

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

Имашев Ильдар Гарифуллович

**Оптимизация минерального питания проса на основе
почвенно-растительной диагностики
на светло-каштановой почве Саратовского Заволжья**

Специальность 06.01.04. - агрохимия

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель – доктор сельскохозяйственных
наук, профессор В.П. Белоголовцев

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна проса (литобзор).....	11
Глава 2. Методика исследований и условия проведения опытов	36
2.1. Методика проведения опытов	36
2.2. Почвенно-климатические и погодные условия	38
ГЛАВА 3. Влияние удобрений на продуктивность проса	45
3.1. Влияние удобрений на рост и развитие растений	45
3.2. Влияние удобрений на урожай и качество зерна проса	54
3.3. Влияние удобрений на водопотребление проса	65
3.4. Последствие ранее внесенных под просо удобрений	67
ГЛАВА 4. Почвенная диагностика минерального питания проса	70
4.1. Диагностика азотного питания	71
4.2. Диагностика фосфорного питания	79
ГЛАВА 5. Растительная диагностика минерального питания	88
5.1. Диагностика азотного питания	88
5.2. Диагностика фосфорного питания	94
ГЛАВА 6. Минеральный состав урожая, вынос и коэффициенты использования основных элементов питания растениями.....	100
6.1. Минеральный состав урожая.....	100
6.2. Влияние удобрений на общий вынос питательных веществ с урожаем. 102	
6.3. Вынос основных элементов питания на единицу продукции	104
6.4. Коэффициенты использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений.....	108
ГЛАВА 7. Энергетическая и экономическая эффективность применения удобрений.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	120

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	125
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	126
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Просо – распространенная крупяная культура в мировом земледелии, из которой вырабатывают пшено, которое по вкусовым качествам и пищевым достоинствам занимает одно из первых мест среди других круп.

Как крупяная культура просо имеет огромное хозяйственное значение, обеспечивая людей высококачественным пищевым продуктом. Из пшена готовят большое количество вкусных и питательных блюд. Зерно проса, содержащее большие количества крахмала, используют в винокурном, крахмальном и пивоваренном производствах (А. А. Корнилов, 1960; Щирбаев Н.М., 1962; Елагин И.Н., 1963, 1981; Кадырова Ф.З., 2006; Князев Б.М., 2008 и др.).

Продукты переработки проса находят широкое применение в животноводстве и птицеводстве. Мучель используют на сдобривание кормов, а лузга применяется в корм животным и птицам в запаренном виде. Кроме зерна и продуктов переработки большое хозяйственное значение имеет просяная солома, которая по своим качествам превосходит сено овса, сорго, кукурузы и суданки (Арустамов Г.Н., 1958; Байда Д. С., 1963; Федорченко И. А, Мосин В.А., 1970).

Благодаря своей засухоустойчивости и скороспелости просо более чем какая-либо другая зерновая культура, соответствует условиям засушливых районов (Лысов В.Н., 1968)

В 90-е годы произошло значительное снижения спроса в России на эту крупяную культуру, в некоторых регионах просо переводили в разряд резервных объектов. Однако за последние годы возделывание данной культуры, постепенно увеличивается (Волкова А.В., 2013).

Чтобы вернуть просо на передовые позиции, необходимо совершенствовать не только технологии её возделывания. Изучая развитие сельского хозяйства, как в России, так и во всем мире можно сделать вывод о том, что самой существенной причиной получения невысокой урожайности сельскохозяйственных культур является низкий уровень плодородия почвы.

Поэтому улучшение качественного состояния почв, в том числе и светло-каштановых почв Саратовского Левобережья, является одной из главных задач современной агрономии.

Важнейшим приемом в улучшении плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и проса, является применение удобрений (Кук Д., 1970).

Применение минеральных удобрений имеет решающее значение в повышении урожайности проса, и получение необходимого качества продукции. (Минеев В.Г., 1993).

При этом в связи с высокой стоимостью минеральных удобрений возникает необходимость разработки способов наиболее эффективного их использования, позволяющих при минимальных затратах питательного вещества получить максимальную отдачу дополнительной продукцией. Выбор оптимальных доз и сочетаний элементов питания является главным фактором эффективности использования минеральных удобрений.

Резкое падение применения минеральных удобрений, вызванное диспаритетом цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию, многократно усиливает значение их эффективного использования.

Нынешнее состояние сельской экономики обуславливает более жесткие требования к грамотному, рациональному применению удобрений. Значение диагностических методов контроля за минеральным питанием растений не только не снизилось, а еще более возрастает, так как наряду с обеспечением элементами питания растений на первый план выдвинулась задача рентабельного использования удобрений при постоянно меняющемся соотношении цен между ними и сельскохозяйственной продукцией.

Удобрения должны применяться в строгом соответствии с диагностическими показателями обеспеченности растений элементами питания, в соответствии с прогнозами погоды, появления вредителей, болезней и сорняков, возможного полегания посевов. Учёт всех этих показателей и

обеспечит научно обоснованное их применение, позволит отказаться от внесения необоснованно высоких доз удобрений, в первую очередь азотных.

Практически реализовать эти требования можно лишь на основе грамотного использования методов диагностического контроля минерального питания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих нормативную окупаемость элементов питания урожаем, повышение качества продукции и предотвращение загрязнения окружающей среды.

Использование методов почвенно-растительной диагностики влечет за собой существенные изменения в технологии применения удобрений. Меняются дозы, сроки, способы и кратность внесения удобрений, предъявляются более высокие требования к качеству и точности внесения.

Немногочисленные исследования по удобрению проса, проведенные на каштановых почвах Саратовского Левобережья, свидетельствуют, что эта культура хорошо реагирует на улучшение минерального питания (Романов В.А., 1960; Коробков С.Д., 1985). Минеральные удобрения не только повышают урожайность, но и улучшают все основные показатели качества зерна.

Однако этих данных недостаточно. В частности, в зоне светло-каштановых почв Саратовского Левобережья отсутствуют экспериментальные данные по диагностике минерального питания проса, слабо изучено влияние минеральных удобрений на качество урожая при различных системах азотно-фосфорного удобрения.

Для разработки системы удобрений необходимо выявить оптимальную потребность проса в элементах минерального питания для получения потенциально возможной продуктивности при наиболее полном использовании минеральных удобрений.

Изучению и решению этих проблем посвящена данная работа.

Актуальность темы. В условиях Саратовского Заволжья просо является одной из распространенных культур, от валовых сборов которой зависит стабильность производства зерна. Однако урожайность далека от потенциальных возможностей этой культуры.

Повышение урожайности проса и получение необходимого качества продукции в условиях снижающегося плодородия почв возможно только на основе научного применения удобрений и совершенствования основ комплексной диагностики минерального питания растений.

Особую актуальность приобретает определение таких нормативных параметров почвенной и растительной диагностики для оптимизации минерального питания проса применительно к светло-каштановой почве Саратовского Левобережья как нормативы затрат действующего вещества удобрений на увеличение содержания в почве нитратного азота и подвижного фосфора на 1 мг в килограмме почвы в диагностируемом слое, а также оптимального содержания нитратного азота и подвижного фосфора, обеспечивающих планируемый уровень урожайности и нормативов затрат удобрения на изменение содержания общего азота и общего фосфора в растениях.

Степень разработанности проблемы. Вопросам разработки оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур на основе почвенно-растительной диагностики были посвящены работы А.Ю. Левицкого и А.А. Лесюковой (1935), Р.Н. Bray (1948), Н. Lundegadh (1951), З.И. Журбицкого (1963), К.П. Магницкого(1972), М.П. Чуб (1972,1986,1989), В.В. Церлинг (1976,1978), Н.К. Болдырева (1983), Н.К. Болдырева, Е.А. Зверевой (1986), Е.А. Зверевой (1987), Н.К. Болдырева, Т.В. Азовцевой, В.А. Казарницкой (1990), Н.К. Болдырева, Е.А. Зверевой, В.П. Белоголовцева (1990), Ю.И. Ермохина (1990), В.В. Пронько (1990), Т.Я. Палагиной (1996), В.Н. Дерябина (2000), Н.А. Рыжова (2002), В.П. Белоголовцева (2002), И.Г. Аукиной (2008), Е.В. Агафонова (2014).

Однако вопросы комплексной почвенно-растительной диагностики минерального питания проса на светло-каштановых почвах до настоящего времени не изучались.

Цель исследований. Целью наших исследований являлось установление зональных показателей оптимального содержания в растениях проса общего

азота и фосфора по фазам роста и развития, а также доступных форм питательных веществ в почве, обеспечивающих получение планируемых урожаев зерна с хорошими качествами и методов корректировки системы удобрения на основе комплексной почвенно-растительной диагностики минерального питания.

Задачи исследований:

1. Изучение влияния минеральных удобрений на урожай и качество проса.

2. Установление оптимальных уровней содержания в почве доступных форм питательных элементов, затрат удобрений для их достижения, а также взаимозависимостей уровней плодородия с урожаем с целью раннего прогнозирования урожайности и качества продукции.

3. Определение влияния удобрений на концентрацию основных элементов питания в растениях проса, установление индексов обеспеченности азотом и фосфором и в связи с этим нахождение возможностей прогнозирования урожая и его качества.

4. Расчет коэффициентов использования растениями азота и фосфора из почвы и удобрений, определение выноса этих элементов с урожаем.

5. Проведение энергетической и экономической оценки систем удобрения, способствующих получению высокого и качественного урожая зерна проса.

Научная новизна. Впервые на светло-каштановой почве Саратовского Заволжья с использованием методов почвенной и растительной диагностики установлены оптимальные уровни содержания в почве и растениях элементов питания, обеспечивающих получение до 2,5 т/га высококачественного зерна проса, а также определены нормативы затрат действующего вещества удобрений для достижения этих уровней.

Установлены тесные корреляционные зависимости между содержанием в почве доступных форм азота и фосфора и урожайностью проса, а также между

концентрацией этих элементов в растениях по фазам роста и развития и урожаем, что позволяет прогнозировать его величину и качество.

Проведены расчеты затрат удобрений на создание единицы урожая и коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений.

Теоретическая и практическая значимость работы. В результате выявленных закономерностей в изменении агрохимических свойств светло-каштановой почвы под влиянием минеральных удобрений предложены методы расчета доз для систем удобрения и их корректировки на основании результатов анализов почвы, а также растений по фазам роста и развития, обеспечивающих оптимизацию условий минерального питания и получение запланированного уровня урожайности зерна проса.

Результаты исследований прошли производственную проверку в 2013 году в КФХ «Демус» и «Волкодав» Озинского района Саратовской области на общей площади 40 га, прибавки урожая зерна составили соответственно 0,65 и 0,62 т/га, или 115 и 91 % к расчётному.

Основные положения, выносимые на защиту:

- .показатели продуктивности проса в условиях изменяющихся агрохимических свойств светло-каштановой почвы;
- .закономерности изменения содержания подвижных форм питательных веществ в почве в результате применения минеральных удобрений;
- .закономерности влияния минеральных удобрений на содержание основных элементов питания в урожае, показатели выноса их с урожаем;
- .коэффициенты водопотребления проса;
- .коэффициенты использования растениями азота и фосфора из почвы и удобрений;
- .энергетическая и экономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании проса.

Методология и методы исследований. Методология основана на использовании результатов ранее проведенных исследований. Теоретико-методологической основой являются современные научные способы закладки и

проведения агрохимических полевых опытов, лабораторных анализов. В работе использовали экспериментальный, аналитический, статистический методы исследований.

Степень достоверности работы. Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных методик проведения опытов, необходимым объёмом сопутствующих наблюдений и учётов, статистической обработкой экспериментальных результатов опыта.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на международных научно-практических конференциях: «Вавиловские чтения – 2011» (Саратов, 2011); «Вавиловские чтения – 2012» (Саратов – 2012); Состояние и перспективы инновационного развития АПК (Саратов – 2013); Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства (Саратов – 2013); «Вавиловские чтения-2013» (Саратов –2013) и ежегодных конференциях профессорско-преподавательского состава СГАУ (2011-2013)

Личный вклад соискателя состоит в разработке программы исследования, постановке и проведении полевого опыта, выполнении аналитических работ, анализе полученных результатов, их статистической, биоэнергетической и экономической оценке. Доля личного участия автора в проведении исследований составляет не менее 80%.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 2 в реферируемых журналах по списку ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, 7 глав экспериментальной части, заключения, предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Она изложена на 126 страницах компьютерного текста, включает 36 таблиц и 34 рисунка в основном тексте, 35 таблиц в приложении. Список использованной литературы включает 204 наименования, в том числе 8 иностранных авторов.

Глава 1. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна проса (литобзор)

Просо - древнейшая крупяная культура. На протяжении веков просо является одной из наиболее популярных зерновых культур.

Высокая устойчивость к полеганию, болезням и вредителям – этими особенностями просо выгодно отличается от других зерновых культур и соответствует условиям засушливых районов.

Просо дает не только хорошую крупу, но и питательный дешевый корм для сельскохозяйственных животных, особенно для птицы (А.А.Корнилов 1960).

В просяной соломе содержится большое количество переваримых питательных веществ (протеина) и жира; по своим кормовым достоинствам она превосходит пшеничную солому, и приближаются к селу среднего качества.

Учитывая этот фактор, а также небольшую норму высева семян данную культуру часто возделывают на зеленый корм. При укосе в фазу выметывание метелки – молочно-восковая спелость получают высококачественный монокорм.

Благодаря своей скороспелости и засухоустойчивости просо дает хорошие урожаи и при позднем посеве, что позволяет использовать его для пересева погибших от разных стихийных бедствий озимых и яровых хлебов (Лысов В.Н.,1968).

Однако при достаточном продовольственном обеспечении спрос на пшено обычно снижается, и просо непроизвольно переводится в разряд второстепенных культур.

Восточная и Центральная Азия (Монголия и Китай) считается родиной проса, где данную культуру возделывали ещё за 4...5 тыс. лет до н. э. (Н.И. Вавилов, 1926).

Первые упоминания о возделывании проса на Руси датированы 1095 г. в приписке Киевской летописи. В настоящее время основное распространение в

нашей стране получило просо обыкновенное - *Panicum mileaceum* и просо щетинистое (итальянское) - *Setaria italica*.

В период развития капитализма в России в связи со значительным расширением зажиточной частью населения производства рыночных зерновых хлебов производство проса сосредоточивалось преимущественно в южных и юго-восточных засушливых районах и прежде всего на целинных и залежных землях; использовалось оно почти целиком для местных продовольственных нужд, и только небольшая его часть шла на экспорт. На местных рынках просо и пшено всюду стало расцениваться ниже гречихи, а во многих местах и ниже ржи. (И. А. Стебут, 1957).

В тридцатые годы XX века значение проса в связи с хозяйственной разрухой, вызванной войнами, засухами, частичной гибелью хлебов, сильно возросло. Посевная площадь под просо в отдельные годы доходила до 6 млн. га, а в 1932—1934 гг. превышала 7—8 млн. Однако в конце 50-х годов (с 1957 г.) в связи с расширением посевов кукурузы и других культур абсолютные посевные площади под просом снизились, а в 1959 г. они составляли всего лишь 2,7 млн. га. Особенно резко снизился удельный вес проса в общих посевных площадях - всего лишь 1,4-2,0 % от общей площади посева полевых культур (В.Н.Лысов 1968)

Просо – одна из главнейших крупяных культур в нашей стране (Martin J.H.1921; Б.М. Арнольд, 1931; И.Н.Елагин, 1963; Н.А.Соловьев; И.М. Каращук,1965 и др.). Крупа из проса - пшено - высокопитательный, вкусный пищевой продукт. Пшено содержит: крахмала 81 %, белка 12,0, жира 3,5, сахара 0,15, клетчатки 1,04 %. Так по содержанию белка пшено превосходит рисовую, ячневую, перловую и гречневую крупы и не уступает по содержанию крахмала. К достоинствам пшена следует отнести и его способность быстро развариваться (Е.П. Козьмина,1963; В.И. Лысов,1968; А.Ф.Якименко, 1975; F. Lambertini, 1983). Пшено характеризуется низким содержанием клетчатки, а содержание витаминов В₁ и В₂ значительно выше чем в других злаковых культурах. Спелое зерно проса содержит много различных минеральных

веществ. Из всех зольных веществ в зерне проса больше всего содержится кремнезема, который придает зерну блеск и предохраняет от загнивания.

Содержание фосфора в пшене значительно больше, чем в мясных продуктах, а по содержанию магния, превосходит овощи, фрукты и другие крупы. Пшено содержит необходимые для организма витамины: тиамин (В1), рибофлавин (В2) и фолиевую кислоту (И.К. Мурри, 1958;).

Благодаря такому содержанию полезных для организма веществ крупа и мука используется в детском и диетическом питании.

Данная культура ценна не только этими достоинствами. Зерна проса, содержащие большое количество крахмала используются как сырье в пивоваренной и спиртовой промышленности. Так, просяной солод, имея высокую активность амилазы, по энергичности осахаривания зернового крахмала намного превосходит ячменный (В.С. Сапрыкин, 1997).

Будучи ценной продовольственной культурой, просо имеет и большое значение как зернофуражная культура. Благодаря высокому содержанию ценных аминокислот (лизин, метионин, лейцин) зерно проса, а также отходы технологической переработки (сечка и мучель) используются для откорма скота и особенно птиц (А.А. Корнилов 1960; В.И. Лысов, 1968; Н.А. Суворов, 1970;)

По кормовому достоинству просянка лучше соломы всех хлебных злаков и приравнивается к луговому селу среднего качества. В просяной соломе содержится в среднем 5,7% белков, 40% безазотистых экстрактивных веществ, 2,0% масла, 6,8% золы (В.Н. Лысов, 1968; J.V. Bodriguez, D.G. Westfall, G.A. Peterson, 1990).

При летних сроках сева просо может служить хорошей покровной культурой для люцерны, клевера, а также злаковых многолетних трав (А.Ф. Якименко, 1975; Г.А. Думанская 1980) . Как покровная культура просо получило высокую оценку особенно при освоении засоленных земель (И.М. Карашук, 1965; В.А. Молоканов, 1973, 1975; А.Б. Рыжков, 1976; и др.).

Ценность проса состоит еще в том, что оно дает хорошие урожаи и при поздних сроках сева, благодаря чему просо часто используют для пересева

погибших озимых и яровых культур. Стоит отметить, что при поздних сроках посева, кроме высокого урожая зерна, можно получить рекордные урожаи зеленой массы, с соответствующим содержанием белка и каротина (R.I. Reed, M. A. Sanderson, 1994).

В отличие от других зерновых культур на посев просо требуется в несколько раз меньше семян (В.А. Ильин, С.И. Милюткина, М.И. Комарова, 1958).

Благодаря высокой засухоустойчивости и жаростойкости просо занимает одно из первых мест среди зерновых культур и в засушливые годы служит страховой культурой, когда другие зерновые хлеба резко снижают урожай (В.А. Лысов 1968)

Корневая система проса извлекает из почвы воду почти с метровой глубины и способна выносить временное глубокое обезвоживание тканей без значительного снижения урожая.

Однако, несмотря на то, что просо засухоустойчивая культура и малотребовательно к влаге, оно проявляет повышенную чувствительность к засухе в определенные фазы развития. В первую треть жизни при небольшой еще надземной массе просо потребляет 26,5% всей влаги для создания урожая, во вторую треть вегетационного периода - 41,5% и на последний период приходится 33,%. Максимум потребления влаги приходится на период вымётывания метелки и образования зерна - критический период - (В. Т. Рязанов, 1960)

Коэффициент транспирации проса - 251,5 (Б.А. Вакар,1929). Благодаря малому размеру устьиц проса (35,2 мкм) обеспечивается экономное испарение влаги и обуславливается высокая засухоустойчивость этого растения. При продолжительном воздействии высокой температуры (40⁰) просо не теряет способность регулировать устьичным движением в течение 48 часов, между тем как другие растения – пшеница, ячмень, рожь под воздействием тех же температур теряют эту способность значительно быстрее (В.Р. Зеленский 1921). Просо является теплолюбивой и стойкой к высоким температурам культурой.

Для полноценного роста и развития просо требуется значительно больше тепла, чем пшенице. Зерно проса начинает прорастать при температуре 8-10⁰С тепла. Однако при температуре 10⁰ С прорастание семян идет в течении 11-13 дней, а при 16-19⁰С всего лишь 3-4 дня. По фазам роста просо требуется следующая среднесуточная температура воздуха: всходы-кущение – 18⁰С, кущение-выметывание – 20⁰С, выметывание-цветение – 23⁰С, цветение-созревание – 23⁰С (В.Н.Лысов,1968;А.Ф. Якименко,1975). Стоит заметить, что заморозки просо переносит плохо. Необходимо учитывать возможность возврата весенних заморозков при выборе сроков посева, так как всходы проса очень чувствительны к действию пониженных температур, вследствие чего рост их при охлаждении замедляется. Большая часть растений в фазу всходов при температуре -3⁰С погибает. Очень опасно для проростков проса и длительное воздействие невысокой средней температуры +6 – 8⁰С и значительной облачности. В таких условиях энергия фотосинтеза резко снижается и молодые всходы гибнут (А.А. Корнилов,1960, В.Н. Лысов,1968).

Сумма активных температур проса различных сортов изменяется в пределах – 1800-2300⁰С. (Б.М.Арнольд,1929; И.Н. Елагин,1981).

Просо – светлюбивая культура и более требовательно к данному показателю, чем другие зерновые культуры. Данная культура относится к растениям короткого дня. При 8-10 часовом дне развитие растений ускоряется, а при 15-18 вегетационный период увеличивается. Влияние короткого дня на растения всех эколого-географических групп начинается одновременно с момента появления всходов и прекращается в разные сроки. Недостаточно интенсивный свет во время цветения задерживает развитие, вызывает бесплодие колосков, что приводит к значительному снижению урожая (В.А.Романов,1955; А.Ф.Якименко,1975; М.А. Мурзамадиева,1979).

Просо – культура жаркого и засушливого климата. Оно переносит почвенную и воздушную засуху лучше, чем другие зерновые культуры. Высокая засухоустойчивость проявляется в экономном расходе воды на протяжении всего вегетационного периода. Зерно проса при прорастании

поглощает примерно 25% воды от своего веса, в то время как у других злаков эта потребность значительно выше (Н.М.Тулайков, 1927; А.А. Корнилов,1960).

Просо не очень требовательно к плодородию почвы. Оно произрастает на самых различных типах почв от черноземов и до солончаков (В.Н. Лысов, 1968). Стоит отметить, что просо является наиболее устойчивой культурой к засолению почв среди зерновых культур. Однако наиболее подходящими для развития проса являются хорошо аэрируемые, структурные почвы, обеспеченные достаточным запасом питательных веществ - черноземы и каштановые почвы (В. М. Рязанов,1955; В.А. Романов,1958).

Просо очень требовательно к чистоте полей, так как не способно конкурировать с сорной растительностью. Это обусловлено медленным ростом в начале развития, из-за чего посевы сильно угнетаются сорняками. (Б.М. Смирнов,1963). Имея преимущество, перед растениями проса в быстроте роста и развития сорняки потребляют значительное количество питательных веществ, затемняют культуру, затрудняют ассимиляционный процесс, что в конечном итоге приводит к снижению урожая. При очень сильной засоренности потери урожая достигают 10 ц/га (А.А.Соколов,1948).

Не стоит забывать, что положительное влияние минеральных удобрений сильно снижается на засоренных полях.

Просо предъявляет довольно большие требования к питательным веществам. По выносу питательных веществ из почвы просо обходит такие зерновые культуры как рожь и ячмень. Потребление питательных веществ в разные периоды роста и развития у проса идет неравномерно. В фазу всходы-кущение наименьшее 4-8%, причем преимущественно азот. Во второй период трубкование – цветение свыше 50% необходимых ему азота, калия, кальция, что же касается фосфора, то максимальное его потребление приходится на последний период вегетации цветение - налив зерна – свыше 60% . В этот период начинает формироваться зерно, в котором образуется белок (Н.П. Ярош, 1965).

Следовательно, питательные вещества поступают в растение проса намного медленнее по сравнению с другими злаковыми культурами и поступление их заканчивается лишь к концу вегетации. Стоит отметить, что просо в первый период жизни не только потребляет мало питательных веществ, но и отрицательно реагирует на избыток питания (В.Н. Лысов, 1968).

Способность корней проса усваивать пищу из почвы значительно меньшая, чем корней всех яровых зерновых хлебов. Но при этом усиленное поглощение питательных веществ растениями проса по сравнению с более ранними яровыми приходится на теплый период времени, когда процессы мобилизации питательных веществ почвы протекают активно.

С одной тонной урожая зерна и соответствующим количеством соломы из почвы выносятся примерно 29 кг азота, 15 кг фосфора, 29 кг калия, 15 кг кальция (А.Ф. Якименко, 1975).

По данным К.Г. Бондаревой (1986) в зависимости от норм минеральных удобрений просо для создания 1 ц зерна расходует в зависимости от сортов в среднем 2,20...3,05 кг азота, 0,65... 0,74 кг фосфора и 2,9 ...3,75 кг калия.

Фосфорное питание проса происходит сравнительно равномерно с первых дней развития проростков до созревания. При этом потребность в фосфоре проявляется уже с самых ранних периодов его вегетации. Недостаток фосфора в начале вегетации замедляет развитие растений и не может быть компенсирован поздним внесением в виде подкормок. В последний период вегетации (налив и формирование зерна) его потребность значительно возрастает. Фосфорное голодание сказывается сильнее всего на снижении урожая. Нормальное фосфорное питание положительно влияет на сокращение перехода от вегетационного роста к генеративному развитию и ускорению процесса формирования семян (Е.И. Ратнер, 1965).

Фосфор положительно влияет на динамику нарастания надземной массы, при этом фосфор воздействует на рост и развитие проса в течение всей вегетации, чем отличается от действия калия и азота. Фосфорное питание

необходимо в течение всего периода развития растений проса (В.Н.Лысов, 1968).

Азотное питание особенно важно в первый период вегетации. Стоит отметить, что на этом этапе развития просо потребляет азотные соединения в несколько раз больше, чем калийные и фосфорные.

Влияние азота на темпы роста и развития зависит от уровня снабжения им растений. В период трубкования – выметывания просо требует больше азота. Повышенное обеспечение азотом в этот период при благоприятных климатических условиях увеличивает урожай почти в 2 раза. В дальнейшем потребность в азоте снижается, а избыток азота ведет к задержке развития генеративной фазы культуры. В заключительный период вегетации (налив - созревание зерна) избыток азота усиливает развитие вегетативной массы, задерживает созревание зерна, тем самым приводит к снижению урожая (Н.С. Авдонин, 1940; А.Ф. Якименко, 1975).

В случае с недостатком азота растения отстают в росте, стебли становятся тонкими и слабо ветвятся, листья преждевременно желтеют, вследствие чего замедляется образование и развитие репродуктивных органов, а также созревание зерна.

При сбалансированном азотном питании развивается мощная вегетативная масса, увеличиваются темпы развития репродуктивных органов, уровень содержания белка в зерне проса повышается, что положительно сказывается на росте урожая (В.М. Ключковский и А.В. Петербургский, 1967).

Влияние калия и его физиологическая роль для роста и развития проса также высока, как азота и фосфора. При достаточном калийном питании просо легче выдерживает кратковременные засухи, так как способно более сильно удерживать воду (Х.С.Спивак 1970).

Для полноценного роста и развития проса большая роль принадлежит магнию и железу, в присутствии которых усиливаются процессы фотосинтеза. Недостаток этих веществ ведёт к замедлению роста и появлению светло-желтых, без хлорофилла листьев (А.А.Корнилов, 1960). Кобальт, молибден, бор,

марганец, цинк, медь увеличивают содержание зеленых пигментов. Благодаря бору и цинку улучшается генеративное развитие, формирование соцветий, качество урожая зерна, особенно в засушливые годы. Недостаток этих веществ вызывает замедление роста, понижает устойчивость растения к различным заболеваниям. Недостаток марганца задерживает усвоение азота и приводит к ослаблению фотосинтетической деятельности (С.Родионова,1930; В.Н. Лысов,1968).

Главная роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур отводится применению минеральных удобрений.

Применение минеральных позволяет увеличить урожайность, повысить плодородие почв, внести изменения в круговорот веществ более значимо, чем те, которые определяются природными процессами. Важно знать не только способности минеральных удобрений, но и грамотно использовать приемы их эффективного применения (В.Г. Минеев, 1993).

За счет макро- и микроэлементов, содержащихся в минеральных удобрениях, культурные растения могут обеспечить более высокий урожай лучше используя почвенно-климатические факторы, энергию солнца, а также физиологические особенности растения (А.В. Петербургский 1979).

Просо - культура высокоотзывчивая на удобрения. Корневая система растений располагается в верхних горизонтах почвы и характеризуется низкой поглотительной способностью. Поэтому для питания проса необходимы легкоусвояемые формы питательных веществ (Ф.М. Гайнуллин,2008)

Минеральные удобрения оказывают на качество урожая положительное влияние. В зерне под влиянием удобрений повышается содержание крахмала, белка, фосфора, при этом возрастает масса 1000 семян, улучшается всхожесть семян и энергия прорастания (В.Н. Лысов, 1968; Э.С. Проберж,1991).

Внесение удобрений способствует увеличению общей и продуктивной кустистости, положительно влияет на темпы развития репродуктивных органов и вегетативной массы (В.С. Сапрыкин, 1997).

Удобрения значительно повышают урожайность проса в любых почвенно-климатических условиях Юго - Востока. Кроме того, под действием удобрений возрастает устойчивость его к засухе и улучшается качество зерна (В.А.Романов,1955)

Положительное влияние удобрений описано и в ранних исследовательских работах. Так в 1938 году на Чкаловской селекционной станции были получены результаты эффективного использования удобрений. На просе Саратовское 853 с широкорядным способом посева при внесении 11 тонн навоза и 4 центнеров золы был получен урожай 17,7 ц/га при 14,9 ц с 1 га на контроле (С.Я. Селезнёв, 1939).

Работы немногочисленных исследователей подтверждают высокую эффективность минеральных удобрений под просо в Саратовском Левобережье (Б.М. Арнольд,1924, 1927; В.А. Романов, 1955,1958,1960; С.Д. Коробков, 1979,1981). Этих экспериментальных данных недостаточно для полного изучения особенностей применения минеральных удобрений под просо. Изучению удобрения проса на каштановых почвах нашего региона уделялось недостаточно внимания. Однако эти материалы четко указывают на положительное влияние минеральных удобрений в формировании высоких урожаев зерна проса.

Из всех видов минеральных удобрений значительно шире изучено влияние фосфорных удобрений. По утверждению А.А. Бловиева и И.Н. Елагина (1980), именно фосфору отводится основная роль среди минеральных удобрений при возделывании проса.

Фосфор позволяет растениям проса более экономному расходованию почвенной влаги, а также лучше и эффективнее использовать малые запасы воды в почве. При этом установлено, что фосфор оказывает положительное действие на устойчивость растений к понижению температуры, особенно в первые периоды вегетации (Е.И. Ратнер, 1958).

По данным Н.С. Авдониной и А.А. Тертичной (1949) рядковое внесение фосфорных удобрений существенно усиливает поглощение растениями проса почвенных запасов фосфора.

По данным В.А. Романова (1955) в опытах НИИ Юго-Востока внесение суперфосфата в дозе 10 кг/га в рядок при посеве способствовало повышению урожайности проса на 1,8 ц/га

Такие же результаты высокого влияния рядкового внесения суперфосфата были подтверждены в работах П.Г. Найдина (1963).

По мнению П.А. Дмитренко (1957) суперфосфат является наиболее действенным из всех минеральных удобрений, используемых под просо.

А.А. Корнилов (1957) отмечает, что использование даже одностороннего фосфорного удобрения на целинных землях обеспечивает стабильный и устойчивый прирост урожая. Так, внесение 2,2 ц суперфосфата под зябь обеспечило получение средней прибавки на Ростовской опытной станции - 2,5 ц/га; на Курской опытной станции - 3,5 ц; на Безенчукской опытной станции - 1,4 ц/га, на Шатиловской селекционной станции - 4,1 ц/га (А.А. Корнилов (1957).

По полученным данным Чкаловской опытной станции Оренбургской области, а также Оренбургским СХИ выявлена значительная отзывчивость растений проса на применение фосфорных удобрений. Так наибольший рост прибавок зерна проса был отмечен на варианте с дробным внесением суперфосфата порошковидного в дозе 0,74 ц/га вразброс под зяблевую вспашку и гранулированного в дозе 0,26 ц/га при посеве. Средняя урожайность зерна проса за 2 года (достаточно влажный - 1964 и острозасушливый - 1965 гг.) повысилась на 8,8 ц/га, тогда как на фоне азотно-калийных всего лишь на 8,6 ц/га (Н.П. Черняхова, Л 1964; 1966)

Использование фосфорных удобрений под культивацию перед посевом, из полученных данных многолетних результатов исследований ВИУА, увеличивало урожайность проса в среднем на 2 - 5 ц/га (А.А. Корнилов, 1960).

По данным В.И. Ваганова (1967) в условиях Новосибирской области среди всех удобрений, применяемых под просо, именно фосфорные оказывают наиболее эффективное влияние на продуктивность данной культуры. Повышение урожайности отмечается в среднем, как при малых дозах внесения, так и в двойных и тройных сочетаниях, на 2,3 - 4,1 ц/га по отношению к контролю.

Результаты опытов на дерново-подзолистых почвах Ивановской области по исследованию воздействия минеральных удобрений (сернокислый аммоний, суперфосфат, хлористый калий) на химический состав зерна и зеленой массы, вынос питательных веществ и урожайность проса отметили преимущественное влияние фосфора. Было установлено, что сернокислый аммоний задерживал созревание и снижал устойчивость растений проса к гербицидам, вследствие чего удобрение слабо влияло на увеличение урожая. Прибавка с внесением хлористого калия составила всего лишь на 0,4 ц/га против 3,8 ц/га на варианте с суперфосфатом. На варианте с полным комплексом удобрений (N40P60R60) и суперфосфата заметно изменялось качество урожая. Так под действием удобрений увеличивалось содержание протеина и жира, и происходило снижение крахмала и клетчатки (Н.И. Оксененко, 1969).

В условиях Поволжья на Камышинской и Волгоградской селекционных станциях на основе многолетних данных установлена высокая эффективность применения в рядки при посеве малых доз фосфорных удобрений. Так применение гранулированного суперфосфата в рядок при посеве в дозе 0,5 ц/га способствовало повышению урожая проса на 1,3–2,6 ц/га (Ильин, 1966).

Прибавки урожая на дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах при внесении суперфосфата под основную обработку в дозах P30 и P45 достигают 2,6–5,0 ц/га. Внесение суперфосфата в рядок при посеве в дозах P10–P15 на черноземах и каштановых почвах повышает урожайность на 2,6–3,6 ц/га по отношению к контролю (Карцева, 1969).

Высокую эффективность рядкового фосфорного удобрения небольшими дозами P10–P20 на каштановых почвах отмечает и С.Д. Коробков (1985). В

начальные фазы роста просо в малых количествах потребляет питательные вещества, однако сразу после всходов остро нуждается в минеральном питании и, особенно, в легко усвояемых формах фосфора. Корневая система у проса в первые дни развивается медленно и поэтому не в состоянии использовать запасы почвенного фосфора. Поэтому гранулированный суперфосфат, вносимый в рядки при посеве, значительно повышал во всех опытах урожай этой культуры. Прибавки урожая от этого приема колеблются в пределах от 2,5 до 3,5 ц/га.

На дерново-подзолистых почвах Нижегородской области, исследовали влияние фосфорных удобрений на просе и гречихе. По результатам проведенных опытов было установлено, что способность проса усваивать фосфор из труднодоступных фосфатов хуже, чем у гречихи. В связи с этим просо проявляет большую отзывчивость на внесение фосфорных удобрений (Т.А. Мартынова, 1976).

Из результатов многолетних исследований установлено, что применение фосфорных удобрений положительно влияет на содержание белка в зерне проса. Однако влияние на этот показатель незначительно. Так внесение суперфосфата под основную обработку или в рядки при посеве повышало содержание протеина лишь на 0,2 – 0,6% (Л.Г. Исаева, 1971; Ш. Бекетов, 1975; С.Д.Коробков, 1985; Н.Г. Халитов, 2006).

Внесение небольших доз гранулированного суперфосфата (8–10 кг/га д.в.) в рядки при посеве повышает урожай в пределах 2,5–3,5 ц/га. Поэтому внесение гранулированного суперфосфата в рядки на каштановых почвах должно быть признано обязательным (В.Д. Панников, В.Г. Минеев, 1987).

По данным Н.Г. Халитова (2006) на южных черноземах Оренбургской области внесение фосфора было наиболее эффективно в засушливый период, когда урожайность увеличивалась на 28–35%. При этом, согласно результатам исследований, суперфосфат уменьшал зависимость урожая от неблагоприятных погодных условий. Однако в благоприятные периоды действие фосфора было менее эффективным, чем азота.

Многолетние данные опытных учреждений, селекционных станций, а также работы многих исследователей свидетельствуют и о высокой эффективности азотных удобрений при возделывании проса.

Влияние азотных удобрений проявляется не только в повышении урожая, но и в положительном влиянии на качество зерна (Д.А. Кореньков, 1965).

По данным В.Н. Васильева, О.Г. Инжечек, Л.Н. Матюшевой (1970) на чернозёме обыкновенном Восточно-Казахстанской области при основном внесении удобрений под зябь основную роль в повышении урожайности проса оказывали азотные удобрения, как при отдельном внесении, так и в парных сочетаниях. В варианте с односторонним внесением азота прибавка урожая составила – 4,8 ц/га. Фосфорные удобрения обеспечивали прибавку в 3,2 ц/га, калийные на 0,8 ц/га. Внесение же полного комплекса минеральных удобрений (NPK) позволило получить урожай на 7,5 ц/га выше, чем в неудобренном варианте.

В Куйбышевской области на черноземе обыкновенном применение аммиачной селитры в дозе N50 под культивацию позволило получить прибавку урожая проса в 1,8 ц/га (В.Г. Елистратова, 1975).

По данным Самарского НИИ при возделывании проса на выщелоченном чернозёме культура лучше всего реагирует на азотное удобрение, потом на фосфорное и калийное. При одностороннем внесении азотные удобрения повышали урожай зерна на 2,6 ц/га, тогда как совместное внесение фосфора и калия лишь на 1,2 ц/га. Полный комплекс минеральных удобрений (NPK) позволял получить наивысшую прибавку – 5,0 ц с 1 га (И.Н. Елагин, 1981).

Азотные удобрения способствуют более усиленному накоплению каротина и белковых соединений в растении проса (А.П. Попова, 1976).

По данным Д.И.Калашника (1978) применение внекорневой подкормки азотными удобрениями способствует увеличению содержания сырого протеина в зерне проса от 0,57% до 0,77%.

По результатам исследований А.Б. Буктыбаевой (1980), С.Д. Коробкова (1985) применение азотных удобрений осенью под зяблевую вспашку или рано

весной под культивацию способствует увеличению содержания протеина в среднем на 0,86%.

В Оренбургской области на черноземе обыкновенном применение азотных удобрений оказывало положительное влияние на содержание белка в зерне проса. Так содержание белка увеличивалось на 0,3–2,9%, в то время как фосфорные удобрения при одностороннем внесении снижали белковость зерна в зависимости от доз внесения удобрений на 0,6–1,8% (А.В. Ряховский, В.Н. Варавва, 2005).

По результатам исследований Н.Г. Халитова (2006) на южных черноземах Оренбургской области внесенная осенью под вспашку мочевины в дозах N30-N90 способствовала не только повышению урожайности на 2,3-2,4 ц/га, но и увеличивала содержание белка в зерне на 0,2-2,8% соответственно.

В Экспериментальном хозяйстве ФГНУ «НИИСХ Юго-Востока РАСХН» на черноземе южном при высоком содержании подвижного фосфора наиболее эффективно внесение азотного удобрения в дозе N40. Максимальная урожайность проса в среднем за 3 года (2008-2010) составила 20,4 ц/га, тогда как на контроле получено 16,5 ц/га. При этом установлено, что в вариантах с низким содержанием подвижного фосфора эффективность азотных удобрений падает: прибавка 0,4 ц/га к контролю (М.П. Чуб, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова, Д.Ю. Журавлев, Г.Н. Попов, 2012).

Такие же результаты о высокой эффективности азотных удобрений подтверждаются в работах К.В. Корсакова, Н.И. Стрижкова, В.В. Пронько (2013). На черноземе южном в условиях ФГНУ НИИСХ Юго-Востока применение аммиачной селитры под основную обработку в дозе N40 способствовало получению урожая проса в среднем за 3 года (2009–2011) – 12,4 ц/га. Урожайность на контроле равнялась 8,5 ц с 1 га.

Однако в литературе встречаются и данные относительно отрицательного воздействия азотных удобрений на урожайность проса. По результатам более ранних авторов (Б.А. Вакар, 1929, Б.М. Арнольд, 1931, Ю. Григорович, 1933)

положительное влияние азота на урожай проса было незначительным, а в некоторые годы исследований отрицательным.

Применение же калийных удобрений на каштановых почвах признано неэффективным, а в некоторых случаях даже отрицательным. Так внесение калийного удобрения на Краснокутской селекционной станции по данным С.Д. Коробкова (1985) в сочетании с азотно-фосфорными в дозе N30P40K40 снижало урожайность проса на 0,2 ц/га по отношению к варианту N30P40.

Калийные удобрения целесообразно применять под просо лишь на легких песчаных почвах с низким содержанием обменного калия (Шестакова А.Г., 1954).

При совместном использовании азотно-фосфорных удобрений их эффективность значительно возрастает. В среднем за пять лет исследований на Волгоградской опытной станции применение азотно-фосфорных удобрений под просо позволило получить прибавку 4,2 ц/га, тогда как при одностороннем внесении азота прибавка составила – 2,6 ц с 1 га (М.Л. Мухтаров, К.М. Филиппова, 1982).

По результатам исследований А.Б. Буктыкбаевой (1980) на темно-каштановой суглинистой почве действие удобрений на физиологические показатели проявлялось уже с фазы кущения. Так растения проса имели более интенсивное окрашивание листьев, отличались по высоте. Полный комплекс минеральных удобрений (N45P45K30) способствовал более раннему на 3–7 дней созреванию по отношению к контролю. Тогда как одностороннее применение азотных удобрений удлиняло вегетационный период на 4-6 дней в сравнении с контролем. Внесение удобрений положительно сказывалось на качестве зерна. Увеличивалась масса 1000 семян, повышался выход пшена. Удобрения в дозе N45P45K30 способствовали уменьшению пленчатости зерна на 1,6% и увеличивали содержание белка на 2,1% по отношению к контролю.

В условиях сухостепной зоны Актюбинской области при возделывании проса эффективно применение полного комплекса минеральных удобрений. Так в варианте N60P60K30 получена прибавка 2,4 ц с 1 га (Ш. Бекетов, 1978).

