

товаро производителей качественным кормовым сырьем. В результате проведенных исследований получены данные по изучению элементов адаптивных технологии возделывания суданской травы, а именно сроков уборки в условиях 1 зоны Западно-Казахстанской области при возделывании для производства зеленой массы, сенажа и сена.

УДК 631.58: 631.8

Абуова А.Б., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, член-корреспондент МАОО

Тулькибаева С.А., кандидат сельскохозяйственных наук

Тулаев Ю.В., магистрант

Сомова С.В., аспирант

ТОО «Костанайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», г. Костанай,
Республика Казахстан

ПРИЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Аннотация

При традиционной системе земледелия, даже при достаточно точном и обоснованном расчете необходимых доз применяемых агрохимикатов, всё равно отмечается их значительный перерасход. Это не только экономически невыгодно, но и создает реальную опасность загрязнения окружающей среды. С другой стороны, агрохимический анализ почвы, которую брали на участках с различной урожайностью, показал в пробах значительные отклонения по содержанию азота, фосфора и калия. Это связано, в первую очередь, с неоднородностью почвенного плодородия. Так как растения поглощают не только вещества, вносимые при выращивании данной (сегодняшней) культуры, но и те, что накопились в почве ранее.

Следовательно, при внесении постоянной дозы удобрений нельзя добиться оптимизации питания всех растений. Поэтому удобрения нужно вносить в почву дифференцированно, с учетом количества ранее накопленных в ней основных питательных веществ и ряда других характеристик конкретного участка поля. Стоит отметить важность данного мероприятия, поскольку оно несет в себе большие затраты. Поэтому всегда важно знать влияние обеспеченности элементами питания на формирование урожая на почвах с низким плодородием. Такие данные позволяют более подробно оценить масштабы недобора урожая по его высоте и качеству, а также дают возможность построения оптимистического прогноза на обозримое будущее точного земледелия в условиях производства Северного Казахстана.

***Ключевые слова:** точное земледелие, дифференцированное внесение удобрений, цифровая агрохимическая карта, аэрофотосъемка, урожайность, качество урожая.*

Внесение удобрений по технологии точного земледелия проводится дифференцированно, т.е., условно говоря, на каждый элементарный участок поля вносится столько удобрений, сколько необходимо именно здесь [1].

Однако некоторые исследования по изучению эффективности дифференцированного внесения удобрений за рубежом показали, что оно экономически далеко не всегда оправдывается, так как не учитывается уровень, выраженность внутривидовой пестроты плодородия почвы.

В частности, по результатам многолетних работ по дифференцированному применению азотных удобрений под семенной картофель в штате Айдахо (США) показано, что прибавка урожая по сравнению с традиционным внесением удобрений была в целом невелика, а прибыль от дифференциации доз азота не покрывала затрат на применение новой технологии. И это не единичная информация такого рода [2].

Дифференцированное внесение – один из элементов точного земледелия, позволяет избирательно, в зависимости от выноса питательных веществ из почвы, вносить минеральные

удобрения. Существуют два основных вида дифференцированного внесения: работа в режиме реального времени (on-line) и с предварительно подготовленной электронной картой поля (off-line) [3, 4].

Режим off-line предусматривает предварительную подготовку на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные с помощью GPS дозы удобрения для каждого элементарного участка поля. Для этого осуществляется сбор пространственно привязанных данных о границах поля и контурах неоднородности свойств. Проводится расчёт дозы для каждого элементарного участка поля, тем самым формируется (в специальной программе) карта-задание.

Затем карта-задание переносится на флеш-карте (или другом носителе информации) на бортовой компьютер, оснащённый GPS-приёмником и управляющим контроллером сельскохозяйственной техники. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью GPS определяет свое местонахождение, считывает с карты дозу удобрений, соответствующую месту нахождения и посылает сигнал на контроллер распределителя удобрений (или опрыскивателя). Контроллер же, получив сигнал, выставляет на распределителе удобрений нужную дозу.

Режим реального времени (on-line) предполагает предварительное проведение калибровки непосредственно на посевах перед выполнением операции, а доза удобрений определяется во время работы агрегата при его движении по полю. Калибровка в данном случае – это количественная зависимость дозы удобрения от показаний датчика, установленного на сельскохозяйственной технике, выполняющей операцию. Одним из таких датчиков является Hydro-N-Sensor производства фирмы Yara[®], который в инфракрасном и красном диапазонах излучения определяет содержание хлорофилла в листьях и рассчитывает по этим показателям относительную биомассу [5].

