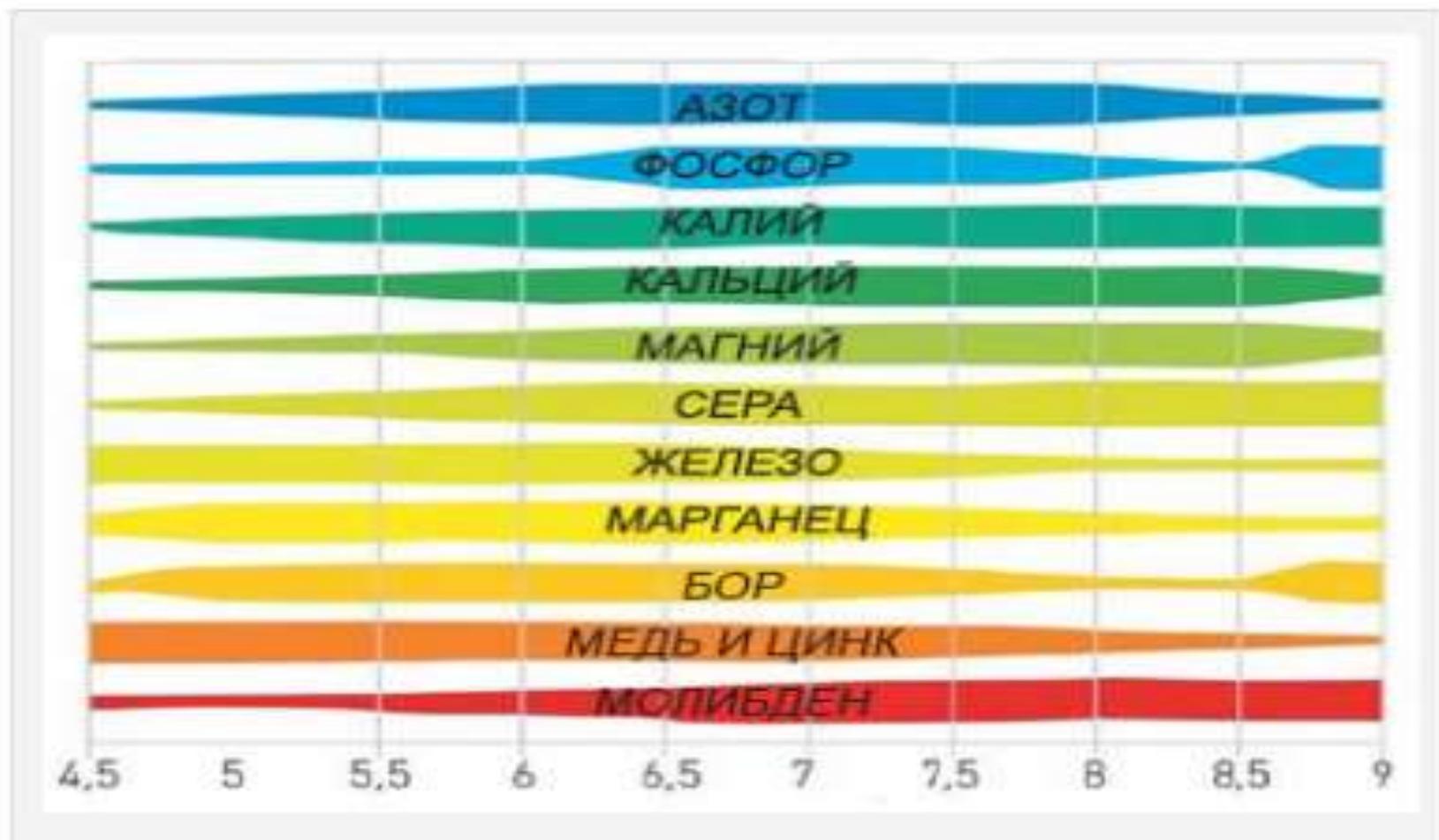
Маңызды қоректік заттар - бұл өсімдіктің өмірлік циклін аяқтау үшін қажет элементтер: тіршілік ету, өсу және көбею. Әртүрлі зерттеушілердің пікірінше, өсімдіктердің қоректенуі Д.И.Менделеевтің периодтық жүйесінің 68-ден 84-ке дейін элементін қажет етеді.

Осыған қарамастан, элементтердің белгілі бір бөлігі өсімдіктердің қалыпты өсуі мен дамуы, жақсы өнім алу үшін өте қажет екендігі жалпы мойындалған. Бұл элементтер гидропоникалық ерітінділерде анықталады.

Жалпы өсімдіктерге 16 негізгі элемент қажет (белгілі 103 элементтен); Оның 13 топырақтан алынады.



## Өсімдіктердің макро- және микроэлементтерді сіңіруі



## Тыңайтқыштардың дозасын анықтау әдістері

Тыңайтқыштардың дозасын анықтаудың барлық қолданыстағы әдістерін және олардың модификацияларын 2-ге бөлуге болады:

- ❖ тыңайтқыштардың эмпирикалық дозаларымен тәжірибе нәтижелерін жалпылау әдістері;
- ❖ қоректік заттардың балансы көмегімен тәжірибе нәтижелерін қорытындылау әдістері.

Тыңайтқыштардың дозасын оңтайландырудың жоғарыда аталған барлық әдістері ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігінің мәнін объективті түрде болжауға мүмкіндік береді.

Бірақ соған қарамастан, олар ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру жағдайларын және тыңайтқыштардың экономикалық өтелуін ескеретін кешенді тәсілді жетілдіруді талап етеді.

## 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 на 100 г почвы переводят в кг/га умножением на коэффициент, соответствующий почвенной разности и глубине расчетного слоя. Например, для пахотного слоя 0-22 см дерново-подзолистых почв он равен 30, то есть масса 1 га пахотного слоя дерново-подзолистой почвы считают равной 3000 т, для слоя до 30 см — коэффициент равен 40.

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

Для закладки полевых опытов под картофель и лук были выбраны производственные участки КХ «Нам», Ескельдинский район, Жетысуская область.

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

### Агрохимические показатели участков под картофелем, Карабулак, весна, 2021-2023 гг.

Год проведения опытов	Глубина образца, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			pH
			азот	фосфор	калий	
2021 г.	0-25	1,04	48,2	53,3	204,0	7,1
	25-50	0,53	50,7	49,7	168,0	7,0
2022 г.	0-25	1,33	70,0	67,0	240,0	7,0
	25-50	1,18	61,6	60,0	240,0	7,0
2023 г.	0-25	1,20	46,2	71,3	260,0	7,0
	25-50	0,80	29,9	59,3	260,0	6,9

## 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
<b>Фактическая валовая урожайность</b>	т/га	49,5		
<b>Товарная урожайность</b>	т/га	46,9		

## Результаты полевых опытов

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

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

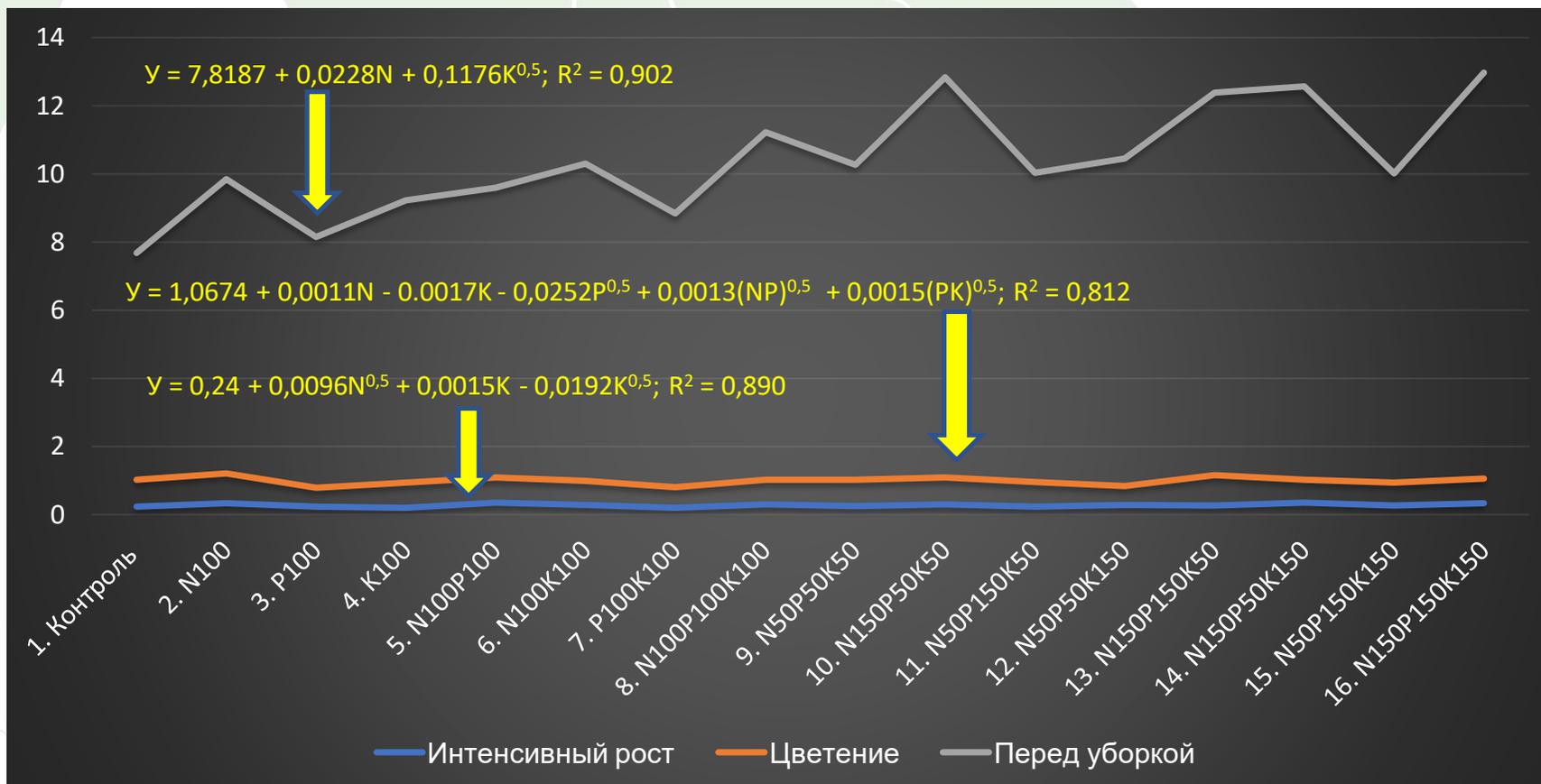


Рисунок - Динамика накопления сухой биомассы картофеля в зависимости от доз и соотношении удобрений, т/га, 2023 г.