Внесение полного комплекса NPK на черноземе обыкновенном в Восточно-Казахстанской области под зяблевую вспашку позволило получить прибавку 7,5 ц с 1 га (В.Н. Васильев, О.Г. Инжечек, Л.Н. Матюшевская, 1970).

Двойные сочетания минеральных удобрений в условиях Орловской области способствовали получению прибавки урожая зерна проса в 1,6–3,4 ц/га больше по сравнению с односторонним внесением фосфора P10 в рядки при посеве (Гнетиева, 1971).

На Липецкой селекционной станции на слабовыщелоченном черноземе в опыте по определению оптимальных доз и сроков внесения минеральных удобрений под просо получены следующие результаты. Урожайность на контроле в среднем за 3 года составила 12 ц/га. Применение удобрений под основную обработку в дозе P50 увеличивало урожай до 12,9 ц/га, а в парном сочетании N17P50 до 13,3 ц/га. При внесении под культивацию на варианте P50 урожайность составила 12,8 ц и 13,1 ц/га на варианте N17P50. Максимальная же прибавка получена на варианте P50 при посеве – 13,7 ц/га (Сороченков, 1966).

По данным Исаевой Л.Г. (1971) в условиях Орловской области на темно-серых почвах при исследовании сложных удобрений более эффективным был признан диаммофос, увеличивший урожай проса на 4,2 ц/га или на 17%. Эффективна также азотно - серно - кислотная нитрофоска, повысившая урожай зерна проса на 3,1 ц/га (12,8%). Применение диаммонитрофоски, аммофоса и гранулированного суперфосфата оказалось менее эффективно.

При внесении полного минерального удобрения в дозе N60P60K60 на черноземах обыкновенных средневыщелоченных Молдавии урожай проса составил 10,7 ц/га, при N40P40 – 6,6 ц с 1 га. При одностороннем внесении N40 была получена прибавка 3,8 ц/га (Н.Ф. Козырь, 1976).

По данным Днепропетровского СХИ применение полного комплекса минеральных удобрений в дозе N45P60K45 позволило получить 29,7 ц/га, а доза P60K45 обеспечила урожай в 28,3 ц/га. Внесение в рядки при посеве P10 –

27 ц/га и P20 – 27,1 ц/га, тогда как урожай на контроле составил 23,7 ц/га (П.М. Демиденко, С.Б. Лебедь, 1975).

По данным С.Д. Коробкова (1985) изучавшего влияние минеральных удобрений на величину и качество урожая проса на каштановых почвах Краснокутской селекционно-опытной станции Саратовского Левобережья целесообразно применять азотно-фосфорное удобрение. Наиболее агрономически эффективно и экономически оправдано внесение удобрений на уровне N60P60. Увеличение дозы азота или фосфора на 10-20 кг/га хотя и несколько повышает урожай, однако сопровождается увеличением материальных затрат. Работы автора показали, что при благоприятных погодных условиях оптимальные дозы минеральных удобрений повышают урожай на 5,2-7,7 ц/га по отношению к контролю. Под влиянием азотно-фосфорных удобрений улучшается фотосинтетическая деятельность растений, способствующая увеличению продуктивности культуры. Также результаты С.Д. Коробкова показали, что применение удобрений способствовало повышению выхода пшеницы в опыте на 0,4–2,5%, увеличению массы 1000 зерен на 0,10– 0,30 г. и натурности – на 6,0–12,1 г.

В Курском СХИ при возделывании проса на темно-серой лесной почве с низким содержанием нитратного азота, средней - фосфора и калия проводились опыты по определению оптимальных норм удобрений. По результатам исследований вариант N90P60K30 был признан оптимальным. Прибавка на варианте составила в среднем 6,2 ц/га по отношению к контролю (14,9 ц/га). Дальнейшее повышение дозы азота на фоне фосфорно-калийном не приводило к достоверной прибавке урожая (К.Г.Бондарева, 1986).

По данным Р.Г. Ихсанова, С.Г. Гиззатуллина (1977) совместное применение двойного суперфосфата и мочевины по 10 кг/га на типичном черноземе Башкирской АССР способствовало увеличению урожайности зерна проса на 2,2 ц/га. При повышении доз до 15 кг/га прибавка урожая зерна составила 3,9 ц/га. Дальнейшее увеличение до 20 кг/га не влияло на достоверность прибавки - 4,0 ц/га.

Использование полного комплекса минерального удобрения NPK является наиболее действенным приемом в улучшении качества зерна проса. Так применение азотно-фосфорных удобрений способствует увеличению содержания протеина в пределах от 0,6 до 1,3% (Р.Г. Ихсанов, 1977, С.Д. Коробков, 1981, М.М. Надточий, 1987). А использование полного комплекса минерального удобрения обеспечивало повышение содержания протеина от 0,6 до 2,1% (А.Б. Буктыбаева, 1980, В.И.Елисеев, 1988).

По данным С.В. Куликова и Н.А. Воронковой (2004) в условиях южной лесостепи Западной Сибири на черноземной почве внесение азотно-фосфорных удобрений положительно сказывается на продуктивности проса. Так урожайность на контроле в среднем за 3 года составила 23,6 ц/га. На почве с низким содержанием подвижного фосфора в почве азотно-фосфорные удобрения в дозе N60P60 повышали урожайность до 29,9ц/га, а на почве с высоким содержанием подвижного фосфора до 32,3 ц/га соответственно. Установлено, что просо хорошо отзывалось и на одностороннее внесение азота. Так на варианте N30 прибавка зерна составила 3,2 ц/га, а на варианте N60 4,6 ц/га по сравнению с контролем. При этом азот более значимо влиял на содержание белка в зерне проса, увеличивая его в зависимости от доз в среднем на 1,8 – 2,2%.

В Оренбургской области при изучении воздействия минеральных удобрений на продуктивность проса были получены следующие результаты. Фосфорные удобрения в засушливых условиях более эффективно влияли на урожай зерна, чем в благоприятные годы. Так прибавки урожая при недостаточной увлажненности в вариантах P30 и P60 составили 5,2 - 6,0 ц/га, а во влажные годы 2,4 – 2,3 ц с 1 га соответственно. Эффективность от совместного внесения азотных и фосфорных удобрений оказалась значительнее. В засушливый год максимальная урожайность была получена в варианте N30P90 – 25,8 ц/га (прибавка по отношению к контролю – 37%). Более эффективным в благоприятные годы был признан вариант N60P90, способствующий получению 31 ц/га (А.В. Ряховский, В.Н. Варавва, 2005).

По данным Н.Г. Халитова (2006) именно совместное действие азотно-фосфорного удобрения позволяло получить максимальные результаты. Так в варианте N60P60 урожайность проса составила 29,2 ц/га, тогда как при отдельном внесении 22,3 и 20,9 ц/га соответственно

По данным А.Е. Кальяскаровой (2006) в зоне Северного Казахстана на черноземе обыкновенном применение удобрений в значительной степени оказало влияние на продуктивность проса. В среднем за годы исследований при использовании парных удобрений наибольшая прибавка к контролю получена в варианте без калия, а наименьшая – без фосфора. Внесение азотно-фосфорных удобрений по 30 кг/га д.в. увеличивало урожайность зеленой массы на 2,7 т/га или на 28,5 %. Наибольшая урожайность вегетативной массы сформировалась при использовании N60P60K40, что на 42 % больше контроля.

Полное минеральное питание оказывает положительное влияние на биометрические показатели проса. Так по результатам А.В. Соловьева (2006), проводившим исследования в северо-западной части Волгоградской области, внесение минеральных удобрений в дозе N47P30K43 способствовало увеличению количества продуктивных стеблей до 154шт/м² против 140 на контроле. Длина метелки возрастала с 19 до 24 см, число зерен в метелке - с 234 до 332 шт, а масса зерна с растения – с 1,65 до 2,44 г. Увеличивалась масса 1000 зерен – от 6,6 до 6,8г. При увеличении норм NPK данные показатели возрастали. Так в варианте N60P88K143 число зерен в метелке достигало 528 шт.

Данные результаты находят подтверждение и в исследованиях Р.Х. Абдрашитова и В.И. Елисеева (2006). На черноземе обыкновенном Оренбургской области применение азотно-фосфорных удобрений в дозе N60P60K60 число продуктивных стеблей увеличилось до 163,5 шт/м² против 134 на контроле. Средняя высота растения увеличилась с 64,9 до 84,5см. Положительно повлияли внесенные удобрения и на массу зерна в метелке и процент выхода зерна в снопе. Так в вариантах N30P30K30 и N30P30K60 выход зерна увеличился по сравнению с контролем соответственно на 1,8% и 3,2%.

Улучшение данных биометрических показателей положительно отразилось на урожайности проса. Прибавка урожая зерна проса в варианте N30P30 в разные годы колебалась от 3,1 до 9,7 ц с 1 га (или от 19,4 до 55,4% к контролю). Внесение различных доз калия на фоне N30P30 не оказало заметного влияния на урожайность проса. В благоприятные годы наибольшая урожайность проса получена в варианте N60P60. В среднем за годы исследований урожайность проса составила в этом варианте 24,1 ц с 1 га (прибавка 37 % по отношению к контролю).

По данным Горского ГАУ на дерново-глиево-оподзоленной почве в вариантах с полным комплексом удобрений N90P90K90 и N180P180K180 получена прибавка урожая проса 1,2 и 8,5 ц/га соответственно при средней урожайности в контроле 17,6 ц/га. Повышение урожая происходило за счет положительного влияния минеральных удобрений на все элементы структуры урожая. Так увеличивалась масса метелки (на 0,7–1,4 г), масса зерна с одной метелки (на 0,9–8,3г), масса 1000 зерен (на 1,1–3,5г), выход зерна (на 3,2–30,6%). Внесенные удобрения увеличивали и урожай зеленой массы с 29,6 т/га на контроле до 61,7 на варианте N180P180K180 (С.Х. Дзанагов, Т.Б. Хадикова, Т.Д. Асаева, 2008)

В экспериментальном хозяйстве НИИСХ Юго-Востока на черноземе южном применение азотно-фосфорных удобрений в дозе N40P40 под просо Саратовское 10 способствовало получению урожая 22,2 ц/га при среднем значении на контроле 20,9 ц/га (Т.М. Ярошенко, Д.Ю. Журавлев, В.В. Пронько, Н.Ф. Климова, Н.И. Никонорова, 2009).

Согласно результатам С.А.Гужвина (2012) на черноземах южных Ростовской области применение полного минерального удобрения (N40P40K40) в среднем за 3 года повышало урожайность на 4,4 ц/га. При увеличении дозы азота в 2 раза N80P40K40 и фосфора (N40P80K40) урожайность увеличивалась на 5,9 и 7,2 ц/га соответственно.

В лесостепи Среднего Поволжья на черноземе выщелоченном в опытах при изучении влияния агротехнических приемов на повышение

продуктивности проса более эффективным признано использование минеральных удобрений. Средняя урожайность в варианте N90P60K60 составила 24,7 ц/га, тогда как в контрольном варианте – 16,7 ц/га. (И.Н. Зеленин, А.А. Смирнов, 2012).

По данным А.В. Волковой (2013) в Самарской области на черноземе обыкновенном улучшение минерального питания положительно влияло на формирование ассимиляционной поверхности растений проса. Так в контроле ассимиляционная поверхность листьев одного растения в фазу выметывания составила 135,9 см², а в расчетном варианте для получения урожая зерна 30 ц/га (в 2005г. – N33, 2006г. – N20, 2007 г – N55P5. 2008 г. – N36) этот показатель равнялся 150,7 см², оказавший непосредственное влияние на повышение продуктивности проса.

Согласно данным С.П. Полторецкого и В.П. Карпенко (2014) проводившим исследования на опытных полях Уманьского национального университета внесением полного комплекса минерального удобрения в дозе N45P45K45 под просо Полтавское Золотистое на черноземе оподзоленном при узкорядном посеве позволило получить урожайность 37,1 ц/га. Урожайность на контроле составила 29,9 ц/га. Эффективность при одностороннее внесении удобрений оказалась менее значимой – на варианте N45 урожайность составила 31,6 ц/га, на варианте P45 – 30,1ц/га.

На опытных участках института растениеводства имени В.Я. Юрьева НААН Украины при возделывании проса сорта Витрыло при рядовом способе посева после сои была получена урожайность 26,9 ц/га. Применение минерального удобрения в дозе N30P30K30 и N60P60K60 способствовало повышению урожайности на 5,1 и 8,6 ц/га соответственно(А.В. Беленихина,2014).

Определяющая роль качественного и положительного влияния удобрений на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур - это правильная разработка системы применения удобрений. Важно учитывать практически каждый фактор: формы удобрений, климатические условия, типы почв,

содержание доступных форм питательных элементов в почве, особенности поступления питательных веществ в растения. Важно подобрать оптимальные дозы внесения и их сочетания.

Выбор оптимальных доз является основным приемом эффективного применения минеральных удобрений (Д.Н.Прянишников,1945, П.Г.Найдин,1963, А.И. Кириенко, 1977, Н.Ф.Орлова,1981, Э.С. Проберж,1991, О.В.Глиева,2015).

При оптимальном режиме питания у растений проса значительно повышается фотосинтетическая активность хлоропластов и меньше расходуется продуктов ассимиляции на фотореспирацию и транспирацию воды. Благодаря этому более продуктивно используется световая энергия, увеличивается накопление биомассы и повышается урожайность. (И.Н.Елагин,1985).

Оптимальные дозы минеральных удобрений повышают не только продуктивность, но и содержание белка в зерне, выход крупы, а также уменьшают пленчатость (А.Б.Буктыбаева,1980).

Известно, что просо хорошо использует последствие минеральных и органических удобрений. Так в опытах Поволжского НИИСС навоз, внесенный в дозе 30 т/га в чистом пару, в седьмой год своего последствия обеспечил прибавку урожая зерна проса - 1,8 ц/га при урожае без удобрений – 19,6 ц/га. Первый год последствия минеральных удобрений (N90P76K30), внесенных под яровую пшеницу, обусловил прибавку урожая зерна проса 2,8 ц/га. Наиболее эффективным было сочетание последствия навоза и минеральных удобрений, общая прибавка урожая зерна проса в этом варианте составила 3,3 ц/га. (Ф.М. Гайнуллин,2008).

Установлено, что с повышением дозы фосфорных удобрений повышается длительность последствия и его влияние на урожайность проса. Стоит отметить, что последствие в системе удобрений особенно велико на просе. Важно это учитывать при составлении севооборота и стараться

размещать просо после культур, идущих по удобренному пару (А.Ф. Якименко, 1975).

Использование минеральных удобрений под просо – решающий фактор не только в повышении урожайности, но и в улучшении качества зерна проса. При этом необходимо учитывать, что минеральные удобрения, положительно влияя на рост и развитие проса, изменяют соотношение зерна и соломы в урожае. Так азотные удобрения в завышенных дозах часто повышают урожай соломы сильнее, чем урожай зерна. Следовательно, применение высоких доз азота может привести к неоптимальному расходу элементов питания почвы и используемых удобрений, что неминуемо скажется на снижении продуктивности и может напрягать экологическую безопасность.

В связи с этим важно разработать для проса «правильную» систему оптимизации минерального питания, основанную на определении оптимальных доз и сочетаний удобрений, которые обеспечат максимальную продуктивность проса с хорошим качеством продукции.

Вопросами повышения продуктивности проса за счет морфологических особенностей культуры, агротехнических приемов, а также интенсивной технологии возделывания в Саратовской области занимались многие исследователи (Б.М. Арнольд, 1929, В.А. Романов, 1955, 1958, 1960, Б.В. Егоров, 1969, 1972, В.Ф. Кульков, 1976, В.В. Пронько, 1980, 1986, В.А. Назаров 1997, Г.И. Шестеркин, 2005, Л.П. Шевцова 2005, 2007, Е.А. Нарушева, 2007, А.Н. Данилов, 2010).

Однако работ по изучению эффективности минеральных удобрений под просо на светло-каштановой почве нами не обнаружено.

В тоже время, по данным имеющимся в литературном обзоре по оптимизации минерального питания проса, можно сделать вывод о высокой эффективности минеральных удобрений на продуктивности и качестве зерна данной культуры.

Однако эта роль и эффективность минеральных удобрений в настоящее время недостаточно изучена, не определены оптимальные нормы и

соотношения минеральных удобрений при возделывании проса на светло-каштановых почвах Саратовского Левобережья. Не установлены индексы обеспеченности почвы азотом и фосфором, способствующие получению высокого и качественного урожая зерна проса. Не определены зональные показатели оптимального содержания в почве доступных форм питательных элементов для определенных величин урожайности.

Глава 2. Методика исследований и условия проведения опытов

2.1. Методика проведения опытов

Для решения поставленных задач был проведен полевой опыт в условиях крестьянско-фермерского хозяйства «Седов» Озинского района юго-восточной зоны Саратовского Левобережья

Объекты исследований: просо сорт Саратовское 10 селекции НИИСХ Юго-Востока, почва светло-каштановая тяжелосуглинистая.

Изучение влияния минеральных удобрений на продуктивность проса проводили в полевом опыте в пятипольном зернопаропропашном севообороте: - пар - яровая пшеница - просо - подсолнечник - ячмень. Опыт включал 15 вариантов и выполнен в трехкратной повторности. Размещение повторений – сплошное, делянок – систематическое. Площадь каждой делянки – 120м², учетной – 100 м².

Схема опыта

1.контроль, 2.N30, 3. N60, 4.P30, 5.P60, 6. N30P30, 7.N30P60, 8.N60P30, 9.N60P60, 10.N90P60, 11.N60P60K30, 12.Расчетный вариант на урожайность 2,5 т/га, 13.P10 в рядок при посеве, 14.P20 в рядок при посеве, 15.P30 в рядок при посеве

В расчётном варианте дозы удобрений были следующие: 2011г. – N57P46, 2012 г. – N53P52, 2013 г. – N55P43.

При проведении опытов использовались следующие виды минеральных удобрений: аммиачная селитра (34% д.в.), суперфосфат гранулированный (26% д.в.), хлористый калий (60% д.в.), аммофос (10:42).

Согласно схеме опыта внесение удобрений проводилось под основную отвальную обработку - ручную и в рядок при посеве - сеялкой СЗП-3,6

Агротехника возделывания общепринятая для данной микрзоны Саратовской области. Основная обработка почвы - отвальная на глубину 25-27 см. Обработка почвы проводилась плугом ПЛН - 4-35, агрегатируемым с ДТ - 75 М, ранневесеннее боронование зубowymi бороны ЗБСС - 1,0. Две предпосевные культивации: первая на глубину 6–8 см., вторая на глубину 4–6

см. культиватором КПС - 4,0. Посев осуществлялся сеялкой СЗП-3,6 рядовым способом с междурядьями 15 см, норма высева составляла 3,2 млн. всхожих семян на 1 га; глубина заделки семян 4-6 см. После посева прикатывание кольчатыми катками ЗККШ - 6. Учет урожая сплошной поделяночный.

В ходе полевого опыта были проведены следующие исследования и наблюдения.

1. Фенологические наблюдения: дата посева, уборки, полные всходы, кущение, трубкование, выметывание метёлки, цветение, полная спелость (по всем вариантам).

Наблюдения за ростом и развитием растений проводили в двух несмежных повторениях методом глазомерной оценки. За начало наступления той или иной фазы принималось вступление в неё 15% растений на делянке. Полная фаза - при ее наличии у 75% растений.

2. Определение содержания доступных форм питательных элементов в почве проводилось во всех вариантах. Образцы почвы отбирались в двух несмежных повторностях в десяти точках в слое 0-30 см. Определение содержания нитратного азота проводилось по Грандваль–Ляжу колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой, подвижные соединения фосфора и калия по методу Мачигина согласно ГОСТ 26205-9.

3. Для анализа на химический состав растений использовали пробы, взятые при определении сухого вещества. Анализировали в двух параллельных навесках. Сжигание производили по методу Гинзбург в модификации Щегловой. После озоления в образцах определяли общий азот (с отгонкой по Кьельдалю), общий фосфор (по Труогу – Мейеру) и валовой калий на пламенном фотометре (Минеев, 2001).

4. Учет урожая сплошной поделяночный с приведением к 14% влажности и 100% чистоте.

5. Анализ структуры урожая и продуктивности растений – по методике Госсортсети (1971).

б. Определялось качество зерна: масса 1000 семян – по ГОСТ - 12042-80, «сырого» протеина путём перемножения показателя общего азота на коэффициент 6,25, содержание крахмала – по ГОСТ 0845-76, содержание жира – методом обезжиренного остатка по А.Н. Лебеядцеву и С.В. Рушковскому (1957).

2.2. Почвенно-климатические и погодные условия

Территория района расположения хозяйства представляет собой холмисто-увалистую с незначительным количеством микропонижений и повышений (бугорков, лиманов и т.д.) Относительная высота холмов и увалов 50–100м. склоны пологие ($2 - 4^0$).

Площадь сельскохозяйственных угодий хозяйства составляет 11921 га, из них 6918 га пашни. Под возделывание просо ежегодно отводится 150–200 га.

Почвы хозяйства представлены светло-каштановыми карбонатными. Почвообразующие породы глинистые и тяжелосуглинистые характеризующиеся плохими водно-физическими свойствами. Почва имеет небольшую мощность гумусового слоя (26-30 см). Горизонт А (14–16 см.) светло-коричневый, чешуйчато-слоеватый непрочной структуры. Подгоризонт В1 серовато-бурый, уплотненный.

Каштановые почвы Саратовского Заволжья описаны в трудах Антипова-Каратаева Н.И. и Саввинова Н.И.(1937), Усова Н.И. (1948), Антипова-Каратаева И.Н. и Филипповой В.Н. (1937), Узуна В.Ф., Бунтякова С.И., Чуб М.П. (1966). Было установлено, что в Заволжье Саратовской области каштановые почвы занимают 54,3% от всей площади, в том числе светло-каштановые – 15,8%, или 862 тыс. га (Усов Н.И.,1948).

Характерными чертами морфологии светло-каштановых почв является возрастающая с глубиной плотность генетических горизонтов, что существенно ухудшает их физические свойства, в частности, воздухо- и водопроницаемость.

По гранулометрическому составу эти почвы характеризуются высоким содержанием физической глины (частиц менее 0,01 мм) – 57–70 %, в том числе до 32% ила (Усов Н.И. 1948).

По данным многочисленных почвенных обследований установлено, что мощность гумусового горизонта А составляет для светло-каштановых почв в среднем 27 см, глубина залегания горизонтов В и ВС – от 27 до 85 см. Горизонт С (материнская порода) начинается с глубины 85 см.

Наибольшее количество гумуса находится в горизонте А – от 2,29 до 2,76 %. С глубиной его содержание снижается (Булычева В.Е., 1946).

Почвы карбонатные, начинают вскипать от соляной кислоты с глубины 41-43 см. Максимальное скопление карбонатов начинается с глубины 48 см и простирается до 85 см. Повышенное содержание хлоридов и сульфатов наблюдается с глубины 65-70 см.

Перед закладкой опыта были сделаны почвенные разрезы для характеристики почвы на опытных участках.

А – пахотный 0-27 см. Темно-серый, уплотненный, в сухом состоянии глыбисто-комковатый, тяжелый суглинок. Переход к горизонту В₁ постепенный по цвету и плотности.

В₁–28-46 см. Коричневато-серый, плотный, пылевато-комковатой, трещиноватый суглинок, вскипает от HCl с 30 см, переход к горизонту В₂ заметный по цвету и плотности.

В₂ - 46-50 см. Светло-коричневый, местами серовато-коричневый, плотноватый, комковато-ореховатый суглинок. Переход в горизонт ВС заметный по цвету и плотности.

ВС - 50-70 см. Серовато-палевый с затеками гумуса, пестро окрашенный карбонатами, с 50 см отмечается белоглазка; плотный, комковато-чешуйчато-призматический, увлажненный суглинок. Переход в горизонт С постепенный по цвету и плотности.

С₁ - 70-98 см. Палевый, пестро окрашенный карбонатами в виде белоглазки, в основном неоформленных пятен, уплотненный, более влажный, чем предыдущий, бесструктурный. Переход в горизонт С₂ заметный по цвету и плотности.

C₂- 98-135см. Палевокоричневатый, свежий, бесструктурный лессовидный суглинок, белоглазка отсутствует.

Содержание гумуса в пахотном слое почвы опытных участков составляет 2,34 - 2,38 %, нитратного азота к посеву 10,3 - 11,6 мг/кг, подвижного фосфора 14,1 - 13,3- 14,3 мг/кг и обменного калия 355 - 368 мг/кг, рН_{сол.}-7,3-7,5.

Таким образом, почва характеризуется низким содержанием нитратного азота и подвижного фосфора и высоким обменного калия.

КФХ «Седова А.В.» расположено в жарком, не достаточно увлажненном районе Саратовской области. Климат Юго-востока Саратовского Левобережья континентальный. Характерными особенностями данного климата является холодная зима, кратковременная засушливая весна, жаркое лето, в течение года преобладают малооблачные и ясные дни.

Температурный и водный режимы, имеющие решающее значение для всех сельскохозяйственных культур складываются следующим образом (таблицы 1 и 2, рисунки 1 и 2).

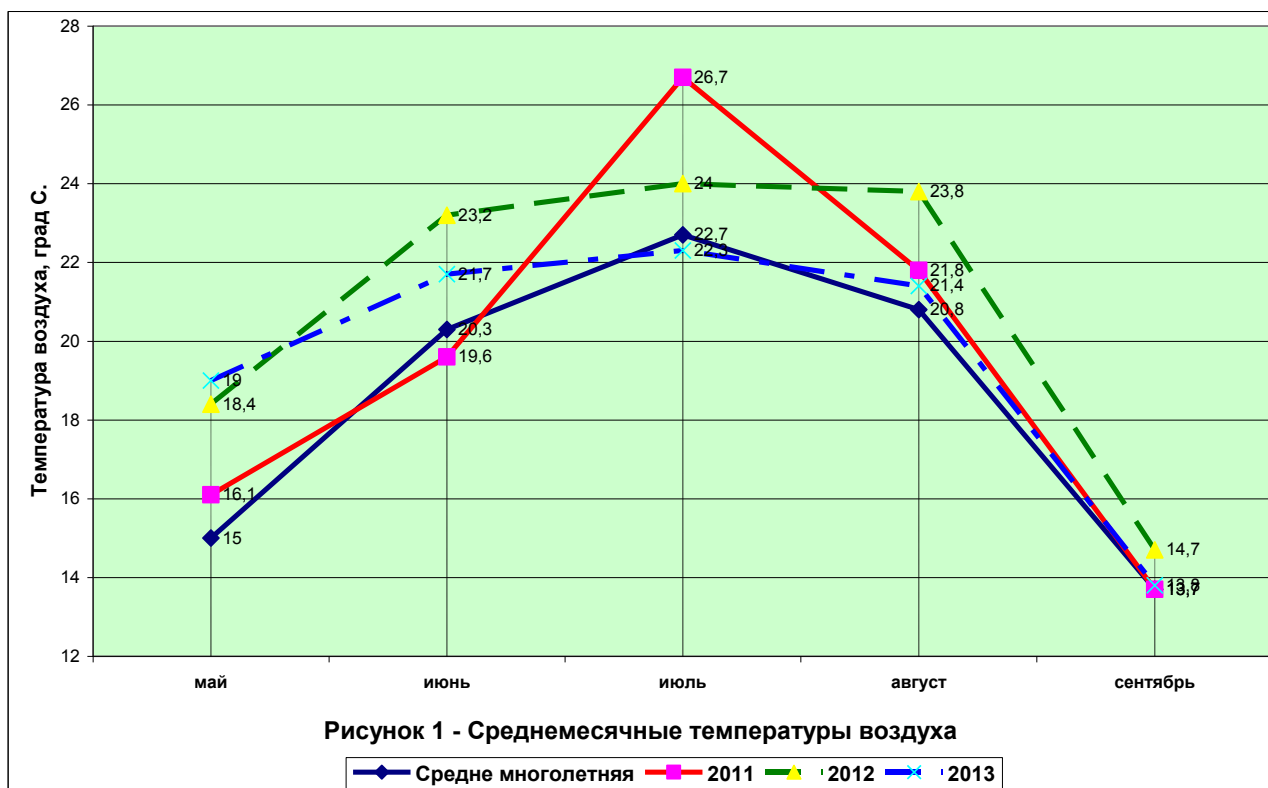
Таблица 1 – Среднемесячная температура воздуха, С⁰.

Годы/ месяцы	май	июнь	июль	август	сентябрь
Средне многолетняя	15	20,3	22,7	20,8	13,7
2011	16,1	19,6	26,7	21,8	13,7
2012	18,4	23,2	24	23,8	14,7
2013	19,0	21,7	22,3	21,4	13,8

Самые холодные месяцы январь и февраль, самые жаркие - июнь - август. Летом максимальные температуры в отдельные дни достигают 35°С и опускаются зимой до – 30 °С.

Средние суммы температур воздуха выше 10 °С составляют 3000-3100 °С. Последние весенние заморозки в отдельные годы наблюдаются в конце апреля - начале мая, а первые заморозки осенью в начале октября. Продолжительность безморозного периода составляет 160-170 дней. Зимой

ежегодно отмечаются оттепели, особенно нередки они в декабре. За зимний период насчитывается 10-20 дней с оттепелью. В отдельные дни температура может достигать $+2-6^{\circ}\text{C}$, что приводит к сильному снеготаянию.



Среднее годовое количество осадков 300 - 320 мм. В годовом ходе наибольшее количество осадков выпадает в теплый период с апреля по сентябрь, а остальные приходятся на холодный период с октября по март. Летом в особо засушливые годы возможны длительные периоды без выпадения осадков.

Кроме того, в летний период наблюдается минимальная абсолютная влажность воздуха и суховеи. Число дней с суховеями различной интенсивности в среднем колеблется от 25 до 40 дней. Вследствие чего происходит большее количество испарения осадков.

Наибольшее накопление влаги в почве происходит осенью, так как в это время наблюдается низкая температура воздуха, высокая абсолютная влажность его и равномерный характер выпадения осадков.

Большое значение для возделывания сельскохозяйственных культур в зонах с недостаточным увлажнением имеет высота снежного покрова. Он является дополнительным источником накопления влаги в почве при таянии, защищает от вымерзания озимые культуры и многолетние травы, а также предохраняет почву от глубокого промерзания. Так средние запасы воды в слое снега высотой 15 - 20 см составляют около 64 мм. постоянный снежный покров устанавливается в третьей декаде декабря, а разрушается в первой декаде апреля.

Таблица 2 – Сумма выпавших осадков, мм.

Годы/месяцы	май	июнь	июль	август	сентябрь
Средне многолетнее	28	32	37	28	25
2011	28,1	23,8	41,9	12	13,4
2012	20,2	30,7	42,8	20,4	10,2
2013	26,2	11,3	66,4	50,7	50,8

Снежный покров невысокий, в среднем 10-15 см. Наибольшая высота снежного покрова наблюдается в феврале и может достигать 30 - 35. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова составляет 120-125 дней.

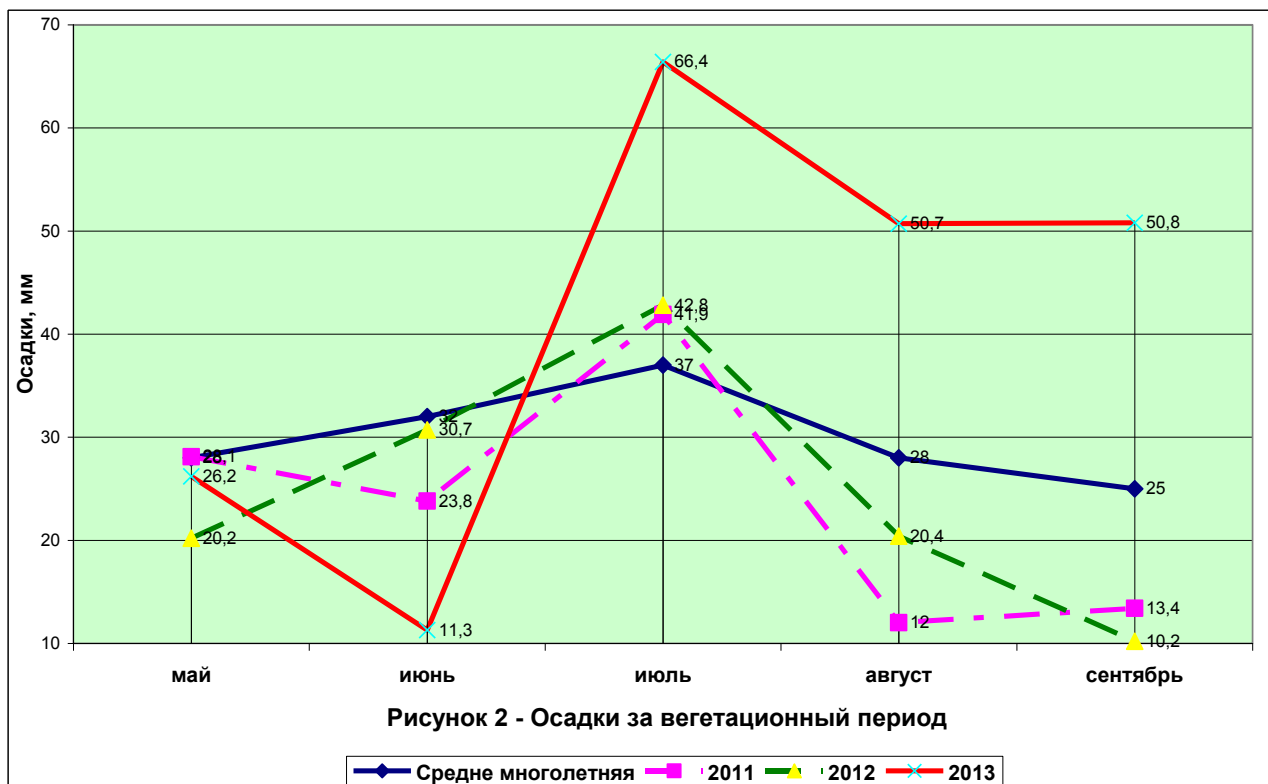
В годы проведения опытов погодные условия 2011 года характеризовались достаточно равномерным выпадением осадков. В третьей декаде мая к моменту посева проса количество осадков составило 27 мм, что благоприятно повлияло на прорастание семян. В период кущение – цветение увлажнение было достаточным (июнь–23,8мм, июль-41,9), что положительно сказалось на формировании урожая.

Температура воздуха за 2011 год была на уровне среднемноголетней, однако в июле значительно превышала этот показатель на 4,0 °С. Величина ГТК за вегетационный период проса составила 0,40.

Погодные условия за 2012 год сложились следующим образом. Практически в течение всего периода вегетации просо было достаточно

обеспеченно влагой. В межфазу трубкование- выметывание метелок количество выпавших осадков было в пределах нормы.

Температура воздуха в период развития культуры, особенно в летние месяцы, была достаточно ровной, но ниже среднеголетних значений. Коэффициент ГТК за вегетационный период составил 0,39, что указывает на недостаточное увлажнение. Однако и в августе осадков было только 12 мм при многолетнем значении 28 мм.



Наиболее благоприятные условия для развития проса сложились в 2013 году. В третьей декаде мая к моменту посева проса выпало 26,2 мм осадков, что благоприятно сказалось на дружности и равномерности всходов. За этим последовал период июньской засухи, замедливший развитие растений проса - выпало всего 11,3 мм осадков. Однако затем в период выметывание - образование зерна высокое количество осадков (66,4 мм) способствовало нормальному завершению вегетации. Общее же количество осадков за период вегетации составило 205 мм, а показатель ГТК отмечен как самый высокий за 3 года исследований – 0,68.

Достаточно ровный температурный режим в летние месяцы был незначительно выше средне многолетних данных.

ГЛАВА 3. Влияние удобрений на продуктивность проса

3.1. Влияние удобрений на рост и развитие растений

Для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо учитывать особенности роста и развития растений, как под влиянием климатических условий, сортовых особенностей культур, агротехнических приемов, так и под действием внесенных удобрений. Так, по данным многочисленных исследований применение азотных удобрений, как правило, удлиняет межфазные периоды растений, тем самым, замедляя их развитие. Фосфорные удобрения же в большинстве случаев сокращают вегетационный период растений.

Результаты наших исследований показали, что внесенные удобрения изменяли продолжительность вегетации проса (таблица 3, рисунок 3, приложения 1,2,3).

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на продолжительность вегетации проса (среднее за 2011–2013 гг.)

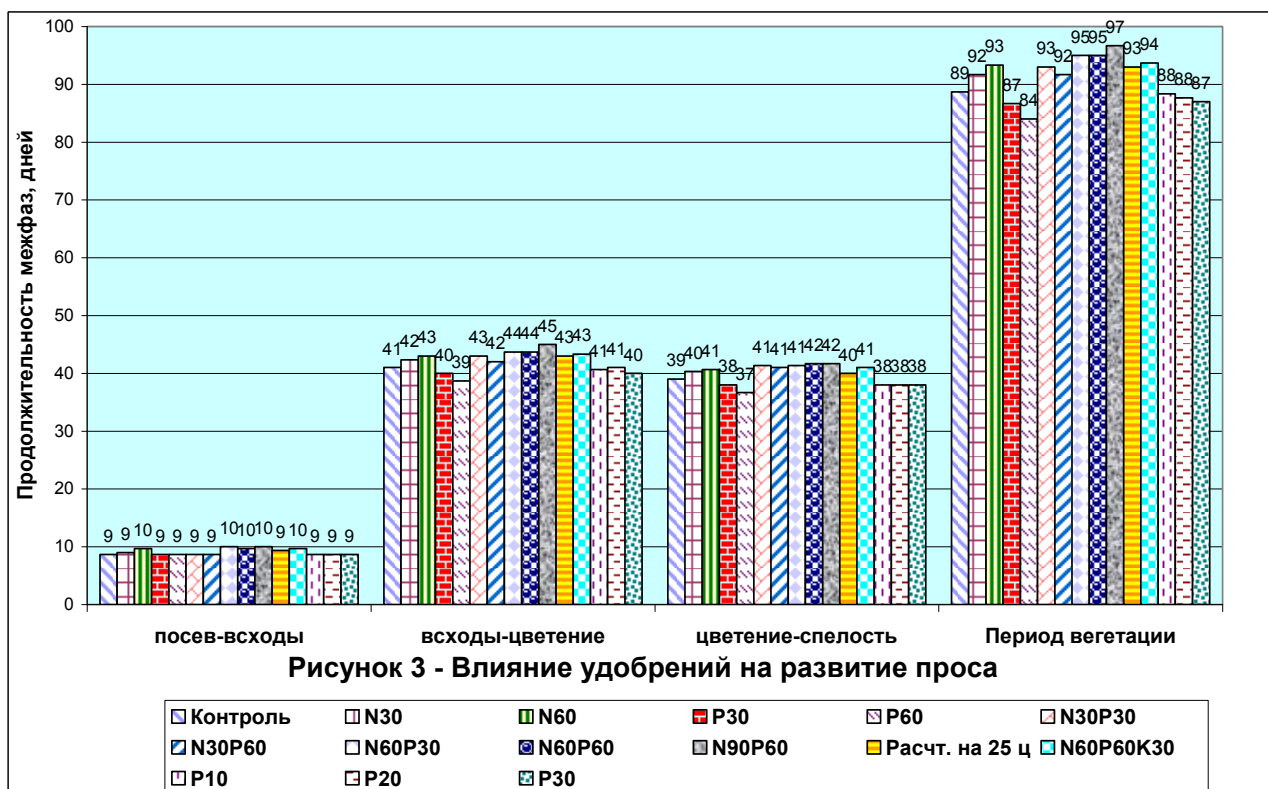
Продолжительность межфазных периодов, дней				
Вариант	посев- всходы	всходы- цветение	цветение- спелость	период вегитации
Контроль	9	41	39	89
N30	9	42	40	92
N60	10	43	41	93
P30	9	40	38	87
P60	9	39	37	84
N30P30	9	43	41	93
N30P60	9	42	41	92
N60P30	10	44	41	95
N60P60	10	44	42	95
N90P60	10	45	42	97
Расчт. на 25 ц/га	9	43	40	93
N60P60K30	10	43	41	94
P10	9	41	38	88
P20	9	41	38	88
P30	9	40	38	87

Продолжительность межфазы посев – всходы под действием удобрений практически не изменялась. В межфазный период всходы – цветение разница в продолжительности вегетации по вариантам опыта в сравнении с контролем

составила 6 дней. Вариант P60 сокращал межфазу на 2 дня в сравнении с контролем, в то время как вариант N90P60 удлинял его на 4 дня. Такая же зависимость отмечена и в межфазу цветение – полная спелость с той лишь разницей, что влияние удобрений во вторую фазу было менее значительным, чем в первую.

Действие азота, как при отдельном внесении, так и в сочетании с фосфором, удлиняло вегетационный период на 3-8 дней по сравнению с контролем. При отдельном же внесении фосфорные удобрения ускоряли развитие проса в среднем за 3 года на 1-5 дней.

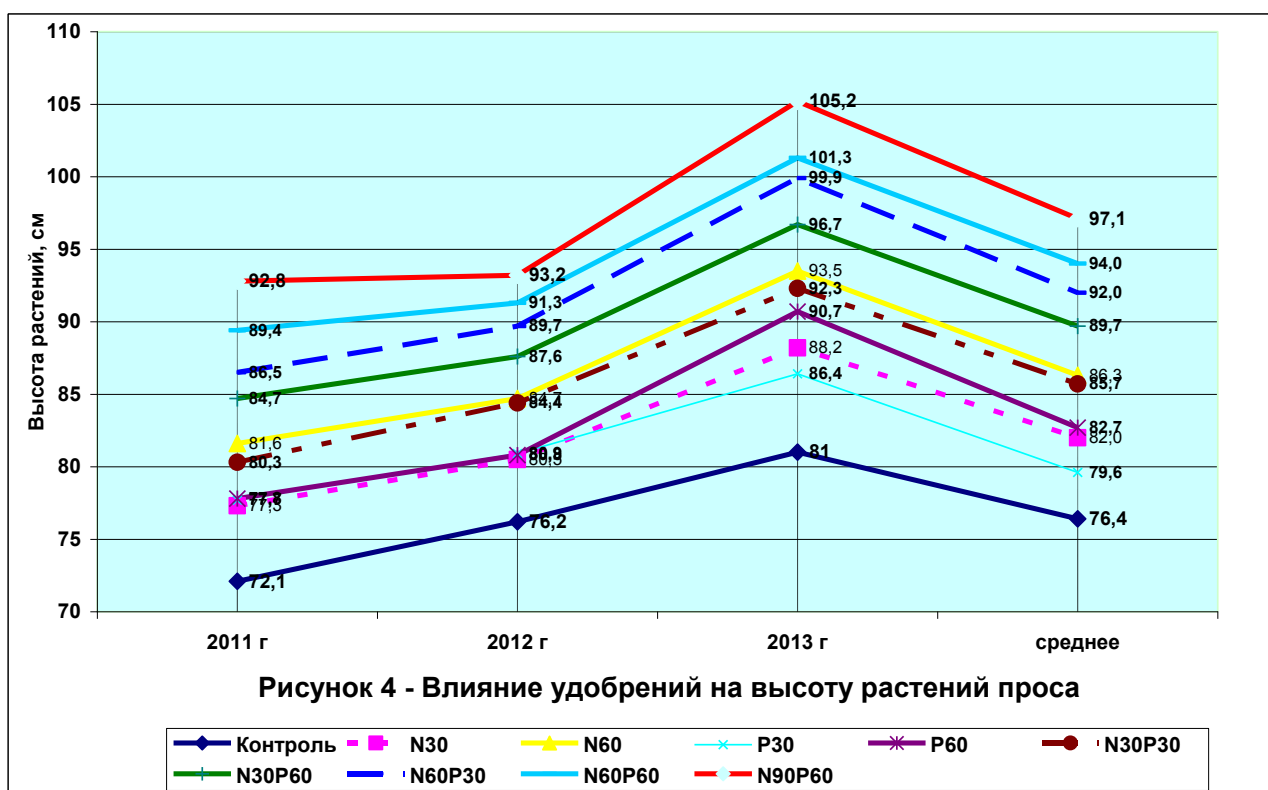
Стоит отметить, что погодные условия также оказывали непосредственное влияние на развитие проса.