В результате проделанной работы в ТОО «Опытное хозяйство «Заречное», в частности агрохимического обследования, были выявлены участки, требующие регулирования питательного режима почвы, в частности азотного режима, так как низкий фон обеспеченности нитратной формой не способен дать урожай высокого качества. При этом доподлинно известно, что при недостатке азота в почве уменьшается содержание зеленых пигментов, бледнеют листья, замедляется рост растений. Поэтому азот надо вносить сразу, для развития растений и накопления ими зеленой массы (рисунок 1).

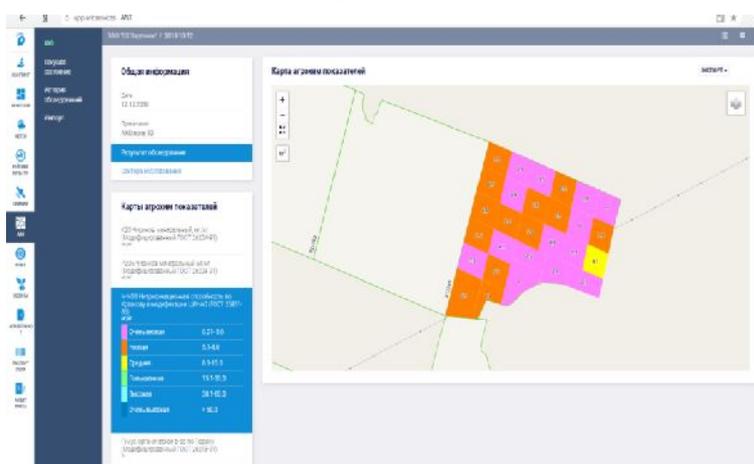


Рисунок 1 – Цифровая агрохимическая карта обеспеченности поля №90 нитратным азотом, 2018 г.

Стоит также отметить и роль фосфора. Достаточное его количество в почве обеспечивает нормальный рост культур и их устойчивость к неблагоприятным погодным условиям, в том числе к понижению температуры. Поэтому, учитывая результаты агрохимических обследований, при посеве осуществлялось внесение удобрений. Данное

мероприятие позволило достигнуть экономии минеральных удобрений – 40% аммофоса и 30% аммиачной селитры.

Фенологические наблюдения в период вегетации проводились глазомерно и посредством использования NDVI-снимков, предоставляемых информационно-аналитическим сервисом Agrosmart (рисунок 2).

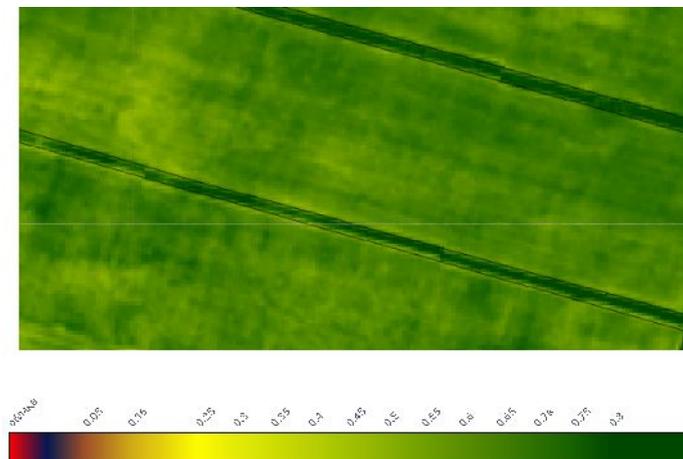


Рисунок 2 – Мониторинг NDVI-снимков по полям в период вегетации 2018 г.

Так же в период выхода в трубку пшеницы с 19 июля 2018 г. на демонстрационном полигоне был осуществлен первый облет полей беспилотным летательным аппаратом (GeoScan 101) на площади 2000 га.

Главными преимуществами съемки полей беспилотными летательными аппаратами являются высокая производительность и оперативность данных, достоверность информации и возможность детального анализа и оценки состояния сельскохозяйственных полей. При этом облачность не играет никакой роли, как в случаях со спутниковыми снимками.

Аэрофотосъемка исследуемой территории производилась на высоте 300 метров с помощью камеры Micasense Red-Edge, с одновременным получением фотографических изображений объекта в различных участках (зонах) спектра электромагнитных волн.

Съемка производилась над 19 полями в пяти спектральных диапазонах: синий, зеленый, красный, крайний красный, ближний инфракрасный. Общая площадь снимаемой территории составила 2000 га.