## Результаты полевых опытов

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

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

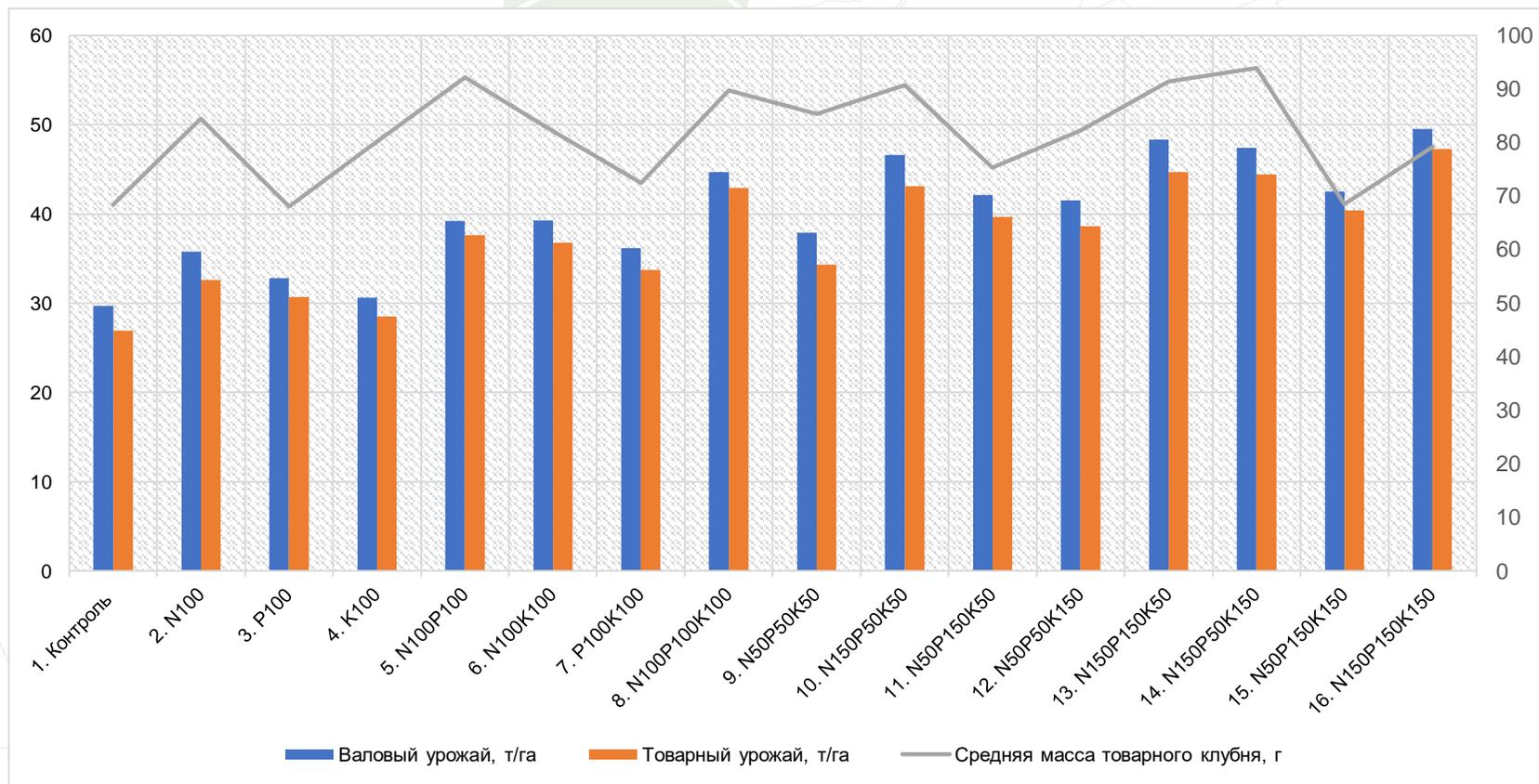


Рисунок - Урожайные показатели картофеля в зависимости от доз и соотношении удобрений, 2023 г.

### Результаты полевых опытов

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

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

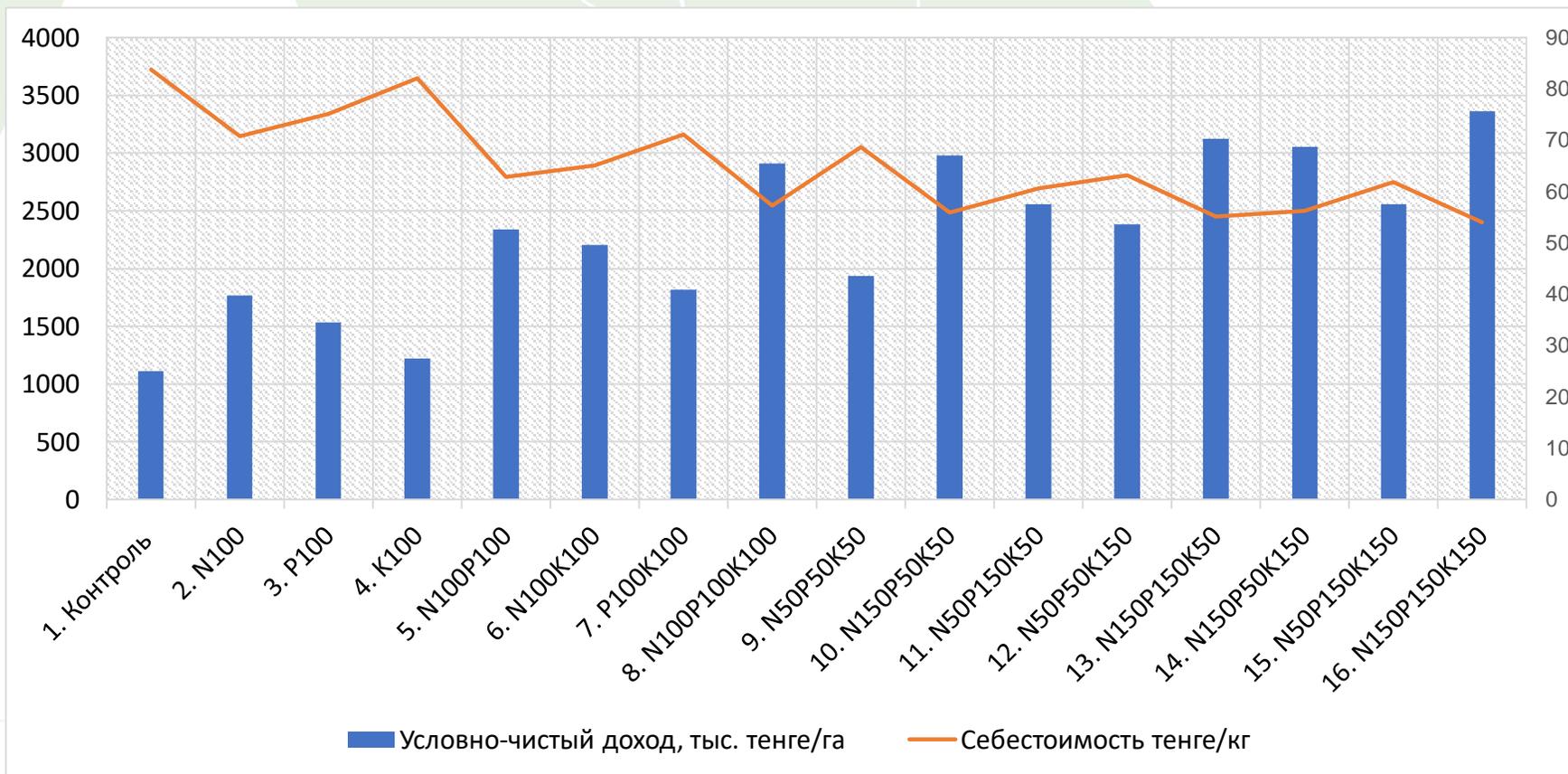


Рисунок 4 – Экономические показатели картофеля в зависимости от доз и соотношении удобрений, 2023 г.