Так в 2012 году общая продолжительность вегетации на контрольном варианте составила 85 дней. А в наиболее благоприятном по погодным условиям 2013 году вегетационный период удлинялся на 8 дней. Действие удобрений также изменялось по годам исследований, так если в 2012 году вариант N60 удлинял вегетацию на 3 дня, то в 2013 при лучшей влагообеспеченности этот период увеличился на 6 дней.

Высота растений может служить в определенной степени критерием для оценки влияний удобрений на процессы роста и развития сельскохозяйственных культур.

В наших опытах растения проса в удобренных вариантах имели существенно большую высоту относительно контрольного варианта во все годы исследований (таблица 4, рисунок 4).



Наибольшую по сравнению с контролем высоту растения проса формировали в вариантах при внесении парных сочетаний удобрений, особенно на повышенных фонах, где в среднем за 3 года увеличение данного показателя к контролю составило 13,2 - 20,6 см.

При одностороннем внесении более значимый прирост высоты растений проса обеспечивали азотные удобрения. Так при внесении азотного удобрений в дозе N60 высота растений в среднем за 3 года составила 86,3 см или на 9,8 см выше по отношению к контролю. Тогда как такая же доза фосфора P60 увеличивала данный показатель только на 6,3 см.

При парном внесении удобрений также установлено существенное влияние азота. В варианте N30P30 высота растений составила 85,7 см,

повышение дозы фосфора на 30 кг/га действующего вещества увеличивало данный показатель на 4 см, а при внесении такой же дозы азота на фоне P30 повышало высоту растений на 6,4 см по сравнению с контролем.

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений на высоту растений
(среднее за 2011–2013гг.)

Вариант	Высота растений, см				Прибавка, см
	годы исследований				
	2011	2012	2013	среднее	
Контроль	72,1	76,2	81,0	76,4	
N30	77,3	80,5	88,2	82,0	5,6
N60	81,6	83,7	93,5	86,3	9,8
P30	74,2	78,3	86,4	79,6	3,2
P60	76,8	80,6	90,7	82,7	6,3
N30P30	80,3	84,4	92,3	85,7	9,2
N30P60	84,7	87,6	96,7	89,7	13,2
N60P30	86,5	89,7	99,9	92,0	15,6
N60P60	89,4	91,3	101,3	94,0	17,6
N90P60	92,8	93,2	105,2	97,1	20,6
Расчт. на 2,5 т/га	88,1	90,0	98,7	92,2	15,8
N60P60K30	90,2	92,4	102,4	95,0	18,6
P10	73,5	77,4	84,1	78,3	1,9
P20	75,1	79,1	88,6	80,9	4,5
P30	77,6	81,3	91,1	83,3	6,9
Fф	12,76	14,32	16,18	13,28	
Fт	3,74	3,74	3,74	3,74	
HCP 05, см	2,2	2,1	2,9	1,69	

Положительный эффект минеральных удобрений проявлялся во все годы исследований, но особенно сильно в 2013 году. Это объясняется более благоприятными для проса погодными условиями. Максимальное увеличение высоты растений проса отмечено в варианте N90P60 – 97,1 см в среднем за 3 года исследований, а в 2013 году высота доходила до 105 см.

Следует отметить, что во все годы исследований влияние азотных и фосфорных удобрений на изменение высоты растений было достоверным.

Минеральные удобрения отрицательно влияют на полевую всхожесть семян проса. По данным Ижик Н.К. (1976) в лабораторных условиях одностороннее внесение азота снижает всхожесть семян на 1-6%, фосфора - на 1-2%. Парное же внесение макроэлементов, особенно в повышенных дозах снижает полевую всхожесть семян проса на 10%. Причина такого отрицательного влияния удобрений - это результат травмированности семян и более легкого проникновения внутрь зародыша ионов химических соединений удобрений, среди которых особо опасными являются одновалентные ионы азота.

В наших исследованиях минеральные удобрения также оказывали негативное воздействие на полевую всхожесть (таблица 5, приложения 4,5,6).

Таблица 5 – Влияние минеральных удобрений на полевую всхожесть и сохранность растений проса (среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты	Полевая всхожесть		Сохранность растений к уборке	
	Кол-во всходов на 1м ² , шт.	Полевая всхожесть, %	Кол-во растений к уборке на 1м ² , шт.	Сохранность растений, %
Контроль	241	75,2	190	78,8
N30	238	74,1	194	81,4
N60	233	72,9	197	84,5
P30	240	75,0	192	80,1
P60	239	74,8	195	81,5
N30P30	236	73,7	200	84,6
N30P60	236	73,9	201	86,0
N60P30	228	71,3	203	88,9
N60P60	227	70,8	204	89,9
N90P60	223	69,6	210	94,1
Расчт. на 2,5 т/га	230	72,0	205	89,2
N60P60K30	228	71,3	207	90,6
P10	239	74,6	192	80,5
P20	237	74,0	194	81,9
P30	236	73,9	195	82,3
НСР 05, шт, %	3,12	1,38	2,12	1,49

Самое высокое снижение всхожести в среднем за 3 года отмечено в вариантах N90P60 и N60P60 (5,6 и 4,4% соответственно).

Наиболее высокая полевая всхожесть отмечена в 2013 году, что связано с более ранним сроком посева (14 мая). При ранних и средних сроках посева отмечается большее содержание влаги в посевном слое, вследствие чего и наблюдается более высокая полевая всхожесть. При поздних сроках (2011 - 3 июня, 2012 – 30 мая) полнота всходов снижалась.

При этом минеральные удобрения положительно влияли на сохранность растений к уборке.

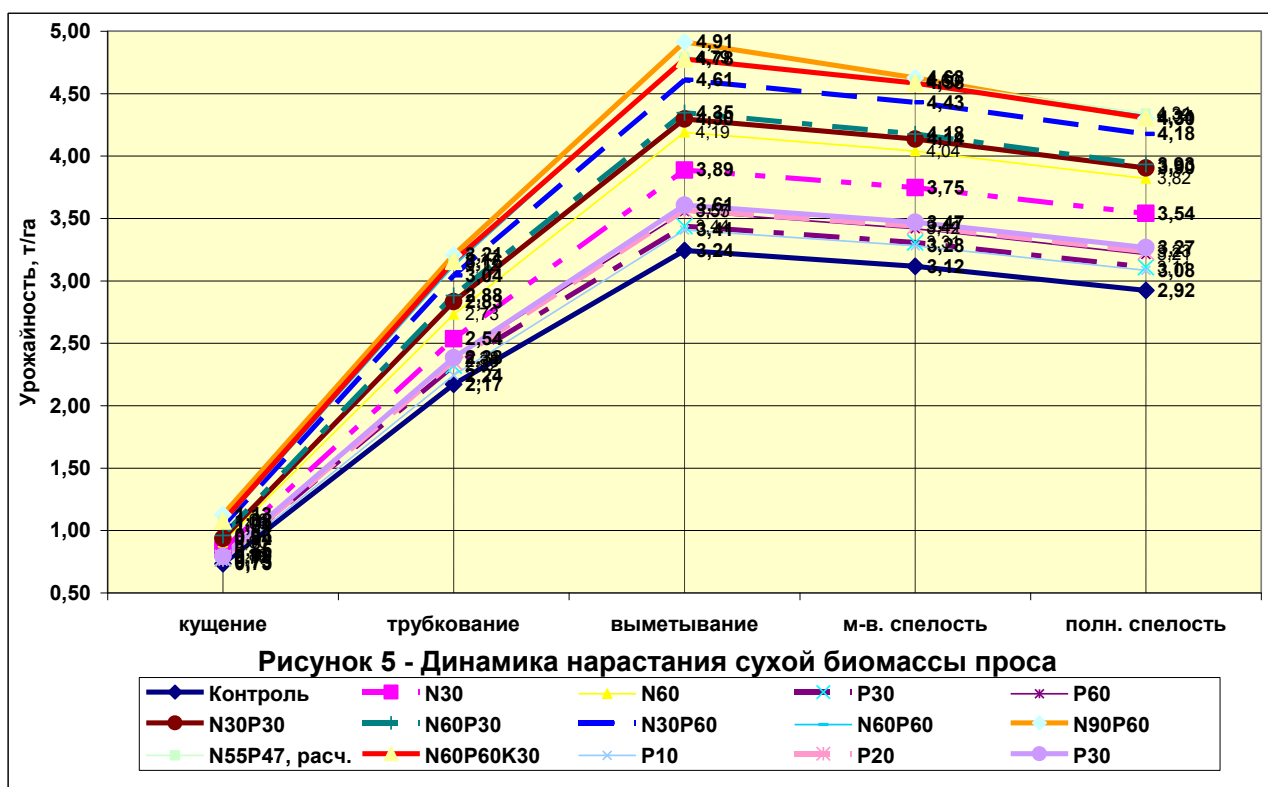
Применение удобрений улучшает обмен веществ, способствует ускоренному развитию и значительному повышению жизнедеятельности молодых растений. Удобрения, как неоднократно отмечали многие исследователи, повышают устойчивость растений к заболеваниям и негативным изменениям погодных условий, тем самым, повышая сохранность растений к уборке. Так в наших исследованиях в контрольном варианте сохранность растений к уборке составила в среднем за три года– 78,8%.

Применение же удобрений увеличивало данный показатель по вариантам на 1,0–15%.

Азот в большей степени, чем фосфор, оказывал положительное влияние на сохранность растений, как при одностороннем, так и при парном внесении удобрений. Если в варианте N60 сохранность растений увеличивалась на 5,4 % , то в варианте P60 всего лишь на 2,4%. Наилучшая сохранность растений к уборке в среднем за 3 года отмечена в варианте N90P60 – 94,1 %.

В создании урожая участвует всё растение, однако ведущую роль в данном процессе играют вегетативные органы содержащие хлорофилл – стебли, листья. Соответственно от величины накопления сухой биомассы растений будет зависеть интенсивность, продолжительность налива и формирования зерна (Соловьев А.В. 2006,2008).

В наших исследованиях мы установили положительное влияние удобрений на формирование сухой биомассы растений проса (таблица 6, рисунок 5, приложения 7,8,9).



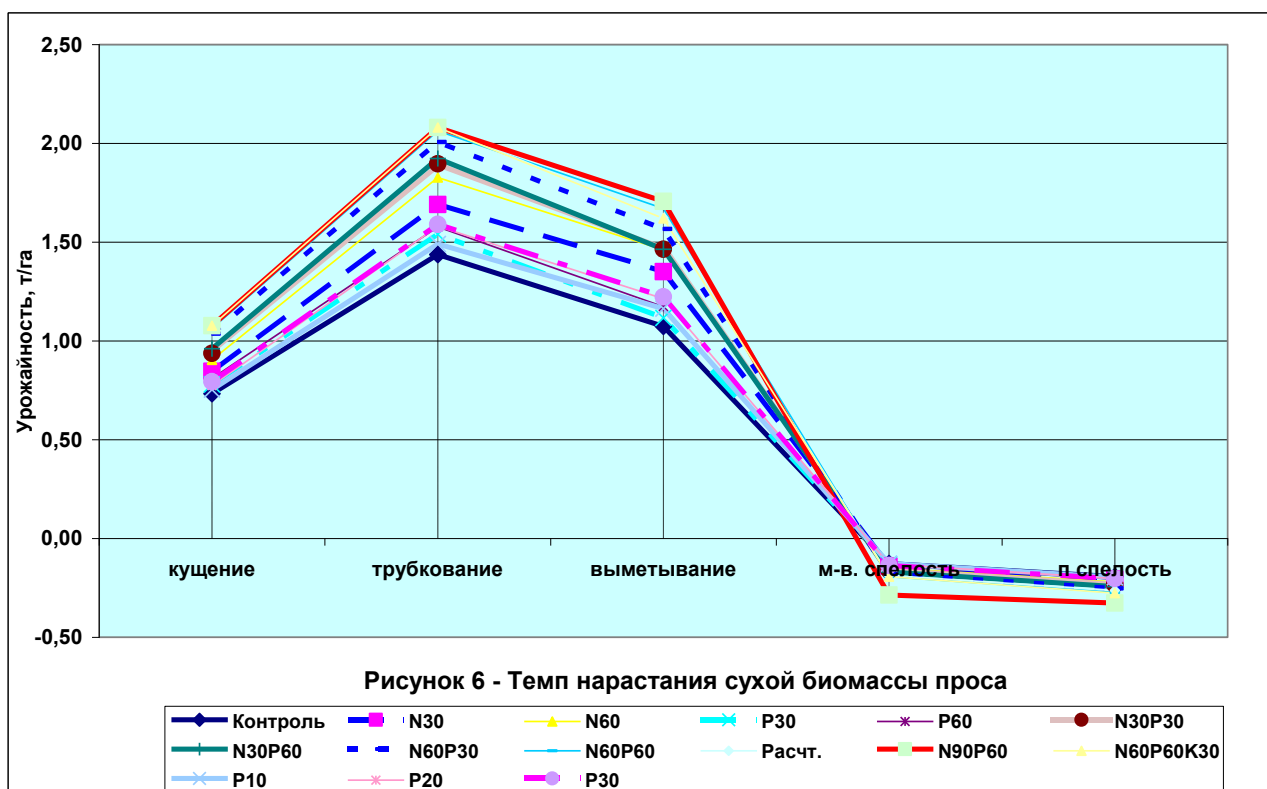
В начальный период вегетации действие удобрений, особенно при одностороннем внесении, на прирост сухой биомассы невелико, хотя статистически достоверно. Наибольший урожай массы отмечен в фазе выметывания метелки.

Таблица 6 – Влияние минеральных удобрений на динамику накопления сухой биомассы растений (среднее за 2011-2013 гг.)

Вес сухой растительной массы, т/га					
Варианты	кущение	трубкование	выметывание	М-в. спелость	полная спелость
1	2	3	4	5	6
Контроль	0,73	2,17	3,24	3,12	2,92
N30	0,85	2,54	3,89	3,75	3,54
N60	0,90	2,73	4,19	4,04	3,82
P30	0,78	2,32	3,44	3,31	3,11
P60	0,80	2,38	3,55	3,42	3,21
N30P30	0,94	2,83	4,30	4,14	3,90
N30P60	0,96	2,88	4,35	4,18	3,93
N60P30	1,04	3,04	4,61	4,43	4,18
N60P60	1,06	3,12	4,79	4,60	4,32

Продолжение таблицы 6					
1	2	3	4	5	6
N90P60	1,13	3,21	4,91	4,63	4,30
Расчт. на 2,5	1,08	3,17	4,79	4,60	4,34
N60P60K30	1,08	3,16	4,78	4,58	4,31
P10	0,75	2,24	3,41	3,28	3,08
P20	0,77	2,35	3,57	3,44	3,23
P30	0,79	2,38	3,61	3,47	3,26
НСР 05, ц	0,024	0,032	0,065	0,043	0,038
Fфакт.	16,5	43,5	42,1	43,6	39,4
F теор.	3,74	3,74	3,74	3,74	3,74

Наибольший темп прироста сухой биомассы замечен от кушения к фазе трубкования, к выметыванию метелки темп снижался (таблица 7, рисунок 6).



Действие же удобрений в этот период дает еще более положительный эффект, особенно в вариантах с парным внесением азота и фосфора удобрений. Так в варианте N90P60 прирост биомассы в фазу трубкования составил 2,19 т/га, то есть на 0,75 тонны больше, чем в контрольном варианте. При одностороннем внесении удобрений преимущественное влияние на этот

показатель обеспечивали азотные удобрения. Так внесение азота в дозе 60 кг/га увеличивало урожай сухой биомассы до 4,19 т/га к фазе выметывания метелки, фосфор же в такой же дозе обеспечивал 3,55 т/га.

Применение полного удобрения (N60P60) увеличивало урожайность сухой биомассы до 4,79 т/га.

Таблица 7 – Темп прироста сухой биомассы растений проса
(среднее за 2011-2013 гг.)

Вес сухой растительной массы, т/га					
Вариант	кущение	трубкование	выметывание	мол.-воск. спелость	полная спелость
Контроль	0,73	1,44	1,07	-0,13	-0,19
N30	0,85	1,69	1,35	-0,14	-0,21
N60	0,90	1,83	1,46	-0,15	-0,22
P30	0,78	1,54	1,12	-0,13	-0,20
P60	0,81	1,58	1,17	-0,14	-0,21
N30P30	0,94	1,90	1,46	-0,16	-0,23
N30P60	0,96	1,92	1,46	-0,17	-0,24
N60P30	1,04	2,01	1,57	-0,18	-0,25
N60P60	1,06	2,06	1,67	-0,19	-0,27
N90P60	1,08	2,09	1,62	-0,19	-0,26
Расчт. на 25 ц/га	1,08	2,08	1,71	-0,29	-0,33
N60P60K30	1,08	2,08	1,62	-0,19	-0,28
P10	0,75	1,49	1,16	-0,13	-0,20
P20	0,77	1,58	1,21	-0,13	-0,20
P30	0,79	1,59	1,22	-0,14	-0,20

Ежегодно максимальные значения урожая сухой биомассы отмечались в фазу выметывания метёлки: в контрольном варианте – 3,24 т/га, в удобренных вариантах от 3,24 до 4,91 т/га.

В заключительный межфазный период цветение - полная спелость количество сухой биомассы постепенно уменьшалось. Это связано с отмиранием и опаданием нижних листьев. Стоит отметить, что снижение биомассы растений во всех удобренных вариантах было несколько больше по сравнению с контролем.

Таким образом, улучшение режима питания растений проса под влиянием удобрений способствовало увеличению высоты растений, значительному

усилению нарастания сухой биомассы растений, сохранности их к уборке, что в конечном итоге привело к повышению урожая зерна проса.

3.2. Влияние удобрений на урожай и качество зерна проса

Влияние удобрений на урожайность проса

Нами установлено, что применение минеральных удобрений на светло-каштановой почве способствовало увеличению урожая зерна проса по сравнению с неудобренным контролем (таблица 8, рисунок 7, приложения 10,11,12).

Таблица 8 – Влияние удобрений на урожайность зерна проса

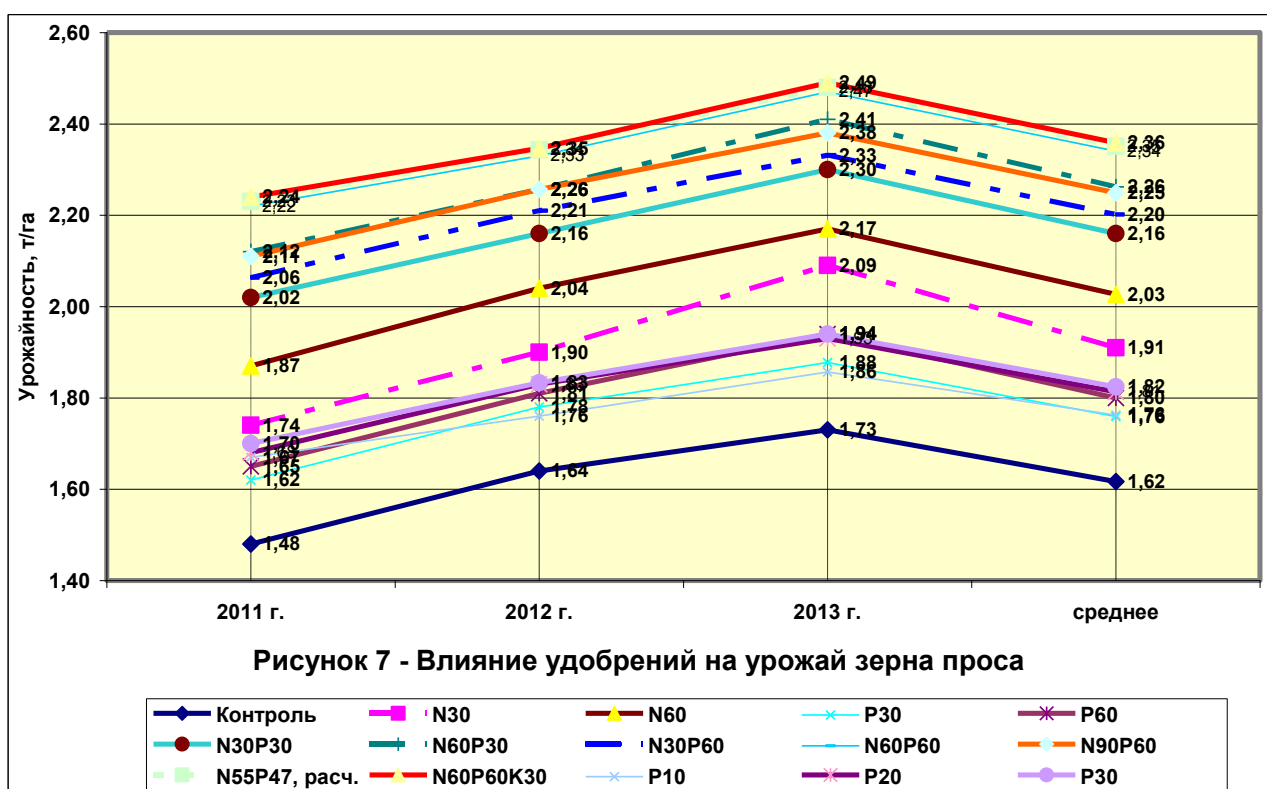
Варианты	Урожайность, т/га				Прибавка	
	годы исследований				т/га	в % к контролю
	2011	2012	2013	среднее		
Контроль	1,48	1,64	1,73	1,62		
N30	1,74	1,90	2,09	1,91	0,29	17,9
N60	1,87	2,04	2,17	2,03	0,41	25,1
P30	1,62	1,78	1,88	1,76	0,14	8,6
P60	1,65	1,81	1,94	1,80	0,18	11,1
N30P30	2,02	2,16	2,30	2,16	0,54	33,3
N60P30	2,12	2,26	2,41	2,26	0,64	39,6
N30P60	2,06	2,21	2,33	2,20	0,58	35,9
N60P60	2,22	2,33	2,47	2,34	0,72	44,4
N90P60	2,11	2,26	2,38	2,25	0,63	38,8
N55P47,	2,23	2,34	2,48	2,35	0,73	45,1
N60P60K30	2,24	2,35	2,49	2,36	0,74	45,6
P10	1,67	1,76	1,86	1,76	0,14	8,8
P20	1,68	1,83	1,93	1,81	0,19	11,9
P30	1,70	1,83	1,94	1,82	0,20	12,6
Fф	14,3	122,1	452,6		482,3	
Fт	3,74	3,74	3,74		3,74	
HCP 05	0,023	0,020	0,017		0,034	

Анализ урожайных данных позволяет сделать вывод о том, что наиболее ощутимо было влияние азотных удобрений. Так, если прибавка урожая зерна проса при внесении P30 составила только 0,14 т/га, то применение такой же

дозы азотного удобрения обеспечило прибавку уже в 0,29 т/га, или в два раза больше.

Совместное внесение азота и фосфора также подтвердило преимущественное влияние азотного удобрения.

Так внесение N30P30 способствовало повышению урожая на 0,54 т/га по сравнению с контролем, увеличение дозы фосфора на 30 кг/га (N30P60) повышало прибавку урожая только на 0,04 т/га. Увеличение же дозы азота на 30 кг/га (N60P30) повысило прибавку на 0,11 т/га.



Аналогичная картина влияния азотных и фосфорных удобрений и на повышенных фонах (N60P30, N60P60).

Применение калийного удобрения в дозе K30 на фоне азотно-фосфорного при дозах азота и фосфора в 60 кг/га не давало достоверной прибавки урожая по сравнению с вариантом N60P60, что вполне объясняется высокой обеспеченностью почвы обменным калием.

Что касается применения фосфорного удобрения в рядок при посеве, то надо отметить: внесение суперфосфата в дозе P10 достоверно повышало урожайность на 0,14 т/га в среднем за три года. Доза фосфора 30 кг/га,

внесенного под основную обработку почвы, обеспечивала такую же прибавку урожая, как и рядковое в дозе P10. Повышение дозы рядкового фосфорного удобрения на 10 кг/га давало достоверную прибавку по сравнению с дозой P10. А вот увеличение рядкового удобрения до 30 кг/га не обеспечивало достоверной прибавки по сравнению с вариантом P20.

Погодные условия в годы проведения опытов также оказывали ощутимое влияние на продуктивность проса. Наиболее урожайным был 2013 год, когда создались наиболее благоприятные условия по влагообеспеченности.

Метод структурного анализа позволяет более глубоко понять природу урожая, полнее вскрыть взаимоотношения между растениями и средой в разные периоды вегетации и, на этой основе, строить агротехнику с учетом почвенно-климатических условий, обеспечивающих получение наиболее высоких урожаев зерна (Р.Б. Кондратьев, 1970, О.В.Глиева, 2015).

Исследованиями в различных почвенно-климатических условиях нашей страны и за рубежом выявлена неодинаковая значимость отдельных структурных элементов в формировании урожая. Наибольшее влияние на изменчивость отдельных структурных элементов оказывают условия минерального питания.

Нашим анализом структуры урожая выяснено (таблица 9), что его величина зависела от всех элементов. Прежде всего, под влиянием минеральных удобрений повысилась продуктивная кустистость с 1,00 в контрольном варианте до 1,06 в вариантах N60P60, N55P47. В других удобренных вариантах продуктивных стеблей по сравнению с контрольным вариантом было в пределах 1,02-1,05.

Все удобрения достоверно влияли на увеличение количества зёрен в метёлке с 133 шт. в контрольном варианте до 158 шт. в варианте N60P60.

Как известно, одним из важнейших элементов структуры урожая является масса 1000 зерен - показатель, характеризующий крупность зерна и степень его выполненности. Исследователями с культурой проса выявлено, что

масса 1000 зерен на 80-90 % определяется генетическими особенностями сорта (Ю.Б.Микушко,1984).

В нашем опыте минеральные удобрения оказали определённое влияние на массу 1000 зерен. Получено увеличение массы 1000 зерен в вариантах N60P60 и N60P60K30 (7,9 г. при значениях в неудобренном варианте 7,5 г.)

Фосфорное удобрение, внесенное как под основную обработку почвы, так и в рядок при посеве, не изменяло массу 1000 зёрен.

Таблица 9 – Структура урожая проса под влиянием удобрений
(Среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты	Количество растений, шт/м ²	Продуктивная кустистость	Количество зёрен в метёлке, шт	Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, ц/га
Контроль	190	1,00	133	7,5	19,0
N30	194	1,02	146	7,7	22,2
N60	197	1,03	148	7,8	23,4
P30	192	1,02	138	7,5	20,3
P60	194	1,04	139	7,6	21,3
N30P30	200	1,04	154	7,7	24,7
N30P60	201	1,05	156	7,8	25,7
N60P30	203	1,06	156	7,8	26,2
N60P60	206	1,06	158	7,9	27,3
N90P60	210	1,02	155	7,8	25,9
N55P47, расч. на 2,5 т	205	1,06	157	7,8	26,6
N60P60K30	207	1,05	156	7,9	26,8
P10	192	1,02	137	7,5	20,1
P20	194	1,02	140	7,5	20,8
P30	195	1,03	142	7,5	21,4
НСР 05, тыс. шт	1,4	0,015	1,84	0,18	0,36

Все удобрения обеспечили соответствующую дозам и соотношениям окупаемость единицы действующего вещества удобрений натуральной прибавкой урожая (таблица 10).

Так, применение фосфорного удобрения в дозе P30 при основном внесении способствовало получению 4,7 кг зерна на 1 кг действующего вещества, а внесение такой же дозы азота увеличило окупаемость до 9,7 кг/кг д.в. Парные сочетания азота и фосфора показывали окупаемость в пределах 4,2–9,0 кг зерна.

Таблица 10 – Окупаемость удобрений натуральной прибавкой урожая

Варианты опыта	Урожай зерна, т/га	Прибавка, кг/га	Суммарная доза удобрений, кг	Окупаемость 1 кг д.в. удобрения зерном, кг/кг
Контроль	1,62			
N30	1,91	290,0	30	9,7
N60	2,03	410,0	60	6,8
P30	1,76	140,0	30	4,7
P60	1,8,0	180,0	60	3,0
N30P30	2,16	540,0	60	9,0
N60P30	2,27	650,0	90	7,2
N30P60	2,20	580,0	90	6,4
N60P60	2,34	720,0	120	6,0
N90P60	2,25	630,0	150	4,2
N55P47, расч.	2,35	730,0	102	7,2
N60P60K30	2,36	740,0	150	4,9
P10	1,76	140,0	10	14,0
P20	1,81	190,0	20	9,5
P30	1,82	200,0	30	6,7

Приведённые результаты показывают на достаточно высокую эффективность внесённых под просо минеральных удобрений в условиях светло-каштановой почвы Заволжья.

Самая высокая окупаемость получена в варианте P10 в рядок при посеве: 14 кг зерна на 1,0 кг действующего вещества удобрения. Но прибавка-то невелика. 30 кг/га фосфора при основном внесении обеспечили окупаемость в 4,7 кг/кг, а такая же доза при внесении в рядок при посеве показала 6,7 кг/га, что на 2,0 кг больше. Однако следует заметить, что окупаемость по дозе P20 составила 9,5 кг/кг при одинаковой с P30 прибавкой урожая.

Влияние удобрений на качество зерна проса

Результаты исследований показали, что на светло-каштановой почве с приведенной выше обеспеченностью основными питательными веществами азотное, фосфорное и азотно-фосфорные удобрения в достоверной степени способствовали не только увеличению урожая зерна проса, но также изменяли показатели качества зерна (таблица 11, приложение 14).

Таблица 11– Влияние удобрений на качество зерна проса
(среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты	Содержание, в % на абс. сухое вещество					
	протеин		крахмал		жир	
	%	отклонение	%	отклонение	%	отклонение
Контроль	11,19		63,00		2,16	
N30	11,69	0,50	62,14	-0,86	2,13	-0,03
N60	12,00	0,81	60,99	-2,01	2,09	-0,07
P30	11,38	0,19	63,35	0,35	2,25	0,09
P60	11,54	0,35	63,65	0,65	2,32	0,16
N30P30	11,85	0,66	62,60	-0,40	2,19	0,03
N60P30	12,13	0,93	61,34	-1,66	2,26	0,10
N30P60	12,40	1,21	62,85	-0,15	2,19	0,03
N60P60	12,61	1,42	61,74	-1,36	2,25	0,09
N55P47, расч.	12,56	1,37	61,89	-1,11	2,27	0,11
N90P60	12,86	1,67	60,64	-2,26	2,21	0,05
N60P60K30	12,66	1,47	61,79	-1,21	2,28	0,12
P10	11,38	0,19	63,40	0,40	2,20	0,04
P20	11,52	0,33	63,40	0,40	2,23	0,07
P30	11,63	0,44	63,50	0,50	2,24	0,08
Fф		82,75		96,4		-
Fт		3,74		3,74		-
НСР 05, %		0,175		0,156		0,03

Из приведённых данных видно, что улучшение азотного режима питания под влиянием удобрений вело к увеличению содержания протеина в зерне в зависимости от видов и доз удобрений на 0,19–1,67 % (абсолютных) при значении на контроле 11,19%.

Между содержанием протеина в зерне и нитратного азота в почве установлена тесная положительная зависимость, описываемая уравнениями регрессии второго порядка (таблица 12):

Таблица 12 – Зависимость содержания протеина в зерне проса от содержания нитратного азота в почве (среднее за 3 года)

Срок определения	Уравнение регрессии	Критерии достоверности
Перед посевом	$P=10,727+0,012N+0.004N^2$	$R=0,975\pm 0,061, t=15,876^*$
Всходы	$P=10,574+0,034N+0.002N^2$	$R=0,979\pm 0,057 t=17213^*$
Кущение	$P=10,310+0,062N+0.002N^2$	$R=0,982\pm 0,052, t=18741^*$
Вымётывание	$P=10,187+0,089N +0.002N^2$	$R=0,983\pm 0,051, t=19341^*$

где: П - содержание протеина в % на абсолютно сухое вещество, N- содержание нитратного азота в почве, мг/кг в слое 0-30 см, t-критерий Стьюдента.

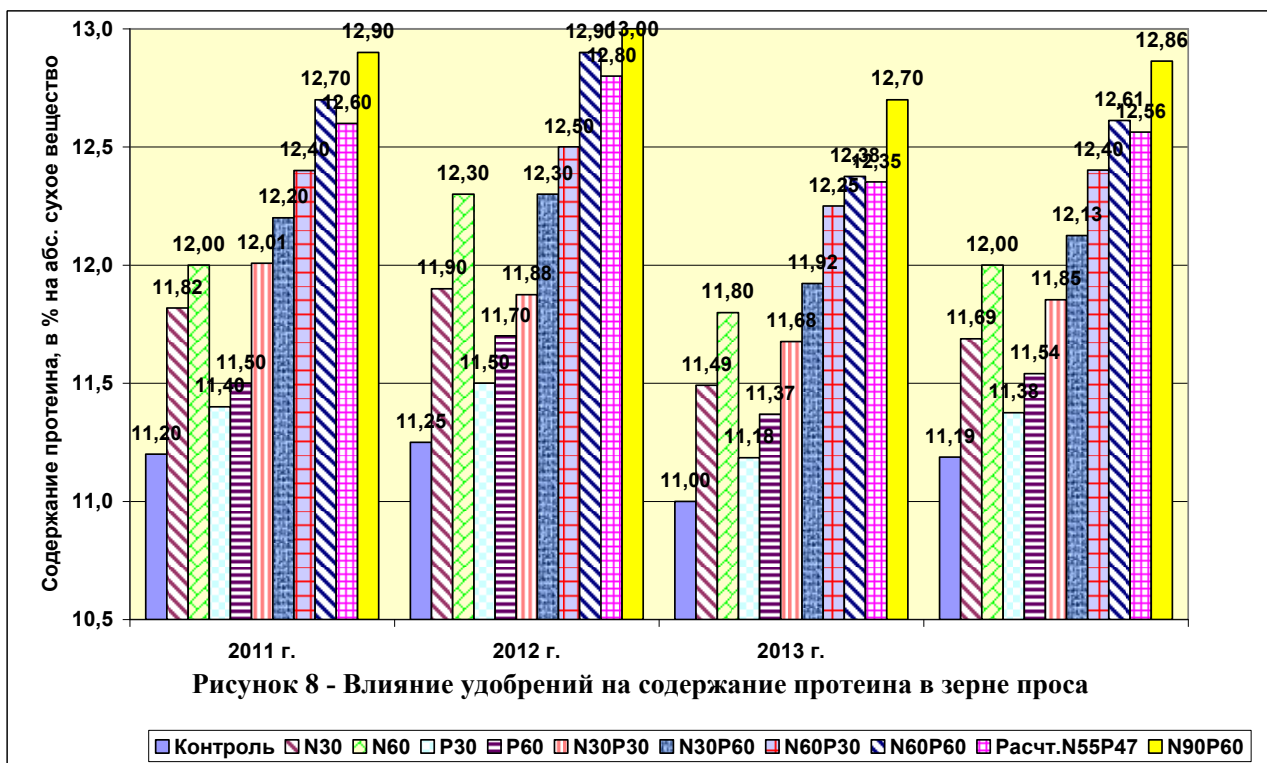
Используя данные уравнения, можно прогнозировать содержание протеина в зерне задолго до уборки урожая.

Следует отметить, что на содержание протеина достоверно положительно влияли азотные удобрения, внесенные как отдельно, так и совместно с фосфорными. Так, если применение N30 увеличивало содержание «сырого» протеина на 0,5% (абсолютных), то внесение такой же дозы фосфора показывало повышение только на 0,3%. В парных сочетаниях тенденция положительного влияния фосфора сохранялась. Наименьшее содержание протеина в зерне отмечено в 2013 году (рисунок 8).

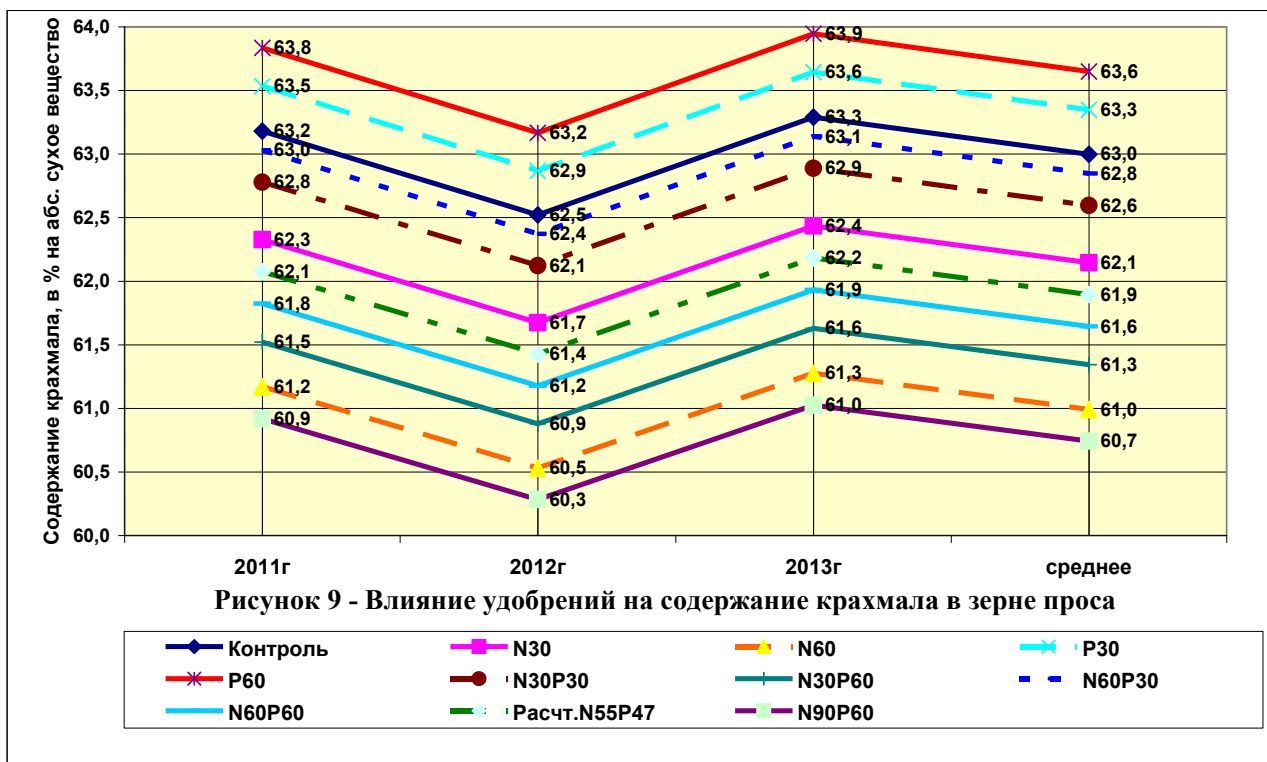
Калийное удобрение не оказывало существенного влияния на содержание протеина в зерне.

Таким образом, под влиянием, прежде всего, азотных удобрений повышается содержание протеина в зерне проса.

Фосфорное удобрение в меньшей степени, чем азотное, увеличивало количество протеина в зерне.



Улучшение, преимущественно азотного питания, повышая содержание протеина, снижало крахмалистость с 63,0% в контрольном варианте до 60,64% в варианте N90P60 (рисунок 9).

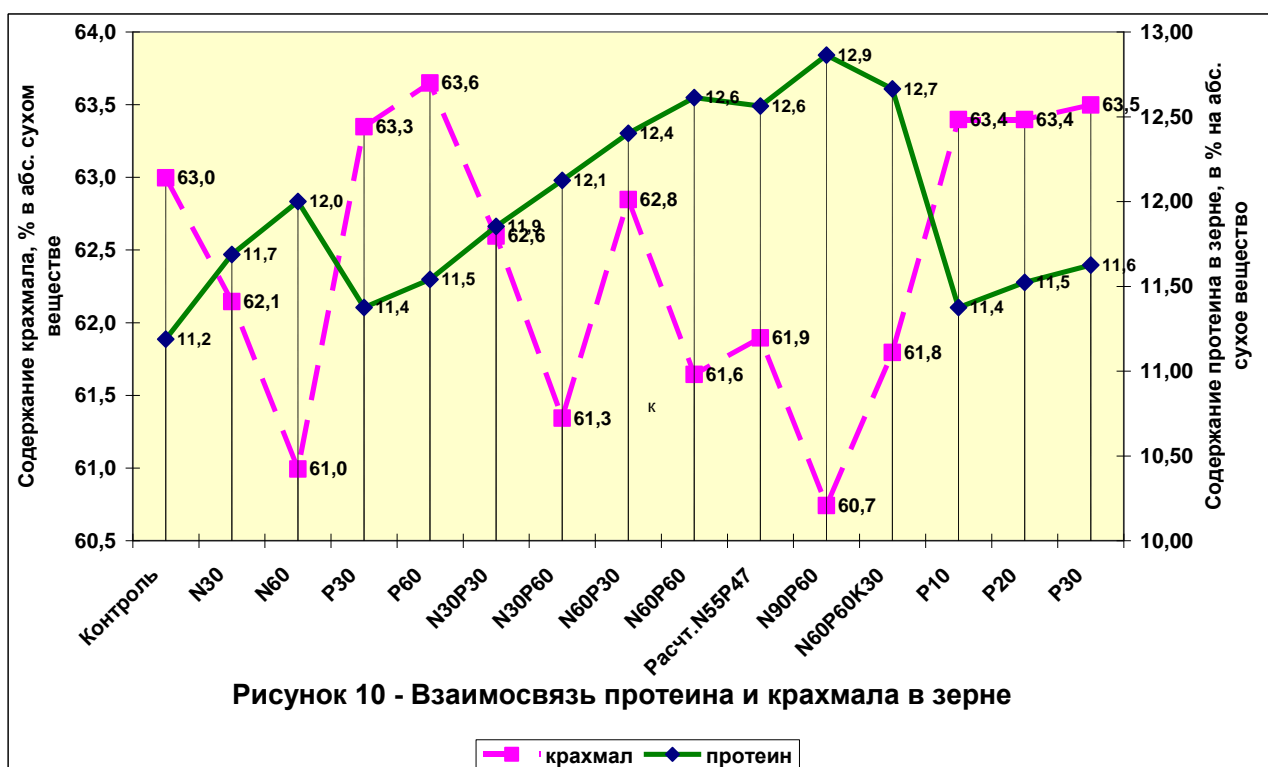


Фосфорное удобрение (P30 и P60) увеличивало содержание крахмала в зерне соответственно на 0,35 и 0,65%

Следует отметить, что снижение содержания крахмала было установлено в вариантах с азотом, влияние же фосфорного удобрения сказалось меньше в два раза.