Данные аэрофотосъемки были обработаны специализированным фотограмметрическим программным обеспечением для получения многоканальных (мультиспектральных) карт полей и ортофотопланов.

По результатам аэрофотосъемки для каждого поля были сформированы следующие продукты: ортофотоплан, плотное облако точек, цифровая модель поверхности (карта высот), обработанная цифровая модель поверхности, текстурированная геопривязанная модель территории (3-D модель). На основе созданных ортофотопланов строились индексные карты состояния растительности (рисунок 3).

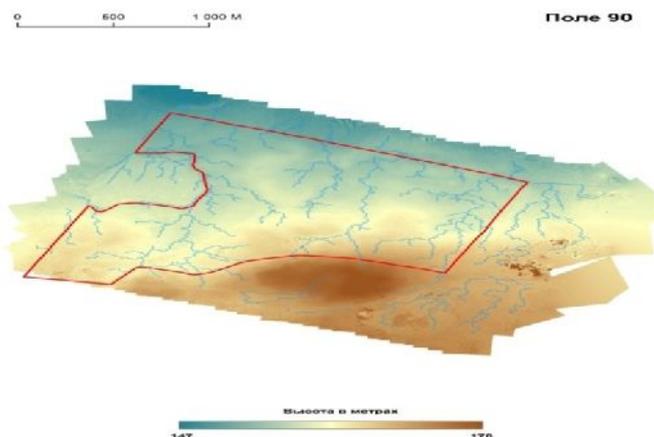


Рисунок 3 – Цифровая модель рельефа и водотоки для поля №90, 2018 г.

На основном этапе обработки и анализа изображений были построены карты нормализованного вегетационного индекса (NDVI) и нормализованного вегетационного индекса зелени (GNDVI) с использованием спектральных каналов ближнего инфракрасного (NIR), красного (RED), красного края (REDEDGE), зеленого (GREEN).

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом).

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра проявляется максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области находится область максимального отражения клеточных структур листа.

Высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные сообщества от прочих природных объектов (рисунок 4).

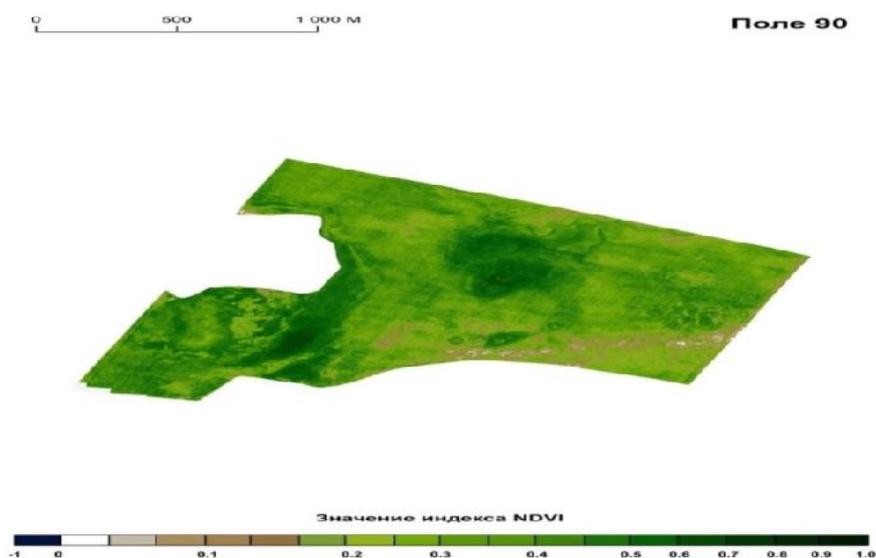


Рисунок 4 – Распределение значений индекса NDVI для поля №90, 2018 г.

GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) – данный индекс похож на NDVI, за исключением того, что он измеряет зеленый спектр от 540 до 570 нм вместо красного спектра. Этот показатель более чувствителен к концентрации хлорофилла, чем NDVI.

Уровень содержания хлорофилла является показателем степени зрелости и здоровья растения. Для более полной картины состояния сельскохозяйственных полей картографом были построены карты общего распределения значений индекса GNDVI – отнормализованного по показаниям N-тестера (рисунок 5).