## Результаты полевых опытов

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

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

Математический анализ данных на корреляционно-регрессионную зависимость показал, что формирование валового, товарного урожая и средней массы клубня картофеля достаточно точно описывается следующими уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами детерминации ( $R = 0,819-0,862$ ).

Валовый урожай ( $Y$ , т/га):

$$Y = 28,2517 + 0,0785N + 0,4751P^{0,5} + 0,374K^{0,5}; R^2 = 0,849$$

Товарный урожай ( $Y$ , т/га):

$$Y = 25,63 + 0,0751N + 0,5097P^{0,5} + 0,3774K^{0,5}; R^2 = 0,862$$

Средняя масса клубня ( $Y$ , г):

$$Y = 69,114 + 1,3645N^{0,5} - 0,2064P + 1,9319P^{0,5} + 1,0721K^{0,5} + 0,1207(NP)^{0,5} - 0,1056(NK)^{0,5} - 0,0882(PK)^{0,5}; R^2 = 0,819$$

Как видно из уравнений, в формировании урожайных показателей картофеля влияние всех трех элементов питания было значимым. Как валовый, так и товарный урожай формировался от самостоятельного действия азота, фосфора и калия, а эффекты от их взаимодействия были исключены как незначимые ( $P > 0,5$ ) из уравнения в ходе последовательной математической обработки. При этом, в формировании средней массы клубня участвовали все три элемента, как в одностороннем действии, так и во взаимодействии.

## Результаты полевых опытов

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

Почва - серозем обыкновенный орошаемый среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Агрохимические показатели участков под луком,  
Карабулак, весна, 2021-2023 гг.

Год проведения опытов	Глубина образца, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			pH
			азот	фосфор	калий	
2021 г.	0-25	0,76	31,4	46,4	196,0	7,8
	25-50	0,68	30,8	40,6	154,0	7,8
2022 г.	0-25	1,07	47,6	66,0	220,0	8,7
	25-50	0,89	33,6	63,0	190,0	8,6
2023 г.	0-25	1,30	48,3	27,8	197,5	7,1
	25-50	1,20	51,8	21,3	175,0	7,1

## 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	<b>64,6</b>	<b>25,1</b>	<b>75,9</b>
Запланированный урожай лука с гектара	т/га	<b>95,0</b>	<b>95,0</b>	<b>95,0</b>
Вынос элементов питания с планируемым 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	<b>110</b>	<b>230</b>	<b>50</b>
Фактическая валовая урожайность	т/га	<b>93,4</b>		
Товарная урожайность	т/га	<b>92,1</b>		

## Результаты полевых опытов

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

Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

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

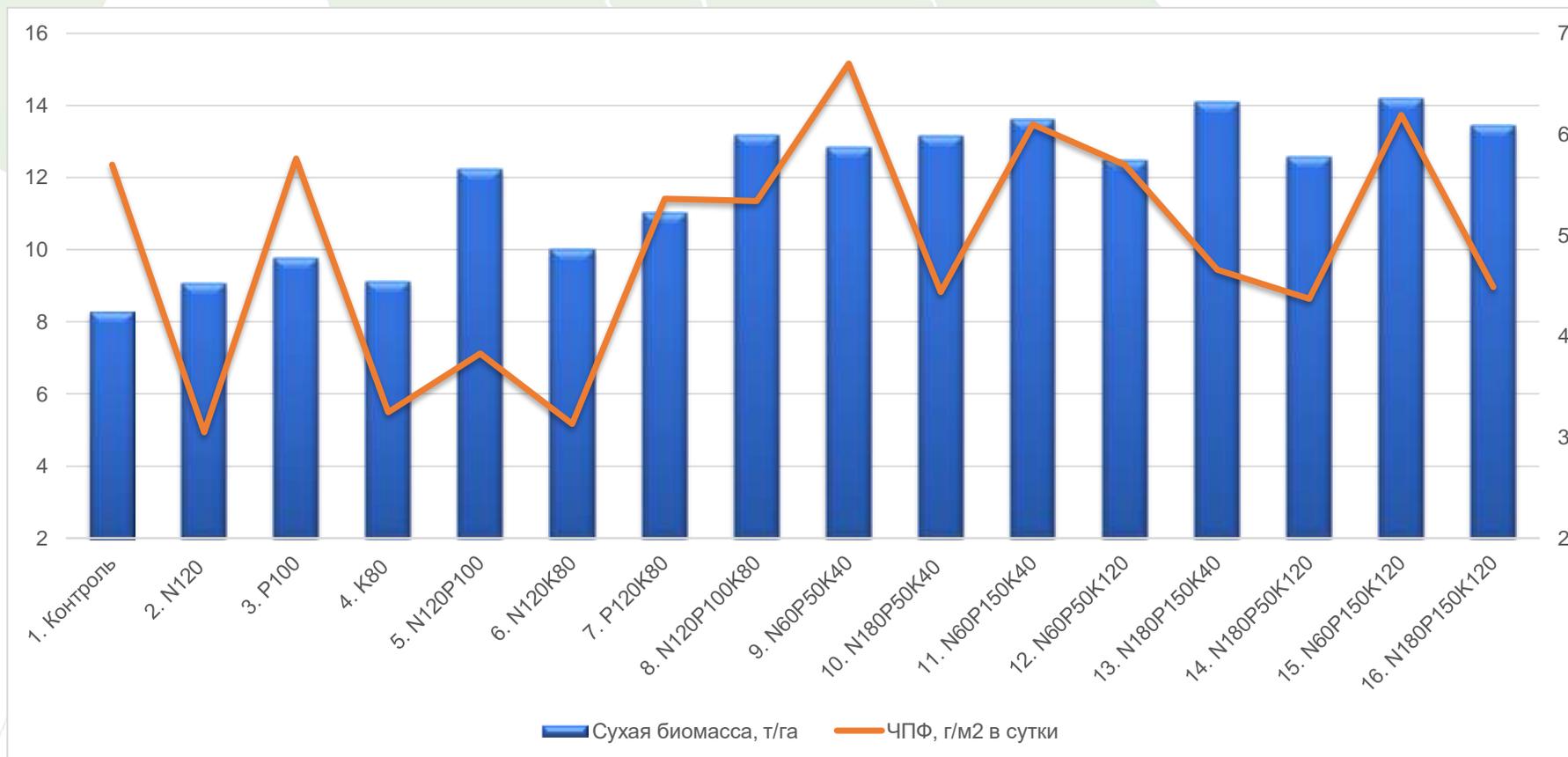


Рисунок - Биомасса и продуктивность фотосинтеза репчатого лука при удобрениях в фазе технической спелости

## Результаты полевых опытов

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

Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

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

Наиболее четкую картину зависимости ростовых и продукционных процессов растений репчатого лука от изученных доз и соотношений удобрений показывают полученные математические модели множественной регрессии.

Изменение размеров сухой биомассы растений представлены в уравнениях с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2 = 0,952-0,987$ ).

В фазе 4-6 листьев (Y, т/га):

$$Y = 0,29 + 0,0005N + 0,0091N^{0,5} + 0,00055P^{0,5} + 0,0108K^{0,5} - 0,001327(PK)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,987$$

В фазе 6-8 листьев (Y, т/га):

$$Y = 2,715 + 0,01445N + 0,0194P - 0,0879P^{0,5} + 0,0276K - 0,0162(NK)^{0,5} - 0,0247(PK)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,952$$

В фазе уборки (Y, т/га):

$$Y = 8,057 - 0,0213N + 0,3222N^{0,5} - 0,0117P + 0,299P^{0,5} - 0,0222K + 0,3319K^{0,5} + 0,0145(NP)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,981$$

## Результаты полевых опытов

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

Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

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

Динамика наращивания ассимиляционной поверхности в разные фазы развития репчатого лука также хорошо описывается уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2 = 0,962-0,983$ ).

В фазе 4-6 листьев (У, тыс. м<sup>2</sup>/га):

$$Y = 2,916 + 0,0097N - 0,0109PK^{0,5} + 0,1615K^{0,5} + 0,0066P - 0,0035(NK)^{0,5} - 0,0069K;$$

$$R^2 = 0,983$$

В фазе 6-8 листьев (У, тыс. м<sup>2</sup>/га):

$$Y = 15,132 + 0,0984N + 0,1271K - 0,071(NK)^{0,5} - 0,5767P^{0,5} + 0,1194P - 0,1046(PK)^{0,5} - 0,0541(NP)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,963$$

В фазе уборки (У, тыс. м<sup>2</sup>/га):

$$Y = 25,951 + 0,0656N - 0,1241P - 0,1701K + 1,363K^{0,5} + 1,017P^{0,5} + 0,0733(NP)^{0,5} + 0,157(PK)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,962$$

## Результаты полевых опытов

Лук репчатый, КХ «Нам», Ескельдинский район, Жетысуская область.  
Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.  
Подвижные элементы, мг/кг: N – 48, P – 28, K – 198.

Чистая продуктивность фотосинтеза в течение вегетации репчатого лука описывается уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2 = 0,729-0,965$ ).