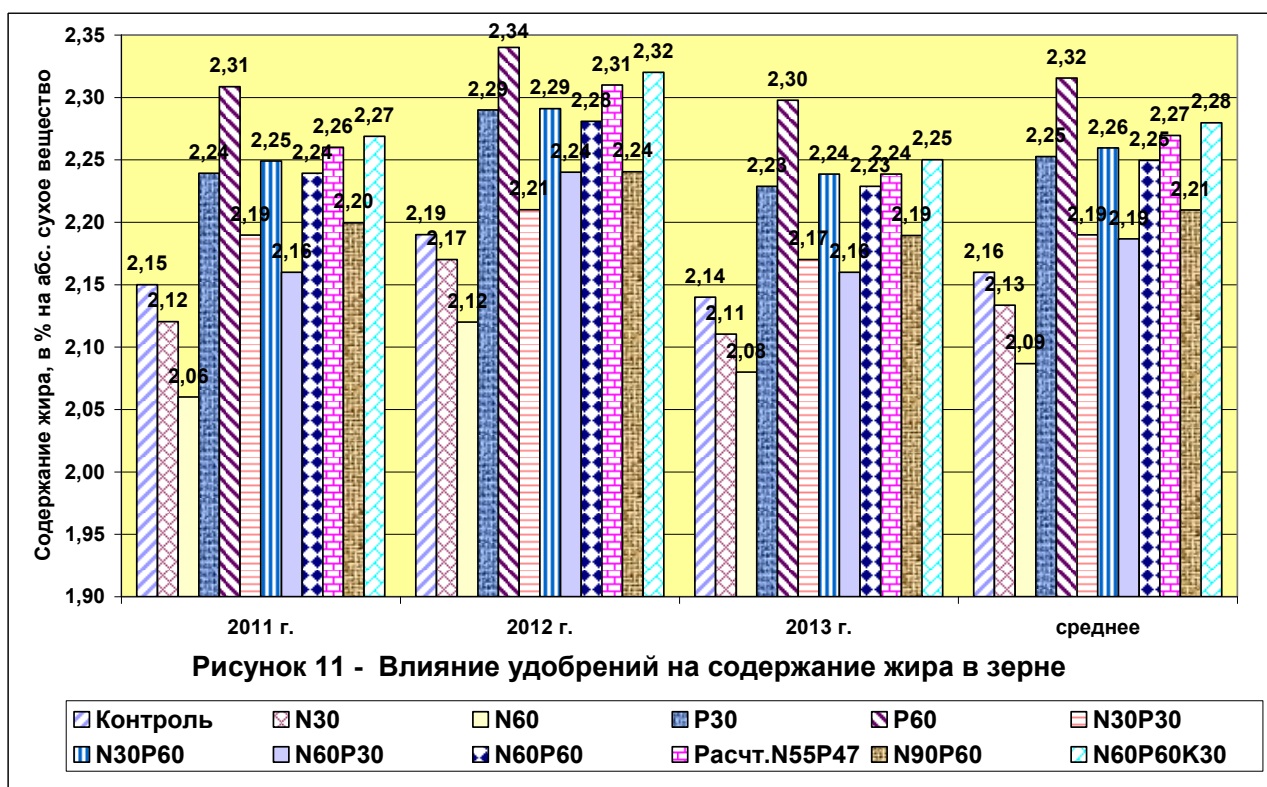
По годам исследований выявлено наименьшее содержание крахмала в 2012 году, когда содержание протеина в зерне было более высоким, чем в 2011 и 2013 годах.

Азотные удобрения, увеличивая содержание протеина, снижают содержание крахмала. Между этими показателями качества установлена обратная зависимость (рисунок 10).



Применение минеральных азотных и фосфорных удобрений и их соотношений изменяло и содержание жира в зерне проса (рисунок 11).

Концентрация жира в зерне повышалась в удобренных вариантах на 0,03-0,16% по сравнению с вариантом без удобрений. Фосфор более значимо, чем азот влиял на увеличение жира в зерне.



Таким образом, азотное удобрение, внесенное как отдельно, так и в сочетании с фосфорным, на 0,19-1,67% повышало содержание протеина, снижая концентрацию крахмала на 0,15-2,26% против контроля. Содержание жира в различной степени (0,03-0,16%) увеличивалось от всех удобрений с преимуществом за фосфорным удобрением, как отдельно, так и в сочетании с азотным.

Одним из важных признаков продуктивности проса является выход зерна из общей биомассы урожая.

Результаты, полученные в опыте, показывают, что наибольший выход зерна в среднем за три года исследований получен в вариантах с одним фосфорным удобрением, как в вариантах с основным внесением, так и в рядок при посеве (таблица 13, рисунок 12, приложения 15, 16, 17).

Одностороннее применение азотного удобрения вело к снижению этого показателя в среднем за три года с 36,2% в контроле до 35,4 в варианте N60.

Аналогичное действие азота достаточно четко проявилось и в варианте N90P60, где выход зерна составил только 35,1%. В варианте N60P60K30 обнаружена положительная тенденция влияния калийного удобрения.

Таблица 13 – Выход зерна в урожае проса
(среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты	Урожайность, т/га			Выход зерна в урожае, %
	зерна	соломы	общей массы	
Контроль	1,62	2,92	4,54	36,2
N30	1,91	3,54	5,35	35,8
N60	2,0,3	3,70	5,73	35,4
P30	1,76	3,09	4,85	36,3
P60	1,80	3,13	4,93	36,5
N30P30	2,16	3,79	5,95	36,3
N30P60	2,20	3,83	6,03	36,5
N60P30	2,27	4,02	6,29	36,1
N60P60	2,34	4,20	6,54	35,8
N90P60	2,25	4,16	6,41	35,1
Расчт. на 25ц/га	2,35	4,21	6,56	35,8
N60P60K30	2,36	4,20	6,56	36,0
P10	1,76	3,07	4,86	36,2
P20	1,81	3,16	4,97	36,4
P30	1,82	3,17	4,99	36,5

По годам исследований установлен наивысший выход зерна в 2012 году (42,7% в контрольном варианте), наименьший выход отмечен в 2013 году (31,8% в контроле), хотя в этом году был самый высокий из трёх лет урожай зерна. Благоприятные погодные условия вегетационного периода 2013 года способствовали нарастанию большей вегетативной массы, чем в предыдущие годы. Соломы в этом году было в 2,14 раза больше, чем зерна. В 2012 году этот показатель составлял 1,34.

Таким образом, результаты проведенного опыта по удобрению проса при выращивании его на светло-каштановой почве Саратовского Заволжья с низкой обеспеченностью доступными формами азота и фосфора дают возможность сделать вывод о достаточно высокой эффективности азотных удобрений и их сочетаний с фосфорным в повышении продуктивности проса, а также и в улучшении качества зерна.



3.3. Влияние удобрений на водопотребление проса

Экономное использование воды при выращивании сельскохозяйственных культур в засушливом Поволжье является одной из составных частей интенсивных технологий. Результаты проведенных нами опытов показали, что все удобрения в разных дозах и соотношениях повышали урожайность проса и, тем самым, вели к снижению коэффициента водопотребления (таблица 14, приложения 18,19,20).

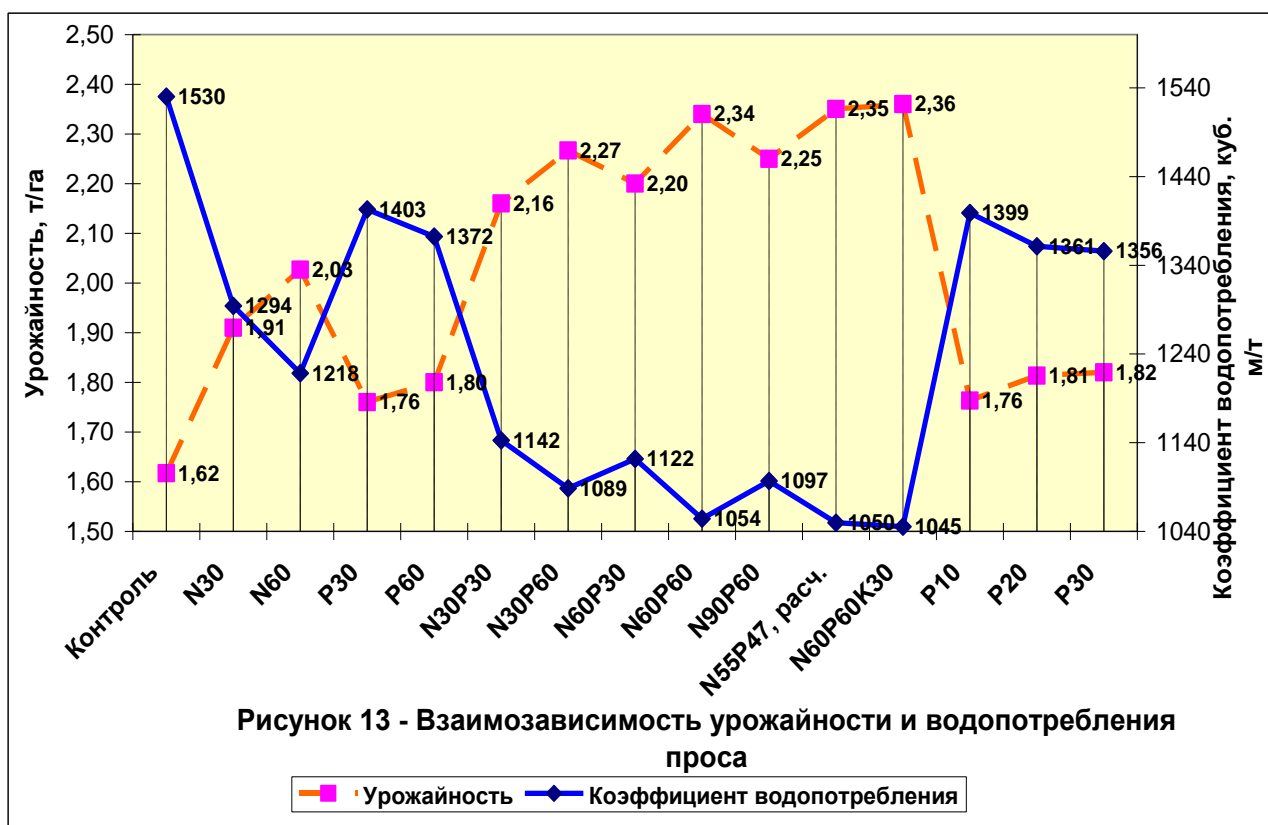
Так, если неудобренные растения расходовали на создание одной тонны зерна и соответствующее количество соломы в среднем за три года исследований 1530 кубометров воды, то внесение одного фосфорного удобрения в дозе 30кг/га снижало коэффициент водопотребления (Кв) в среднем за три года на 8% по сравнению с контролем, азотное удобрение в дозе N30, увеличивая прибавку урожая, уменьшало этот показатель на 15%, совместное внесение азотно-фосфорного удобрения в дозах N60P60 уменьшало коэффициент водопотребления на 31%. Такой же показатель отмечен и в расчётном варианте.

Таблица 14 – Влияние удобрений на водопотребление проса
(среднее за 2011 - 2013 гг.)

Варианты	Водообеспеченность, куб. м/га			Урожай- ность, т/га	Коэффициент водопотр., куб.м/т	Снижение водопотре- бления до %
	продуктивн. влага в 0-100 см	осадки куб.м	сумма куб.м			
Контроль	1173	1295	2468	1,62	1530	100
N30	1173	1295	2468	1,91	1290	85
N60	1173	1295	2468	2,03	1220	80
P30	1173	1295	2468	1,76	1400	92
P60	1173	1295	2468	1,80	1370	90
N30P30	1173	1295	2468	2,16	1140	75
N30P60	1173	1295	2468	2,27	1090	71
N60P30	1173	1295	2468	2,20	1120	73
N60P60	1173	1295	2468	2,34	1050	69
N90P60	1173	1295	2468	2,25	1100	72
N55P47, расч.	1173	1295	2468	2,35	1050	69
N60P60K30	1173	1295	2468	2,36	1050	68
P10	1173	1295	2468	1,76	1400	92
P20	1173	1295	2468	1,81	1360	89
P30	1173	1295	2468	1,82	1360	89

Между коэффициентами водопотребления и урожайностью установлена обратная зависимость (рисунок 13).

Повышая урожайность, удобрения способствовали более экономному расходованию влаги на создание единицы урожая.



Таким образом, применение минеральных удобрений под просо на светло-каштановой почве является эффективным агроприемом в экономном использовании воды растениями проса.

3.4. Последствие ранее внесенных под просо удобрений

В 2013 году в поле, где проводился опыт, по севообороту высевался подсолнечник. Поскольку в опыте вносились средние дозы фосфора и азота, которые не могли быть полностью использованы просом, мы посчитали необходимым провести в этих вариантах учёт последствия удобрений (таблица 15).

Данные приведенной таблицы показывают, что и фосфорное и азотное удобрения, внесенные как отдельно (N60 и P60) так и в сочетаниях, обеспечили достоверную прибавку урожая семян подсолнечника. Следует отметить, что фосфорное удобрение действовало более активно на прибавку урожая зерна, чем азотное.

Таблица 15 – Последействие удобрений на подсолнечнике

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	в % к контролю
Контроль	0,68		
N60	0,72	0,04	5,9
P60	0,77	0,09	13,2
N30P60	0,80	0,12	17,6
N60P30	0,76	0,08	11,8
N60P60	0,82	0,14	20,6
N90P60	0,84	0,16	23,5
Расчетн. на 2,5 т/га	0,76	0,08	11,8
Fф		142,7	
Fт		4,74	
НСР 05		0,0133	

Такое положение объясняется более низкими коэффициентами использования фосфора из фосфорного удобрения, чем КИ азота удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Действие азота, как при отдельном внесении, так и в сочетании с фосфором, удлиняло вегетационный период на 3-8 дней по сравнению с контролем. При отдельном внесении фосфорные удобрения ускоряли развитие проса в среднем за 3 года на 1-5 дней.

2. Минеральные удобрения во всех вариантах опыта снижали полевую всхожесть проса. Наиболее высокое снижение по сравнению с контролем в среднем за 3 года отмечено в вариантах N90P60 и N60P60 (5,6 и 4,4% соответственно). Однако минеральные удобрения положительно влияли на сохранность растений к уборке.

3. Улучшение режима питания растений проса под влиянием удобрений способствовало увеличению высоты растений, значительному усилению нарастания сухой биомассы растений, сохранности их к уборке, что в конечном итоге привело к повышению урожая зерна проса.

4. Во всех удобренных вариантах урожайность была достоверно выше контрольного варианта. Отмечено преимущественное влияние на этот показатель азотного удобрения, внесенного как отдельно, так и в сочетании с фосфорным. Прибавки урожая зерна в среднем за три года составляли 0,29–0,74 т/га. Повышение урожайности происходило за счёт увеличения сохранности растений в удобренных вариантах, продуктивной кустистости и количества зёрен в метёлке. Некоторое положительное влияние оказала и масса 1000 семян.

5. Все удобренные варианты показали достаточно высокую окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений натуральной прибавкой урожая, которая колебалась в пределах 3–9,7 кг зерна. При одностороннем внесении удобрений более высокая окупаемость была в вариантах с азотным удобрением.

Наиболее высокая окупаемость отмечена в варианте с рядковым фосфорным удобрением в дозе P10 (14 кг/кг).

6. Минеральные удобрения изменяли качество зерна проса. Азотное удобрение, внесенное как отдельно, так и в сочетании с фосфорным, на 0,3 – 1,8% повышало содержание протеина, снижая концентрацию крахмала на 0,4 – 2,2% против контроля. Содержание жира в различной степени увеличивалось от всех удобрений.

7. Наибольший выход зерна в среднем за три года исследований получен в вариантах с одним фосфорным удобрением, как в вариантах с основным внесением, так и в рядки при посеве

8. Повышая урожайность, удобрения способствовали более экономному расходованию влаги на создание единицы урожая. Экономия воды составляла по разным вариантам 8 – 31%.

9. Обнаружено достоверное последствие внесенных под просо средних доз фосфорных и азотных удобрений на культуре подсолнечника, где прибавка урожая была в пределах 0,04 – 0,16 т/га.

ГЛАВА 4. Почвенная диагностика минерального питания проса

В исследованиях научных учреждений и в практике передовых хозяйств установлено, что чем выше плодородие почвы, тем значительнее эффективность всех агрономических приемов, тем в меньшей степени сказываются на урожае различные отклонения в технологии возделывания сельскохозяйственных культур и складывающиеся погодные условия.

Ведение интенсивного сельскохозяйственного производства в настоящее время невозможно без глубоких знаний о свойствах всех типов почв, совокупности их характеристик, определяющих плодородие, его изменение во времени, динамике процессов, протекающих в почвах под воздействием абиотических и антропогенных факторов. Существенный способ улучшения питания растений, повышения их продуктивности и стабилизации почвенного плодородия – использование удобрений. Для оптимального и рационального и экологически безопасного их использования необходимы знания о валовом содержании подвижных форм макро- и микроэлементов, характере процессов, протекающих в почве, особенностях потребления питательных элементов растениями. И, наконец, необходимо знать свойства различных видов минеральных и органических удобрений, их влияние на урожайность и качество получаемой продукции, а также возможные негативные экологические последствия. Только на основе совокупности объективных знаний возможна разработка оптимальных систем применения удобрений, обеспечивающих максимальную эффективность почвы, сохранение её плодородия и предотвращение загрязнения окружающей среды (Авдонин Н.С.,1982; Агафонов Е.В.,2013; Белоголовцев В.П.,2003; Муравин Э. А.,2003; Никитишен В.И.,1984; Панников В.Д.,1987; Ряховский А.В.,1992, Смольянинов И. И.,1964; Шестакова А.Г.,1954; Ягодин Б. А.,2002).

Важнейшим фактором создания условий для получения максимального урожая и высокой эффективности удобрений является изучение динамики питательных веществ в почве, а также ход её изменений в процессе роста и развития культуры.

Таким образом, прогноз действия минеральных удобрений на основе содержания доступных растениям форм питательных веществ в почве и методики их определения являются одним из наиболее значимых и сложных вопросов агрохимии (Демолон А.,1961; Журбицкий З.И.,1963; Соколов А.В.,1970; Чуб М.П., Штейн Э.С., Моторыгин И.П.,1972; Кулаковская Т.Н. и др.,1980; Никитишен В.И.,1984; Болдырев.Н.К., Зверева Е.А., 1986, 1989; Райков В.Н.,1988; Чуб М.П.,1989; Боковая М.М., Ваулин А.В.,1991; Бокарев В.Г.,2000; Белоголовцев В.П.,2002).

Успешное решение этих вопросов позволяет наиболее обоснованно подходить к агрономически и экономически эффективному и экологически безопасному применению удобрений.

4.1.Диагностика азотного питания

Как известно, аммиачный и нитратный азот являются источниками азотного питания растений в почвах черноземного и каштанового типа. Установлено, что из всех легкодоступных форм азота нитратный наиболее четко отражает условия азотного питания растений, так как основная часть азота поглощается растениями в нитратной форме в связи с большей ее подвижностью. Аммиачный азот составляет меньшую часть минерального азота почвы и количество его относительно стабильно в течение вегетации. К тому же аммиачная форма азота становится доступной растениям только в результате непосредственного контакта корневого волоска с почвенными коллоидами, содержащими в диффузном слое обменно-поглощенный катион NH_4^+ (Кореньков Д. А.,1976; Петербургский А.В.,1971; Ратнер Е.И.,1955).

На значительно меньшую ценность аммония, как источника азотного питания, указывали Турчин Ф.В. (1936); Балябо Н.Г. (1966); Протасов П.В., Коростелева Г.Д. (1972); Кочергин А.Е. (1972); Пономарева А.Т. (1990). Они считают, что из всех легкодоступных растениям форм азота нитратный наиболее четко отражает условия азотного питания растений, так как вносимые аммонийные формы при благоприятных условиях очень быстро переходят в

нитратную и в течение почти всего вегетационного периода усвояемый азот, в основном, представлен очень подвижной нитратной формой.

Подавляющее большинство исследователей, изучая азотный режим почвы, высказываются в пользу нитратного азота, так как, именно он является основным источником азотного питания растений в молодом возрасте, когда процесс фотосинтеза и образование органических кислот протекают медленно. К тому же, нитратный азот почти не подвержен химическому и другим видам поглощения, то есть находится в устойчивом контакте с корневой системой растений (Агафонов Е.В., 1992; Чуб М.П., 1989; Бокарев В.Г., 2000; и др.).

Подобных исследований при возделывании проса на светло- каштановых почвах Саратовского Заволжья в литературных источниках не обнаружено.

В результате наших наблюдений за динамикой нитратного азота в почве было установлено, что внесенные минеральные удобрения оказывали непосредственное влияние на улучшение азотного режима почвы.

Анализ полученных данных показал, что содержание нитратного азота в почве в слое 0-30 см увеличивается во всех вариантах и достигает максимального значения к фазе всходов, что связывается с активизацией нитрификации (таблица 16, рисунок 15, приложения 21,22,23).

Больше всего нитратного азота накапливалось к этому периоду в 2013 году, когда повышение по отношению к исходному содержанию составило 38,8%, тогда как в 2011 и 2012 годах увеличение содержания нитратного азота составило 28-32%. Данная разница обусловлена более благоприятными условиями для процесса нитрификации, сложившимися в 2013 году (рисунок 14).

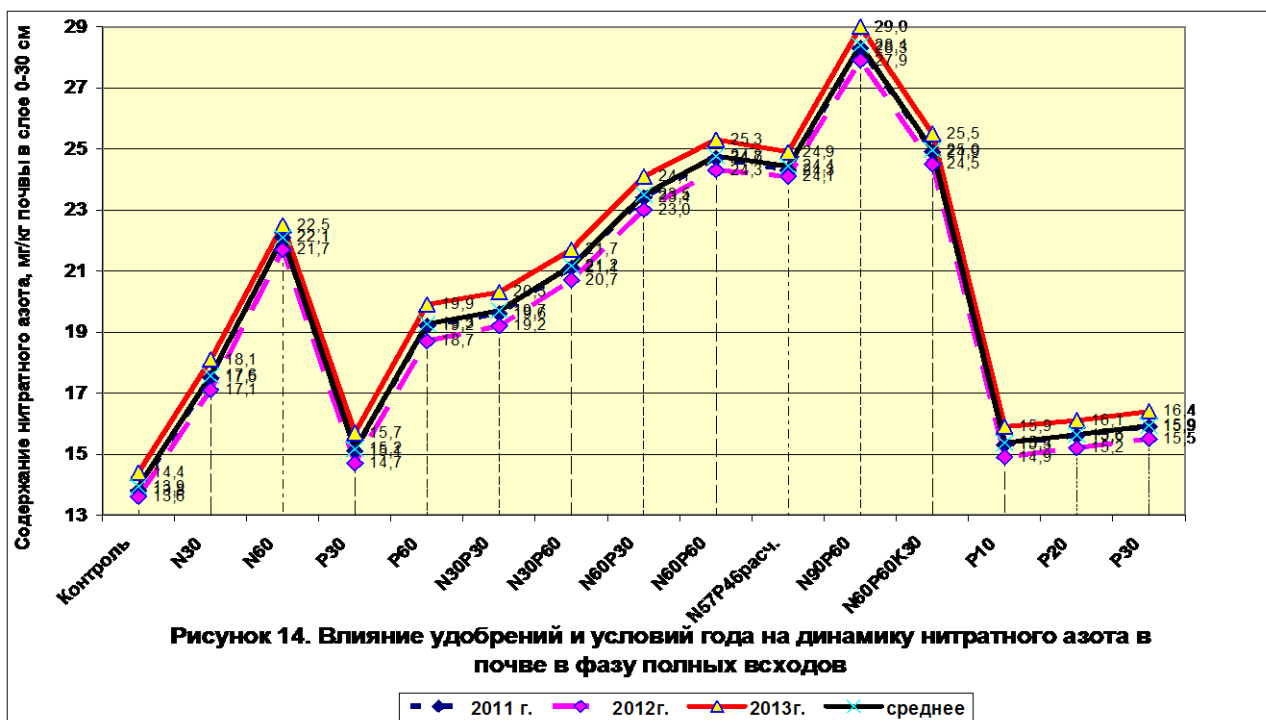
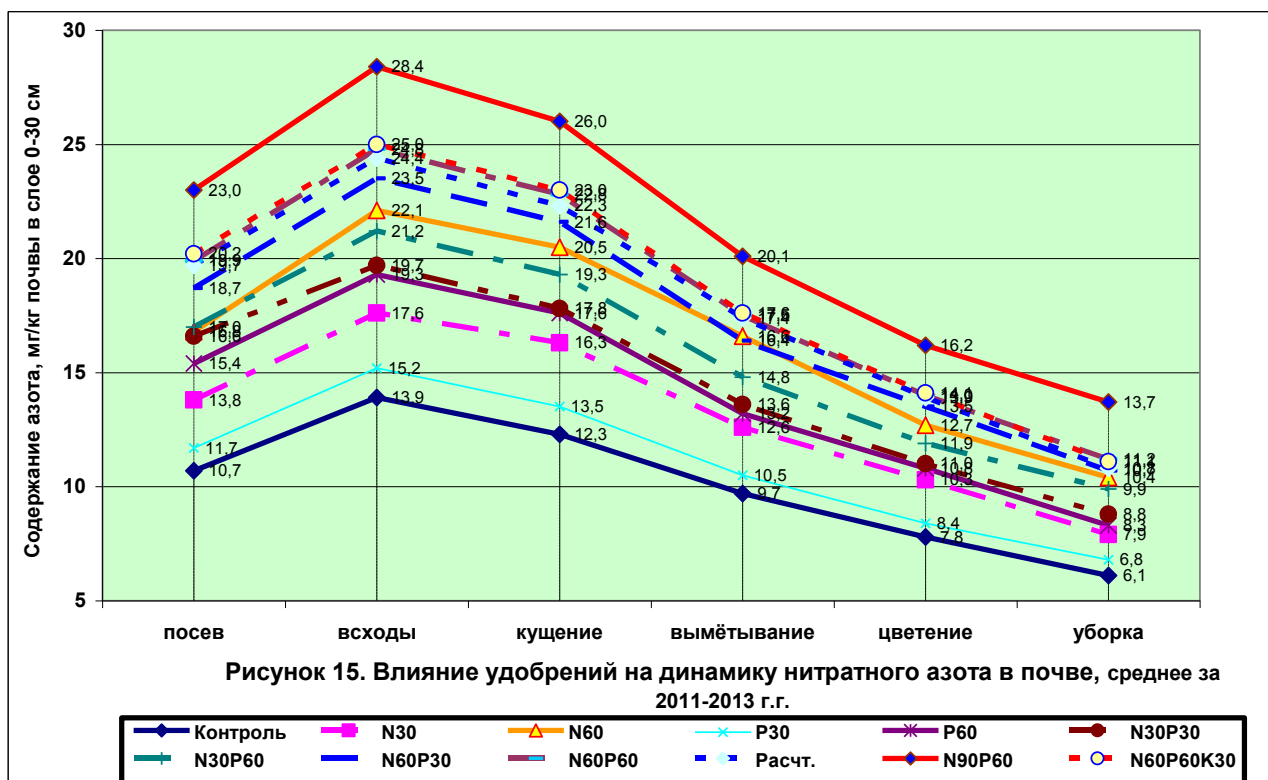


Таблица 16 – Динамика нитратного азота в почве (среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты	Содержание нитратного азота, мг/кг почвы в слое 0-30 см					
	сроки взятия образцов почвы					
	посев	всходы	кущение	вымётывание	цветение	уборка
Контроль	10,7	13,9	12,3	9,7	7,8	6,1
N30	13,6	17,7	15,6	12,3	9,9	7,8
N60	16,4	21,3	18,8	14,9	11,9	9,3
P30	11,7	15,2	13,4	10,6	8,5	6,7
P60	12,8	16,6	14,7	11,6	9,3	7,3
N30P30	14,8	19,2	17,0	13,4	10,8	8,4
N30P60	15,9	20,6	18,3	14,4	11,6	9,1
N60P30	17,6	22,8	20,2	16,0	12,8	10,0
N60P60	18,7	24,3	21,5	16,9	13,6	10,7
Расч	18,5	24,0	21,3	16,8	13,5	10,5
N90P60	21,2	27,5	24,4	19,2	15,4	12,1
N60P60K30	18,8	24,4	21,6	17,0	13,7	10,7
P10	10,7	14,1	12,5	9,9	7,9	6,2
P20	10,7	14,1	12,7	10,2	8,2	6,5
P30	10,7	14,3	12,9	10,3	8,3	6,5
НСР ₀₅ , мг	0,42	0,49	0,34	0,29	0,19	0,16

В последующем по мере роста и развития растений, большего потребления ими питательных веществ, происходило снижение запасов нитратного азота в почве.

Применение удобрений повышало содержания нитратного азота в почве во все фазы вегетации проса во все годы исследований.



Увеличение содержания нитратного азота в удобренных вариантах при возделывании проса показывает на окультуривание почвы под действием минеральных удобрений.

Установлено, что содержание нитратного азота в почве увеличивалось пропорционально внесенным дозам азотных удобрений. Между данными показателями существует тесная корреляционная зависимость, которая описывается уравнением регрессии $Y=10,72+0,095N$ при $R^2=0,989$, где Y - количество нитратного азота в почве, мг/кг, N - доза азота удобрений, кг/га действующего вещества, R^2 - коэффициент детерминации.

На основе расчетов по изменению содержания нитратного азота под действием внесенных удобрений установлены нормативы затрат действующего

вещества удобрений на увеличение концентрации N-NO₃ на 1 мг/кг почвы в слое 0-30 см (таблица 17).

Концентрация N-NO₃ в слое 0-30 см в среднем за 3 года исследований повышалась на 1 мг/кг почвы при внесении 5,8 – 8,7 кг/га действующего вещества азотных удобрений в сочетании с фосфорными. При одностороннем внесении азотных удобрений норматив составлял 10,3–10,5 кг/мг.

Как видно из приведенных данных, на изменение содержания нитратного азота в почве оказывали влияние и фосфорные удобрения. Так, при внесении азота в дозе N30 концентрация N-NO₃ перед посевом составляла 13,6 мг/кг, или на 2,9 мг больше, чем в контрольном варианте, а доза фосфора P30 в сочетании с N30 увеличила этот показатель до 14,8 мг/кг почвы, что равносильно внесению 4,5 кг/га действующего вещества азотного удобрения. Такое взаимодействие разных видов удобрений вело к снижению затрат азота удобрения на увеличение содержания N-NO₃ на 1 мг/кг в почве в слое 0-30 см.

Таблица 17 – Нормативы затрат азотных удобрений на увеличение содержания N-NO₃ в почве (среднее за 2011-2013гг.)

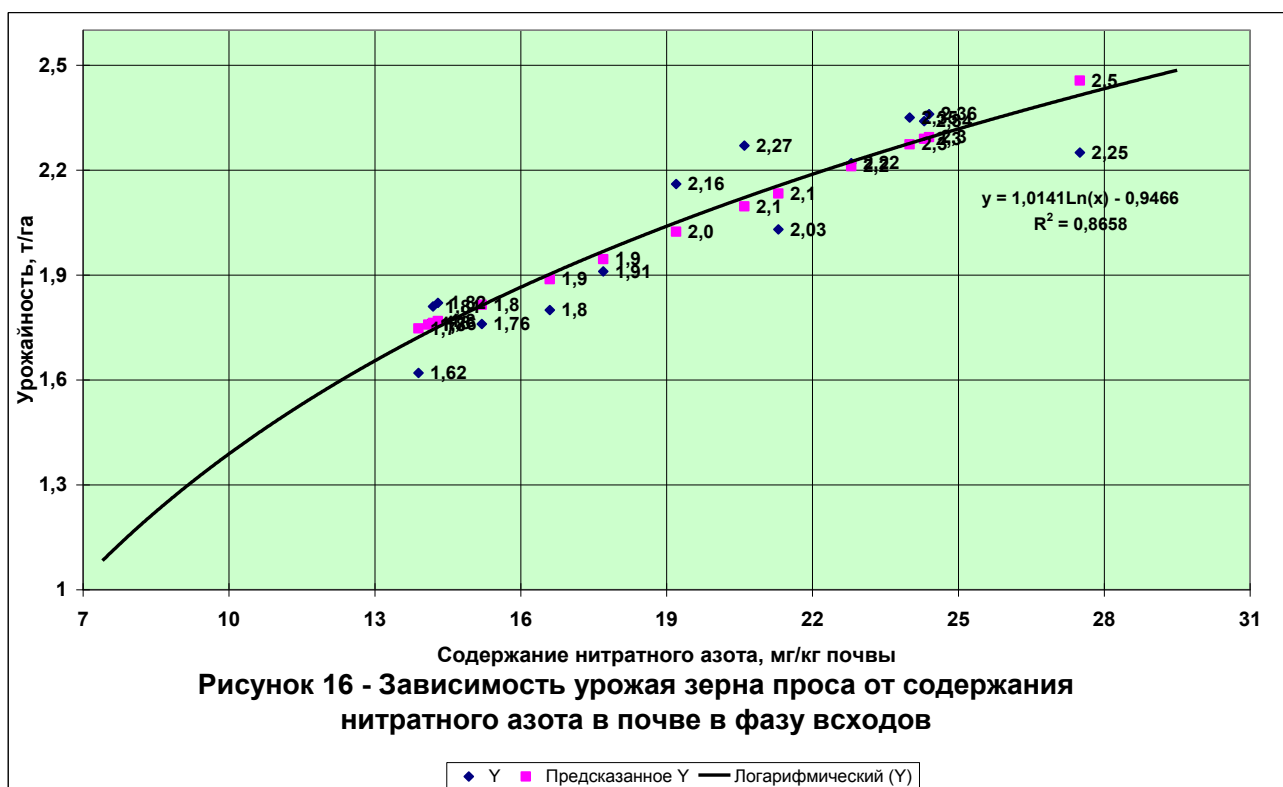
Варианты	Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы перед посевом	Затраты д.в. азота удобрений на увеличение содержания N-NO ₃ на 1 мг/кг
Контроль	10,7	
N30	13,6	10,3
N60	16,4	10,5
N30P30	14,8	7,3
N30P60	15,9	5,8
N60P30	17,6	8,7
N60P60	18,7	7,5
N90P60	21,4	8,4
Расчт. на 2,5 т/га	18,5	7,3
N60P60K30	18,8	7,4

Между урожаем зерна проса и содержанием нитратного азота в почве отмечена тесная положительная взаимосвязь, описываемая уравнением регрессии второго порядка (таблица 18).

Таблица 18 – Зависимость урожая зерна проса от содержания нитратного азота в почве

Срок определения	Уравнение регрессии	Критерии достоверности
Перед посевом	$Y=0,452 + 0,151 N - 0,003N^2$	$R=0,936 \pm 0,097, t=9,613^*$
Всходы	$Y= 0,302 + 0,128N - 0,002N^2$	$R= 0,938 \pm 0,096, t=9,718^*$
Кущение	$Y=0,148 + 0,163N - 0,094N^2$	$R= 0,941 \pm 0,094. t=10,014^*$

*Примечание: Y- урожайность, т/га, N - содержание нитратного азота, мг/кг почвы.



На основании построенных теоретических кривых графиков зависимости урожайности проса от содержания в почве нитратного азота определены оптимальные уровни содержания его для достижения запланированного урожая зерна (таблица 19)

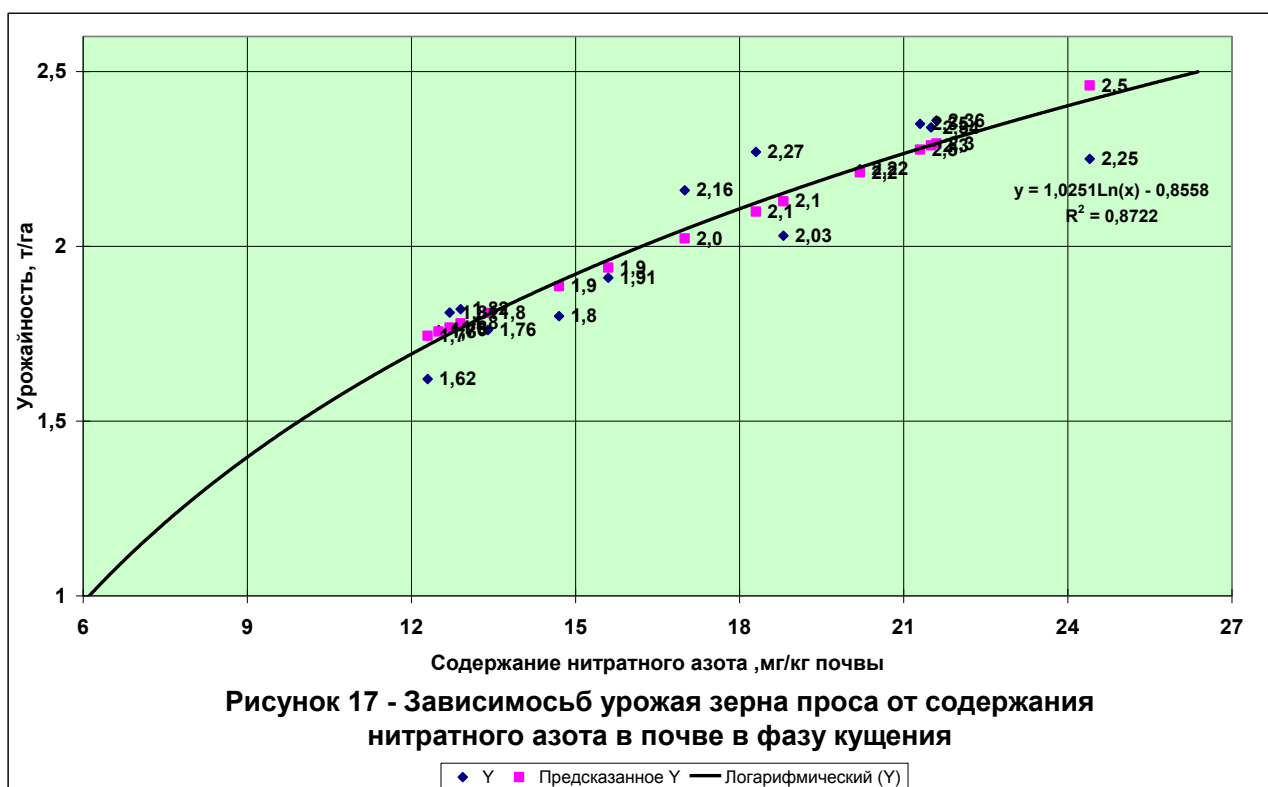


Таблица 19 – Оптимальные уровни содержания нитратного азота, обеспечивающие достижение планируемого урожая, (среднее за 2011-2013гг.)

Планируемая урожайность, т/га	Содержание N-NO ₃ в почве, мг/кг в слое 0-30 см.		
	сроки отбора и фазы развития проса		
	перед посевом	всходы	кушение
1,0	5,8	7,1	6,2
1,5	9,2	11,5	10,0
2,0	14,5	18,3	16,2
2,5	22,5	29,5	26,3

При содержании азота в почве ниже требуемого уровня, для получения планируемой урожайности, расчет доз азотных удобрений проводят по методу доведения до оптимального (МДОП).

Для этого используют формулу ВИУА: $D=(N_{\text{опт}} - N_{\text{исх}})*H$, где D – доза удобрений кг/га действующего вещества, $N_{\text{опт}}$ -оптимальное содержание нитратного азота для планируемого уровня урожайности, мг/кг почвы, $N_{\text{исх}}$ -исходное содержание азота, H - норматив затрат д.в. азота удобрения на увеличение содержания нитратного азота на 1 мг/кг почвы в расчётном слое,

Пример: в почве перед посевом содержится 10,7 мг/кг нитратного азота – это исходное содержание. По рекомендациям оптимальное содержание нитратного азота для урожайности 2,0 т/га должно составлять 14,5 мг/кг. Норматив затрат при внесении одного азотного удобрения составляет 10,3кг/мг. Тогда расчетная доза удобрений составит:

$$D = (14,5 - 10,7) * 10,3 = 39,1 \text{ кг/га действующего вещества.}$$

При совместном внесении азота и фосфора норматив затрат составляет 7,3 кг/мг. Тогда доза азота составит:

$$D = (14,5 - 10,7) * 7,3 = 27,7 \text{ кг/га действующего вещества.}$$

То есть совместное с фосфором внесение азота позволяет снизить дозу азотного удобрения на 11,4 кг/га, что немаловажно в сложившейся ценовой политике с ценами на удобрения и сельскохозяйственную продукцию.

ВЫВОДЫ

1. В динамике нитратного азота в почве под посевами проса максимум накопления N-NO₃ установлен в фазу всходов. Содержание нитратного азота в диагностируемом слое почвы увеличивается пропорционально внесенным дозам азотных удобрений. Установлено также положительное влияние фосфорных удобрений на изменение этого показателя на почвах с низкой обеспеченностью подвижным фосфором.

2. Нормативы затрат азота удобрений на увеличение содержания N-NO₃ в почве на 1 мг/кг почвы перед посевом установлены для проса – 10,3–10,5 кг/га при внесении одного азотного удобрения. Совместное применение азотных и фосфорных удобрений способствует снижению норматива затрат азота удобрений на увеличение содержания N-NO₃ в почве до 5,8 – 8,7 кг д.в. на 1 га.

3. Между урожайностью проса и содержанием нитратного азота в почве установлена положительная зависимость, выражаемая уравнениями регрессии второго порядка. Это позволяет прогнозировать величину урожая задолго до его уборки.

4. Определены оптимальные уровни содержания нитратного азота в почве по основным фазам роста и развития культуры, которые можно использовать

для расчёта планируемых величин урожайности и корректировки системы удобрения.