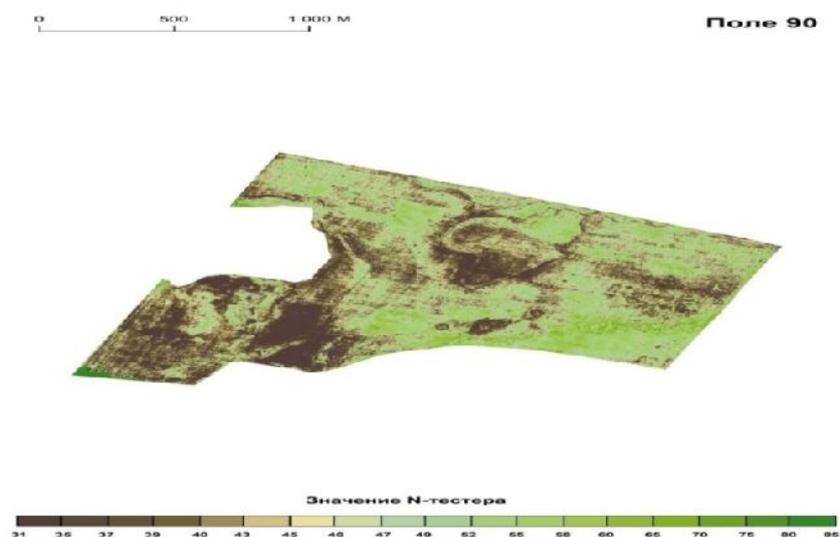


Рисунок 5 – Распределение значений индекса GNDVI для поля №90, 2018 г.

По результатам облета были построены карты дифференцированного внесения микроудобрения для некорневого питания растений. Построение карт предписаний осуществляется на основе учета состояния растительности (рисунок 6).

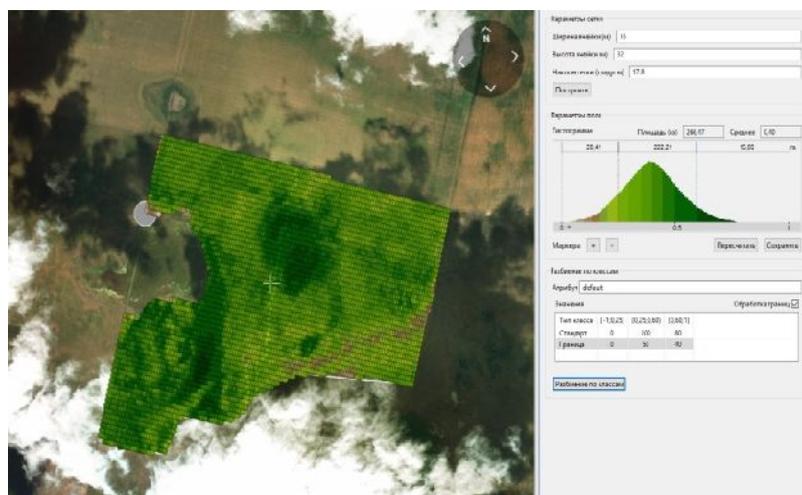


Рисунок 6 – Этапы создания технологической карты дифференцированного внесения для поля №90, 2018 г.

Второй облет полей был произведён 18 августа, когда фаза развития яровой пшеницы находилась молочной восковой спелости (рисунок 7).

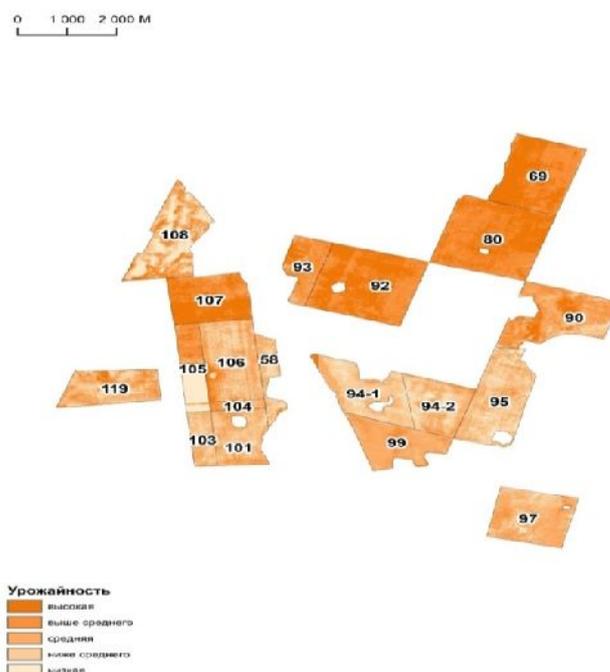


Рисунок 7 – Прогноз урожайности на демонстрационном участке, 2018 г.