В фазе 4-6 листьев ( $Y$ , г/м<sup>2</sup> в сутки):

$$Y = 4,77 + 0,0776N^{0,5} - 0,004(NP)^{0,5} + 0,0041K; R^2 = 0,894$$

В фазе 6-8 листьев ( $Y_9$ , г/м<sup>2</sup> в сутки):

$$Y_9 = 10,668 + 0,0411K - 0,0237(NK)^{0,5} - 0,0177(PK)^{0,5} + 0,0218(NP)^{0,5} - 0,1751K^{0,5}; \\ R^2 = 0,729$$

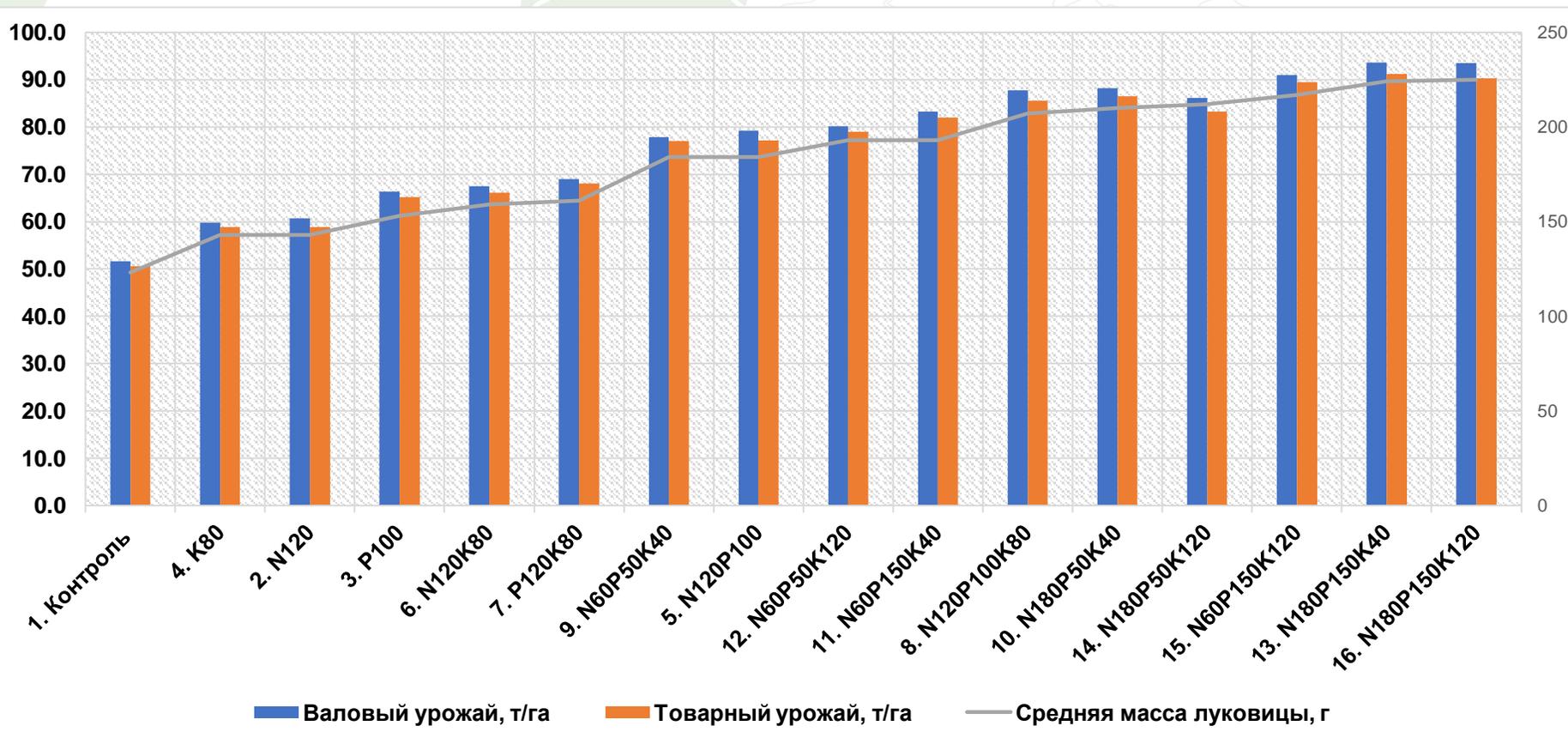
В фазе уборки ( $Y_{10}$ , г/м<sup>2</sup> в сутки):

$$Y_{10} = 5,5135 - 0,0297N - 0,0203P - 0,030K + 0,1221N^{0,5} + 0,2491P^{0,5} + 0,0246(NK)^{0,5} + 0,0215(PK)^{0,5}; \\ R^2 = 0,965$$

## Результаты полевых опытов

Лук репчатый, КХ «Нам», Ескельдинский район, Жетысуская область.  
 Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.  
 Подвижные элементы, мг/кг: N – 48, P – 28, K – 198.

Урожайные показатели репчатого лука в зависимости от удобрений,  
 КХ «Нам», 2023 г.



## Результаты полевых опытов

Лук репчатый, КХ «Нам», Ескельдинский район, Жетысуская область.  
Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.  
Подвижные элементы, мг/кг: N – 48, P – 28, K – 198.

Для определения доз удобрений под планируемый урожай репчатого лука необходимо знание нормативных коэффициентов выноса питательных элементов единицей урожая, а также коэффициенты использования их из почвы и удобрений.

Данные полевых опытов за 2021 - 2022 гг. показывают, что в зависимости от изучаемых доз удобрений репчатый лук наращивал различный уровень биомассы, на формирование которой растения потребляли различные количества питательных веществ.

Произведенные математические расчеты показали, что действие и взаимодействие азотных, фосфорных и калийных удобрений на потребления азота, фосфора и калия 1 тонной лука-репки, при соответствующем количестве побочной продукции, очень точно ( $R^2 = 0,915-939$ ) описываются следующими регрессионными моделями.

## Результаты полевых опытов

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

Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

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

Потребление азота 1 тонной лука-репки, кг:

$$Y = 1,77 + 0,0056N - 0,004K + 0,0317P^{0,5} - 0,006(NP)^{0,5} + 0,0024(PK)^{0,5}; R^2 = 0,915$$

Потребление фосфора 1 тонной лука-репки, кг:

$$Y = 0,78 - 0,002N + 0,0722N^{0,5} - 0,002P - 0,004K - 0,003(NP)^{0,5} - 0,002(NK)^{0,5} + 0,0063(PK)^{0,5}; R^2 = 0,939$$

Потребление калия 1 тонной лука-репки, кг:

$$Y = 1,39 - 0,004N + 0,1473N^{0,5} - 0,008P - 0,003K - 0,007(NK)^{0,5} + 0,0138(PK)^{0,5}; R^2 = 0,918$$

Как видно из уравнения, нормативное потребление азота 1 тонной лука-репки положительно реагировало на увеличение одностороннего азотного и фосфорного удобрений, но отрицательно на действие калийного и взаимодействие азотного с фосфорным и фосфорного с калийным удобрениями.

Потребление фосфора 1 тонной лука-репки, при соответствующем количестве побочной продукции, имело нарастающий характер от отдельного действия азотного удобрения, но от одностороннего действия фосфорного и калийного удобрений и при взаимодействии азотных с фосфорным и калийным удобрениями оно снижалось. Взаимодействие фосфорного и калийного удобрений оказало положительное влияние на потребление фосфора растениями репчатого лука.

Нормативный коэффициент потребления калия единицей урожая репчатого лука уменьшался при отдельном применении фосфорных и калийных удобрений, азотные удобрения постепенно увеличивали его. Калийное удобрение во взаимодействии с азотным снижало, а во взаимодействии с фосфорным увеличивало коэффициент потребления калия.

## Результаты полевых опытов

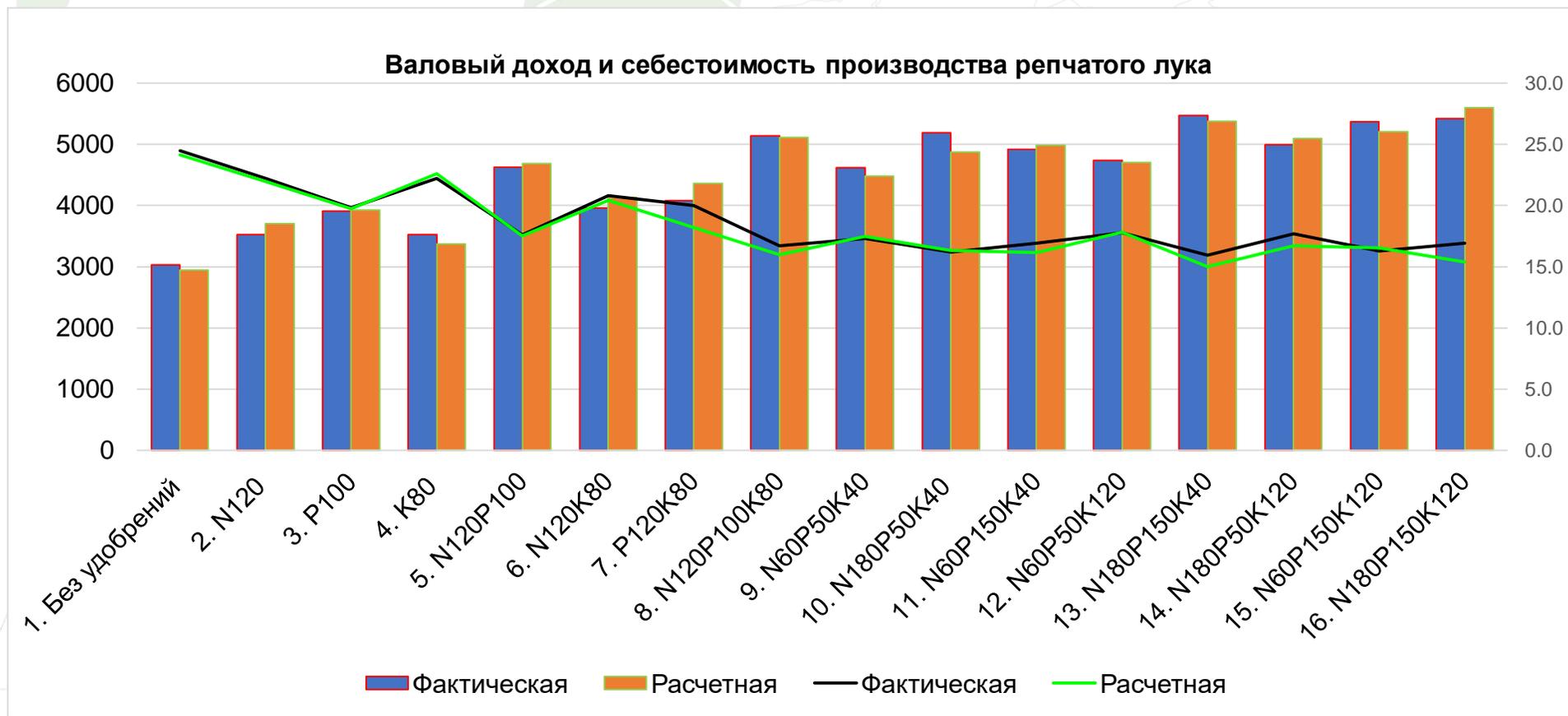
Лук репчатый, КХ «Нам», Ескельдинский район, Жетысуская область.