4.2 Диагностика фосфорного питания

Содержание фосфора в почве – показатель ее окультуренности. Обычно оно составляет 1,2–6 т/га и зависит от гранулометрического состава почвы и содержания гумуса. В почве фосфор находится в минеральной и органической формах. Минеральные фосфаты присутствуют, как правило, в виде гидроксил- или фтор-апатитов, ди- и трикальцийфосфатов. Органический фосфор накапливается в результате деятельности высших и низших растений, животных и микроорганизмов. В различных почвах его содержание составляет 14–44 % общего количества.

Содержание подвижного фосфора в почвах, являясь одним из важных показателей их плодородия, оказывает влияние на построение всей системы удобрения. Исследование условий формирования фосфатного фонда под влиянием удобрений, его динамики в течение вегетации растений, действия фосфорных удобрений в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве дает возможность разработать рациональные дозы и приемы использования фосфорных удобрений, установить оптимальные уровни обеспеченности почвы доступным фосфором для достижения определенных значений урожайности в конкретных почвенно-климатических условиях.

Создавать запас подвижных фосфатов в почве и возмещать вынос возможно только за счет систематического применения удобрений. Минеральные удобрения восполняют большую часть выносимых с урожаем питательных веществ. В тоже время неправильное использование и чрезмерное внесение удобрений может негативно влиять как на продуктивность культур, так и на естественное плодородие почвы. К тому же удобрения изменяют годичный ритм количества доступных растениям питательных веществ (Азизов З.М., 2012; Уваров Г.И., Карабутов А.П., 2012).

В связи с этим при разработке методов оптимизации питания растений и применения удобрений важно учитывать не только их дозы, но и соотношения

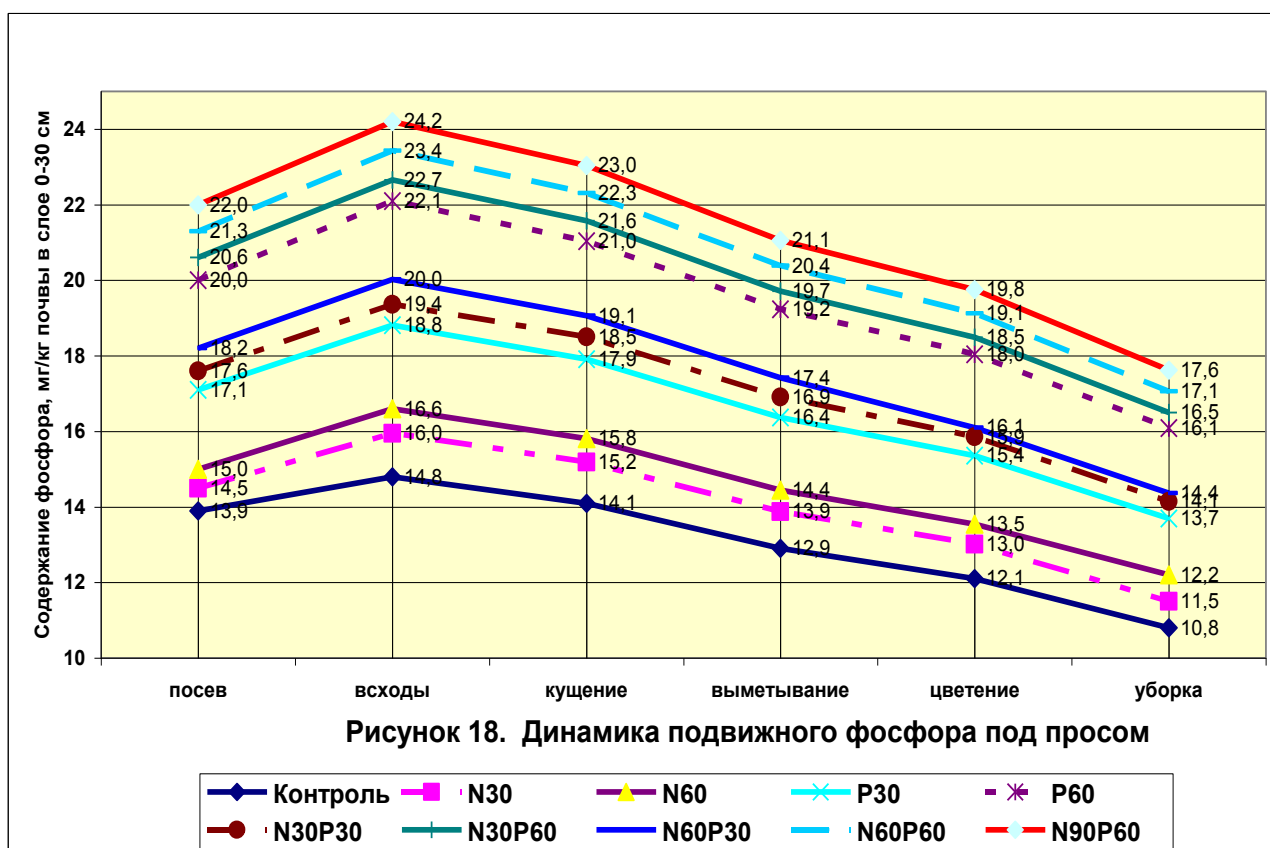
питательных веществ с учетом плодородия почв и биологических особенностей возделываемых культур, в том числе и проса. Без правильного подхода при использовании удобрений часто не только отсутствует положительный эффект, а проявляется их негативное влияние на химические и биологические свойства почвы и, как следствие, на формирование величины и качества урожая (Минеев В.Г., 2004).

Экономические трудности настоящего времени заставляют нас более экономно и агрономически эффективно использовать дорогостоящие удобрения, для чего требуется определить нижнюю границу оптимального для определенного уровня урожайности содержания доступного фосфора в почве.

Касицкий Ю.И. (1988) предлагает за оптимальное принимать такое содержание подвижного фосфора, при котором внесение фосфорных удобрений в количествах, эквивалентных выносу, обеспечивает уровень урожая равный 95% от максимального, Кулаковская Т.Н. и др.(1984) поднимают эту планку до 98%. Зверева Е.А.(1987), Чуб М.П.(1989) также считают, что предельные величины оптимального содержания подвижного фосфора в почве зависят от уровня получаемого урожая и должны быть выбраны те значения, которые соответствуют определенной планируемой продуктивности сельскохозяйственных культур.

По результатам агрохимических обследований каштановые почвы Саратовского Заволжья по содержанию подвижных форм фосфора относятся к группе низко обеспеченных (Бунтяков С.И., Узун В.Ф., Чуб М.П., 1966). Как правило, содержание в них подвижной P_2O_5 не превышает 14-16 мг/кг почвы.

В наших исследованиях результаты определения подвижных фосфатов в почве под просом показали, что все удобрения способствовали увеличению концентрации подвижного фосфора в слое 0-30 см при первом определении перед посевом. Во всех вариантах отмечено также увеличение содержания подвижного фосфора к фазе всходов (таблица 20, рисунок 18, приложения 24.25.26).



Максимум накопления подвижного фосфора в почве к этому сроку объясняется тем, что к этому периоду почва достаточно прогревается, усиливается процесс гидролиза органических соединений фосфора в почве и количество доступных растениям фосфатов увеличивается.

Затем с приростом сухой биомассы растений проса содержание подвижного фосфора в почве снижается вплоть до уборки.

Стоит отметить, что и внесение азотных удобрений способствовало увеличению концентрации доступного фосфора в почве. Так применение азотного удобрения в дозе 60 кг/га обеспечивало повышение содержания подвижного фосфора к фазе всходов на 1,8 мг/кг, что равносильно 6,8 кг/га действующего вещества фосфорного удобрения.

Объясняется это тем, что азотное удобрение значительно увеличивает концентрацию водородных ионов в почвенном растворе, приводящую к усилению гидролиза фосфоросодержащих пород, способствующую тем самым повышению содержания в почве подвижных фосфатов (Ф.В.Чириков, 1956).

Таблица 20 – Динамика подвижного фосфора под влиянием удобрений
(среднее за 2011-2013 гг)

Варианты	Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы в слое 0-30 см					
	сроки отбора образцов					
	посев	всходы	кущение	выметывание	цветение	уборка
Контроль	13,9	14,8	14,1	12,9	12,1	10,8
N30	14,5	16,0	15,2	13,9	13,0	11,5
N60	15,0	16,6	15,8	14,4	13,6	12,2
P30	17,1	18,8	17,9	16,4	15,4	13,7
P60	20,0	22,1	21,0	19,2	18,0	16,1
N30P30	17,6	19,4	18,5	16,9	15,9	14,1
N30P60	20,6	22,7	21,6	19,7	18,5	16,5
N60P30	18,2	20,0	19,1	17,4	16,1	14,4
N60P60	21,3	23,4	22,3	20,4	19,1	17,1
N90P60	22,0	24,2	23,0	21,1	19,8	17,6
Расчт. на 25 ц/га	21,1	23,2	21,9	20,0	18,6	16,6
N60P60K30	21,5	23,7	22,5	20,6	19,3	17,2
P10	13,9	14,9	14,3	13,0	12,2	10,9
P20	13,9	14,9	14,4	13,1	12,3	11,0
P30	13,9	15,0	14,4	13,2	12,2	11,1
НСП 05, мг	3,4	3,6	2,8	3,2	3,5	2,6

Большое значение могло иметь и возможное повышение биологической активности почвы, в результате чего происходило вовлечение в биологический круговорот большого количества первичных форм минеральных фосфатов, слаборастворимых и малодоступных растениям (Дмитренко П.А.,1957).

На основе полученных экспериментальных данных нами определены нормативы затрат действующего вещества фосфорного удобрения на увеличение содержания подвижного фосфора на 1 мг/кг почвы в слое 0-30 см (таблица 21).

Таблица 21 – Нормативы затрат удобрений на увеличение содержания подвижного фосфора в почве (среднее за 2011-2013гг.)

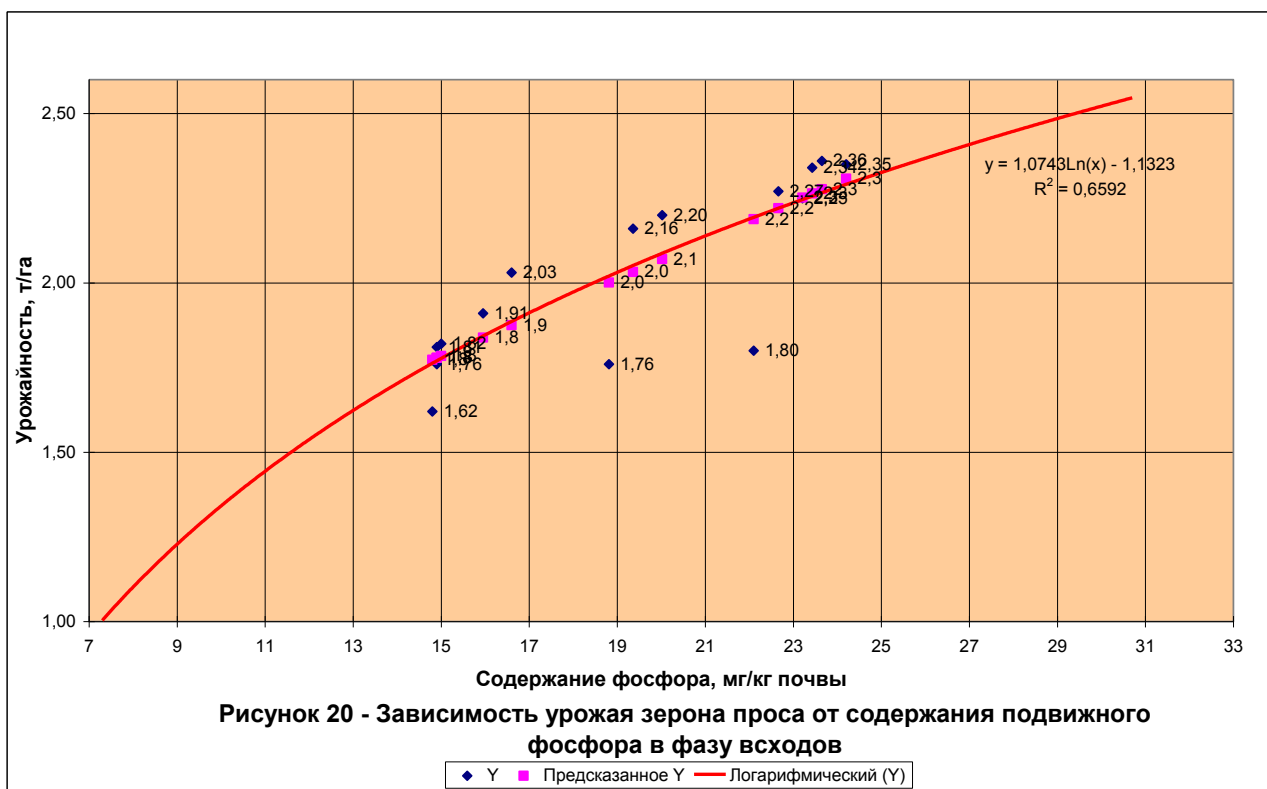
Варианты	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы перед посевом	Затраты фосфора на увеличение содержания, кг на 1 мг
Контроль	13,9	
P30	17,1	9,4
P60	20,0	9,8
N30P30	17,6	8,1
N30P60	20,6	8,9
N60P30	18,2	6,9
N60P60	21,3	8,1
N90P60	22,0	8,7
Расчт. на 2,5т/га	21,1	6,5
N60P60K30	21,5	7,9

Нами установлена прямая пропорциональная зависимость между дозами фосфорных удобрений и содержанием доступного фосфора в почве перед посевом, которая описывается уравнением регрессии. $Y=9.2+0.616P$ при $R^2 = 0.682$, где Y – содержание подвижной P₂O₅, мг/кг почвы, P – доза фосфора удобрения, кг/га действующего вещества, R^2 – коэффициент детерминации.

Применение фосфорного удобрения в дозе 30 кг/га действующего вещества способствовало повышению содержания подвижного фосфора до 17,1 мг/кг, что на 3,2 мг/кг выше, чем в контрольном варианте.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что и азотные удобрения, внесенные и отдельно и в сочетании с фосфорными, способствуют повышению концентрации доступного фосфора в почве. Так каждые 30 кг/га азота повышают содержание фосфора на 0,6 мг/кг почвы в зависимости от доз азотных удобрений. Тем самым норматив затрат действующего вещества фосфора удобрений для увеличения содержания подвижного фосфора на 1мг/кг почвы в расчётном слое в парных сочетаниях с азотными удобрениями снижается.

В ходе исследований выявлена тесная математическая зависимость между урожайностью проса и содержанием подвижного фосфора в почве перед посевом, в фазу всходы и в кушение (таблица 22, рисунки 19,20, 21).



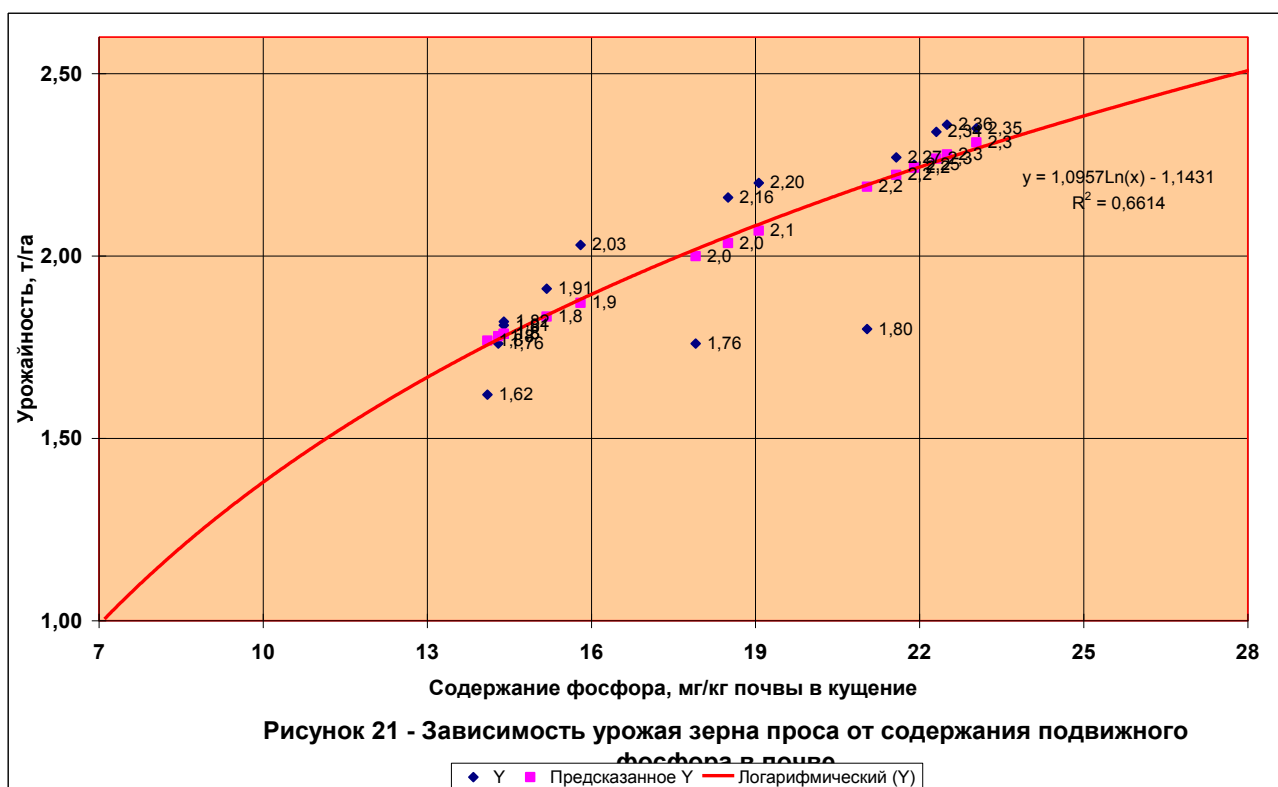


Таблица 22 – Зависимость урожая зерна проса от содержания подвижного фосфора в почве (среднее за 2011-2013 гг.)

Срок определения	Уравнение регрессии	Критерии достоверности
Перед посевом	$Y=1,178 + 0,029P + 0,001P^2$	$R= 0,803 \pm 0,165, t=6,862^*$
Всходы	$Y=1,050 + 0,046P + 0,001P^2$	$R=0,808 \pm 0,163, t=6,941^*$
Кущение	$Y=0,968 + 0,054P + 0,001P^2$	$R=0,808 \pm 0,163, t=6,952^*$

На основании трендов построенных теоретических кривых графиков зависимости урожайности проса от содержания в почве подвижного фосфора были определены оптимальные уровни содержания его для обеспечения запланированного урожая зерна проса (таблица 23)

Таблица 23 – Оптимальные уровни содержания подвижного фосфора, обеспечивающие достижение планируемого урожая, (среднее за 2011-2013гг.)

Планируемая урожайность, т/га	Содержание подвижной P_2O_5 в почве, мг/кг в слое 0-30 см.		
	сроки отбора и фазы развития проса		
	перед посевом	всходы	кущение
1,0	6,9	7,4	7,2
1,5	10,9	11,8	11,5
2,0	17,0	18,6	17,2
2,5	26,0	29,0	27,6

Так для получения урожая зерна проса в 25 ц/га содержание нитратного азота и подвижного фосфора в почве перед посевом должно быть 22,5 и 26 мг/кг соответственно.

Таким образом, установлены закономерности и тесные зависимости между содержанием доступных форм питательных элементов в почве и урожайностью проса, определены уровни оптимального содержания нитратного азота и подвижного фосфора в почве и нормативы затрат удобрений для их достижения. Данные результаты дают возможность прогнозировать и получать запланированный урожай проса в конкретных почвенно-климатических условиях.

ВЫВОДЫ

1. В динамике подвижного фосфора в почве отмечено увеличение его содержания от посева к фазе всходов во всех вариантах опыта.

Содержание подвижной P_2O_5 в диагностируемом слое почвы увеличивается пропорционально внесенным дозам фосфорных удобрений. Установлено также положительное влияние азотных удобрений на изменение этого показателя.

2. Для увеличения содержания подвижного фосфора на 1 мг/кг почвы перед посевом норматив затрат фосфорного удобрения равен 9,4-9,8 кг/га действующего вещества. При совместном применении фосфорных и азотных удобрений норматив установлен в пределах 6,5-8,9 кг/га.

3. Между урожайностью проса и содержанием в почве подвижного фосфора имеется тесная корреляционная зависимость, выражаемая уравнениями регрессии второго порядка, что позволяет прогнозировать величину урожая задолго до его уборки.

4. Установленные оптимальные уровни содержания подвижной P_2O_5 в почве по основным фазам роста и развития культур для запланированных величин урожайности позволяют точнее рассчитывать дозы, тем самым более экономно расходовать удобрения.

ГЛАВА 5. Растительная диагностика минерального питания

5.1 Диагностика азотного питания

Повышение урожайности сельскохозяйственных растений невозможно без оптимизации их питания. Для достижения этой цели необходимо изучение зависимости продуктивности растения от уровня питания, который определяет минеральный статус растения, то есть содержания в его тканях питательных элементов. От содержания элементов питания в тканях растений зависит интенсивность метаболизма. В свою очередь, содержание элементов в тканях определяется их количеством в почве, экзогенными факторами среды и степенью доступности элементов растениям. При оптимальной обеспеченности растений азотом улучшается развитие вегетативной массы, повышается кустистость, увеличивается площадь листовой поверхности растений, содержание хлорофилла в листьях, повышается белковость зерна (Федоров А.А.,2002; Карпова Г.А.,2013).

Изучение динамики содержания элементов питания в сельскохозяйственных культурах, в том числе и в растениях проса является важным вопросом, так как рациональное использование удобрений невозможно без знания требований растений к уровню минерального питания в различные фазы их роста и развития.

В наших исследованиях мы изучили динамику содержания азота в растениях проса под действием внесенных удобрений.

Как видно из приведенных результатов, содержание общего азота в растениях проса по мере увеличения вегетативной массы в течение вегетации уменьшается (таблица 24, приложения 27,28,29).

Наибольшее содержание азота отмечалось в фазу кущения во всех вариантах опыта. По мере роста и развития растений концентрация общего азота снижалась от фазы кущения к фазе молочно-восковой спелости в 2,7-2,8 раза.

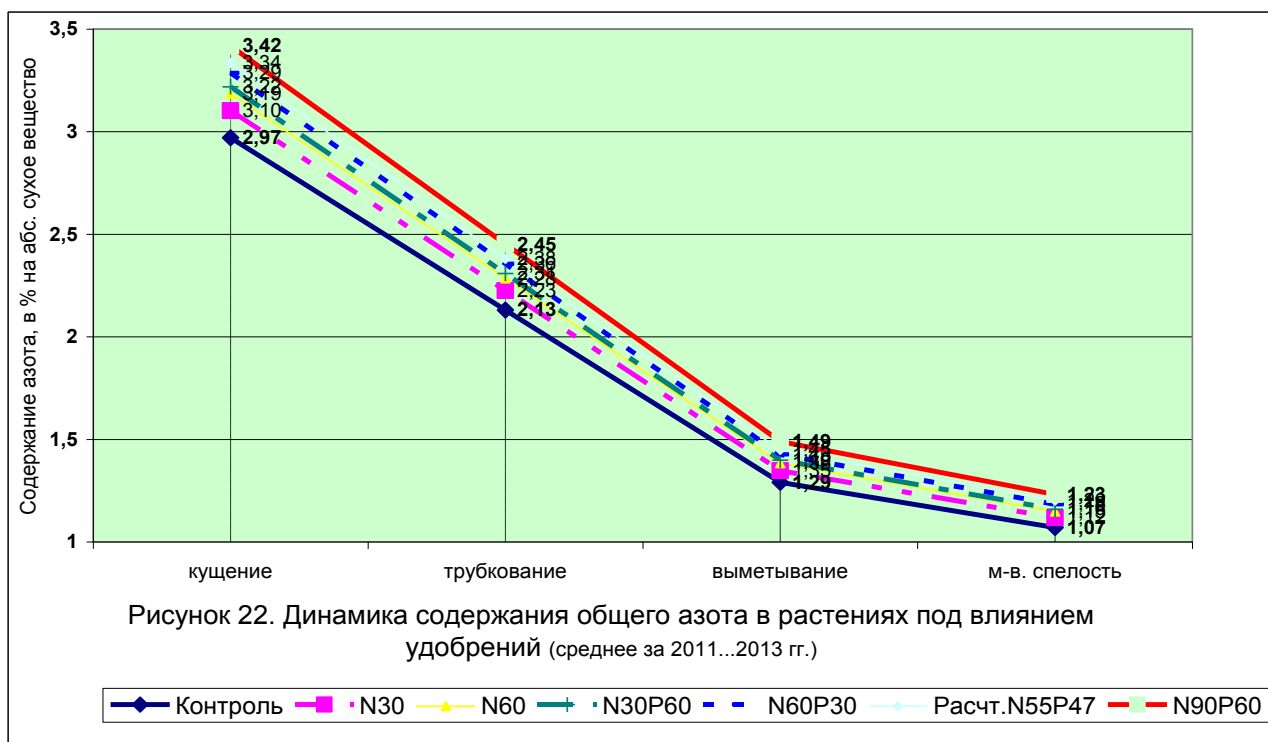
Таблица 24 – Влияние удобрений на содержание общего азота в растениях проса (среднее за 2011– 2013 гг.)

Вариант	Содержание азота, в % на абс. сухое вещество			
	кущение	трубкование	выметывание	м-в. спелость
Контроль	2,97	2,13	1,29	1,07
N30	3,10	2,23	1,35	1,12
N60	3,19	2,28	1,38	1,15
P30	3,02	2,17	1,31	1,09
P60	3,07	2,20	1,34	1,11
N30P30	3,15	2,26	1,37	1,14
N30P60	3,22	2,31	1,40	1,16
N60P30	3,29	2,36	1,43	1,18
N60P60	3,35	2,40	1,46	1,22
Расчт.N55P47	3,34	2,38	1,45	1,20
N90P60	3,42	2,45	1,49	1,23
N60P60K30	3,37	2,42	1,46	1,21
P10	3,02	2,17	1,31	1,09
P20	3,05	2,19	1,33	1,10
P30	3,09	2,21	1,34	1,11
НСР 05,%	0,032	0,043	0,021	0,016

Азотное удобрение оказывало наибольшее влияние на динамику элемента, так в варианте с односторонним внесением удобрения в дозе N60 содержание азота увеличивалось на 0,22% по отношению к контролю. Внесение той же дозы фосфорного удобрения повышало содержание элемента всего на 0,10%. В парных сочетаниях также подтверждена ведущая роль азотного удобрения. Наибольшее содержание азота отмечено в фазу кущения в варианте N90P60 – 3,42%.

При рассмотрении динамики содержания элементов питания в сухом веществе растений по годам исследований выявлено, что наименьшая концентрация содержания азота, как в контроле, так и в удобренных вариантах, имела место в 2013 году. Объясняется это тем, что в этом году вегетативная

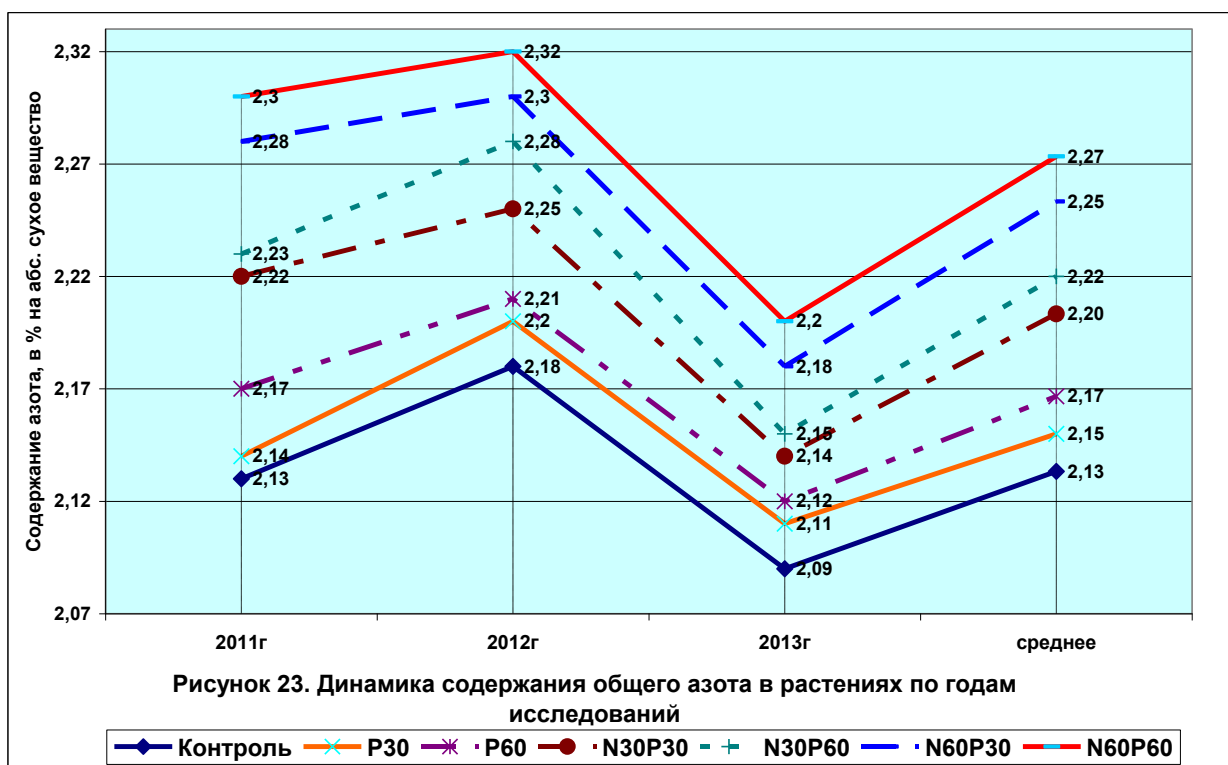
масса растений была существенно больше, чем в предыдущие годы исследований.



То есть каждая единица действующего вещества внесенных удобрений при более благоприятных условиях влагообеспеченности ведет к увеличению синтеза большего количества органических веществ, и относительное содержание элемента в массе растения снижается, как принято говорить, проявляется эффект «разбавления» (рисунок 23).

Установлено, что содержание общего азота в растениях увеличивалось пропорционально внесенным дозам азотных удобрений. Между данными показателями существует тесная корреляционная зависимость, которая описывается уравнением регрессии. $Y=2,976+0,0003N$ при $R^2=0,989$, где Y - количество общего азота в растениях, % в сухом веществе, N - доза азота удобрений, кг/га действующего вещества, R^2 - коэффициент детерминации.

На основе расчетов по изменению содержания общего азота под действием внесенных удобрений установлены нормативы затрат действующего вещества удобрений на увеличение концентрации $N-NO_3$ на 0,1% (таблица 25).



Концентрация общего азота в среднем за 3 года исследований повышалась на 0,1% в кушение при внесении 12–20 кг/га действующего вещества азотных удобрений в сочетании с фосфорными. При одностороннем внесении азотных удобрений норматив составлял 23–27 кг/га.

Как видно из приведенных данных, на изменение содержания общего азота оказывали влияние не только азотные, но и фосфорные удобрения.

Так, при внесении фосфора в дозе P30 на фоне N30 концентрация азота в фазу кушения составляла 3,15%, или на 0,05% больше, чем в варианте N30.

Установлена также тесная математическая зависимость урожая зерна проса от содержания общего азота в растениях по фазам роста и развития, что выражается уравнениями второго порядка:

$$\text{в кушение} - Y = 5,456 - 2,328N + 0,911 N^2, R^2 = 0,889,$$

$$\text{в трубкование} - Y = 5,341 - 2,882 N + 0,811 N^2, R^2 = 0,649,$$

где: Y – урожайность, т/га, N – содержание общего азота, %, R^2 – коэффициент детерминации.

Таблица 25 – Нормативы затрат действующего вещества азотного удобрения на увеличение содержания общего азота в растениях (среднее за 2011–2013 гг.)

Варианты	Содержание общего азота в растениях, % на абс. сухое вещество		Затраты кг/га азота удобрения на увеличение содержания на 0,1 %	
	кущение	трубкование	кущение	трубкование
Контроль	2,97	2,13		
N30	3,10	2,23	23,0	30,0
N60	3,19	2,28	27,0	40,0
N30P30	3,15	2,26	16,6	23,0
N30P60	3,22	2,31	12,0	16,7
N60P30	3,29	2,36	18,7	26,0
N60P60	3,35	2,40	15,6	22,2
N90P60	3,42	2,45	20,0	28,2
Расчт.N55P47	3,34	2,38	14,9	22,0
N60P60K30	3,37	2,42	15,0	20,6

Как видно из результатов математического анализа, наиболее существенная связь между урожайностью и содержанием общего азота в растениях прослеживается в фазу кущения.

Построенные на основе этих уравнений графики позволили установить оптимальные уровни содержания общего азота в растениях, обеспечивающие получение запланированных величин урожайности (таблица 26, рисунки 24, 25).

Для доведения содержания общего азота до требуемого для определенного уровня урожайности необходимо внести азотное удобрение с учетом норматива затрат его на изменение содержания на 0,1% (таблица 26).

Например: Вы определили содержание общего азота в растении в фазу трубкования 2,03%. Это значение соответствует урожайности в 12 ц/га.

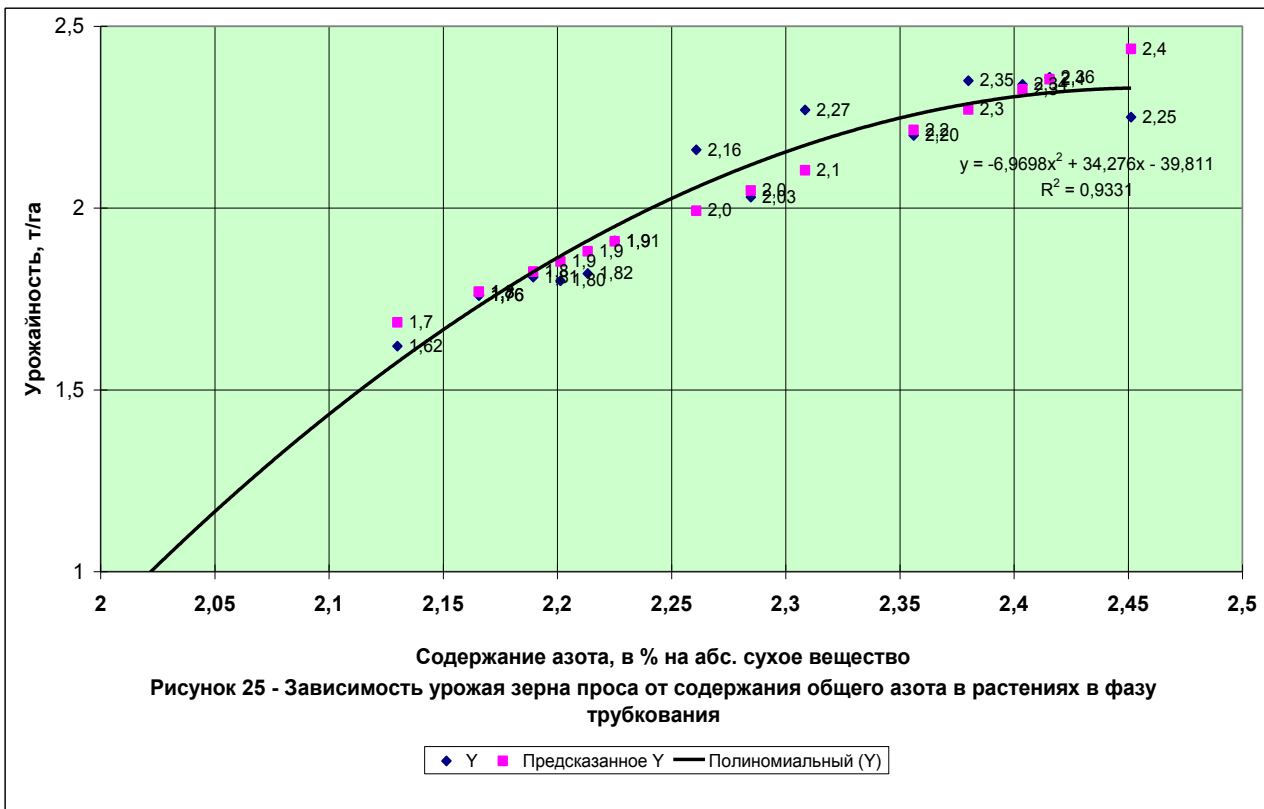
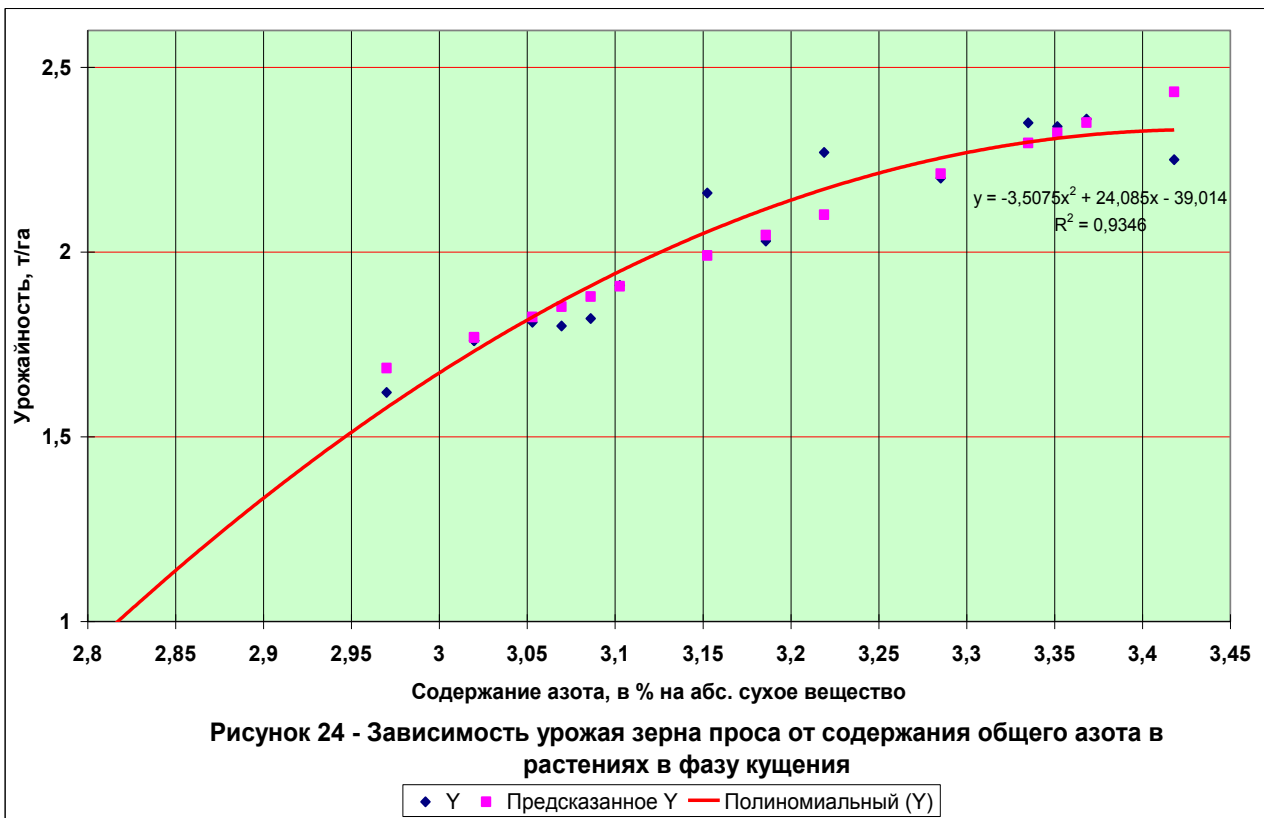


Таблица 26 – Оптимальное содержание общего азота в растениях, обеспечивающее получение запланированного урожая зерна (среднее за 2011–2013 гг.)

Планируемая урожайность, т/га	Содержание азота, в % на абс. сухое вещество	
	кущение	трубкование
1,0	2,82	2,02
1,2	2,83	2,03
1,6	2,97	2,11
1,8	3,08	2,15
2,0	3,12	2,22
2,5	3,45	2,38

Есть желание получить урожай 2,0 т/га. Этой урожайности соответствует содержание азота 3,12%. Разница между этими показателями равна 0,18%. Норматив затрат действующего вещества азотного удобрения на увеличение содержания азота на 0,1%, если оно используется отдельно, составляет 23–27 кг. Возьмём среднее значение 25 кг. Тогда доза действующего вещества азота удобрения составит: $(0.18/0.1)*25=54$ кг/га. В фазу кущения можно рекомендовать некорневую подкормку раствором мочевины: 54 кг/46% д.в. в мочеvine, получаем дозу физического удобрения 117 кг/га.

5.2 Диагностика фосфорного питания

Фосфор влияет на метаболическую активность тканей растений, на активность синтетических процессов. Наличие фосфора способствует интенсивному росту корней, накоплению углеводов, использованию нитратной и аммонийной форм азота и синтезу белков. При оптимальном количестве фосфора в клетках увеличивается содержание связанной воды, что положительно сказывается на засухоустойчивости растений. Для более рационального использования удобрений, достижения высокой урожайности получения продукции с высоким качеством знание оптимальных уровней содержания макроэлементов в растениях просто необходимо (Клечковский В.М., Петербургский А.В., 1967; Никитишен В.И., 1984; Бадина Г.В., 1988).