По результатам второго вылета был получен прогноз урожайности на площади 2000 га. На поле №107 урожайность должна быть выше среднего, на полях №105, №106, №104, №119, №99, №90, №94-2 – урожайность средняя, а на полях №101, №103, №94-1 – прогнозировалась урожайность ниже средней. Фактическая урожайность с.-х. культур в условиях 2018 г. сложилась следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 – Фактическая урожайность после уборки, 2018 г.

Номер поля	Культура	Урожайность, ц/га
107	Пшеница (Омская 36)	24,9
107	Рапс (Липецкий)	8,1
119	Пшеница (Омская 36)	20,9
105	Пшеница (Омская 36)	33,2
106	Пшеница (Омская 36)	24,6
104	Подсолнечник (Алмаз)	17,5
101,103	Пшеница (Омская 36)	23,8
94	Пшеница (Омская 36)	30,4
94	Рапс (ЛипКар 2014)	10,4
99	Пшеница (Омская 36)	19,7
90	Пшеница (Омская 36)	26,1
Средняя урожайность по пшенице		25,4

Стоит отметить, что применение минерального удобрения в соответствии с результатами агрохимического обследования помимо роста урожайности в условиях 2018 г. способствовало повышению содержания клейковины в зерне пшеницы на 2-5%, что позволяет отнести данное зерно к III классу качества. Применение некорневого питания обеспечило повышение клейковины на 3-4%. При этом в совокупности научно обоснованное питание растений позволяет получать зерно высокого качества (рисунок 8).

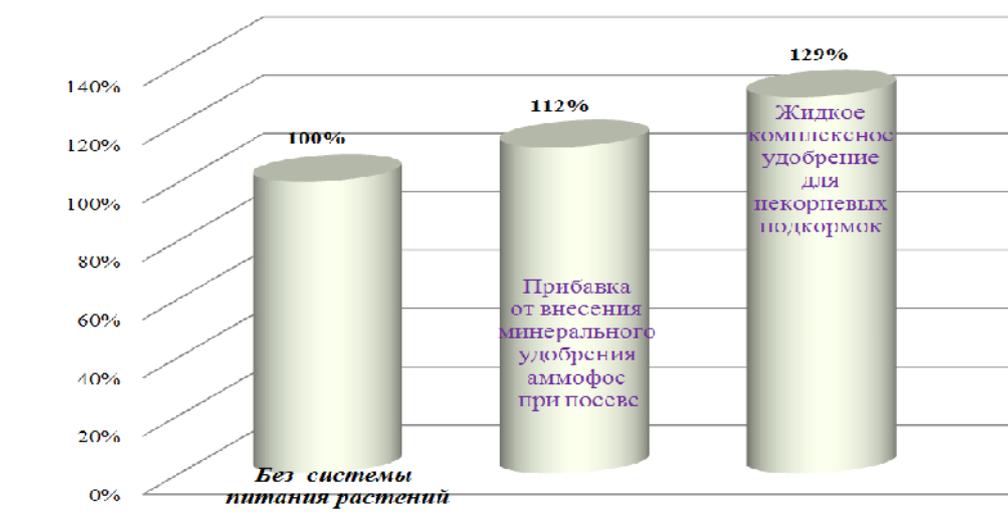


Рисунок 8 – Эффективность решений по питанию растений на основе обеспеченности почвы и их состояния в процессе вегетации, 2018 г.

Оценивая урожайность без применения минеральной и некорневой систем питания, при естественной обеспеченности почвы элементами питания растений, стоит выделить два основных элемента, баланс которых в условиях 2018 г. обеспечил рост урожайности на 33% в сравнении с участками, где содержание подвижного фосфора и нитратного азота характеризовалось как низкое. В то же время содержание клейковины в среднем на малообеспеченных участках составляло 18,3%.

Участки, имеющие оптимальную обеспеченность подвижным фосфором и нитратным азотом дали зерно с клейковиной выше 23%, а также содержанием протеина выше в среднем на 1%.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы о практической значимости применения цифровых систем в условиях производства на севере Казахстана:

Индекс NDVI стоит использовать для мониторинга состояния посевов, определения потенциального урожая, установления факторов стрессовых ситуаций.

Системе, выполняющей аналогичную работу, но дающую более точные данные, которой также пользуются для построения электронных карт для дифференцированного внесения жидких форм удобрений при некорневом питании растений стоит отдать предпочтение, так как она реально помогает принимать оперативные решения.