Почва - серозем обыкновенный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

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

Валовый доход (Y, тыс. тенге/га):  $Y_{14} = 2946,0 + 69,03N^{0,5} + 98,28P^{0,5} + 47,95K^{0,5}$ ;  $R^2 = 0,961$

Себестоимость продукции (Y, г):  $Y = 24,13 - 0,2N^{0,5} + 0,02P - 0,64P^{0,5} + 0,03K - 0,44K^{0,5}$ ;  $R^2 = 0,953$



## Результаты полевых опытов

Хлопчатник, 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 %;

**Исходные агрохимические показатели участков под хлопчатником, Атакент, 2021-2023 гг.**

Год проведения опытов	Глубина образца, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			рН	Сумма солей, %
			азот	фосфор	калий		
<b>Слабозасоленный фон</b>							
2021 г.	0-25	0,44	33	39	326	8,7	0,230
	25-50	0,45	31,4	28,6	310	8,5	0,350
2022 г.	0-25	0,78	61,6	78	350	8,8	0,140
	25-50	0,7	47,6	70	280	8,8	0,150
2023 г.	0-25	0,64	37,8	40,2	330	8,8	0,136
	25-50	0,47	39,2	26,8	270	8,7	0,153
<b>Среднезасоленный фон</b>							
2021 г.	0-25	0,65	36,4	44,4	384	8,8	0,530
	25-50	0,61	35,8	32,8	366	8,6	0,510
2022 г.	0-25	0,78	53,2	78	380	8,5	0,450
	25-50	0,63	39,2	75	360	8,6	0,510
2023 г.	0-25	0,61	44	36,5	406,8	8,8	0,394
	25-50	0,4	36,4	29,2	320	8,8	0,424

## Результаты полевых опытов

Хлопчатник, 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	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	<b>3,1</b>	<b>2,4</b>	<b>5,5</b>
2. Запланированный урожай хлопчатника с гектара	т/га	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>
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	<b>81</b>	<b>167</b>	-

## Результаты полевых опытов

Хлопчатник, 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 %;

**Накопление сухой биомассы в разные фазы развития хлопчатника при различных дозах и соотношениях минеральных удобрений достаточно точно описывается следующими уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2$ ).**

**В фазе начала цветения:**

$$Y = 0,261 + 0,0092N^{0,5} - 0,00085P + 0,01553P^{0,5} + 0,01035K^{0,5} - 0,0136(KS)^{0,5}; R^2 = 0,844$$

**В фазе начала плодообразования:**

$$Y = 16,874 + 2,0213N^{0,5} + 0,4827P^{0,5} - 13,3098S^{0,5} - 0,0375(NP)^{0,5} - 2,4595(NS)^{0,5}; R^2 = 0,953$$

**В фазе начала созревания:**

$$Y = 19,625 + 2,2662N^{0,5} + 0,5745P^{0,55} - 0,0549K + 0,6243K^{0,5} - 16,797S^{0,5} - 0,0365(NP)^{0,5} - 2,7066(NS)^{0,5}; R^2 = 0,959$$

## Результаты полевых опытов

Хлопчатник, 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 %;

**Математическое описание изменения площади листьев хлопчатника в зависимости от доз и соотношении минеральных удобрений в разные фазы вегетации достаточно точно описывается следующими уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами согласованности расчетных и фактических результатов ( $R^2 = 0,904-0,973$ ).**

**В фазе начала цветения:**

$$Y = 1,7475 - 0,0036N + 0,0712N^{0,5} + 0,0173P^{0,5} - 0,00329K + 0,0482K^{0,5} - 0,6295S^{0,5}; R^2 = 0,904$$

**В фазе начала плодообразования:**

$$Y = 28,809 + 3,6194N^{0,5} + 1,5625P^{0,5} - 14,6558S^{0,5} - 0,0395(NP)^{0,5} - 4,4490(NS)^{0,5} - 1,7438(PS)^{0,5}; R^2 = 0,967$$

**В фазе начала созревания:**

$$Y = 25,0299 + 0,0545N - 0,0478P + 2,559N^{0,5} + 2,3567P^{0,5} - 2,763(PS)^{0,5} - 4,3067(NS)^{0,5}; R^2 = 0,973$$

## Результаты полевых опытов

Хлопчатник, 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 %;

**Математическое описание зависимости чистой продуктивности фотосинтеза хлопчатника от доз и соотношении минеральных удобрений в разные фазы вегетации выглядит следующими уравнениями множественной регрессии со значительным повышением к фазе начала созревания коэффициентов согласованности расчетных и фактических результатов ( $R^2 = 0,493-0,970$ ).**

**В фазе начала цветения:**

$$Y = 5,693 + 0,0071N + 0,04547P^{0,5} + 0,2475K^{0,5} + 3,9391S^{0,5} - 0,46(KS)^{0,5}; R^2 = 0,493$$

**В фазе начала плодообразования:**

$$Y = 17,3935 + 0,185N^{0,5} + 0,0188P + 0,0996K^{0,5} - 3,1482S^{0,5} - 0,0293(NP)^{0,5}; R^2 = 0,586$$

**В фазе начала созревания:**

$$Y = 9,9626 - 0,0668K - 0,277N^{0,5} - 0,2258P^{0,5} + 0,4152(PS)^{0,5} + 0,3836(NS)^{0,5} + 0,4833(KS)^{0,5}; R^2 = 0,970$$

## Результаты полевых опытов

Урожайные показатели хлопчатника в зависимости от удобрений при разной засоленности почвы, Атакент, 2023 гг.

Варианты	Урожай хлопка-сырца, т/га		Прибавка урожая от удобрений к контролю, %		Средняя масса хлопка-сырца в коробочке, г		Снижение урожая от засоленности почвы, %
	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	
1. Контроль	3,4	2,5	0,0	0,0	4,8	4,7	26,1
2. N100	6,2	4,4	84,7	76,9	5,1	4,8	29,2
3. P100	4,6	3,7	35,4	48,8	4,9	4,8	18,8
4. K80	3,6	2,8	6,1	13,1	5,1	4,6	21,2
5. N100P100	6,5	4,7	91,7	90,1	4,9	5,2	26,7
6. N100K80	6,3	4,5	86,3	82,1	4,8	4,8	27,8
7. P100K80	4,7	4,1	39,5	64,0	5,0	4,6	13,1
8. N100P100K80	6,3	4,8	85,2	93,2	5,2	5,1	22,9
9. N50P50K40	5,6	4,1	65,7	66,0	5,0	5,0	25,9
10. N150P50K40	6,8	5,3	100,4	113,1	5,0	4,7	21,4
11. N50P150K40	6,4	4,4	90,2	77,1	5,1	5,1	31,2
12. N50P50K120	5,9	4,3	75,9	73,2	5,0	5,2	27,2
13. N150P150K40	7,0	5,3	107,8	113,9	4,9	4,8	23,9
14. N150P50K120	6,8	5,1	100,3	105,4	5,3	4,8	24,2
15. N50P150K120	6,1	4,9	81,1	97,0	5,2	5,1	19,6
16. N150P150K120	6,5	4,9	93,5	97,2	5,0	5,1	24,7
Среднее	5,8	4,4	71,5	75,7	5,0	4,9	24,0
НСР05	0,7	0,3	-	-	0,6	0,5	-

## Результаты полевых опытов

Хлопчатник, 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 %;

Влияние минеральных удобрений и засоленности почвы на урожайные и качественные показатели волокна хлопчатника достоверно отражают уравнения регрессии (38-42) с достаточно высокой прогнозируемостью:

Валовая урожайность хлопка-сырца:

$$Y = 3,89 + 0,389N^{0,5} + 0,121P^{0,5} - 3,74S - 0,0084NP^{0,5} - 0,0035NK^{0,5} - 0,298NS^{0,5} + 0,067KS^{0,5}; R^2 = 0,982$$

Коэффициент зрелости волокна:

$$Y = 2,0193 - 0,0006N - 0,002P + 0,025K^{0,5} - 0,2257S + 0,0037(NP)^{0,5} - 0,0025(NK)^{0,5} - 0,0228(PS)^{0,5} + 0,0206(KS)^{0,5}; R^2 = 0,763$$

Разрывная длина волокна, км:

$$Y = 24,736 - 0,0184N + 0,1529N^{0,5} - 0,0126K + 0,2424K^{0,5} + 0,0102(NP)^{0,5} - 0,203(PS)^{0,5}; R^2 = 0,778$$

Разрывная нагрузка волокна, г.с.:

$$Y = 4,545 - 0,007N + 0,0601N^{0,5} - 0,0037P - 0,0051K + 0,0947K^{0,5} + 0,004(NP)^{0,5} - 0,6772S; R^2 = 0,758$$

Метрический номер волокна (тонина):

$$Y = 5515,7 + 3,8323N - 5,0019(NP)^{0,5} - 38,841N^{0,5} - 34,85K^{0,5} + 3,2612P + 628,64S + 32,844(PS)^{0,5} - 55,979(KS)^{0,5} + 3,6617(NK)^{0,5}; R^2 = 0,772$$

Как видно из выше приведенных уравнении, все изученные показатели хлопка-волокна, обуславливаются суммарным влиянием азотного, фосфорного и калийного удобрении и степени засоленности почв с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2 = 0,76-0,98$ ).