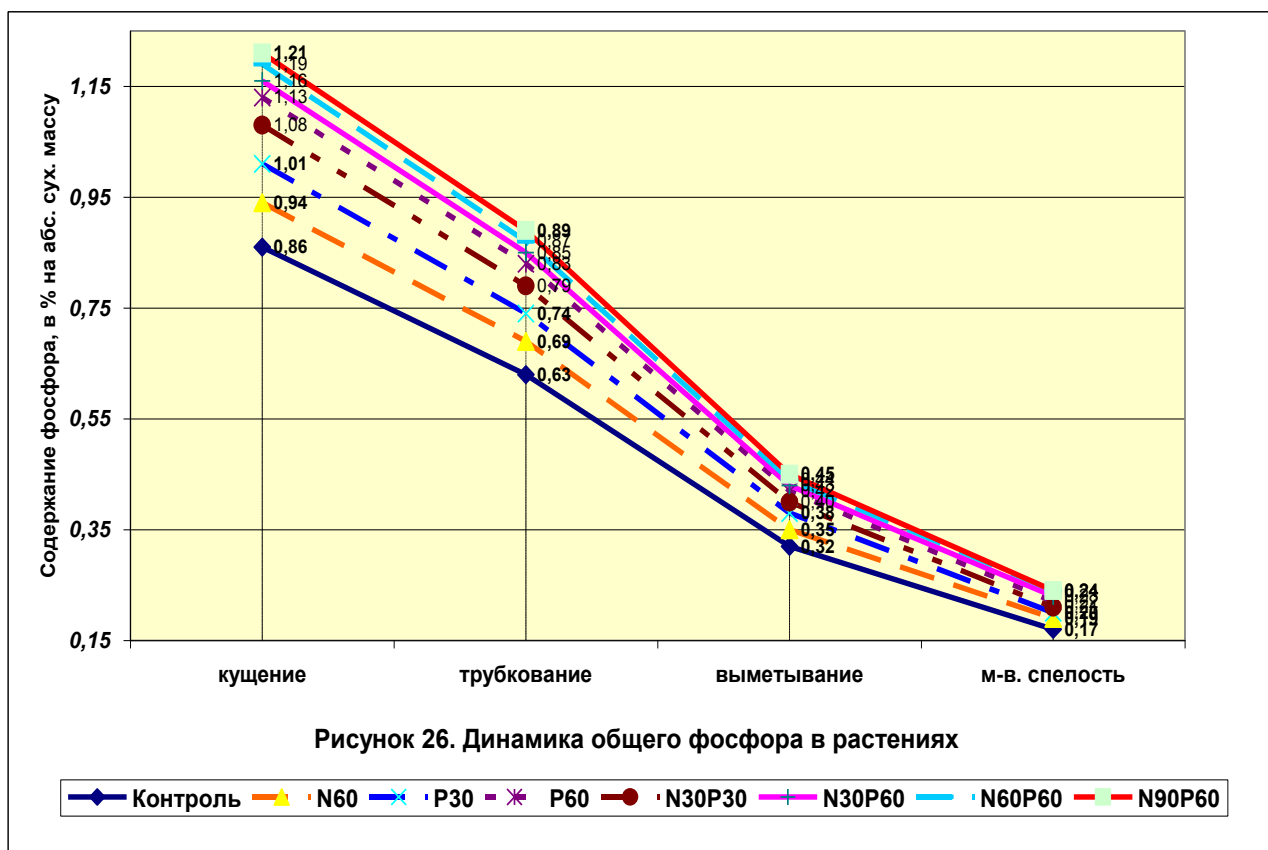
Анализом динамики общего фосфора в биомассе проса по основным фазам роста и развития установлено максимальное его содержание в начальные фазы со снижением к уборке (таблица 27, рисунок 26, приложения 30,31).

Здесь, также как и в вариантах с внесением одного азота установлено, что наибольшее снижение концентрации фосфора отмечено в период с фазы кущения к полному вымётыванию, когда происходило наиболее интенсивное накопление сухой биомассы растений.

Таблица 27 – Динамика общего фосфора в биомассе проса
(среднее за 2011–2013 г.г.)

Варианты	Содержание общего фосфора, в % на абс. сухое вещество			
	кущение	трубкование	вымётывание	м-в. спелость
Контроль	0,86	0,63	0,32	0,17
N30	0,89	0,65	0,33	0,18
N60	0,94	0,69	0,35	0,19
P30	1,01	0,74	0,38	0,20
P60	1,13	0,83	0,42	0,22
N30P30	1,08	0,79	0,40	0,21
N30P60	1,16	0,85	0,43	0,23
N60P30	1,12	0,82	0,42	0,22
N60P60	1,19	0,87	0,44	0,24
Расчт.N55P47	1,16	0,85	0,43	0,23
N90P60	1,21	0,89	0,45	0,24
N60P60K30	1,20	0,88	0,45	0,24
P10	0,88	0,64	0,33	0,17
P20	0,94	0,69	0,35	0,19
P30	1,03	0,75	0,38	0,20
НСР 05, %	0,023	0,016	0,014	0,011

В последующие межфазные периоды снижение содержания фосфора хотя и происходило, но было более плавным. Так, если в контрольном варианте с фазы кущения к вымётыванию концентрация фосфора уменьшилась на 0,54%, то от вымётывания к молочной спелости только на 0,15%, или практически в 3,6 раза меньше.



Внесенные удобрения способствовали повышению концентрации общего фосфора в биомассе проса уже с начальных фаз роста и развития. Преимущественное влияние на этот показатель оказывали фосфорные удобрения, повышение содержания фосфора от дозы P60 в фазу кущения составило 0,27% (абсолютных). Азотные удобрения в дозе N60 также изменяли этот показатель, но уже в меньшей степени – на 0,08 %.

В парных сочетаниях также подтверждена преимущественная роль фосфорного удобрения. Однако и азотное удобрение способствовало повышению содержания общего фосфора в растениях.

На основе полученных экспериментальных данных по содержанию общего фосфора в растениях проса в зависимости от доз фосфорных удобрений и их сочетаний с азотными рассчитаны нормативы затрат действующего вещества фосфорного удобрения на увеличение концентрации фосфора на 0,01% (таблица 28).

Таблица 28 – Нормативы затрат действующего вещества фосфорного удобрения на увеличение содержания общего фосфора в растениях (среднее за 2011-2013 гг.)

Варианты	Содержание общего фосфора в растениях, % на абс. сухое вещество		Затраты кг/га фосфора удобрения на увеличение содержания на 0,01 %	
	кущение	трубкование	кущение	трубкование
Контроль	0,86	0,63	-	-
P30	1,01	0,74	20,0	27,2
P60	1,13	0,83	22,2	30,0
P30N30	1,08	0,79	13,6	18,8
P60N30	1,16	0,85	20,0	27,2
P30N60	1,12	0,82	11,5	15,8
P60N60	1,19	0,87	18,2	25,0
P60N90	1,21	0,89	17,1	23,0

Увеличение дозы азота при внесении совместно с фосфорным (P60N30, P60N60) снижает норматив затрат фосфорного удобрения на повышение концентрации общего фосфора в растении.

Выявлена тесная математическая зависимость урожая зерна проса от содержания общего фосфора в растениях по фазам роста и развития, что выражается уравнениями регрессии второго порядка:

$$\text{в кущение} - Y = 4,917 - 7,462 P + 4,446 P^2; R = 0,825 \pm 0,157$$

$$\text{в трубкование} - Y = 4,263 - 9,238 P + 7,663 P^2; R = 0,824 \pm 0,157$$

где: Y – урожайность, т/га, P – содержание общего фосфора, %, R² – коэффициент детерминации.

Следует отметить, что связь между урожаем зерна и содержанием фосфора менее тесная, чем связь урожая зерна с содержанием общего азота.

Построенные на основе этих зависимостей графики позволили установить оптимальные уровни содержания общего фосфора в растениях, обеспечивающие получение запланированных величин урожайности (таблица 29).

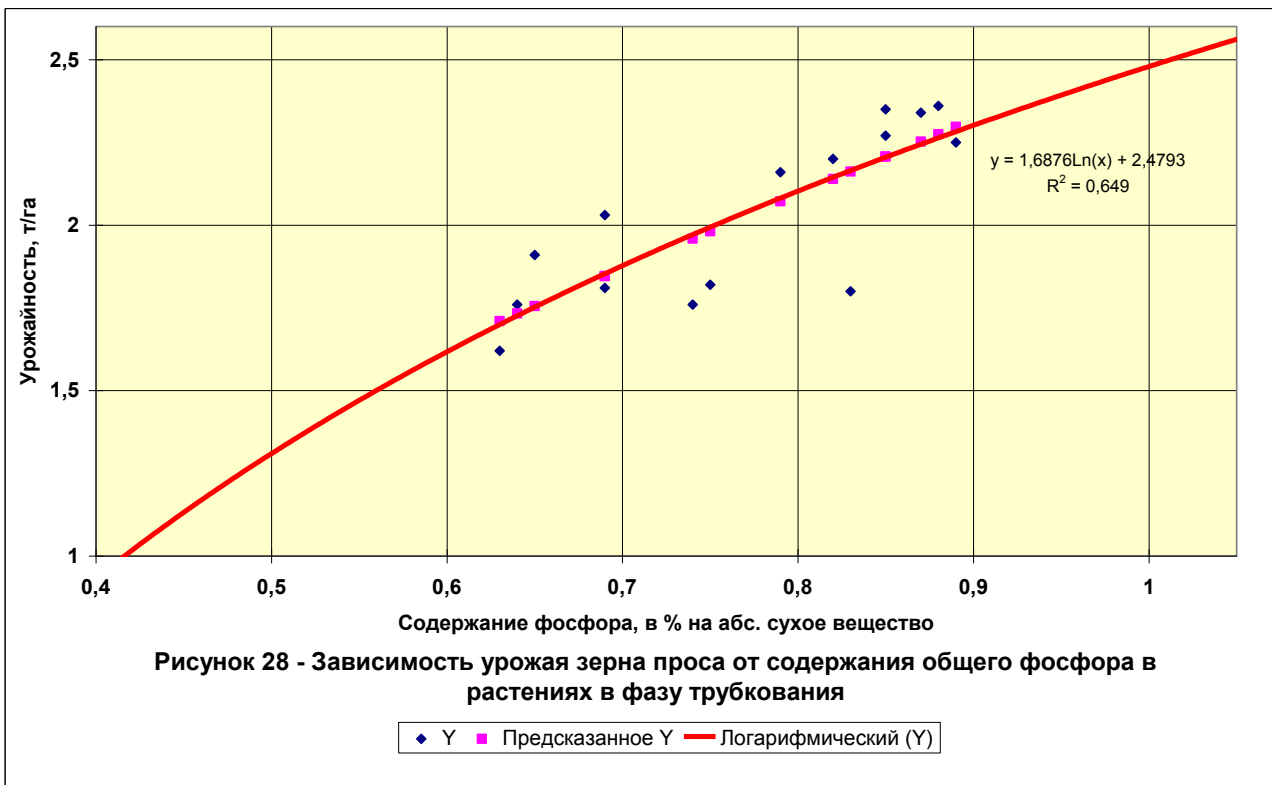
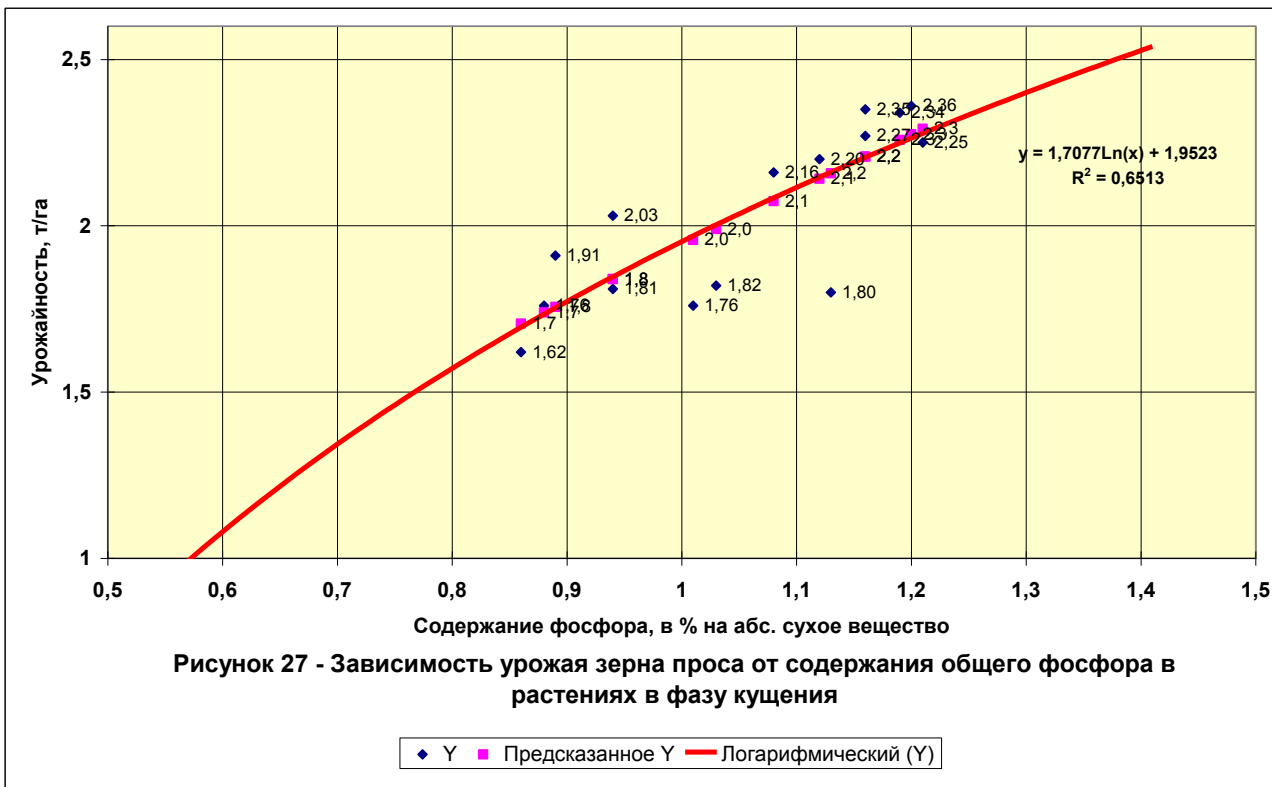


Таблица 29 – Оптимальное содержание общего фосфора в растениях, обеспечивающее получение запланированного урожая зерна (среднее за 2011–2013 гг.)

Планируемая урожайность, т/га	Содержание фосфора, в % на абс. сухое вещество	
	кущение	трубкование
1,0	0,56	0,42
1,2	0,61	0,44
1,6	0,76	0,56
1,8	0,85	0,62
2,0	1,03	0,75
2,5	1,36	1,02

Для доведения содержания общего фосфора до требуемого для определенного уровня урожайности необходимо внести фосфорное удобрение с учетом норматива затрат его на изменение содержания на 0,01% (табл.28). Расчёт доз удобрения вести способом, описанным в разделе азотной диагностики.

ВЫВОДЫ

1. Установлены тесные корреляционные зависимости между урожаем зерна проса и концентрацией общего азота и общего фосфора в растениях по фазам роста и развития, что позволяет прогнозировать его величину и качество и управлять режимом минерального питания с целью достижения планируемого результата.

2. Для корректировки содержания азота и фосфора в растениях в целях доведения до оптимального на основе результатов полевых опытов рассчитаны нормативы затрат действующего вещества азотных и фосфорных удобрений для повышения концентрации общего азота на 0,1% составляет при внесении одного азотного удобрения: в кущение 23–27 кг/га, при совместном внесении азота и фосфора 12–20 кг/га. Для увеличения концентрации общего фосфора на 0,01% норматив составляет: в фазу кущения при внесении одного фосфорного удобрения – в среднем 20–22 кг/га, в фазу трубкования 27–30 кг/га, при совместном внесении фосфора и азота норматив в кущение 11,5–20, в трубкование – 15,8–27 кг/га.

ГЛАВА 6. Минеральный состав урожая, вынос и коэффициенты использования основных элементов питания растениями

6.1 Минеральный состав урожая

Высокой продуктивности полевых культур соответствует конкретная концентрация питательных веществ в растениях. Имея эти значения, можно правильно ориентироваться в сроках и дозах вносимых удобрений с учетом особенностей выращиваемых культур.

Количество питательных элементов, которое необходимо для нормального роста и развития растений, обычно определяют по их содержанию в урожае. Многими исследователями установлено, что в течение вегетации содержание в растениях основных макроэлементов подвержено существенной динамике, кроме этого органы растений значительно отличаются по содержанию в них питательных веществ. Знание потребностей растений в конкретных элементах минерального питания и их удовлетворение путем внесения с минеральными удобрениями может оптимизировать процесс питания растений и повысить их продуктивность (Филин В.И., 1984; Ряховский А.В., 1998; Матюк Н.С., Шевченко В.А., 2003. и др.)

Целым рядом исследований (Журбицкий З.И., 1963; Болдырев Н.К., 1983; Магницкий К.П., 1976; Духанин Ю.А., 1985; Кореньков Д.А., 1985, Марковский А.А., 1986; Белоголовцев В.П., 1984, Медведев И.Ф., 1987, Чуб М.П., 1989; Пронько В.В., 1992; Палагина Т.Я., 1996; Моисеева А.А., 2003; Белоголовцев В.П., 2009 и др.) было установлено, что химический состав урожая различных сельскохозяйственных культур зависит от сортовых особенностей, условий выращивания, метеорологических условий, уровня агротехники. Значительное влияние на химический состав растений оказывают и минеральные удобрения. Химический состав растений может изменяться в довольно широких пределах, как по абсолютному содержанию элементов, так и по соотношению между ними.

В связи с этим в нашей работе был выявлен характер изменений, произошедших в урожае зерна и соломы проса под действием различных доз и соотношений минеральных удобрений.

Результаты наших исследований показали, что на светло-каштановой почве с приведенной выше обеспеченностью основными питательными элементами азотное, фосфорное и азотно-фосфорные удобрения в достоверной степени способствовали не только увеличению урожая проса, но также изменяли его химический состав (таблица 30).

Таблица 30 – Влияние удобрений на химический состав урожая проса
(содержание в % на абс. сухое вещество, среднее за 2011–2013 гг)

Варианты	зерно			солома		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Контроль	1,79	0,72	0,55	0,86	0,14	1,68
N30	1,87	0,74	0,58	0,90	0,14	1,70
N60	1,92	0,75	0,62	0,92	0,15	1,72
P30	1,82	0,85	0,57	0,87	0,16	1,69
P60	1,85	0,88	0,56	0,88	0,17	1,70
N30P30	1,90	0,87	0,63	0,91	0,17	1,71
N30P60	1,94	0,93	0,65	0,92	0,18	1,71
N60P30	1,98	0,89	0,68	0,95	0,18	1,73
N60P60	2,02	0,95	0,68	0,95	0,19	1,74
Расчт. на 25 ц/га	2,01	0,94	0,69	0,93	0,18	1,71
N90P60	2,06	0,98	0,73	0,97	0,19	1,73
N60P60K30	2,03	0,41	0,75	0,94	0,19	1,75
P10	1,82	0,79	0,56	0,86	0,15	1,68
P20	1,84	0,83	0,58	0,87	0,15	1,69
P30	1,86	0,86	0,59	0,88	0,16	1,69
НСР 05, %	0,041	0,022	0,032	0,023	0,032	0,042

Приведенные в таблице 30 данные позволили установить преимущественное воздействие азотных удобрений, внесенных как отдельно, так и совместно с фосфорными, на содержание общего азота в биомассе урожая проса, как в зерне, так и в соломе. Содержание азота увеличивалось пропорционально внесенным дозам удобрений: от азота $Y=0,986+0,0008N$,

$R^2=0,908$, от фосфора $Y=0,823+0,02P$, $R^2=0,790$, где Y - содержание азота в % на абсолютно сухое вещество, N и P – доза действующего вещества удобрения, кг/га, R^2 – коэффициент детерминации.

На содержание общего фосфора в зерне проса положительное влияние оказали как фосфорные, так и азотные удобрения. Взаимосвязь описывается уравнениями регрессии: $Y= 0.59+0.008P$, $R^2=0.948$ и $Y= 0.53+0.005N$, $R^2=0.889$, где P и N соответственно дозы фосфорного и азотного удобрений в кг/га действующего вещества. Следует, однако, заметить, что на абсолютное содержание фосфора в зерне большее влияние оказывали фосфорные удобрения, чем азотные. Так, если дозы фосфора удобрений увеличивали концентрацию общего фосфора в зерне на 0,13-0,16 %, то азот удобрений - только на 0,02-0,03 %.

Содержание калия в зерне в вариантах с азотно-фосфорным удобрением увеличивалось с повышением доз фосфора и азота. Воздействие калийного удобрения было достоверным, несмотря на высокую обеспеченность почвы обменным калием. Следует отметить, что содержание калия в соломе в три раза выше, чем в зерне.

6.2. Влияние удобрений на общий вынос питательных веществ с урожаем

При исследовании особенностей питания сельскохозяйственных культур необходимо знать не только концентрацию питательных веществ в растениях, важно также учитывать абсолютный уровень их потребления по периодам роста и развития и вынос с урожаем. Уточнение выноса элементов питания требуется при определении доз удобрений на запланированный урожай расчетными методами в конкретных почвенно-климатических условиях. Таких данных по просу, при выращивании его в Саратовском Левобережье на светло-каштановой почве с низкой обеспеченностью азотом и подвижным фосфором, практически не имеется.

Результаты наших исследований показали, что все удобрения, изменяя минеральный состав растений и повышая урожайность, способствуют и увеличению выноса основных элементов питания (таблица 31).

Общий вынос питательных веществ растениями проса под влиянием удобрений изменялся в значительных пределах.

Таблица 31 – Влияние удобрений на вынос азота, фосфора и калия урожаем проса (среднее за 2011 – 2013 г.г.)

Варианты	Вынос питательных веществ урожаем проса, кг/га								
	общий			зерно			солома		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Контроль	54,1	15,8	58,0	29,00	11,7	9,0	25,1	4,1	49,1
N30	67,6	19,2	71,2	35,65	14,2	11,0	32,0	5,0	60,2
N60	73,1	20,8	76,3	38,91	15,3	12,7	34,2	5,6	63,6
P30	58,8	20,0	62,3	32,03	15,0	10,1	26,8	4,9	52,2
P60	60,8	21,2	63,2	33,36	15,9	10,0	27,4	5,3	53,2
N30P30	75,6	25,3	78,5	41,11	18,9	13,7	34,5	6,4	64,8
N30P60	78,0	27,4	79,9	42,61	20,5	14,4	35,4	6,9	65,5
N60P30	83,1	27,5	85,1	45,02	20,3	15,5	38,1	7,2	69,5
N60P60	87,1	30,3	89,1	47,19	22,3	16,0	39,9	8,0	73,1
Расчт. на 25ц/га	86,5	29,7	88,3	47,24	22,2	16,3	39,3	7,6	72,0
N90P60	86,6	30,0	88,5	46,35	22,1	16,5	40,2	7,9	72,0
N60P60K30	87,5	17,7	91,3	47,91	9,7	17,8	39,6	8,0	73,5
P10	58,5	18,6	61,5	31,97	14,0	9,9	26,5	4,6	51,6
P20	60,8	19,8	64,0	33,30	15,1	10,6	27,5	4,7	53,4
P30	61,8	20,8	64,4	33,91	15,7	10,8	27,9	5,1	53,6
Fφ				355,8					
Fτ				3,74					
НСР ₀₅ , кг	2,3	0,92	2,6	1,02	0,36	0,28	1,8	0,18	3,2

Анализ данных таблицы 31 показал, что при отдельном внесении азотных и фосфорных удобрений на вынос азота наиболее сильное влияние оказывал азот удобрений, его дозы. Зависимость выноса азота от доз азотного удобрения описывается уравнением регрессии $Y = 83,3 + 0,21N$, при $R^2 = 0,98$. Действие фосфорного удобрения на вынос азота с урожаем на почве с низкой обеспеченностью этим элементом было также значительным.

Рассмотрение данных приведенной таблицы позволяет сделать вывод о том, что азотное удобрение в дозах 30 и 60 кг/га увеличивает вынос азота на естественном фосфатном фоне на 13,5 и 19 кг/га. Повышение обеспеченности фосфором внесением дозы в 30 кг действующего вещества дало возможность лучше проявиться возрастающим дозам азота (N30 и N60), повысив урожай проса и, соответственно, вынос азота на 8,0–15,5 кг/га.

Фосфорное удобрение также способствовало увеличению выноса азота с урожаем. Так, внесение возрастающих доз фосфора с 30 до 60 кг/га повышало вынос азота соответственно на 4,7–6,7 кг/га.

Общий вынос фосфора под влиянием отдельно внесенных азотных и фосфорных удобрений увеличивался практически одинаково.

При внесении совместно азотных и фосфорных удобрений в разных дозах и соотношениях также отмечено положительное действие и азота и фосфора на вынос фосфора с урожаем проса.

Все удобрения увеличивали вынос калия. Наибольшее его количество определено в соломе. Вынос калия зерном был в 5,4 раза меньше, чем с соломой.

6.3. Вынос основных элементов питания на единицу продукции

Крайне необходимо знание выноса основных элементов питания с единицей продукции для расчета экономически целесообразных и экологически безопасных доз удобрений на планируемый урожай.

Результаты наших исследований показали, что все удобрения, изменяя химический состав растений и повышая урожайность, способствовали и увеличению выноса основных элементов питания с единицей урожая (таблица 32).

Приведённые данные показывают, что расход азота в расчёте на 1ц зерна и соответствующего количества соломы увеличивается под влиянием азотных и фосфорных удобрений. От одного азотного удобрения в дозе N30 вынос на единицу продукции вырос на 5,9%, фосфорное удобрение в такой же дозе не изменяло вынос по сравнению с контролем.

Совместное внесение N30 на фоне P30 и P60 повышало удельный расход азота по сравнению с вариантом, где применялось только азотное удобрение на 5,9-7,8%. Наиболее высокий вынос (на 15,2% выше контроля) отмечен в варианте с дозой азота 90 кг/га на фоне 60 кг/га фосфора.

Калийное удобрение в дозе 30кг/га на фоне N60P60 практически не способствовало увеличению удельного расхода азота.

Повышение выноса фосфора с единицей урожая было зафиксировано во всех удобренных вариантах на 5,1–35,7% по сравнению с контролем.

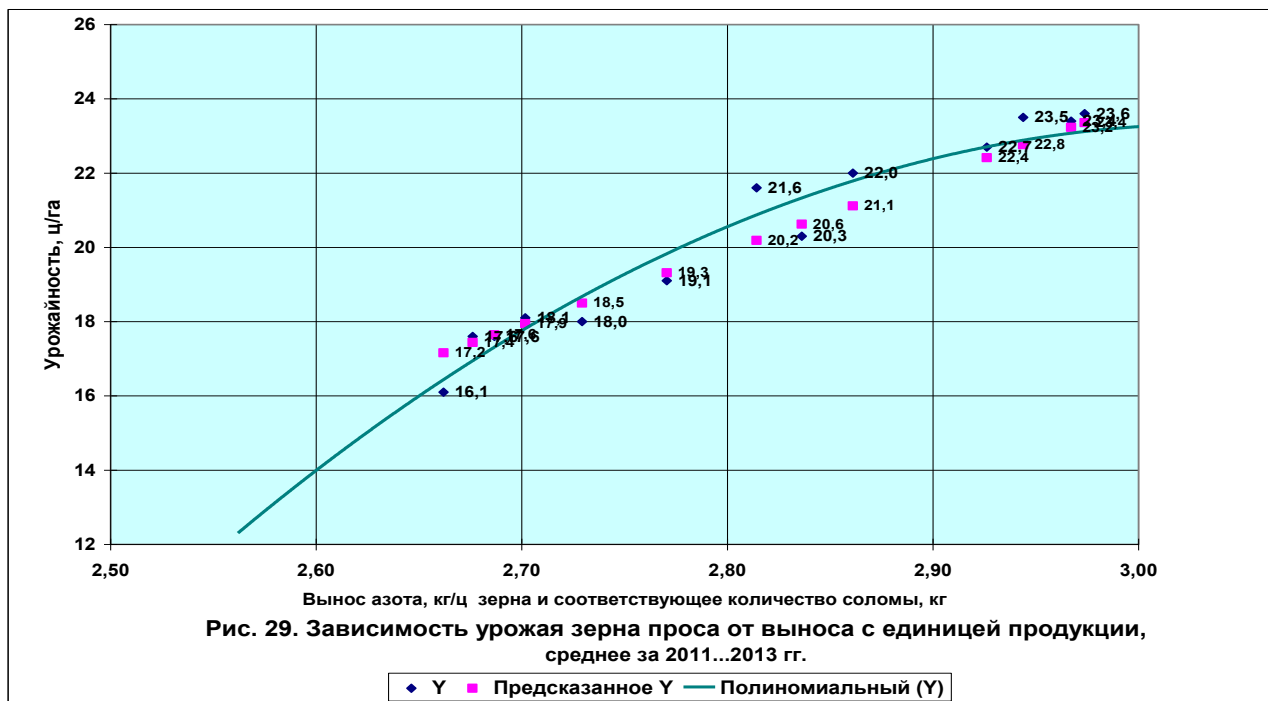
Таблица 32 – Вынос азота, фосфора и калия с единицей урожая проса (среднее за 2011–2013 г.г.)

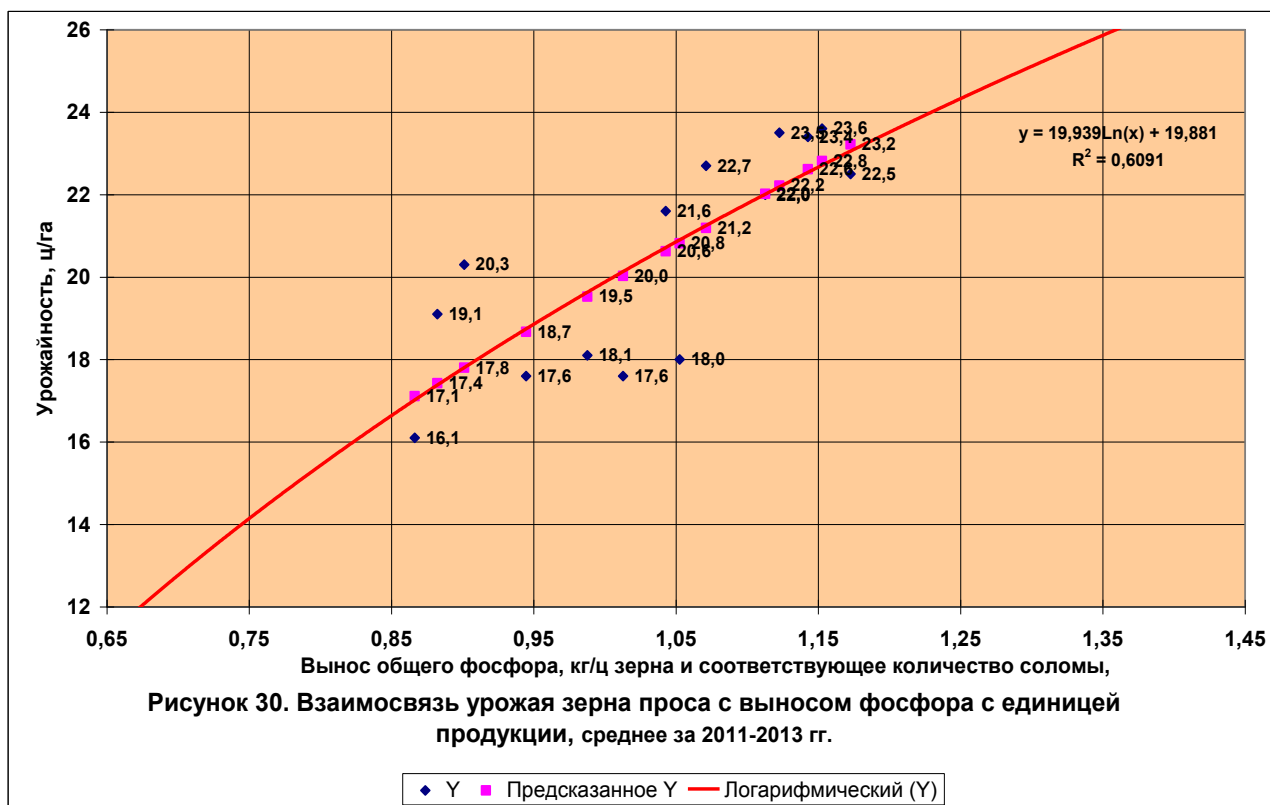
Варианты	азот		фосфор		калий	
	кг/т	прибавка, кг	кг/т	прибавка, кг	кг/т	прибавка, кг
Контроль	33,4		9,8		35,8	
N30	35,4	2,0	10,0	0,2	37,3	1,5
N60	36,0	2,6	10,3	0,5	37,6	1,8
P30	33,4	0,0	11,3	1,5	35,4	-0,4
P60	33,8	0,4	11,8	2,0	35,1	-0,7
N30P30	35,0	1,6	11,7	1,9	36,3	0,5
N30P60	35,4	2,0	12,5	2,7	36,3	0,5
N60P30	36,6	3,2	12,1	2,3	37,5	1,7
N60P60	37,2	3,8	12,9	3,1	38,1	2,3
Расч на 25 ц	36,8	3,4	12,7	2,9	37,6	1,8
N90P60	38,5	5,1	13,3	3,5	39,3	3,5
N60P60K30	37,4	4,0	13,0	3,2	38,7	2,9
P10	33,5	0,1	10,5	0,7	34,9	-0,9
P20	33,6	0,2	11,0	1,2	35,3	-0,5
P30	34,0	0,6	11,4	1,6	35,4	-0,4
НСР 05, %		0,23		0,16		0,28
Ффактич.		117,9		76,4		104,2
Фтеор.		3,74		3,74		3,74

Надлежит отметить большее влияние фосфорного удобрения на повышении удельного расхода фосфора, чем азотного. Однако и одно азотное удобрение увеличивало вынос фосфора на 2...5% по сравнению с неудобренным вариантом.

Между урожайностью проса и выносом азота и фосфора с единицей продукции выявлена положительная зависимость, описываемая уравнениями регрессии $Y = -35,89 + 19,89N$ при $R^2 = 0,902$ и $Y = -0,158 + 19,93P$ при $R^2 = 0,623$, где Y - урожай зерна, ц/га, N и P - вынос азота и фосфора с единицей урожая, кг/ц.

На основе вышеприведенных уравнений построены графики, линии трендов которых дают прогноз развития процесса роста урожая в соответствии с изменением удельного расхода азота и фосфора (рисунки 29 и 30).





По этим графикам установлены оптимальные параметры выноса питательных веществ на планируемую урожайность, которые можно использовать при расчете доз удобрений балансовым методом (таблица 33).

Таблица 33 – Параметры выноса питательных элементов для расчета доз удобрений, обеспечивающих планируемую урожайность зерна (среднее за 2011-2013 гг.)

Планируемая урожайность, т/га	Вынос с 1 т зерна и соответствующего количества соломы, кг	
	азот	фосфор
1,0	30,7	6,2
1,2	31,3	6,9
1,4	31,9	7,7
1,8	33,2	9,4
2,0	34,1	10,4
2,5	38,5	13,6

Анализ параметров выноса, приведенных в таблице, указывает на то, что при расчете общего выноса питательных веществ с запланированным урожаем

при определении доз удобрений балансовым методом следует применять нормативы выноса, соответствующие определенному уровню урожайности.

Так, при планировании урожайности в 2,5 т/га фактический удельный вынос азота будет в 1,25 раза больше, чем вынос при расчете на урожайность в 1,0 т/га, а вынос фосфора соответственно в 2,2 раза выше.

Таким образом, на основе полученных результатов исследований можно сделать вывод, что все удобрения, изменяя минеральный состав растений и повышая урожайность, способствовали увеличению выноса основных элементов питания. Установлено преимущественное воздействие азотных удобрений, внесенных как отдельно, так и совместно с фосфорными, на содержание общего азота в зерне проса.

Под влиянием удобрений изменяется расход питательных веществ на единицу продукции, что следует учитывать при расчете доз удобрений на планируемый урожай балансовым методом.

6.4. Коэффициенты использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений

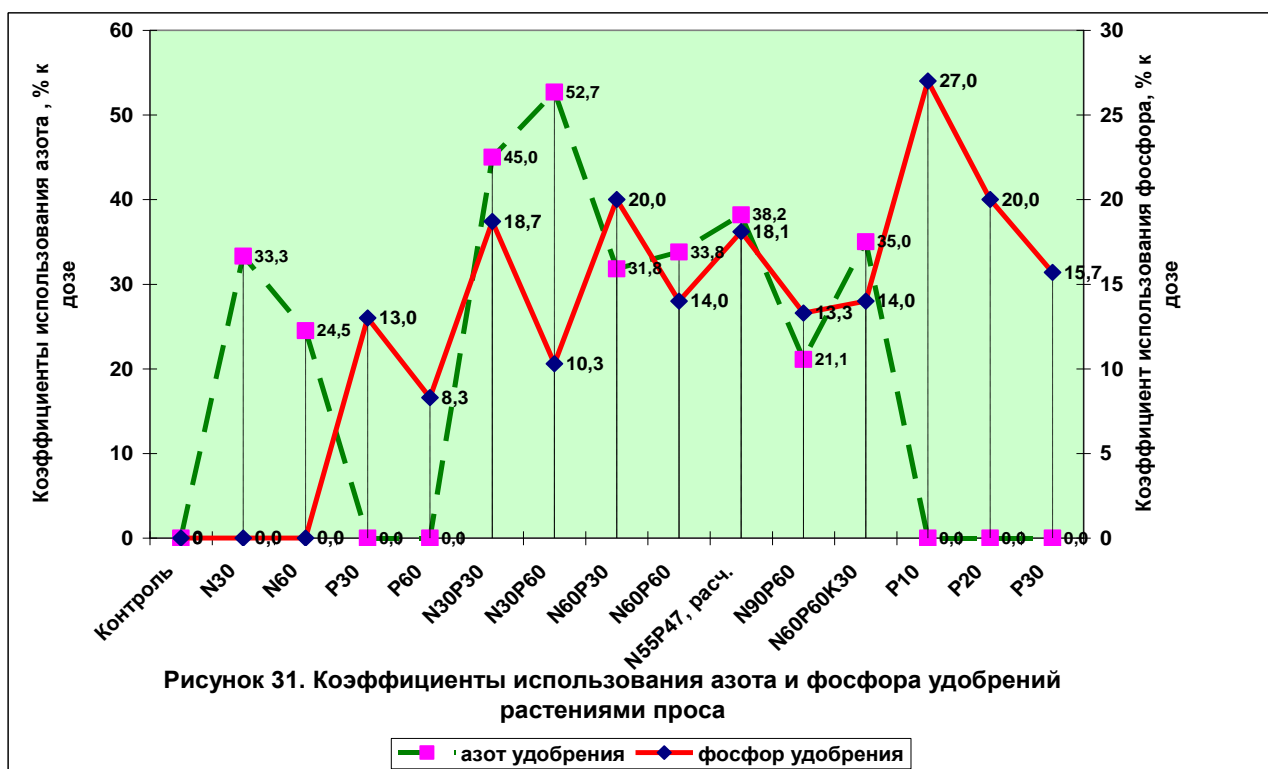
Важнейшим экологическим критерием уровня химической нагрузки не только на почву, но и на контактирующие с ней компоненты окружающей среды являются количественные показатели баланса питательных элементов в почве при конкретных уровнях ее плодородия и продуктивности возделываемых на ней культур (Прянишников Д.Н., 1965; Жуков Ю. П., 1974, 1988; Попов Г.Н., 1984; Никитишен В.И., 1984; Чуб М.П., 1989 и др).

В качестве показателя баланса питательных элементов при внесении органических и минеральных удобрений в любом агроценозе, а также при расчетах доз удобрений эффективно применять балансовый коэффициент использования питательных элементов из почвы и удобрений (Журбицкий З.И., 1963.)

Коэффициенты использования подвижных форм питательных веществ из почвы могут существенно изменяться не только в силу биологических особенностей разных культур, но и в результате изменения окружающих

факторов (плодородие почвы, ее кислотность, климатические особенности, уровень агротехники.). Это затрудняет их применение для определения расчетных норм удобрений. Чем выше содержание элемента питания в доступной форме в почве, тем ниже коэффициент его использования растениями. Ошибки при выборе коэффициентов использования NPK из удобрений приводят к значительному снижению урожая и ухудшению качества получаемой продукции (Каменев Р.А., 2008).

В наших опытах, где количество удобрений вносилось с целью установления диагностических показателей и достижения планируемой урожайности в 25ц/га зерна, расчет коэффициентов использования удобрений (КИУ) разностным методом показал, что действительно увеличение доз азотных удобрений на неизменных фосфатных фонах ведет к уменьшению коэффициента использования азота удобрений (таблица 34, рисунки 31 и 32).



Особенно заметным это уменьшение было в вариантах с отдельным внесением доз азота и фосфора: N30 и N60, P30 и P60.

Так, повышение дозы азота с 30 кг/га до 60 на естественном фосфатном фоне снижало этот показатель с 45% до 31,7%.

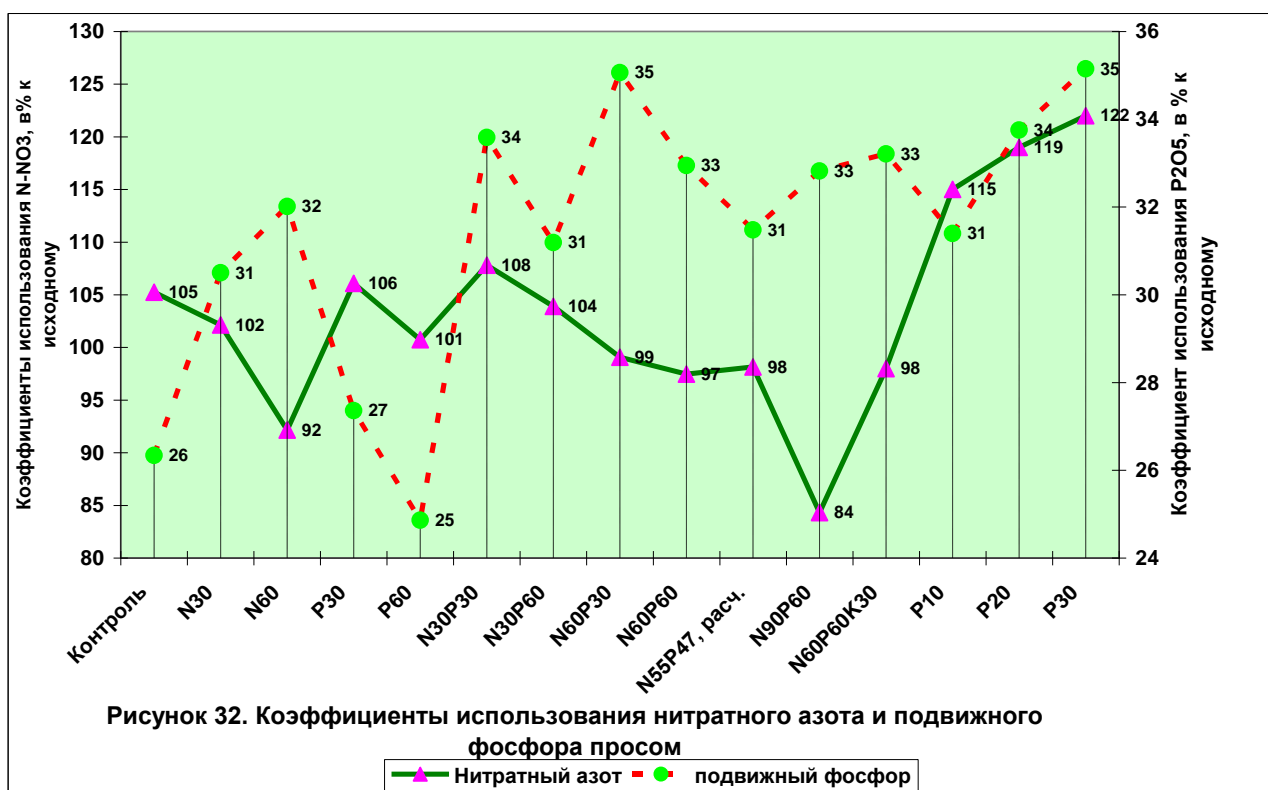
Однако совместное внесение азота и фосфора способствует повышению степени использования действующего вещества удобрений. Так, если применение азотного удобрения в дозе N30 показало коэффициент использования азота в 45%, то внесение этой же дозы на фоне P30 повысило этот показатель до 56%. Аналогичная картина проявляется и с фосфорным удобрением: степень использования фосфора в дозе P30 составляет 14%, а на фоне N30 уже 20,3%.