В этой связи стоит отметить, что удобрения необходимо вносить в соответствии с потребностями растений, что обеспечивает оптимальную эффективность их использования.

При этом дифференцированное внесение минеральных удобрений – одно из важнейших экономических и экологических аспектов. Так применение данной технологии и оборудования позволяет значительно сократить затраты на удобрения, т.е. вносить их в зависимости от потребности культурных растений, и создаёт оптимальный баланс питательных веществ в почве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Беленков А.И., Егоров В.В. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. – 148 с.

2 Афанасьев Р.А., Беленков А.И. Внутрипольная вариабельность плодородия почв, состояния посевов и урожайности полевых культур в точном земледелии. // Фермер. Поволжье. – 2016. - №4 (46). – С.36-40.

3 Любич В.А., Попов С.В., Бакиров Ф.Г., Долматов А.П., Курамшин М.Р. Дифференцированное внесение удобрений в системе точного земледелия. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. - №1 (33).– С.73-75.

4 Цирулев А.П., Боровкова А.С., Головоченко А.П. Новые подходы к проведению агрохимического обследования почв в системе точного земледелия. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. - №4. – С.62-65.

5 Якушев В.В. Информационно-технологические основы прецизионного производства растениеводческой продукции: дисс. ... док. сельскохозяйственных наук: 06.01.03. – Санкт-Петербург: Агрофиз. науч.-исслед. ин-т, 2013. – 367 с.

ТҮЙІН

Дәстүрлі ауыл шаруашылық жүйесімен тіпті қолданылатын агрохимикаттардың та лап етілетін дозаларын дәл және ақылға қонымды есептеу арқылы, олардың айтарлықтай асып кетуі байқалады. Бұл экономикалық тұрғыдан қолайсыз ғана емес, сонымен бірге қоршаған ортаның ластану қаупін тудырады. Екінші жағынан, әртүрлі шығымды жерлерде алынған топырақтың агрохимиялық талдауы үлгілердегі азот, фосфор және калийдің құрамында айтарлықтай ауытқуларды көрсетті. Бұл, ең алдымен, топырақ құнарлылығының біркелкі болуына байланысты. Өсімдіктер осы (бүгінгі) дақылдарды өсіру кезінде енгізілген заттарға ға на емес, топырақта бұрын жинақталған заттарға да сіңіп кеткендіктен. Сондықтан тыңайтқыштың тұрақты дозасын қолданғанда, барлық өсімдіктердің тамақтануын оңтайландыру мүмкін емес. Сондықтан, тыңайтқыштарды бұрын жинақталған негізгі қоректік заттардың көлем ін және кеніштің белгілі бір бөлігінің басқа да бірқатар сипаттамаларын ескере отырып, топыраққа әртүрлі түрде қолдану керек. Бұл іс -шараның маңыздылығын атап өту керек, өйткені ол көп шығынға ие. Сондықтан төмен құнарлы топырақта өсімдіктердің қалыптасуын а арналған қоректік заттардың қол жетімділігін білу маңызды. Осындай деректер бидайдың биіктігі мен сапасы бойынша егжей-тегжейлі дәрежеде бағалауға мүмкіндік береді, сондай -ақ солтүстік Қазақстанда өндірістегі дәлме -дәл фермерлік шаруашылығының жақын бола шақта оптимистік болжамын жасауға мүмкіндік береді.

RESUME

With the traditional system of farming, even with a fairly accurate and reasonable calculation of the required doses of applied agrochemicals, their significant overrun is still noted. This is not only economically disadvantageous, but also creates a real risk of environmental pollution. On the other hand, agrochemical analysis of the soil, which was taken at sites with different yields, showed significant deviations in the content of nitrogen, phosphorus and potassium in samples. This is due, primarily, to the heterogeneity of soil fertility. Since the plants absorb not only the substances introduced during the cultivation of this (today's) culture, but also those that have accumulated in the soil earlier. Therefore, when applying a constant dose of fertilizer, it is impossible to optimize the nutrition of all plants. Therefore, fertilizers need to be applied to the soil differentially, taking into account the amount of the main nutrients previously accumulated in it and a number of other characteristics of a particular part of the field. It is worth noting the importance of this event, since it carries a lot of costs. Therefore, it is always important to know the effect of the availability of nutrients on crop formation on soils with low fertility. Such data makes it possible to estimate in more detail the extent of the crop shortage by its height and quality, and also make it possible to build an optimistic forecast for the foreseeable future of precision farming in the conditions of production in Northern Kazakhstan.