## Результаты полевых опытов

Экономические показатели производства хлопчатника на разных фонах засоленности почвы в зависимости от удобрений, Атакент, 2023 г.

Варианты	Всего затрат, тыс. тенге/га		Чистый доход, тыс. тенге/га		Себестоимость, тенге/кг		Рентабельность, %	
	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва
1. Контроль	470,2	418,8	712,0	454,7	106,2	167,8	151,4	108,6
2. N100	693,6	587,4	1489,7	958,3	66,6	133,0	214,8	163,2
3. P100	594,8	544,6	1006,3	755,2	90,4	146,6	169,2	138,7
4. K80	553,3	508,9	701,2	479,1	119,9	180,3	126,7	94,1
5. N100P100	762,2	661,2	1504,1	999,0	72,6	139,4	197,3	151,1
6. N100K80	767,9	666,0	1435,1	925,1	77,3	146,5	186,9	138,9
7. P100K80	673,8	637,8	975,1	794,9	102,8	155,8	144,7	124,6
8. N100P100K80	820,5	737,0	1369,3	951,2	86,5	152,8	166,9	129,1
9. N50P50K40	690,8	606,1	1267,9	844,2	80,4	146,3	183,5	139,3
10. N150P50K40	815,7	731,2	1553,3	1130,1	74,8	137,5	190,4	154,6
11. N50P150K40	794,0	677,0	1455,2	869,9	78,5	153,2	183,3	128,5
12. N50P50K120	782,1	687,7	1297,9	825,6	87,7	159,0	166,0	120,1
13. N150P150K40	885,2	787,2	1571,8	1081,5	80,0	147,4	177,6	137,4
14. N150P50K120	886,7	791,2	1481,6	1003,5	85,4	112,6	167,1	126,8
15. N50P150K120	847,1	777,1	1294,4	944,0	94,1	117,1	152,8	121,5
16. N150P150K120	928,1	833,9	1359,7	888,3	96,7	128,5	146,5	106,5
Среднее по фону	747,9	665,8	1279,7	869,0	87,5	145,2	170,3	130,2

## Результаты полевых опытов

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

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

### Исходные агрохимические показатели участков под хлопчатником, Атакент, 2021-2023 гг.

Год проведения опытов	Глубина образца, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			pH	Сумма солей, %
			азот	фосфор	калий		
<b>Слабозасоленный фон</b>							
2021 г.	0-25	0,40	33,00	21,80	256	8,7	0,230
	25-50	0,20	30,80	16,40	226	8,5	0,350
2022 г.	0-25	0,69	36,40	61,30	257	8,8	0,140
	25-50	0,71	34,50	47,70	250	8,8	0,150
2023 г.	0-25	0,64	37,80	40,20	330	8,8	0,136
	25-50	0,47	39,20	26,80	270	8,7	0,153
<b>Среднезасоленный фон</b>							
2021 г.	0-25	0,50	32,5	26,0	302	8,8	0,530
	25-50	0,30	31,9	18,4	224	8,6	0,510
2022 г.	0-25	0,85	36,4	74,3	357	8,8	0,320
	25-50	0,75	42,0	71,0	397	8,7	0,310
2023 г.	0-25	0,61	38,5	43,5	340	8,8	0,394
	25-50	0,40	36,4	36,5	320	8,8	0,424

## Результаты полевых опытов

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

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

Накопление сухой биомассы в разные фазы развития дыни очень точно описывается следующими уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2 = 0,918-0,958$ ).

В фазе цветения, т/га:

$$Y = 0,1293 - 0,0003N - 0,00045P + 0,0077N^{0,5} - 0,106S^{0,5} + 0,0002(NP)^{0,5} - 0,00015NK)^{0,5} + 0,0046(PS)^{0,5} + 0,002(KS)^{0,5}; R^2 = 0,958$$

В фазе плодообразования, т/га:

$$Y = 0,7846 + 0,0102N - 0,0158P + 0,213N^{0,5} + 0,155P^{0,5} + 0,2445K^{0,5} + 4,105S^{0,5} - 0,0194(NP)^{0,5} - 0,0128(NK)^{0,5} - 0,163(NS)^{0,5} + 0,009(PK)^{0,5} + 0,260(PS)^{0,5} - 0,3134(KS)^{0,5}; R^2 = 0,960$$

В фазе созревания, т/га:

$$Y = 5,428 + 0,0069N + 0,1862N^{0,5} + 0,2444K^{0,5} - 0,0108(NP)^{0,5} - 0,0085(NK)^{0,5} + 0,164(PS)^{0,5} - 0,3176(KS)^{0,5}; R^2 = 0,918$$

## Результаты полевых опытов

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

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

Математическое описание изменения площади листьев дыни в разные фазы вегетации также достаточно точно описывается следующими уравнениями множественной регрессии.

В фазе цветения, тыс. м<sup>2</sup>/га:

$$Y = 0,8059 - 0,0013N + 0,0449N^{0,5} - 0,4896S^{0,5}; R^2 = 0,866$$

В фазе плодообразования, тыс. м<sup>2</sup>/га:

$$Y = 12,464 - 0,042P + 0,686N^{0,5} + 0,5174P^{0,5} - 9,385S^{0,5} - 0,606(NS)^{0,5} + 0,033(PK)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,957$$

В фазе созревания, тыс. м<sup>2</sup>/га:

$$Y = 2,7852 - 0,004N + 0,006P - 0,104N^{0,5} - 0,117P^{0,5} - 0,046K^{0,5} - 0,775S^{0,5} + 0,0094(NP)^{0,5} + 0,0042(NK)^{0,5} + 0,103(NS)^{0,5} - 0,0033(PK)^{0,5} - 0,0747(PS)^{0,5}; R^2 = 0,973$$

По уравнению нетрудно заметить, что площадь листьев дыни в период цветения растений достоверно зависела только от одностороннего влияния азотного удобрения и степени засоленности почвы, а действия фосфорных и калийных удобрений в этот период были несущественными ( $P > 0,5$ ). В последующие фазы роста и развития растений влияния всех изучаемых факторов – удобрений и суммы солей на изменение листовой поверхности были значимыми ( $P < 0,5$ ).

## Результаты полевых опытов

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

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

Чистая фотосинтетическая продуктивность растений дыни также изменялась значительно в течение вегетации, причем все изучаемые факторы – минеральные удобрения и степень засоленности оказывали существенное суммарное влияние ( $P < 0,5$ ).

В фазе цветения, г/м<sup>2</sup> в сутки:

$$Y = 6,567 - 0,017P + 0,0122K + 0,093P^{0,5} - 1,931S^{0,5} - 0,014(NK)^{0,5} + 0,3172(PS)^{0,5}; R^2 = 0,698$$

В фазе плодообразования, г/м<sup>2</sup> в сутки:

$$Y = - 4,924 + 0,0509N + 0,0261K + 0,200P^{0,5} + 0,772K^{0,5} + 39,779S^{0,5} - 0,0451(NP)^{0,5} - 0,0441(NK)^{0,5} - 0,758(NS)^{0,5} - 1,666(KS)^{0,5}; R^2 = 0,976$$

В фазе созревания, г/м<sup>2</sup> в сутки:

$$Y = 2,7852 - 0,004N + 0,006P - 0,104N^{0,5} - 0,117P^{0,5} - 0,046K^{0,5} - 0,775S^{0,5} + 0,0094(NP)^{0,5} + 0,0042(NK)^{0,5} + 0,103(NS)^{0,5} - 0,0033(PK)^{0,5} - 0,0747(PS)^{0,5}; R^2 = 0,973$$