Таблица 34 – Коэффициенты использования азота и фосфора просом из почвы и удобрений (среднее за 2011– 2013г)

Варианты опыта	Коэффициенты использования, %			
	азота		фосфора	
	N-NO ₃ из почвы	из удобрения	подвижной P ₂ O ₅ из почвы	из удобрения
Контроль	102	-	28,0	-
N30	100	45,0	31,4	-
N60	90	31,7	33,0	-
P30	102	-	27,9	14,0
P60	96	-	25,2	9,0
N30P30	103	56,0	34,2	20,3
N30P60	99	57,3	31,7	13,7
N60P30	96	40,5	36,1	22,3
N60P60	94	43,8	34,0	15,8
N55P47, расч.	95	48,5	32,3	19,4
N90P60	83	28,7	34,0	13,0
N60P60K30	94	44,5	33,9	16,3
P10	110	-	32,7	28,0
P20	112	-	34,9	20,0
P30	112	-	36,4	16,7

В парных сочетаниях азота и фосфора удобрений в других вариантах также наблюдается взаимное положительное влияние на увеличение коэффициентов использования действующего вещества удобрений.

Материалы наших опытов показывают, что коэффициенты использования подвижных фосфатов почвы в большой степени зависят от исходного их содержания (рисунок 32).



Достаточно высок коэффициент использования подвижного фосфора растениями проса в контрольном варианте. Азотные удобрения при их отдельном внесении на 5-7% повышали коэффициент использования подвижных фосфатов почвы;

В вариантах с различными дозами и соотношениями азота и фосфора использование подвижного фосфора почвы повышалось на 5–8% по сравнению с контролем. Наиболее высок был показатель усвоения фосфора в варианте N60P30. В вариантах с рядковым припосевным внесением суперфосфата степень использования подвижного фосфора была также достаточно высокой.

Таким образом, по данным наших опытов коэффициенты использования подвижных фосфатов почвы и фосфора удобрений изменяются в довольно широких пределах и определяются, в основном, следующими взаимосвязанными факторами:

–содержанием в почве подвижных фосфатов;

- общим уровнем азотного питания растений;
- величиной прибавки урожая.

Рассмотрение результатов использования запасов нитратного азота почвы растениями проса показывает аналогичную картину, зависящую от доз азотных удобрений, внесенных как отдельно, так и в сочетании с фосфорным. Чем выше доза азота удобрения, тем меньше коэффициент использования нитратного азота из почвы. Самый низкий показатель отмечен в варианте N90P60 (83%) и N60 (90). Более 100% коэффициент использования нитратного азота из почвы определен в вариантах с одним фосфорным удобрением, внесенным как под основную обработку почвы (102%), так и в рядок при посеве (110-112%).

ВЫВОДЫ

1. На светло-каштановой почве с приведенной выше обеспеченностью основными питательными элементами азотное, фосфорное и азотно-фосфорные удобрения в достоверной степени способствовали не только увеличению урожая проса, но также изменяли его химический состав. Установлено преимущественное воздействие азотного удобрения, внесенного как отдельно, так и совместно с фосфорным, на содержание общего азота в биомассе урожая проса, как в зерне, так и в соломе. Содержание азота увеличивалось пропорционально внесенным дозам удобрений. На содержание общего фосфора в зерне и соломе проса положительное влияние оказало как фосфорное, так и азотное удобрение. Содержание калия в соломе в три раза выше, чем в зерне и увеличивалось под влиянием удобрений.

2. Все удобрения, изменяя химический состав растений и повышая урожайность, способствовали увеличению, как общего выноса основных элементов питания с урожаем, так удельного расхода с единицей урожая.

3. Установлены оптимальные параметры выноса основных питательных элементов на планируемую урожайность, которые можно использовать при расчете доз удобрений балансовым методом.

4. Рассчитаны коэффициенты использования азота и фосфора просом из почвы и удобрений. Нитратный азот из почвы по разным вариантам усваивался

растениями в пределах 83-103%. Наиболее высокий коэффициент определен в вариантах с рядковым фосфорным удобрением. Коэффициенты использования подвижного фосфора изменялись в значениях от 28% в контрольном варианте до 36,1 в варианте N60P30.

Степень использования азота удобрения находилась в пределах 28,7% в варианте N90P60 до 57,3% в варианте N30P60. Увеличение дозы азота на неизменном фосфатном фоне снижало коэффициент использования азота удобрения. Степень использования фосфора из удобрения изменялась от 8,3% в варианте P60 до 20,0% в варианте N60P30.

ГЛАВА 7. Энергетическая и экономическая эффективность применения удобрений

В условиях все возрастающих цен на энергоносители и диспаритета цен на продукцию сельского хозяйства необходимо проводить расчет производственных затрат. В денежном эквиваленте эти затраты теряют актуальность в течение года. Поэтому для более объективной оценки при обосновании изучаемых вопросов используют расчет энергетической эффективности. Этот метод основан на определении и сопоставлении данных количества энергии, накопленной в урожае сельскохозяйственных культур, энергии совокупных затрат на производство продукции из расчета на 1 га. посевов. Такой подход дает возможность достоверно учесть и выразить прямые затраты на технологические операции, энергию, воплощенную в средствах производства и производственной продукции. Все это позволяет оценить эффективность производства, сравнить применение различных ресурсов и технологий с точки зрения расходов энергии и определить пути экономии затрат (Базаров Е.И., 1987; Захаренко, В.А., 1994).

Нами установлено, что все виды удобрений оказывали положительное воздействие на величину прибавки урожая (0,14-0,74 т/га при урожае на контроле 1,62 т/га). Применение удобрений в дозе N60P60 и N60P60K30 способствовало получению наивысшего в среднем за 3 года урожая (2,34-2,36 т/га). Расчетный вариант обеспечил урожайность в 90%.

Исследования показали, что во всех вариантах опыта биоэнергетический КПД (энергоотдача) выше единицы, что говорит об энергетической эффективности применяемых удобрений (таблица 35).

Наиболее высокая энергоотдача (18,8) определена в варианте с применением фосфорного удобрения в дозе 10 кг/га в рядок при посеве.

Внесение азота в дозе 30 кг/га действующего вещества с парными сочетаниями фосфора в дозах P30-60 дает биоэнергетический коэффициент 3,1-3,3 единицы.

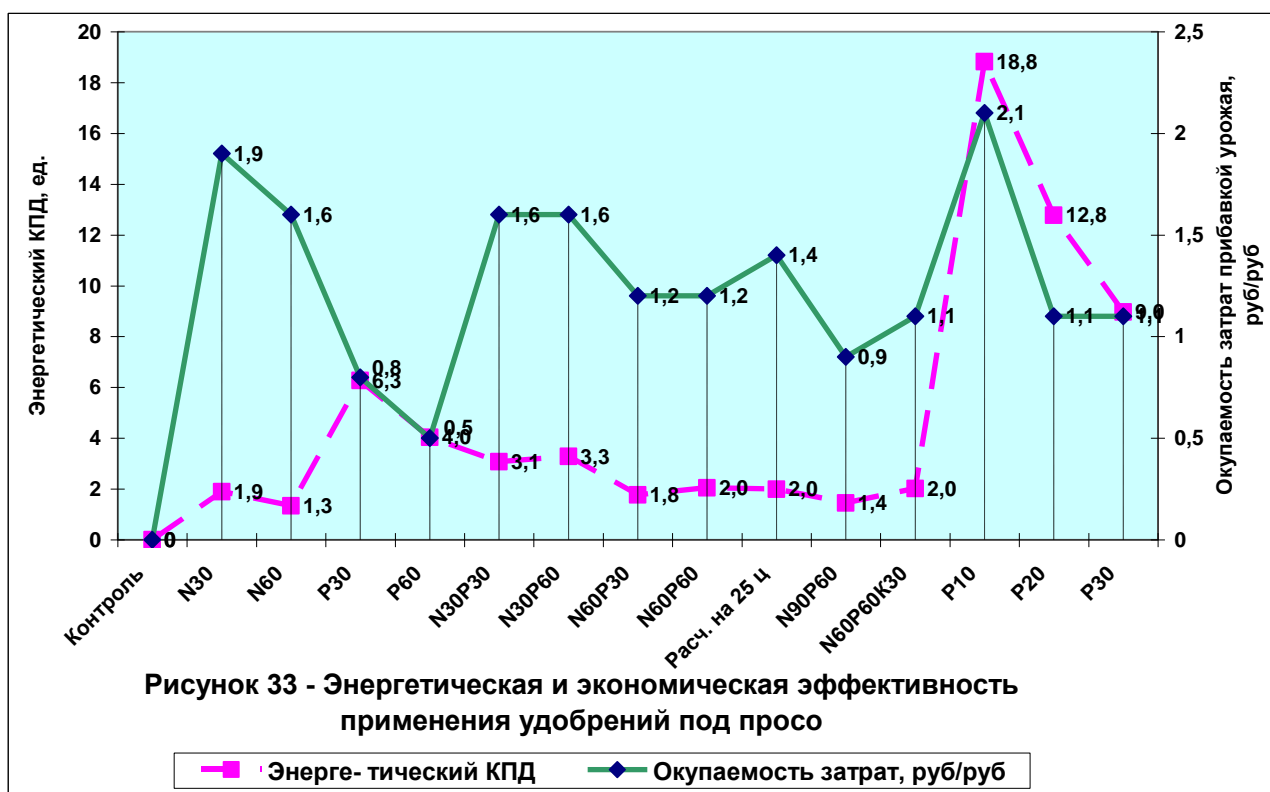
Таблица 35 – Энергетическая эффективность применения удобрений
(среднее за 2011– 2013гг.)

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая зерна, кг/га	Содержание энергии в прибавке, МДж	Затраты энергии в удобрениях, МДж	Энергозатраты на 1 т прибавки, МДж	Энергетический КПД
Контроль	1,62					
N30	1,91	290	4913	2604	1363	1,9
N60	2,03	410	6945	5208	2565	1,3
P30	1,76	140	2372	378	215	6,3
P60	1,80	180	3049	756	420	4,0
N30P30	2,16	540	9148	2982	1380	3,1
N30P60	2,27	650	11011	3360	1480	3,3
N60P30	2,20	580	9825	5586	2539	1,8
N60P60	2,34	720	12197	5964	2548	2,0
Расч./ на 25ц	2,25	630	10672	5354	2379	2,0
N90P60	2,35	730	12366	8568	3646	1,4
N60P60K30	2,36	740	12536	6213	2633	2,0
P10	1,76	140	2372	126	72	18,8
P20	1,81	190	3219	252	139	12,8
P30	1,82	200	3388	378	209	9,0

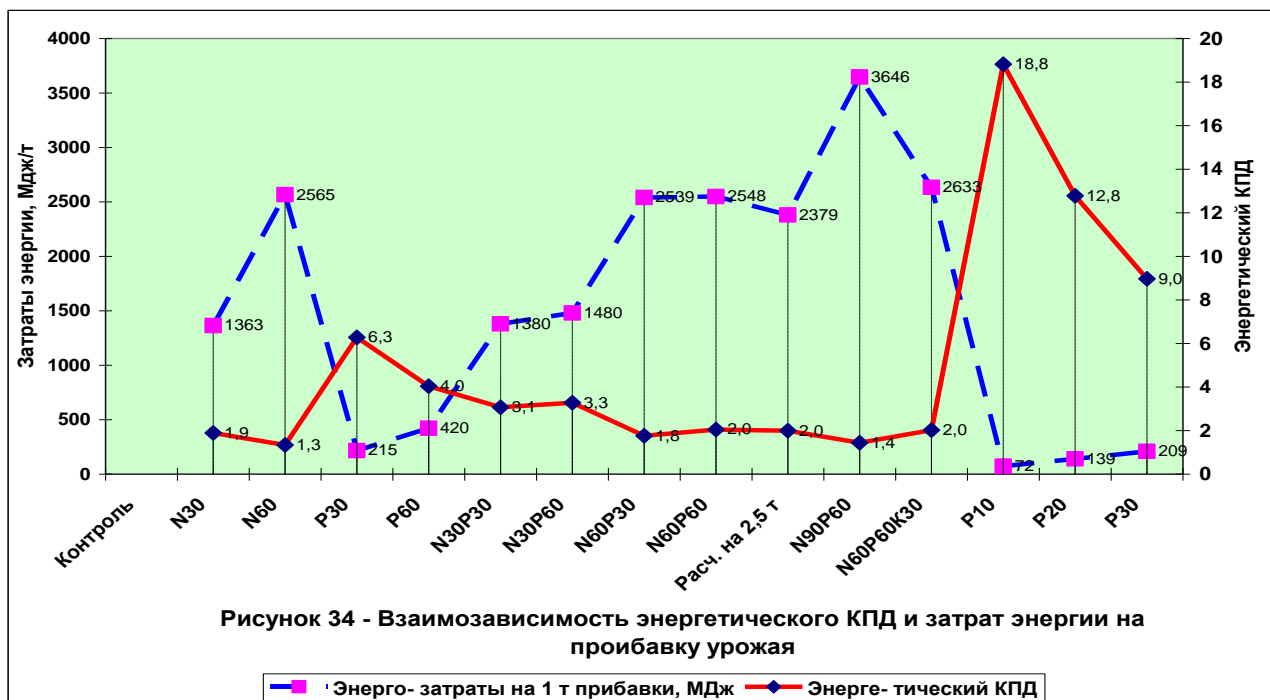
Увеличение дозы азотного удобрения до 60 кг/га действующего вещества на фоне различных доз фосфора снижает энергоотдачу до 1,8-2,0 единицы, но при этом возрастает урожайность.

Установлено, что внесение фосфора в дозе 30кг/га действующего вещества в рядок при посеве было энергетически эффективнее применения такой же дозы под основную обработку почвы в 1,4 раза.

В парных сочетаниях азотно-фосфорных удобрений N30P30 и N30P60 биоэнергетический коэффициент составляет 3,1-3,3. Однако при повышении дозы азотного удобрения энергоотдача снижается, но при этом возрастает урожайность (рисунок 33).



Наивысшие энергозатраты были выявлены в вариантах при парных сочетаниях с увеличением доз азотных удобрений, а также в варианте N60 (рисунок 34).



Наименьшие энергозатраты определены при внесении фосфорного удобрения в рядки при посеве (72-209МДж).

Как известно, при использовании удобрений большое значение имеет получение не только максимальной по величине, но и минимальной по себестоимости продукции. Дело в том, что максимальная прибавка урожая не всегда является показателем более рационального применения удобрений. Для установления положительного экономического эффекта следует знать все издержки, связанные с использованием удобрений, а также полученный в результате их действия чистый доход.

Расчет экономической эффективности применения минеральное удобрений под просо в наших опытах приводится в таблице 36.

Таблица 36 – Экономическая эффективность удобрений под просо
(среднее за 2011– 2013 гг.)

Варианты	Урожай зерна, т/га	Прибавка урожая, т/га	Стоимость прибавки, руб	Затраты на удобрения, руб	Условно-чистый доход, руб	Рентабельность, %%	Окупаемость затрат, руб
Контроль	1,62						
N30	1,91	0,29	3705	1668	2037	122	1,9
N60	2,03	0,41	5045	3175	1625	51	1,6
P30	1,76	0,14	1530	1999	-469	-23	0,8
P60	1,80	0,18	1950	3844	-1894	-49	0,5
N30P30	2,16	0,54	6330	3964	2366	60	1,6
N30P60	2,20	0,65	7345	4462	2883	65	1,6
N60P30	2,27	0,58	6950	5764	1186	21	1,2
N60P60	2,34	0,72	8680	7187	1493	21	1,2
N90P60	2,25	0,63	7835	9110	-1275	-14	0,9
Расчт.N55P47	2,35	0,73	8785	6104	2681	44	1,4
N60P60K30	2,36	0,74	8850	8003	847	11	1,1
P10	1,76	0,14	1490	700	790	113	2,1
P20	1,81	0,19	2095	1896	199	10	1,1
P30	1,82	0,20	2200	2023	177	9	1,1

При расчетах учитывались: стоимость прибавки урожая зерна и соломы в ценах 2015 года, расходы на приобретение, транспортировку и использование удобрений, а также затраты на уборку и доработку прибавки урожая зерна и соломы.

Как видно из приведенных результатов, применение минеральных удобрений в различных дозах и соотношениях при выращивании проса на светло-каштановой почве показывает различный по величине степени экономический эффект.

При совместном применении азотного и фосфорного удобрений наибольший условно чистый доход получен в варианте N30P60 (2883 руб/га) при уровне рентабельности в 65%. Близко к нему были варианты N30P30 и расчётный на 25 ц/га (соответственно 2366 и 2681 руб/га).

Повышение дозы азота до 90 кг/га на фоне P60 снизило прибавку урожая зерна на 0,9 ц/га по сравнению с вариантом N60P60 и значительно увеличило затраты на применение удобрений, что привело к убытку (-1275 руб/га).

Следует также отметить, что применение калийного удобрения, незначительно увеличившее прибавку урожая зерна, но повысившее затраты на 816 руб/га, снизило условно чистый доход с 1493 руб/га в варианте N60P60 до 847 руб/га в варианте с внесением дополнительно калия в дозе 30кг/га действующего вещества.

Убыточным оказалось применение одного фосфорного удобрения под основную обработку почвы, в то время как внесение суперфосфата в рядок при посеве было экономически выгодным, особенно дозы P10 с уровнем рентабельности 113%. Наибольшую рентабельность показал вариант с внесением одного азотного удобрения в дозе 30 кг/га действующего вещества (122%). В этом варианте определена и самая высокая окупаемость затрат: 2,22 рубля на рубль затрат. Близкая к этому варианту окупаемость вычислена в варианте с рядковым фосфорным удобрением в дозе P10 – 2,13 рубля.

Выводы

1. Применение азотного и фосфорного удобрений как самостоятельно, так и в сочетаниях энергетически эффективным было во всех вариантах опыта. Наибольший энергетический КПД показало применение одного фосфорного удобрения, внесенного как под основную обработку почвы, так и в рядок при

посеве. Снижение энергетической эффективности связано с увеличением затрат с повышением доз удобрений и особенно азотных.

2. Экономически наиболее выгодным было применение одного азотного удобрения в дозе N30. Рентабельность составила 122% при окупаемости затрат 2,22руб. При совместном применении азотного и фосфорного удобрений лучшую окупаемость затрат показали вариант N30P60 и расчётный вариант (1,65 и 1,44 рубля соответственно)

Фосфорное удобрение в дозах P30 и P60, внесенное под основную обработку почвы, при высоких затратах на применение и небольших прибавках урожая зерна, показало отрицательный экономический результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Действие азота, как при отдельном внесении, так и в сочетании с фосфором, удлиняло вегетационный период на 3–8 дней по сравнению с контролем. При отдельном внесении фосфорные удобрения ускоряли развитие проса в среднем за 3 года на 1-5 дней.

Минеральные удобрения во всех вариантах опыта снижали полевую всхожесть проса. Наиболее высокое снижение по сравнению с контролем в среднем за 3 года отмечено в вариантах N90P60 и N60P60 (5,6 и 4,4% соответственно). Однако минеральные удобрения положительно влияли на сохранность растений к уборке.

Улучшение режима питания растений проса под влиянием удобрений способствовало увеличению высоты растений, значительному усилению нарастания сухой биомассы растений, сохранности их к уборке, что в конечном итоге привело к повышению урожая зерна проса.

Во всех удобренных вариантах урожайность была достоверно выше контрольного варианта. Отмечено преимущественное влияние на этот показатель азотного удобрения, внесенного как отдельно, так и в сочетании с фосфорным. Прибавки урожая зерна в среднем за три года составляли 0,29 – 0,74 т/га. Повышение урожайности происходило за счёт увеличения сохранности растений в удобренных вариантах, продуктивной кустистости и количества зёрен в метёлке. Некоторое положительное влияние оказала и масса 1000 семян.

Все удобренные варианты показали достаточно высокую окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений натуральной прибавкой урожая, которая колебалась в пределах 3,0 – 9,7 кг зерна. При одностороннем внесении удобрений более высокая окупаемость была в вариантах с азотным удобрением.

Наибольшая окупаемость отмечена в варианте с рядковым фосфорным удобрением в дозе P10 (14 кг/кг).

Минеральные удобрения изменяли качество зерна проса. Азотное удобрение, внесенное как отдельно, так и в сочетании с фосфорным, на 0,19–1,67% против контроля повышало содержание протеина, снижая концентрацию крахмала на 0,15 – 2,36% против контроля. Содержание жира в различной степени увеличивалось от всех удобрений.

Наибольший выход зерна в среднем за три года исследований получен в вариантах с одним фосфорным удобрением, как в вариантах с основным внесением, так и в рядок при посеве.

Повышая урожайность, удобрения способствовали более экономному расходованию влаги на создание единицы урожая. Экономия воды составляла по разным вариантам 8–31%, что важно в условиях засушливого Заволжья.

Обнаружено достоверное последствие внесенных под просо средних доз фосфорных и азотных удобрений на культуре подсолнечника, где прибавка урожая была в пределах 0,04 – 0,16 т/га с наибольшим эффектом от фосфорного удобрения.

В динамике нитратного азота в почве под посевами проса максимум накопления N-NO₃ установлен в фазу всходов.

Содержание нитратного азота в диагностируемом слое почвы увеличивалось пропорционально внесенным дозам азотных удобрений. Установлено также положительное влияние фосфорных удобрений на изменение этого показателя на почвах с низкой обеспеченностью подвижным фосфором.

Нормативы затрат азота удобрений на увеличение содержания N-NO₃ в почве на 1 мг/кг почвы перед посевом установлены в 10,3–10,5 кг/га при внесении одного азотного удобрения. Совместное применение азотных и фосфорных удобрений способствует снижению норматива затрат азота удобрений на увеличение содержания N-NO₃ в почве до 5,8 – 8,7 кг д.в. на 1 га.

Между урожайностью проса и содержанием нитратного азота в почве установлена положительная зависимость, выражаемая уравнениями регрессии второго порядка. Это позволяет прогнозировать величину урожайности.

Определены оптимальные уровни содержания нитратного азота в почве по основным фазам роста и развития культуры, которые можно использовать для расчёта планируемых величин урожайности и корректировки системы удобрения.

В динамике подвижного фосфора в почве отмечено увеличение его содержания от посева к фазе всходов во всех вариантах опыта.

Содержание подвижной P_2O_5 в диагностируемом слое почвы увеличивается пропорционально внесенным дозам фосфорных удобрений. Установлено также положительное влияние азотных удобрений на изменение этого показателя.

Для увеличения содержания подвижного фосфора на 1 мг/кг почвы перед посевом норматив затрат фосфорного удобрения равен 9,4–9,8 кг/га действующего вещества. При совместном применении фосфорных и азотных удобрений норматив установлен в пределах 6,5–8,9 кг/га.

Между урожайностью проса и содержанием в почве подвижного фосфора имеется тесная корреляционная зависимость, выражаемая уравнениями регрессии второго порядка, что позволяет прогнозировать величину урожайности.

Установленные оптимальные уровни содержания подвижной P_2O_5 в почве по основным фазам роста и развития культур для запланированных величин урожайности позволяют экономно расходовать удобрения.

Выявлены тесные корреляционные связи между урожаем зерна проса и концентрацией общего азота и общего фосфора в растениях по фазам роста и развития, что позволяет прогнозировать его величину и качество и управлять режимом минерального питания с целью достижения планируемого результата.

Для корректировки содержания азота и фосфора в растениях в целях доведения до оптимального на основе результатов полевых опытов рассчитаны нормативы затрат действующего вещества азотных и фосфорных удобрений для повышения концентрации общего азота на 0,1% составляет при внесении одного азотного удобрения: в кущение 23 - 27 кг/га, при совместном внесении

азота и фосфора 12–20 кг/га. Для увеличения концентрации общего фосфора на 0,01% норматив составляет: в фазу кущения при внесении одного фосфорного удобрения – в среднем 20 – 22 кг/га, в фазу трубкования 27 – 30 кг/га, при совместном внесении фосфора и азота норматив в кущение 11,5 – 20, в трубкование – 15,8 – 27 кг/га.

На светло-каштановой почве с приведенной выше обеспеченностью основными питательными элементами азотное, фосфорное и азотно-фосфорные удобрения в достоверной степени способствовали не только увеличению урожая проса, но также изменяли его химический состав. Установлено преимущественное воздействие азотного удобрения, внесенного как отдельно, так и совместно с фосфорным, на содержание общего азота в биомассе урожая проса, как в зерне, так и в соломе. Содержание азота увеличивалось пропорционально внесенным дозам удобрений. На содержание общего фосфора в зерне и соломе проса положительное влияние оказало как фосфорное, так и азотное удобрение. Содержание калия в соломе в три раза выше, чем в зерне и увеличивалось под влиянием удобрений.

Все удобрения, изменяя химический состав растений и повышая урожайность, способствовали увеличению, как общего выноса основных элементов питания с урожаем, так удельного расхода с единицей урожая.

Установлены оптимальные параметры выноса основных питательных элементов на планируемую урожайность, которые можно использовать при расчете доз удобрений балансовым методом.

Рассчитаны коэффициенты использования азота и фосфора просом из почвы и удобрений. Нитратный азот из почвы по разным вариантам усваивался растениями в пределах 83–103%. Наиболее высокий коэффициент определен в вариантах с рядковым фосфорным удобрением.

Коэффициенты использования подвижного фосфора изменялись в значениях от 28% в контрольном варианте до 36,1% в варианте N60P30.

Степень использования азота удобрения находилась в пределах от 28,7% в варианте N90P60 до 57,3% в варианте N30P60. Увеличение дозы азота на

неизменном фосфатном фоне снижало коэффициент использования азота удобрения. Степень использования фосфора из удобрения изменялась от 8,3% в варианте P60 до 20,0% в варианте N60P30.

Применение азотного и фосфорного удобрений как самостоятельно, так и в сочетаниях энергетически эффективным было во всех вариантах опыта. Наибольший энергетический КПД (18,8) показало применение одного фосфорного удобрения, внесенного как под основную обработку почвы, так и в рядки при посеве. В других вариантах энергоотдача была в пределах 1,3–12,8 единиц. Снижение энергетической эффективности связано с увеличением затрат с повышением доз удобрений и особенно азотных.

Наиболее рентабельным было применение одного азотного удобрения в дозе 30 кг/га действующего вещества –122%.

Фосфорное удобрение в дозах P30 и P60, внесенное под основную обработку почвы, при высоких затратах на применение и небольших прибавках урожая зерна, показало отрицательный экономический результат.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для оптимизации минерального питания проса на светло-каштановой почве Заволжья рекомендуем:

Применять минеральные удобрения под просо необходимо дифференцированно на основе результатов комплексной почвенно-растительной диагностики с использованием метода доведения содержания питательных веществ в почве и концентрации азота и фосфора в растениях до оптимального (МДОП и МДОЛ ВИУА), соответствующего определенной величине урожайности.

Обеспечить оптимальное содержание элементов питания в почве перед посевом для планируемой урожайности 2,5 т/га: нитратного азота – 22 мг/кг в слое 0-30 см, фосфора – 26 мг/кг в слое 0-30 см.

Расчет доз удобрений производить по нормативам затрат удобрений на повышение содержания в почве на 1 мг/кг перед посевом: азотные – 10,3–10,5 кг д.в., фосфорные – 9,4 – 9,8 кг/га д.в.

При проведении подкормок с целью доведения содержания азота и фосфора в растениях до оптимального для заданного уровня урожайности расчет доз производить по нормативам затрат удобрений на повышение содержания этих элементов питания на 0,01% в фазу кущения: для азотных удобрений – 2,3–2,7 кг/га и фосфорных – 20–22 кг/га действующего вещества.

При расчете доз удобрений балансовым методом использовать установленные в опытах показатели выноса питательных веществ с единицей урожая и коэффициенты использования азота и фосфора растениями проса из почвы и удобрений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрашитов, Р.Х. Формирование урожайности проса в зависимости от уровня минерального питания / Р.Х. Абдрашитов, В.И. Елисеев // Вестник ОГУ. 2006. - №9 Ч. 2. – С. 244-247.
2. Агрохимия./ В.Г. Минеев учебник - М: Изд-во МГУ, 2004. - 718 с.
3. Авдонин, Н.С. Внесение гранулированного суперфосфата в рядки /Н.С. Авдонин, А.А. Тертичная //Агробиология.- 1949.-№2 - С 56.
4. Агафонов, Е.В. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под просо на черноземе южном / Е.В. Агафонов, В.В.Клыков// Зерновое хозяйство России. -2013. -№ 4 -С. 53-55.
5. Агафонов, Е.В. Применение бактериальных и минеральных удобрений под полевые культуры на черноземах ростовской области /Е.В.Агафонов, С.А. Гужвин, В.В.Клыков, Н.П.Каменский.// Достижения науки и техники АПК. - 2013 -№ 9 -С. 32-34.
6. Агафонов Е.В. Применение минеральных удобрений и биопрепаратов под *panicum miliaceum* на чернозёме южном /Е.В. Агафонов, В.В. Клыков, А.А. Громаков, В.В. Турчин // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 2. С. 3-7.
7. Агрохимия и удобрение полевых культур : научно-популярная литература. - Краснодар : Кн. изд-во, 1968. - 302 с.
8. Азизов, З.М. Влияние удобрений и приемов основной обработки почвы на урожайность проса./З.М. Азизов //Эффективность удобрений и повышение плодородия почв в засушливом Поволжье. -Саратов, 1986.- С.122-130.
9. Азизов, З.М.Изменения содержания валового азота и фосфора в черноземе южном под воздействием различных приемов основной обработки почвы и удобрений./З.М. Азизов, Л.Б. Сайфуллина //Плодородие. -2012. № 5 -С. 18-19.
10. Алтухов, А.И. Развитие рынка продовольственного зерна в России./ А.И. Алтухов// Нива Поволжья. -2012 -№ 4 -С. 2-10.

11. Андрианова, Л.О., Коконов С.И. Кормовая продуктивность проса в зависимости от приемов ухода за посевами /Л.О.Андрианова, С.И.Коконов //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. -2013. -№ 2 -С. 16-19.
12. Антипов-Каратаев И.Н., Саввинов Н.И. и др. Работы Малоузенского солонцового стационара в 1935 г. Труды комиссии по ирригации АН СССР, 1937, вып.9.
13. Арбузов, Д. Агротехника высоких урожаев проса и гречихи /Д. Арбузов, Н. Калинин.- Пензенское книжное издательство, 1961.-136с.
14. Арнольд, Б.М. Просо /Б.М.Арнольд. -М.: Гос. изд-во с.-х. и кооп. лит., 1931. -64 с.
15. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв: Учебное пособие для вузов /Е.В. Аринушкина.: -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Изд-во МГУ, 1970. -487 с.
16. Артюхов, И.К. Удобрение проса: Справочник агронома по удобрению /И.К. Артюхов.- Киев, 1962.-156с.
17. Арустамов, Г.Н. Возделывание крупяных культур /Г.Н. Арустамов.- Ульяновское кн. изд-во, 1958.-108с.
18. Афанасьев, Р.А. Динамика подвижного фосфора в различных почвах./Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая // Плодородие.- 2012.- № 3.- С. 16-18.
19. Базаров, Е.И. Агроэнергетика //Агропромиздат. – М.:1987.-156 с.
20. Байда, Д. С. Просо на целине /Д.С.Байда. - М.; Целиноград : Колос, 1963. - 100 с.
21. Бекетов, Ш. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна проса в Актюбинской области /Ш.Бекетов.// Селекция и семеноводство проса.- М.: Колос,- 1976.-С 199-203 с.
22. Белая, Н.С. Влияние минеральных удобрений на рост, развитие и урожай проса в 1964-1965 гг. /Н.С. Белая //Труды научной конференции (Кишиневский СХИ).- Кишинев, 1967.- С.36-38.

- 23.Беленихина, А.В. Особенности оптимизации адаптивных и интенсивных факторов при возделывании проса в восточной части лесостепи Украины./А.В. Беленихина //Зерновое хозяйство России. -2013. -№ 3 -С. 67-72.
- 24.Беленков, А.И. Биологизированные севообороты и плодородие каштановых почв нижнего Поволжья / А.И. Беленков, А.В.Зеленев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. -2008. -№ 2 -С. 18-24.
- 25.Белоголовцев, В.П. Влияние минеральных удобрений на химический состав урожая сорго сахарного при выращивании его на орошаемой светло-каштановой почве Заволжья /В.П. Белоголовцев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 1. С. 8-11.
- 26.Белоголовцев, В. П. Минеральное удобрения и качество урожая сорго./ В.П. Белоголовцев. // Кормопроизводство. - 2003. - № 3. - С. 12-14.
- 27.Божко, М.Ф. Образование, налив и созревание зерна проса /М.Ф. Божко. //Укр. НИИ растениеводства, селекции и генетики.- 1964.
- 28.Болдырев, Н.К. Диагностика питания орошаемых зерновых культур в зоне светло-каштановых почв Волгоградской области /Н.К Болдырев, Т.В. Азовцева, В.А. Казарницкая // Бюл. ВИУА.- 1990. - №98. - С.76-79.
- 29.Бондарева, К.Г. Урожай и расход элементов питания в зависимости от норм минеральных удобрений/К.Г. Бондарева.// Эффективность применения удобрений и мелиорантов на почвах ЦЧЗ: Сб. научн. тр.- Воронеж, 1986. - С. 54-59.
- 30.Бондарева, К.Г.Сроки и способы использования минеральных удобрений как элемента интенсивной технологии возделывания крупяных культур / К.Г. Бондарева, И.Т. Холявина // Совершенствование интенсивных технологий возделывания зерновых культур: Сб. научн. тр.- Белгород, 1988.- С.88-93.
- 31.Буктыбаева, А.Б. Влияние удобрений на урожай и качество зерна проса /А.Б. Буктыбаева. //Бюллетень ВИР.- Л.,- 1980.- Вып. 98.- 35-36 с.
- 32.Булычева, Е. В. Краткая характеристика почв Нижнего Поволжья. Саратов, 1946. 72 с.
- 33.Вакар, Б.А. Важнейшие хлебные злаки /Б.А. Вакар.- Новосибирск, 1929.- 150 с.

- 34.Васильев, В.Н. Удобрение проса на обыкновенных малогумусных черноземах предгорной зоны Восточного Казахстана / В.Н. Васильева, О.Г. Инжечик, Л.Н. Матюшевская // - Агрехимия. - 1970. - № 5. - С. 57-59.
- 35.Волкова, А.В. Влияние приемов технологии на формирование площади листьев и фотосинтетического потенциала посевов проса в условиях лесостепи среднего Поволжья./А.В.Волкова.//ИзвестияСамарскойгосударственнойсельскохозяйственной академии. -2013. -№ 4-С. 49-54.
- 36.Волкова, А.В.Состояние рынка круп и влияние сорта проса на потребительские свойства пшена / А.В. Волкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. -2013-№ 4 -С. 81-85
- 37.Галактионова, А. М. Как получить высокий урожай проса /А.М. Галактионова. - М.: Сельхозгиз, 1954. - 32 с
- 38.Гнетиева, Л. Н.,Барышникова Л.М. Влияние окультуренности почвы, уровня обеспеченности ее влагой и минеральными удобрениями на продуктивность проса /Л.Н. Гнетиева, Л.М. Барышникова // Совершенствование селекции, семеноводства и технологии возделывания проса. Сб. Науч. тр./ВАСХНИЛ; Орел 1985. – С.124-131.
- 39.Глазова, З.И. Удобрение проса./З. И. Глазова. //Химизация сельского хозяйства, 1988, №7.- С.49-51.
- 40.Глиева, О.В. Влияние минерального питания на формирование элементов структуры урожая проса /О.В. Глиева. Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 3 (15). С. 21-25.
- 41.Говряков, А. С. Влияние удобрений, гербицидов и регуляторов роста растений на качество зерна проса /А.С. Говряков, К.В. Корсаков, В.В.Пронько// Вавиловские чтения-2011: материалы Международной научно-практической конференции. - Саратов : СГАУ, 2011. - С. 227-228.
- 42.Гречиха и просо. Статьи по селекции, семеноводству, агротехнике и другим вопросам / ВНИИ зернобобовых культур. - Орел : 1967. - 482 с.
- 43.Григорович, Ю. Просо.- М.:ДГСВ, 1933.-78 с.

44. Гужвин, С.А. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под полевые культуры на черноземах Ростовской области/С.А. Гужвин, Н.Ф. Климашевская, Н.П.Каменский, В.В.Клыков //Научный журнал КубГАУ, - 2012. - №82(08) – С.739-748.
- 45.Демиденко,П.М. Влияние удобрений на урожай проса в степи Украины /П.М. Демиденко, С.Б. Лебедь //Труды Днепропетровского СХИ, 1975, т.28.- С.32-34.
- 46.Дзанагов, С.Х. Влияние удобрений на урожайность африканского проса /С.Х. Дзанагов, Т.Б. Хадикова, Т.Д. Асаева // Аграрная наука. -2008. -№ 9 -С. 6-7.
- 47.Дмитренко, П.А. Удобрение проса /П.А. Дмитренко.- Киев, 1957.-175 с.
- 48.Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта /Б.А. Доспехов.- М.: «Колос».- 1977.- 336 с.
- 49.Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник.- 5-е изд-е.- М.: Агропромиздат, 1985.- 351 с.
- 50.Дулов, М.И.Формирование урожая и качества зерна различных сортов проса в зависимости от уровня минерального питания и применения биопрепарата "альбит" в лесостепи среднего Поволжья / М.И. Дулов , А.В. Волкова, А.Н. Макушин //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 4. С. 86-92.
- 51.Духанин, Ю.А. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество гречихи на почвах легкого механического состава нечерноземной зоны: автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук /Ю. А. Духанин. Всесоюзная ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени академия сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина. Москва, 1985.
52. Елисеев В.И. Влияние последействия минеральных удобрений на урожайность проса в 5-польном севообороте в условиях Оренбургского Предуралья /В.И. Елисеев, О.Г. Макарова, И.С. Суровцева, И.Т. Парфенова, Т.А. Воронкова, Р.Г. Юсупова// Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2015. № 4. С. 20.

- 53.Егоров, Б.В.Основные элементы агротехники проса на южных черноземах Заволжья / Б.В. Егоров, В.Ф.Кульков.// Вопросы технологии возделывания сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / Саратовский СХИ. - Саратов, 1972. - Т. II. - С. 129-147
- 54.Егоров, Б.В. Производство проса можно увеличить /Б.В. Егоров, В.Ф. Кульков.// Степные просторы. - 1972. - № 2. - С. 11.
- 55.Егоров, Б.В. Просо в полевых севооборотах Саратовского Заволжья / Б.В. Егоров, В.Ф. Кульков // Биология и агротехника сельскохозяйственных культур : сб. науч. работ. - Саратов, 1976. - Вып. 62. - С. 64-72.
- 56.Егоров, Б.В.Углубление пахотного слоя под просо по различным предшественникам / Б.В. Егоров, В.Ф. Кульков // Общее земледелие, почвоведение и агрохимия: сб. науч. работ по итогам исследований за 1969 год / Саратовский СХИ. - Саратов, 1971. - Вып. 3. - С. 16-19.
- 57.Елагин, И.Н. Агротехника проса /И.Н. Елагин. - М.: Россельхозиздат, 1981. -158 с.
- 58.Елагин, И.Н. Агротехника высоких урожаев проса /И.Н. Елагин.- М., 1963.-138 с.
- 59.Елагин, И.Н. Просо на целинных и старопахотных.- М.: Знание, 1955.-203 с.
- 60.Елисеев, В.И. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожай и качество зерна проса в центральной зоне Оренбургской области /В.И. Елисеев //Агротехнические и биологические параметры роста и урожайности зерновых культур в Оренбургской области. -Уфа, 1988.- С.74-79.
- 61.Елисеев, С.Л.Состояние и перспективы выращивания проса на зерно в центральном Предуралье./С.Л. Елисеев //Аграрный вестник Урала. 2010. Т. 72. № 6. С. 31-32
- 62.Елистратова, В.Г. Отзывчивость сортов проса и гречихи на удобрение./В.Г. Елистратова //Зерновое хозяйство, 1975, №3.- С.31-33.
- 63..Ермохин Ю.И. Интеграционная система диагностики минерального питания, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур //Бюлл. ВИУА, №98, 1990. С.20-24.

- 64.Ефимов, В.Н., Донских И.Н., Сеницын Г.И. Система применения удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Г.И. Сеницын. - М.: Колос,1984. – 272с.
- 65.Животенко, В.В. Оптимизация минерального питания ячменя на черноземе обыкновенном Саратовского Правобережья: Автореф. дисс. канд. с-х. наук /В.В. Животенко. – Саратов, 2005. – 20 с.
- 66.Жижин, В.И. Адаптация технологии защиты проса для получения высоких урожаев/ В.И. Жижин, В.Ю. Скороходов, А.А. Зоров //Вестник ОрелГАУ. 2012, №1. – С.35-37.
- 67.Жуков, Ю. П. Определение доз и разработка системы удобрений в севооборотах /Ю.П. Жуков.- М.: ТСХА, 1974. 69 с.
- 68.Жуков, Ю. П. Расчет системы удобрения по балансовым коэффициентам /Ю.П. Жуков // Земледелие. 1988. № 1. - С. 40-42.
- 69.Журбицкий, З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений /З.И. Журбицкий. – М. Изд-во АН СССР, 1963. – С. 211-228.
- 70.Захаренко, В.А. Оценка энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур: метод. рекоменд //В.А. Захаренко, А.И. Пупонин, А.В. Захаренко, К.М. Дебердеев. -М.: МСХА, 1994. -66 с.
- 71.Зверева Е.А. Величины оптимального содержания подвижного фосфора в предкавказском карбонатном черноземе и темно-каштановой почве Северного Кавказа для различного уровня урожая культур и расчет доз фосфорных удобрений //Бюл. ВИУА. №87. 1988. С.25-30.
- 72.Зеленин, И.Н. Влияние элементов агротехники на продуктивность проса и качество зерна./И.Н. Зеленин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2011. -№ 08. С. 12-14.
- 73.Земцова, О.В.Продуктивность смешанных посевов гречихи с просом в условиях Саратовского Правобережья / О.В. Земцова, А.Г. Субботин // Специалисты АПК нового поколения: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 9-13 апр. 2007 г. / ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова". - Саратов : Научная книга, 2007. - С. 81-82.