## Результаты полевых опытов

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

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

### Продуктивность дыни на различных фонах засоленности в зависимости от удобрений, КХ «Сабыр», 2022 г.

Варианты	Ранний урожай, т/га		Валовой урожай, т/га		Товарность, %		Средняя масса плода, г	
	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва	Слабозасоленная почва	Среднезасоленная почва
1. Контроль	4,25	3,13	15,9	12,3	82,0	84,6	948	898
2. N120	5,86	4,44	18,9	15,4	89,6	88,4	1213	1074
3. P80	5,30	3,27	17,4	12,7	93,5	87,8	1228	1077
4. K80	5,33	4,73	16,4	13,8	89,8	87,2	1205	1039
5. N120P80	6,56	4,31	18,8	14,8	93,0	91,0	1255	1123
6. N120K80	5,49	3,84	17,3	14,9	91,0	86,3	1214	1067
7. P80K80	5,83	4,56	17,3	13,4	89,9	88,6	1175	1073
8. N120P80K80	5,88	3,98	18,1	14,6	92,8	89,3	1258	1109
9. N60P40K40	5,79	4,44	17,0	14,1	92,0	86,7	1236	1082
10. N180P40K40	7,02	4,82	20,1	16,2	92,1	87,9	1269	1086
11. N60P120K40	6,76	3,69	18,5	13,5	93,9	89,7	1247	1129
12. N60P40K120	5,77	4,40	18,4	14,2	93,3	88,9	1256	1076
13. N180P120K40	6,42	3,97	18,9	14,5	93,7	87,7	1261	1099
14. N180P40K120	5,26	4,02	18,0	16,0	86,1	88,2	1177	1051
15. N60P120K120	5,67	3,73	17,7	13,5	89,2	85,0	1197	1097
16. N180P120K120	6,35	3,94	18,7	15,1	88,2	88,5	1199	1120
Среднее по фону	5,85	4,08	18,0	14,3	90,6	87,9	1209	1075
НСР <sub>05</sub>	0,88	0,60	1,64	1,22	-	-	46,63	46,11

## Результаты полевых опытов

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

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

**Вынос растениями дыни элементов питания в зависимости от удобрений при разной засоленности почвы, Атакент, 2021-2022 гг.**

Варианты	Фон засоленности	Общий вынос, кг/га			Вынос на 1 тонну продукции, кг		
		N	P	K	N	P	K
1. Без удобрений	Слабозасоленный	61,5	23,5	144,0	3,7	1,5	9,0
2. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub>		126,1	38,1	211,5	5,7	1,7	9,4
3. N <sub>120</sub> K <sub>80</sub>		91,3	33,6	177,6	4,3	1,5	8,2
4. P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		83,1	31,5	173,1	4,7	1,8	9,7
5. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		145,5	52,6	236,7	5,7	2,1	9,4
6. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		114,0	38,5	216,4	5,4	1,8	10,2
7. N <sub>180</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		140,9	39,6	225,1	5,8	1,7	9,3
8. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>		103,5	39,0	195,5	4,6	1,7	8,6
9. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>		120,7	36,3	224,4	4,9	1,5	9,2
Среднее по фону			109,6	37,0	200,5	5,0	1,7
1. Без удобрений	Среднезасоленный	47,0	16,2	105,8	4,1	1,5	9,4
2. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub>		83,6	25,9	154,1	5,6	1,8	10,1
3. N <sub>120</sub> K <sub>80</sub>		80,7	22,4	150,3	5,6	1,5	9,9
4. P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		63,6	22,4	143,0	4,8	1,8	10,6
5. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		92,5	28,1	175,4	5,8	1,8	10,7
6. N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		82,5	22,7	153,8	5,5	1,5	9,9
7. N <sub>180</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>		100,2	31,6	181,6	5,8	1,8	10,1
8. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>		82,8	26,4	156,3	5,1	1,7	9,6
9. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>		89,3	23,5	189,6	5,3	1,4	11,3
Среднее по фону			80,2	24,4	156,7	5,3	1,6

## Результаты полевых опытов

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

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

Вынос нормативный вынос азота, фосфора и калия растениями дыни по годам различались и выглядели в уравнениях следующим образом.

В 2021 году:

$$\text{Азот} - Y = 2,72 + 0,865N^{0,5} - 0,056P - 0,068K + 1,75S - 0,09(NK)^{0,5} + 0,393(NS)^{0,5} + 0,1425(PK)^{0,5} - 0,565(PS)^{0,5} + 0,612(KS)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,987$$

$$\text{Фосфор} - Y = 1,237 + 0,0085N + 0,206N^{0,5} - 0,011P - 0,027K + 0,548S - 0,021(NP)^{0,5} - 0,015(NK)^{0,5} + 0,041(PK)^{0,5} + 0,079(KS)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,879$$

$$\text{Калий} - Y = 9,032 + 0,019N - 0,253N^{0,5} - 0,071P - 0,055(NK)^{0,5} + 0,676(NS)^{0,5} + 0,077(PK)^{0,5} + 0,162(KS)^{0,5}; R^2 = 0,788$$

В 2022 году:

$$\text{Азот} - Y = 3,527 - 0,012N + 0,5N^{0,5} - 0,034P + 0,015K + 0,022S^{0,5} - 0,046(NK)^{0,5} + 0,026(NP)^{0,5} - 0,169(NS)^{0,5} + 0,037(PK)^{0,5} - 0,366(PS)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,898$$

$$\text{Фосфор} - Y = 1,687 - 0,006N + 0,13N^{0,5} - 0,534S^{0,5} - 0,005(NP)^{0,5} + 0,007(PK)^{0,5} - 0,152(KS)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,843$$

$$\text{Калий} - Y = 7,738 - 0,361(PS)^{0,5} - 0,05(NK)^{0,5} - 0,019P + 0,03K + 3,534S^{0,5} + 0,042(NP)^{0,5} - 0,026N + 0,423N^{0,5} + 0,295(KS)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,860$$

Уравнения регрессии, где в одной обработке были реализованы все наблюдения обоих годов исследований, показали невысокие коэффициенты детерминации ( $R^2=0,248-0,715$ ). Это указывает на необходимость учета особенностей минерального питания с учетом погодно-климатических и почвенных условий при использовании нормативных коэффициентов выноса единицей продукции.

## Результаты полевых опытов

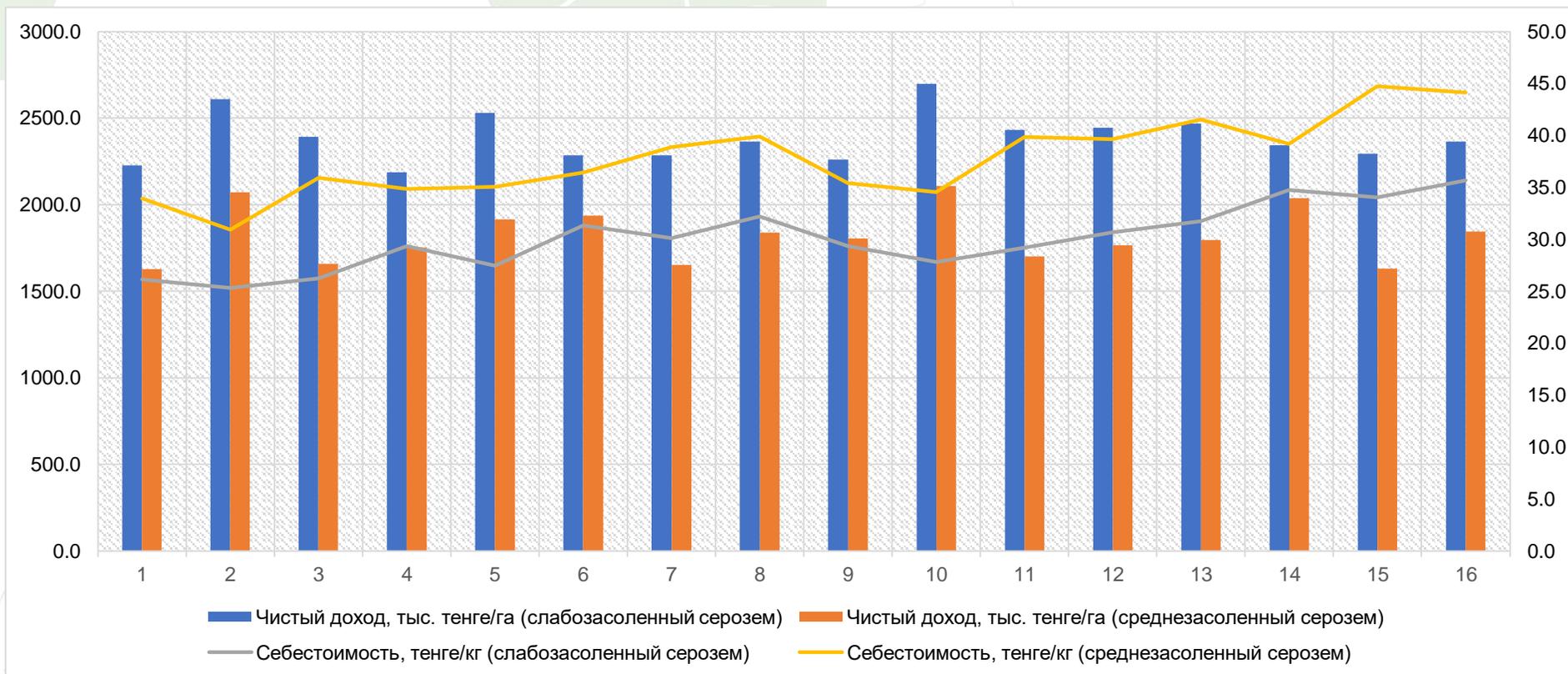
Дыня, КХ «Сабыр», Мактааральский район, Туркестанская область.

Почва – светлый серозем, среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Слабозасоленный фон: N – 33-38 мг/кг, P – 22-61 мг/кг, K – 256-330 мг/кг. , сумма солей – 0,136-0,230 %;

Среднезасоленный фон: N – 32-38 мг/кг, P – 26-74 мг/кг, K – 302-357 мг/кг. , сумма солей – 0,320-0,530 %;

### Экономическая эффективность производства дыни при удобрении на разных фонах засоленности почвы



Расчеты экономической эффективности на посевах дыни показали, что себестоимость продукции на фоне слабозасоленного серозема в зависимости от вариантов удобрений была на 4,5-10,7 тенге/кг ниже показателя фона среднезасоленного серозема, а рентабельность на 49-161% выше, соответственно.

## Создание математических моделей формирования урожаев изучаемых сельскохозяйственных культур

Математический анализ данных на корреляционно-регрессионную зависимость показал, что формирование валового, товарного урожая и средней массы клубня **картофеля** достаточно точно описывается следующими уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами детерминации ( $R = 0,819-0,862$ ).

Валовый урожай ( $Y$ , т/га):

$$Y = 28,2517 + 0,0785N + 0,4751P^{0,5} + 0,374K^{0,5}; \quad R^2 = 0,849$$

Товарный урожай ( $Y$ , т/га):

$$Y = 25,63 + 0,0751N + 0,5097P^{0,5} + 0,3774K^{0,5}; \quad R^2 = 0,862$$

Средняя масса клубня ( $Y$ , г):

$$Y = 69,114 + 1,3645N^{0,5} - 0,2064P + 1,9319P^{0,5} + 1,0721K^{0,5} + 0,1207(NP)^{0,5} - 0,1056(NK)^{0,5} - 0,0882(PK)^{0,5}; \\ R^2 = 0,819$$

Как видно из уравнений в формировании урожайных показателей картофеля влияние всех трех элементов питания было значимым. Как валовый, так и товарный урожай формировался от самостоятельного действия азота, фосфора и калия, а эффекты от их взаимодействия были исключены как незначимые ( $P > 0,5$ ) из уравнения в ходе последовательной математической обработки. При этом, в формировании средней массы клубня участвовали все три элемента, как в одностороннем действии, так и во взаимодействии.

## Создание математических моделей формирования урожая изучаемых сельскохозяйственных культур

Математический анализ урожайных данных опытов 2023 года на корреляционно-регрессионную зависимость показал, что после удаления незначимых факторов действия и взаимодействия формирование валового и товарного урожая и средней массы луковиц **репчатого лука** достаточно точно описывается следующими уравнениями множественной регрессии с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2 = 0,910-0,932$ ).

Валовый урожай (У, т/га):

$$Y = 52,087 + 0,9256N^{0,5} + 1,2682P^{0,5} + 0,7736K^{0,5} + 0,0502(NP)^{0,5}; R^2 = 0,932$$

Товарный урожай (У, т/га):

$$Y = 49,1 + 1,638P^{0,5} + 1,15N^{0,5} + 0,799K^{0,5}; R^2 = 0,910$$

Средняя масса луковицы (У, г):

$$Y = 122,98 - 0,1544P + 4,1232P^{0,5} + 1,7993N^{0,5} + 2,1418K^{0,5} + 0,2056(NP)^{0,5};$$

$$R^2 = 0,917$$

Как видно из математических моделей, в формировании урожайных показателей репчатого лука влияние всех трех элементов питания было значимым. При этом самостоятельное действие азотных, фосфорных и калийных удобрений, а также взаимодействие азотного и фосфорного удобрений на формирование валового урожая и среднюю массу луковицы было существенным. Товарный урожай формировался от самостоятельного действия азота, фосфора и калия, а эффекты от их взаимодействия были исключены как незначимые ( $P > 0,5$ ) из уравнения в ходе последовательной математической обработки.

## Создание математических моделей формирования урожая изучаемых сельскохозяйственных культур

В условиях проведенных полевых опытов с известной обеспеченностью почвы питательными элементами на слабо-, и среднесоленых сероземах полученная математическая модель позволяет точно прогнозировать уровень ожидаемой урожайности **хлопчатника** в зависимости от использованных доз и соотношении минеральных удобрений с отклонениями от фактического урожая –  $\pm 8,8\%$ , при очень высоком коэффициенте прогнозируемости –  $98,1\%$ .

$$Y = 3,887 + 0,3891N^{0,5} + 0,1206P^{0,5} - 3,7351S - 0,0084(NP)^{0,5} - 0,0035(NK)^{0,5} - 0,298(NS)^{0,5} + 0,0688(KS)^{0,5};$$
$$R^2 = 0,981$$

При балансово-расчетном методе определения доз удобрений под заданный урожай культур обычно требуется знание КИП и КИУ, а также вынос их урожаем. Учитывая динамичный характер доступных питательных веществ почвы нами были использованы и доступные запасы питательных веществ в почве перед посевом хлопчатника. В данной модели прогнозирования урожайности хлопчатника нет необходимости в определении нормативных коэффициентов потребления питательных элементов из удобрений и почвы, достаточно определить запасы доступных питательных элементов в почве, так как в формуле учтены суммарные запасы питательных элементов почвы и используемых удобрений.

$$Y = - 34,296 - 0,0358N_c + 3,3828N_c^{0,5} + 1,0042P_c^{0,5} + 0,4553K_c^{0,5} - 6,1841S^{0,5} - 0,0608(N_c P_c)^{0,5} - 0,0323(N_c K_c)^{0,5};$$
$$R^2 = 0,978$$

где,  $N_c$ ,  $P_c$  и  $K_c$  – суммарные запасы соответствующих питательных элементов почвы и удобрений.

По данной модели отклонение фактически полученных урожаев от расчетных составляет от  $\pm 7,8\%$ . При этом коэффициент прогнозируемости очень высокая –  $97,8\%$ , указывающий на обусловленность урожая хлопка-сырца суммарными запасами питательных элементов почвы и минеральных удобрений.

## Создание математических моделей формирования урожая изучаемых сельскохозяйственных культур

Для использования модели при прогнозировании урожая **дыни** на засоленных орошаемых почвах юга Казахстана важно учитывать динамичный характер доступных питательных веществ в профиле почвы, что особенно актуально в условиях применения промывочных поливов в ранневесенний период. Поэтому, в качестве учитываемого независимого фактора нами были использованы и доступные запасы питательных веществ в почве перед посевом дыни в слое до 50 см в глубину.

Использование более полного профиля до 50 см глубины почвы позволяет охватить значительный объем мигрирующих промывочными водами доступных элементов и суммы солей почвы. В приведенных ниже математических моделях коэффициент прогнозируемости значительно больше (85-91%) показателя предыдущей модели, когда учитывался только пахотный слой (80-84%), что свидетельствует о больших их прогнозирующих эффектах в условиях засоленных почв юга Казахстана при возделывании дыни.

Ранний урожай (Y), т/га:

$$Y = -119 + 2,482N_c^{0,5} - 0,058P - 0,065K_c + 4,895K_c^{0,5} - 48,69S + 0,042(N_cP_c)^{0,5} - 0,066(N_cK_c)^{0,5} + 0,053(P_cK_c)^{0,5} - 1,943(P_cS)^{0,5} + 1,711(K_cS)^{0,5}; R^2 = 0,911$$

Валовый урожай (Y), т/га

$$Y = 181,5 - 0,053P_c + 6,333N_c^{0,5} - 0,171(N_cK_c)^{0,5} - 9,27K_c^{0,5} + 0,129K_c + 0,129(N_cP_c)^{0,5} - 17,09S^{0,5}; R^2 = 0,847$$

где,  $N_c$ ,  $P_c$  и  $K_c$  – суммарные запасы соответствующих питательных элементов почвы в слое 0-50 см и удобрений.

## Научная значимость

- ❖ Использование динамических моделей продукционного процесса сельскохозяйственных культур способствует дальнейшему развитию и применению методов математического моделирования для установления количественных зависимостей формирования урожая от изученных независимых факторов, как удобрения и степень засоленности почвы, в области прогнозирования урожайности культур применительно к почвенно-климатическим условиям проведения полевых опытов.
- ❖ Представленные подходы могут быть использованы научными учреждениями сельскохозяйственного профиля для проведения теоретических и прикладных исследований; высшими учебными заведениями для обучения студентов и аспирантов аграрных, почвенных, биологических и экологических специальностей; опытными хозяйствами, занимающимися внедрением информационных технологий.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ФЕРМЕРОВ

- ❖ Проводить обследование почв полей на полные агрохимические характеристики и содержание солей, механический состав почвы и тд. каждые 3-5 лет.
- ❖ Фиксировать данные по продуктивности полей ежегодно с учетом применяемых удобрений и всего перечня технологических элементов выращивания целевых культур. Вести учет на поле всех технологических операции по подготовке почвы, вегетационному уходу, уборке, используемых видов и доз удобрений, пестицидов и других средств. Создать электронную базу данных.
- ❖ Совместно с учеными КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У. Успанова обрабатывать данные почвенно-агрохимической характеристики для создания моделей формирования урожайности и составления системы расчетных доз удобрений под планируемый урожай целевой культуры.

Спасибо всем за внимание и участие!





«Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия  
ғылыми-зерттеу институты» ЖШС  
Басқарма Төрағамы Р.Х. Рамазанова Р.Х. Рамазанова

«Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия  
ғылыми-зерттеу институты» ЖШС  
агрохимия бөлімінің меңгерушісі  
а.-ш.ғ.к., доцент Б.М. Амиров Б.М. Амиров