- 74.Зинченко.Ф., Пашков Г.К. По 225 пудов проса с каждого гектара /В.Ф. Зинченко, Г.К. Пашков. - М., 1961.- 68с.
- 75.Ижик, Н.К. Полевая всхожесть семян /Н.К. Ижик.- Киев: Ураджай, 1976.- С.3-167.
- 76.Ильин, В.А. Повышение продуктивности сортов проса /В.А. Ильин//Селекция, семеноводство и технология возделывания проса на Юго - Востоке. Саратов, 1981. – С.11-18
- 77.Исаев, П. В. За высокий урожай проса /П.В. Исаев. - Белгород , 1960. - 36 с.
- 78.Исаева, Л.Г. Рядковое удобрение проса /Л.Г.Исаева//Научные труды ВНИИ зернобобовых культур, 1971, т.3.- С.353-359.
- 79.Ихсанов, Р.Г., Гиззатуллин, С.Г. Эффективность совместного применения мочевины и суперфосфата в рядки при посеве проса / Р.Г. Ихсанов, С.Г. Гиззатуллин.//Агротехника и биология полевых культур.- Уфа, 1977.- С.83-85.
- 80.Кадырова, Ф.З..Гречиха и просо - ценные крупяные культуры /Ф.З. Кадырова, И.Ю. Никифорова // Земледелие. 2006. № 3. С. 11
- 81.Калашник, Д.И. Некорневая подкормка проса /Д.И. Калашник //Зерновое хозяйство, 1973, №12.- С.21-22.
- 82.Каменев, Р.А. Способы внесения удобрений, коэффициенты использования питательных веществ и урожайность /Р.А Каменев // Агротехнический вестник. 2008. № 4. С. 26-28.
83. Касицкий Ю.И. Общие вопросы установления оптимального содержания подвижного фосфора в почвах//Агротехника.1988.№10. С.129-139.
- 84.Кафарена, В.И.Возделывание зерновых культур по интенсивным технологиям в засушливом Поволжье / В.И. Кафарена, В.В. Пронько, А.Н. Соснин // Возделывание зерновых культур: интенсивные технологии: сборник трудов ВАСХНИЛ. - М., 1988. - С. 53-59.
- 85.Каюмов, М.К. Биоклиматический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования / М.К. Каюмов. — М., 1991. — 64 с.
- 86.Кириенко, А.И. Влияние способов посева и минеральных удобрений на урожай гречихи /А.И. Кириенко, М.И. Самошин //Вопросы технологии возделывания

- полевых культур на Юго-Востоке и в Западном Казахстане. - Саратов, 1980.- С.45-53.
- 87.Кириллова, Г.Б. Продуктивность культур в севообороте при комплексном применении расчетных систем удобрения и других средств химизации в Нечерноземье: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук./Г.Б. Кириллова.- М., 1988.
- 88.Клечковский, В.М., Петербургский, А.В. Агрохимия /В.М. Клечковский, А.В. Петербургский.- М.: Колос, 1967.-368с.
- 89.Князев, Б.М.Просо - одна из основных крупяных культур /Б.М. Князев, А.А. Зихова.// Зерновое хозяйство. -2008. -№ 3 -С. 13-14
- 91.Козырь, Н.Ф. Способы эффективного использования минеральных удобрений под просо /Н.Ф. Козырь. //Селекция и технология возделывания кукурузы и некоторые вопросы агротехники других культур в северо-западной части степи УССР. - Днепрпетровск, 1976.- С.143-147.
- 92.Коконов, С.И.Кормовая продуктивность проса Удаемое в зависимости от предшественника и предпосевной обработки почвы /С.И. Коконов, Р.Ф. Дюкин // Кормопроизводство. -2013 - № 7 -С. 32-33.
- 93.Коконов, С.И.Кормовая продуктивность проса в зависимости от предшественников и предпосевной обработки почвы в среднем Предуралье /С.И. Коконов, Р.Ф. Дюкин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. -2013. -№ 1 -С. 112-115.
- 94.Коконов, С.И.Роль предшественников и предпосевной обработки почвы в технологии возделывания проса /С.И. Коконов, Р.Ф. Дюкин // Достижения науки и техники АПК. -2013. -№ 8 -С. 10-12.
- 95.Коконов, С.И., Сентемов В.В. Изучение влияния предпосевной обработки семян разными формами микроэлементов на урожайность зерна проса в среднем Предуралье /С.И. Коконов, В.В. Сентемов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. -2012. -№ 3 -С. 12-13
- 96.Колесник, И. Д. Агротехника проса /И.Д. Колесник. - М. : Сельхозгиз, 1947. - 63 с.

97. Кореньков, Д. А. Агрохимия азотных удобрений /Д.А. Кореньков. : научно-популярная литература; ВАСХНИЛ. - М. : Наука, 1976. - 223 с.
98. Кореньков, Д. А. Продуктивное использование минеральных удобрений /Д.А. Кореньков. - М.: Россельхозиздат, 1985.- 221с
99. Корнилов, А.А. Биологические основы высоких урожаев зерновых культур./А.А. Корнилов.- М.: Колос, 1968.- 240с.
100. Корнилов, А.А. Просо./А.А. Корнилов. - М.: Сельхозиздат, 1960. - 247 с.
101. Коробков, С.Д. О сроках посева проса в Саратовском Левобережье /С.Д. Коробков //Селекция, семеноводство и технология возделывания проса на Юго-Востоке. Саратов, 1981. – С.94-99
102. Коробков, С.Д. Применение минеральных удобрений под просо в условиях засушливой зоны /С.Д. Коробков // Совершенствование селекции, семеноводства и технологии возделывания проса // Сб. Науч. тр./ВАСХНИЛ; Орел 1985. – С.131-135.
103. Корсаков, К.В. Совместное применение удобрений, гербицидов и регуляторов роста при возделывании овса и проса в Поволжье /К.В. Корсаков, Н.И. Стрижков, В.В.Пронько // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. -2013. -№ 4 -С. 16-19.
104. Котляр, А.И. Влияние окраски и крупности зерна на показатели качества у проса посевного / А.И. Котляр, В.С. Сидоренко, С.В.Бобков, Л.Н. Варлахова. // Зернобобовые и крупяные культуры. -2013 -№ 3 -С. 26-34.
105. Кочетков, Н.С. Сроки внесения органических и минеральных удобрений /Н.С. Кочетков //Агротехника и урожай, 1975.- С.41-48.
106. Кочергин А.Е. Режим подвижных форм азота в черноземах Западной Сибири и эффективность минеральных удобрений/ Тр. Целиноградского СХИ. Т.7., вып.2.1972.С.121-124.
107. Кравченко, В.Н. Действие серы и азота на урожайность проса /В.Н. Кравченко, А.И. Тукабаева //Агрономия и лесное хозяйство.-2011. - №29-1 – С.44-46.
108. Крючков, А.Г. Ресурсы влаги и урожайность проса на чернозёме обыкновенном в степи оренбургского Предуралья /А.Г.Крючков, В.И. Елисеев

- // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. Т. 4. № 24-1. С. 18-21.
109. Кук, Д. Регулирование плодородия почвы /Д. Кук.- М., 1970.- 520с.
110. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений /Т.Н. Кулаковская.- М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
111. Куликов, С.В. Применение удобрений под просо на черноземных почвах западной Сибири /С.В. Куликов, Н.А. Воронкова // Земледелие. -2004. -№ 5 -С. 25-26.
112. Кумаков, В.А. Морфологическая структура растений проса и их продуктивность./В.А. Кумаков.//Селекция, семеноводство и технология возделывания проса на Юго- Востоке. Саратов, 1981. – С.19-24
113. Ладыгин, И.Я. Удобрение полевых культур / И.Я. Ладыгин.- М.: Сельхозгиз, 1951.-234с
114. Лебедева, Т.Б. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна проса на серой лесной почве /Т.Б. Лебедева //Ученые западного Пензенского СХИ.- Саратов, 1971, вып. 15.- С.20-24.
115. Левин, А.М. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна проса /А.М. Левин, Н.А. Арзыбов, М.Г. Юрченко //Научные достижения - производству.- Мичуринск, 1967.-76с.
116. Леонов, И.П. О качестве зерна проса // Селекция и семеноводство проса/И.П. Леонов:- Научн. труды ВАСХНИЛ.- М.: Колос.- 1976.- С. 12-18.
117. Лысов, В.И. Просо /В.И. Лысов. - Л.: Колос, 1968. - 224 с.
118. Мартынова, Т.А. Об отзывчивости гречихи и проса на внесение фосфорных удобрений /Т.А. Мартынова //Труды Горьковского СХИ. -1976. т.90.-С.27-28.
119. Матюк, Н. С.Баланс азота, фосфора и калия в зернопропашном севообороте / Н.С. Матюк, В.А. Шевченко //Докл. РАСХН. –2003. – № 6. – С. 19–23.
120. Мейстер, Г.К. Просо / Г.К. Мейстер. Изд-во Наркомзема «Новая деревня», 1925.
121. Минеев, В.Г. Агрохимия /В.Г.Минеев. – М.: МГУ, 2004. – 718 с.

- 122.Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения /В.Г. Минеев. -М.: Колос. - 1993. - С. 140-144.
123. Муравин, Э. А. Агрехимия: Учеб./Э.А. Муравин. - М. : Колос, 2003. - 383 с.
- 124.Мурзамадиева,М.А.Засухоустойчивость проса в условиях Казахстана /М.А. Мурзамадиева // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана; 1975.- №5.- 17-21с.
- 125.Найдин, П.Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур /П.Г. Найдин.- М.: Сельхозгиз, 1963.-206с.
- 126.Надточий, М.М. Эффективность локального внесения основного удобрения под просо /М.М. Надточий //Пути увеличения производства зерна в Оренбургской области. Уфа, 1987.- С.67-71.
- 127.Назаров, В.А. Водонабухающие полимеры и продуктивность проса на разных агрофонах / А.В.Назаров, В.В. Пронько, И.В.Назаров // Пути повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: сборник научных трудов СГСХА. - Саратов, 1997. - С. 86-91.
- 128.Назаров, В.А. Роль удобрений в формировании качества зерна на обыкновенных черноземах Саратовского Правобережья /В.А. Назаров, С.А. Дворянов.//Адаптивные технологии производства качественного зерна в засушливом Поволжье: материалы Всероссийской научно-практической конференции НИИСХ Юго-Востока, Ассоциация "Аграрное образование и наука". - Саратов, 2004. - С. 176-179.
- 129.Нарушева, Е.А. Влияние минеральных удобрений и биопрепарата мизорин на продуктивность проса / Е.А. Нарушева, Р.К. Биктеев // Специалисты АПК нового поколения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Саратов : Научная книга, 2007. - С. 167-168.
- 130.Никитишен, В.И. Агрехимические основы эффективности применения удобрений в интенсивном земледелии /В .И. Никитишен.- М.: Наука.- 1984.- 214с.

- 131.Оксененко, Н.И. Влияние минеральных удобрений на рост, развитие и урожай проса /Н.И. Оксененко //Научные труды Курского СХИ, 1971, т.5, вып.4. С.64-67.
- 132.Оксененко, Н.И. Влияние минеральных удобрений на смытых темно серых лесостепных почвах на урожай проса и яровой пшеницы /Н.И. Оксененко // Почвы ЦЧЗ и пути повышения их плодородия: Научные тр.- Воронеж.- 1975.- Т.78.- С.118-125.
- 133.Панников, В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай /В.Д. Панников, В.Г. Минеев,- М.: Агропромиздат, 1987.- 512с.
- 134.Петербургский, А.В. Агрохимия и физиология питания растений /А.В. Петербургский. – М.: Россельхозиздат, 1971. – 334 с.
- 135.Петербургский, А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии /А.В. Петербургский.- М.: Наука,1979. – 168с.
- 136.Плешаков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений /Б.П. Плешаков. – М.: Колос, 1965. – 447 с.
- 137.Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г. С. Посыпанов.- М.: Колос,1997. – 448 с.
- 138.Пронько В.В, Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания яровой сильной и твердой классной пшеницы, проса, кукурузы на зерно, подсолнечника в Саратовской области/ Саратов.обл агропром. комитет,"Элита Поволжья" / Пронько В.В, Кафарена В.И, Ишин А.Г. - 1986. - 55 с.
- 139.Проберж, Э.С. Влияние удобрений на урожай зерна проса на южных черноземах Северного Казахстана /Э.С. Проберж // Почвы Западной Сибири и их удобрение: Сб. науч. тр./ОмСХИ. - Омск, 1991. - 140 с.
- 140.Производство проса в передовых хозяйствах. - М.: Колос, 1965. – 135 с.
- 141.Пронько, В. В. Резервы производства проса в Поволжье /В.В. Пронько // Зерновые культуры. - 1990. - № 3. - С. 18-19.
- 142.Просо (статья). Режим питания почвы и урожай //Зерновое хозяйство, 1984, №8.- С.23-25.

- 143.Прянишников, Д.Н. Азот в жизни растений и земледелии СССР /Д.Н. Прянишников. - М.: Изд- во АН СССР, 1945.-С.197 .
- 144.Прянишников, Д.Н. Избр. соч./ Д.Н. Прянишников. - М.: Колос, 1965. -Т. 3. – 201с.
- 145.Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения // Агрохимия. Т. 1 .М, 1965.-С.67.
- 146.Растительная диагностика обеспеченности зерновых культур элементами питания: методическое пособие для проведения агрохимических опытов аспирантами и студентами агрономических специальностей очного и заочного обучения / В. П. Белоголовцев, Т. Я. Палагина. - Саратов : СГАУ им. Н. И. Вавилова, 2009. - 54 с.
- 147.Райков В.Н. Диагностика минерального питания озимой и яровой пшениц на орошаемых темно-каштановых почвах Поволжья: Автореф. дис. .. канд. с.-х. наук. Москва, 1988, 24 с.
- 148.Романов, А.В. Просо на Юго - Востоке СССР /А.В. Романов. – С.; Книжное Изд- во, 1955. –С. 56.
- 149.Румянцев, А.В.Итоги и перспективы селекции проса на урожайность и крупяные качества в поволжском НИИСС имени П.Н. Константинова / А.В. Румянцев, А.К. Антимонов, О.Н.Антимонова // Зернобобовые и крупяные культуры. -2012. № 1. -С. 77-80.
- 150.Рязанов, В. За высокий урожай проса /В. Рязанов. - Оренбург: Кн. изд-во, 1955. –С.36 .
- 151.Рязанов, В. 140 пудов проса с гектара/В. Рязанов. - М. : Сельхозиздат, 1961- 6 с.
- 152.Ряховский, А.В. Особенности плодородия почв и эффективность удобрений в степных районах Южного Урала/А.В. Ряховский. – Челябинск, 1992.– 78с.
- 153.Ряховский, А. В., Зарипов, И. Ш. Параметры и условия эффективного использования удобрений в семенных районах Южного Урала / А.В. Ряховский, И.Ш. Зарипов.– Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 1998.– 112 с.
- 154.Сабинин, Д.А Минеральное питание растений /Д.А. Сабинин. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1940. – 307с.

155. Сапрыкин, В.С. Просо в Сибири /В.С. Сапрыкин / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. - Новосибирск, 1997. – 184 с.
156. Сдобникова, О.В. Фосфорные удобрения и урожай / О.В. Сдобникова.- М., Агропромиздат, 1985.-111 с.
157. Сиротин, А.А. Влияние внекорневых подкормок на азотный обмен проса /А.А. Сиротин, М.Ф. Трифонова. //Сборник научных работ Саратовского СХИ, 1978, вып. 122.- С.74-79.
158. Система удобрения в севообороте : методическое пособие и справочный материал для самостоятельной работы при разработке курсового проекта для студентов агрономических специальностей очного и заочного обучения / ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова" ; сост. В. П. Белоголовцев, Т. Я. Палагина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Саратов : 2005. - 76 с
159. Смирнов, А.И. Растениеводство /Смирнова А.И. – М.: Гос. Изд-во с-х. литературы, 1947. – 479 с.
160. Смольянинов, И. И. Агрохимия на страже плодородия /И.И. Смольянинов - Москва, 1964.
161. Соколов, А.А. Просо /А.А. Соколов. - М.: ОГИЗ - Сельхозгиз.-1948.- 271 с.
162. Сокуров, М.Н. Продуктивность проса в зависимости от предшественников и минерального питания /М.Н.Сокуров //Труды Кубанского государственного аграрного университета. -2013. Т. 1. -№ 41 - С. 118-120.
163. Соловьев, А.В. Биологические условия формирования урожая проса и накопление сухой биомассы / А.В. Соловьев., М.К. Каюмов //Зерновое хозяйство. – М.2006, - С.26-28.
164. Соловьев, А.В. Биометрические показатели крупяных культур и их учет на почвах северо-запада Поволжья / А.В. Соловьев, М.К. Каюмов.// Зерновое хозяйство. – 2006. - №2. – С. 13-16.
165. Соловьев, А.В. Использование минеральных удобрений для выращивания проса / А.В. Соловьев // Аграрная Россия. – 2007. - №3. – С. 20-21.

166. Соловьёв, А.В. Накопление биологической массы различными сортами проса /А.В.Соловьёв //Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2008. № 4. С. 66
167. Соловьёв, А.В. О накоплении сухой массы у растений проса в связи с условиями минерального питания /А.В. Соловьёв, М.К. Каюмов // Сельскохозяйственная биология. -2008. -№ 5 -С. 107-109.
168. Соловьёв, А.В. Расчет доз удобрений под заданный урожай проса /А.В. Соловьёв, М.К. Каюмов // Плодородие. -2007. -№ 4 -С. 16.
169. Соловьёв, А.В. Урожайность проса и гречихи на южных черноземах Поволжья / А.В. Соловьёв // Главный агроном. – 2008. - №2. – С. 21-25.
170. Соловьёв, Г.А. Действие суперфосфата и фосфоритной муки на урожай и качество зерна проса /Г.А. Соловьёв //Агротехника и урожай. Саранск. -1975.- С.49-54.
171. Калмыков, С.И. Сроки сева и урожайность проса /С.И.Калмыков, А.Н. Данилов, В.Ф.Кульков // Роль почв в сохранении устойчивости ландшафтов и ресурсосберегающее земледелие: сб. материалов международной научно-практической конференции, Пенза, 5-10 сент. 2005 г. - Пенза, 2005. - С. 82-84.
172. Тарасов, Ф. Просо как страховая культура./Ф. Тарасов.// Науч. тр. Сарат. СХИ. -1975. -Вып. 33.-С. 94-97
173. Толстоусов, В.П. Удобрения и качество урожая./В.П. Толстоусов. -М.; Агропромиздат, 1987 –С. 44-49.
174. Тулайков, Н.М. Потребление воды растениями в полевых условиях /Н.М. Тулайков // Опытная агрономия Юго- Востока. - Саратов, 1927. -Т.5. выш.1.-С. 3-46.
175. Уваров, Г.И., Карабутов А.П. Изменение агрохимических свойств чернозема типичного при применении удобрений в длительном полевом опыте / Г.И. Уваров, А.П. Карабутов // Агрохимия.- 2012. - № 4.- С. 14-20.
176. Усов, Н.И. Почвы Саратовской области. Ч.2 (Левобережье) /Н.И. Усов. – Саратов: Облгиз, 1948. – 288 с.

- 177.Фёдоров, А.А. Оценка содержания в почве элементов минерального питания доступных растениям / А.А. Фёдоров // Агрохимия.- 2002.-№3. - С.15 - 22.
- 178.Федорченко, И. А, Мосин В.А. Просо - культура больших возможностей / И.А. Федорченко, В.А. Мосин.- Алма-Ата: Кайнар, 1970. – 20 с.
- 179.Филин В. И. Научные основы оптимизации минерального питания и методика определения норм удобрений под планируемый урожай сельскохозяйственных культур/В.И.Филин.//ТрудыВолгоградского СХИ. Т. 88. – Волгоград, 1984. – С. 42–57.
- 180.Халитов, Н. Г.Влияние удобрений и погодных условий на урожайность и качество проса и гречихи на черноземе южном в Оренбургской области /Н.Г. Халитов //Агрохимия. – 2006. - №3 – С.28-33.
- 181.Халитов, Н.Г.Оптимизация площади листовой поверхности проса и гречихи/Н.Г. Халитов //Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 5. С. 7-10.
- 182.Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник /В.В. Церлинг.- М.: Агропромиздат,1990, 235 с.
- 183.Цыганков, И.Г., Цыганков В.И., Цыганкова М.Ю. Просо в сухостепной зоне западного Казахстана / И.Г. Цыганков, В.И. Цыганков, М.Ю. Цыганкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. Т. 2. № 10-1. С. 91-95.
- 184.Чекалин, С.Г. Биологические возможности проса и пути повышения его продуктивности в западном Казахстане /С.Г. Чекалин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. -2012. Т. 2. -№ 34-1 - С. 27-29.
- 185.Черняхова, Н.П. Эффективность припосевного внесения гранулированного суперфосфата и фосфобактерина на урожай проса /Н.П. Черняхова // Практические рекомендации Оренбургского СХИ по законченным научным работам. Агрономия.- Оренбург, 1966.- С.34-42.
- 186.Чириков, Ф.В. Агрохимия калия и фосфора.М.:Сельхозгиз.1956.
- 187.Чуб, М.П. Влияние различных систем удобрений на продуктивность

- зернопарового севооборота в условиях степной зоны Поволжья / М.П.Чуб, Т.М. Ярошенко, Н.Ф.Климова, Д.Ю.Журавлев, Г.Н. Попов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2012. - № 5. - С. 47-49.
- 188.Шевцова, Л.П. Просовидные культуры и их морфобиологические особенности в сухостепном Поволжье /Л.П. Шевцова, С.Сенаторов, С. Летучий // Новое в сельскохозяйственном производстве : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова". - 2-е изд. - Саратов, 2005. - С. 21-24.
189. Шевцова, Л.П. Приемы адаптивной технологии возделывания проса на каштановых почвах Саратовского Заволжья /Л.П.Шевцова, С.В. Сенаторов // Передовой производственный и научно-технический опыт в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. работ / ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова"; Научная книга, 2007. - С. 21-23.
- 190.Шумилин, П.И. Исследование технологических свойств проса в процессе селекции./П.И. Шумилин.// Селекция, семеноводство и технология возделывания проса. - Орел, 1982. - С. 54-59.
- 191.Щибраев, Н.М. За высокие урожаи проса // Просо ценная крупяная культура. /Н.М. Щибраев, Н.И. Ельчанинова - М., 1962.-С. 198.
- 192.Ягодин, Б.А. Агрехимия:Учеб./Б.А.Ягодин, Ю.П.Жуков, В.И.Кобзаренко : учебник / Б.А. Ягодин. - М. : Колос, 2002. - 583 с.
- 193.Якименко, А.Ф. Просо /А.Ф Якименко. -М.: Россельхозиздат, 1975. –С.146 .
- 194.Янишевский, Ф.В. Баланс питательных веществ при многолетнем применении минеральных удобрений / Ф.В. Янишевский, В.В. Прокошев, В.А. Паниткин // Повышение плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации. М.: Наука, 1983. – С.59-69.
- 195.Ярошенко, Т.М. Влияние биопрепаратов, комплексных минеральных и органоминеральных удобрений на урожай яровой пшеницы в условиях степной зоны Поволжья / Т.М. Ярошенко, Д.Ю. Журавлев, В.В. Пронько, Н.Ф. Климова, Н.И. Никонорова// ГНУ НИИСХ Юго-Востока. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Краснокутской селекционно-опытной станции.Саратов. 2009.

196. Яшовский, И. В. Селекция и семеноводство проса /И.В. Яшовский. - М.: Агропромиздат, 1987. - 255 с183.
197. Albert E. // Arch. Acker-, Pflanzenbau, Bodenkund. 1980, B.24, №2, s.91.
198. Archer J. Crop nutrition and fertilizer use. Ipswich (UK): Forming Press, 1985, 258 p.
199. Bould G. Manurial experiments witch frut.//A factorial NPK experiment witch strawberry, var. Royal Sovereign. Ann. Rep.Loug. Aston Res. 1958? p.82-87.
200. Lundegadh H. Leaf analisys. (English translations by Mitchell). Published by Hilger and Watts Limited. London. 1951.
201. Bray R.H. Correlation of soil tests crop response to added fertilizere and with fertilizer reguiriments Diagnostic technigues for soils, and crops. 58-86. American Potash Institute, Washington. D.C. 1948.
202. A. Diagnostic technigues for soil and crops. Chapter 6. Published by the American Potash Institute, Washington. D.C. 1948.
203. Bodriguez, J.B., Westfall D.G., PetersonG.A. Dry matter and nutrient accumulation and partitioning by proso millet. Agron. J, 1990.-T. 82. -№2.-P. 183-189.
204. Reed, R. I., Sanderson M. A. Determining optimal establishment and cultural practices for millet biomass production in Texas. - Texas agr. experiment station. College Station (Tex.), 1994. - P. 32-34.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 - Продолжительность вегетации в 2011 году				
вариант	посев- всходы	всходы- цветение	цветение- спелость	Период вегетации
Контроль	8	41	39	88
N30	9	42	40	91
N60	9	43	41	93
P30	8	40	38	86
P60	8	39	36	83
N30P30	8	43	41	92
N30P60	8	42	41	91
N60P30	10	44	41	95
N60P60	9	43	42	94
N90P60	10	45	41	96
Расчт.	9	43	40	92
N60P60K30	9	43	41	93
P10	8	41	39	88
P20	8	40	39	87
P30	8	40	38	86

Приложение 2 - Продолжительность вегетации в 2012 году				
вариант	посев- всходы	всходы- цветение	цветение- спелость	период вегетации
Контроль	7	40	38	85
N30	7	41	39	87
N60	8	41	39	88
P30	7	39	38	84
P60	7	38	37	82
N30P30	7	42	40	89
N30P60	7	41	40	88
N60P30	8	42	40	90
N60P60	8	42	40	90
N90P60	8	42	41	91
Расчт.	7	41	40	88
N60P60K30	8	42	39	89
P10	7	40	38	85
P20	7	40	38	85
P30	7	39	38	84

Приложение 3 - Продолжительность вегетации в 2013 году				
Варианты	Посев- всходы	Всходы- цветение	Цветение- спелость	Период вегетации
Контроль	11	42	40	93
N30	11	44	42	97
N60	12	45	42	99
P30	11	41	38	90
P60	11	39	37	87
N30P30	11	44	43	98
N30P60	11	43	42	96
N60P30	12	45	43	100
N60P60	12	46	43	101
N90P60	12	48	43	103
Расчт.	12	45	42	99
N60P60K30	12	45	42	99
P10	11	41	40	92
P20	11	40	40	91
P30	11	40	40	91

Приложение 4 - Полевая всхожесть проса в 2011 году				
Варианты	Полевая всхожесть		Общая выживаемость	
	Кол-во всходов на 1 кв.м, шт.	Полевая всхожесть, %	Кол-во растений к уборке на 1 м ² , шт	Общая выживаемость, %
Контроль	232	72,5	183	78,8
N30	230	71,2	185	80,4
N60	226	70,6	189	83,6
P30	232	72,5	183	78,8
P60	230	71,8	184	80
N30P30	227	70,9	194	85,4
N30P60	226	70,6	195	86,2
N60P30	222	69,3	198	89,1
N60P60	220	68,7	199	90,4
N90P60	216	67,5	204	94,4
Расчт.	224	70,0	200	89,3
N60P60K30	221	69,0	202	91,4
P10	230	71,9	183	79,5
P20	229	71,6	184	80,3
P30	228	71,3	185	81,1

Приложение 5 - Полевая всхожесть проса в 2012 году				
Варианты	Полевая всхожесть		Общая выживаемость	
	Кол-во всходов на 1 кв.м, шт.	Полевая всхожесть, %	Кол-во растений к уборке на 1 кв. м, шт	Общая выживаемость, %
Контроль	239	74,7	191	79,9
N30	236	73,7	194	82,2
N60	232	72,5	197	84,9
P30	238	74,3	193	81,0
P60	237	74	195	82,3
N30P30	235	73,4	198	84,2
N30P60	232	72,5	199	85,7
N60P30	228	71,3	201	88,1
N60P60	226	70,6	202	89,3
N90P60	223	69,7	207	92,8
Расчт.	228	71,2	204	89,8
N60P60K30	227	70,9	205	90,3
P10	238	74,3	194	81,5
P20	235	73,4	196	83,4
P30	235	73,4	196	83,4

Приложение 6 - Полевая всхожесть проса в 2013 г.				
Варианты	Кол-во всходов на 1 кв.м, шт.	Полевая всхожесть, %	Кол-во растений к уборке на 1 м ² , шт	Общая выживаемость, %
N30	248	77,5	202	81,5
N60	242	75,6	206	85,1
P30	250	78,1	201	80,4
P60	247	77,1	203	82,2
N30P30	246	76,9	207	84,1
N30P60	243	76	209	86
N60P30	235	73,4	210	89,4
N60P60	234	73,1	211	90
N90P60	229	71,5	218	95,1
Расчт. на 25 ц	239	74,7	212	88,6
N60P60K30	237	74,1	214	90,2
P10	248	77,5	200	80,6
P20	246	76,9	202	82,1
P30	246	76,9	203	82,5

Приложение 7- Динамика накопления сухой биомассы 2011г., т/га					
Вариант	кущение	трубкование	выметывание	МОЛ.-ВОСК. спелость	уборка
Контроль	0,61	2,14	3,19	3,06	2,86
N30	0,71	2,43	3,78	3,64	3,43
N60	0,77	2,55	4,13	3,98	3,75
P30	0,64	2,32	3,45	3,32	3,12
P60	0,66	2,35	3,49	3,35	3,14
N30P30	0,82	2,70	4,29	4,13	3,88
N30P60	0,84	2,77	4,35	4,17	3,91
N60P30	0,91	2,88	4,41	4,42	4,15
N60P60	0,93	2,93	4,91	4,70	4,41
Расчт.	0,96	3,04	4,90	4,70	4,42
N90P60	0,99	2,98	4,94	4,66	4,32
N60P60K30	0,95	2,99	4,86	4,65	4,36
P10	0,61	2,22	3,34	3,21	3,01
P20	0,63	2,35	3,48	3,35	3,14
P30	0,65	2,39	3,57	3,43	3,22

Приложение 8 - Динамика накопления сухой биомассы в 2012г., т/га					
Вариант	кущение	трубкование	выметывание	м-в. спелость	уборка
Контроль	0,73	1,70	2,47	2,36	2,20
N30	0,82	1,89	2,85	2,73	2,56
N60	0,87	2,10	3,10	2,97	2,79
P30	0,76	1,75	2,48	2,37	2,21
P60	0,79	1,81	2,67	2,56	2,39
N30P30	0,91	2,18	3,20	3,06	2,87
N30P60	0,93	2,22	3,27	3,12	2,92
N60P30	0,99	2,34	3,44	3,28	3,07
N60P60	1,02	2,41	3,54	3,37	3,14
Расчт.	1,05	2,45	3,56	3,40	3,18
N90P60	1,13	2,58	3,82	3,45	3,13
N60P60K30	1,04	2,45	3,58	3,41	3,17
P10	0,74	1,74	2,58	2,47	2,31
P20	0,76	1,82	2,72	2,61	2,44
P30	0,78	1,84	2,74	2,62	2,45

Приложение 9 -Динамика накопления сухой биомассы 2013г., т/га					
Вариант	кущение	трубкование	выметывание	м-в. спелость	уборка
Контроль	0,86	2,67	4,07	3,93	3,71
N30	1,01	3,29	5,03	4,87	4,63
N60	1,07	3,54	5,34	5,17	4,92
P30	0,94	2,89	4,38	4,23	4,00
P60	0,96	2,98	4,50	4,34	4,10
N30P30	1,08	3,62	5,40	5,22	4,96
N30P60	1,11	3,66	5,42	5,24	4,97
N60P30	1,21	3,91	5,78	5,59	5,31
N60P60	1,22	4,02	5,92	5,72	5,42
Расчт.	1,23	4,01	5,91	5,71	5,42
N90P60	1,26	4,06	5,98	5,77	5,45
N60P60K30	1,24	4,03	5,8,9	5,69	5,39
P10	0,91	2,77	4,30	4,16	3,93
P20	0,93	2,89	4,50	4,35	4,12
P30	0,9,5	2,92	4,51	4,36	4,13

Приложение 10 - Однофакторный дисперсионный анализ урожая зерна проса в 2011 г.

число градаций фактора а 15
число блоков г 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Среднее
1	1.4300	1.4900	1.5200	1.4800
2	1.6800	1.7500	1.7900	1.7400
3	1.8100	1.8800	1.9200	1.8700
4	1.6300	1.6600	1.5700	1.6200
5	1.5900	1.6600	1.6900	1.6467
6	1.9500	2.0300	2.0700	2.0167
7	2.0600	2.1400	2.1900	2.1300
8	1.9900	2.0700	2.1200	2.0600
9	2.1500	2.2400	2.2800	2.2233
10	2.0400	2.1200	2.1700	2.1100
11	2.1500	2.2500	2.2900	2.2300
12	2.1600	2.2600	2.000	2.2400
13	1.6100	1.600	1.700	1.6700
14	1.6200	1.6900	1.700	1.6800
15	1.6400	1.7100	1.7500	1.7000

$x = 1.8944$ $s_x = 0.145$ $p = 0.77\%$

Таблица дисперсионного анализа

	SS	DF	MS	F	HCP
общее	296.232	44			
блоки	8.990	2	4.495	71.115*	
вар.	285.472	14	20.391	322.583*	0.0231
ост.	1.770	28	0.063		

Приложение 11 – Однофакторный дисперсионный анализ урожая
зерна проса, 2012 г

число градаций фактора а 15
число блоков г 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Среднее
1	1.6300	1.6100	1.6800	1.6400
2	1.9200	1.8900	1.9800	1.9300
3	2.0600	2.0300	2.1200	2.0700
4	1.7800	1.7600	1.8400	1.7933
5	1.8200	1.7900	1.8700	1.8267
6	2.2200	2.2000	2.2900	2.2367
7	2.3500	2.3200	2.4200	2.3633
8	2.2700	2.2400	2.3400	2.2833
9	2.4500	2.4200	2.5200	2.4633
10	2.3200	2.3000	2.4000	2.3400
11	2.4600	2.4200	2.5100	2.4733
12	2.4700	2.4600	2.5200	2.4833
13	1.8400	1.8200	1.9000	1.8533
14	1.8500	1.8300	1.9100	1.8633
15	1.8700	1.8500	1.9300	1.8833

x= 2.1002 sx= 0.0035 p= 0.17%

Таблица дисперсионного анализа

	SS	DF	MS	F	НСР
общее	357.906	44			
блоки	6.353	2	3.177	87.3533*	
вар.	351.451	14	25.104	690.3188*	0.0101
ост.	0.102	28	0.004		

Приложение 13 – Однофакторный дисперсионный анализ урожайности
проса за три года

число градаций фактора а 15
число блоков г 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Среднее
1	1.480	1.640	1.730	1.617
2	1.740	1.900	2.090	1.910
3	1.870	2.040	2.170	2.027
4	1.620	1.780	1.880	1.760
5	1.650	1.810	1.940	1.800
6	2.020	2.160	2.300	2.160
7	2.120	2.260	2.410	2.263
8	2.060	2.210	2.330	2.200
9	2.220	2.330	2.470	2.340
10	2.110	2.260	2.380	2.250
11	2.230	2.340	2.480	2.350
12	2.240	2.350	2.490	2.360
13	1.670	1.760	1.860	1.763
14	1.680	1.830	1.930	1.813
15	1.700	1.830	1.940	1.823

x= 2.029 sx= 0.012 p= 0.58%

Таблица дисперсионного анализа

	SS	DF	MS	F	НСР
общее	3.326	44			
блоки	0.531	2	0.266	644.034*	
вар.	2.784	14	0.199	482.259*	0.034
ост.	0.012	28	0.000		

Приложение 14 - Однофакторный дисперсионный анализ содержания протеина в зерне проса (среднее за 2011...2113 гг.)

число градаций фактора а 15

число блоков г 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Среднее
1	11.300	11.300	11.000	11.200
2	11.800	11.800	11.400	11.667
3	12.100	12.200	11.700	12.000
4	11.500	11.400	11.300	11.400
5	11.800	11.500	11.500	11.600
6	11.900	12.100	11.700	11.900
7	12.100	12.300	11.900	12.100
8	12.400	12.600	12.200	12.400
9	12.800	12.800	12.300	12.633
10	12.700	12.700	12.300	12.567
11	13.100	12.900	12.700	12.900
12	12.800	12.800	12.500	12.700
13	11.400	11.400	11.300	11.367
14	11.600	11.500	11.400	11.500
15	11.800	11.600	11.600	11.667

$x = 11.973$ $s_x = 0.060$ $p = 0.50\%$

Таблица дисперсионного анализа

	SS	DF	MS	F	НСР
общее	13.770	44			
блоки	0.787	2	0.393	35.949*	
вар.	12.676	14	0.905	82.750*	0.175
ост.	0.306	28	0.011		

Приложение 15- Выход зерна проса в 2011 году					
Варианты	Урожайность, тонн с 1 га			Выход зерна в урожае, %	соотношение солома- зерно
	зерна	соломы	общей массы		
Контроль	1,48	2,86	4,34	34,1	1,93
N30	1,74	3,43	5,17	33,6	1,97
N60	1,87	3,75	5,62	33,3	2,01
P30	1,62	3,12	4,74	34,2	1,93
P60	1,65	3,14	4,79	34,4	1,90
N30P30	2,02	3,88	5,90	34,2	1,92
N30P60	2,06	3,91	5,97	34,5	1,90
N60P30	2,13	4,15	6,28	33,9	1,95
N60P60	2,22	4,41	6,63	33,5	1,99
Расчт. на 25ц/га	2,23	4,41	6,64	33,6	1,98
N90P60	2,11	4,32	6,43	32,8	2,05
N60P60K30	2,24	4,36	6,60	33,9	1,95
P10	1,67	3,01	4,90	34,1	1,80
P20	1,68	3,14	4,82	34,5	1,87
P30	1,70	3,22	4,92	34,5	1,89

Приложение 16 - Выход зерна проса в 2012 г.					
Варианты	Урожайность, тонн с 1 га			Выход зерна в урожае, %	соотношение солома- зерно
	зерна	соломы	общей массы		
Контроль	1,64	2,20	3,84	42,7	1,34
N30	1,90	2,56	4,46	42,6	1,35
N60	2,04	2,79	4,83	42,2	1,37
P30	1,78	2,11	3,89	42,8	1,19
P60	1,81	2,39	4,20	43,0	1,32
N30P30	2,16	2,87	5,03	42,9	1,33
N30P60	2,21	2,92	5,13	43,1	1,32
N60P30	2,26	3,07	5,33	42,4	1,36
N60P60	2,33	3,14	5,47	42,6	1,35
Расчт. на 25ц/га	2,34	3,18	5,52	42,4	1,36
N90P60	2,26	3,11	5,37	42,1	1,38
N60P60K30	2,35	3,18	5,53	42,5	1,35
P10	1,76	2,31	4,12	42,7	1,31
P20	1,83	2,44	4,27	42,9	1,33
P30	1,83	2,43	4,26	43,0	1,33

Приложение 17- Выход зерна проса в 2013 году					
Варианты	Урожайность, тонн с 1 га			Выход зерна в урожае, %	соотношение солома- зерно
	зерна	соломы	общей массы		
Контроль	1,73	3,71	5,44	31,8	2,14
N30	2,09	4,63	6,72	31,1	2,22
N60	2,17	4,92	7,09	30,6	2,27
P30	1,88	4,00	5,88	32,0	2,13
P60	1,94	4,10	6,04	32,1	2,11
N30P30	2,30	4,96	7,2,6	31,7	2,16
N30P60	2,33	4,97	7,30	31,9	2,13
N60P30	2,41	5,31	7,72	31,2	2,20
N60P60	2,47	5,4,2	7,89	31,3	2,19
Расчт. на 25ц/га	2,48	5,42	7,90	31,4	2,19
N90P60	2,38	5,45	7,83	30,4	2,29
N60P60K30	2,49	5,39	7,88	31,6	2,16
P10	1,86	3,93	5,85	31,8	2,11
P20	1,93	4,12	6,05	31,9	2,13
P30	1,93	4,12	6,05	31,9	2,13

Приложение 18- Влияние удобрений на водопотребление проса, 2011 г.

Варианты	Водообеспеченность, куб. м/га			Урожайность, т/га	Коэффициент водопотр., куб.м/т	Снижение водопотребления до %
	продуктивн. влаги в 0-100 см	осадки	сумма			
Контроль	1120	1192	2312	1,48	1560	100
N30	1120	1192	2312	1,74	1330	85
N60	1120	1192	2312	1,87	1240	79
P30	1120	1192	2312	1,62	1430	91
P60	1120	1192	2312	1,65	1400	90
N30P30	1120	1192	2312	2,02	1140	73
N30P60	1120	1192	2312	2,13	1090	70
N60P30	1120	1192	2312	2,06	1120	72
N60P60	1120	1192	2312	2,22	1040	67
N90P60	1120	1192	2312	2,11	1100	70
Расчётн. на 25	1120	1192	2312	2,23	1040	66
N30P60K30	1120	1192	2312	2,24	1030	66
P10	1120	1192	2312	1,67	1380	89
P20	1120	1192	2312	1,68	1380	88
P30	1120	1192	2312	1,70	1360	87

Приложение 19 - Влияние удобрений на водопотребление проса, 2012 г.

Варианты	Водообеспеченность, куб. м/га			Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребл., куб.м/т	Снижение водопотребления до %
	продуктивн. влаги в 0-100 см	осадки	сумма			
Контроль	1190	1243	2433	1,64	1480	100
N30	1190	1243	2433	1,90	1280	87
N60	1190	1243	2433	2,04	1190	81
P30	1190	1243	2433	1,78	1370	92
P60	1190	1243	2433	1,81	1340	91
N30P30	1190	1243	2433	2,16	1130	76
N30P60	1190	1243	2433	2,26	1080	73
N60P30	1190	1243	2433	2,21	1100	74
N60P60	1190	1243	2433	2,33	1040	71
N90P60	1190	1243	2433	2,26	1080	73
Расчётн. на 25 ц	1190	1243	2433	2,34	1040	70
N30P60K30	1190	1243	2433	2,35	104	70
P10	1190	1243	2433	1,76	1380	93
P20	1190	1243	2433	1,83	1330	90
P30	1190	1243	2433	1,83	1330	90

Приложение 20 - Влияние удобрений на водопотребление проса, 2013 г.

Варианты	Водообеспеченность, куб. м/га			Урожайность , т/га	Коэффициен т водопотр., куб.м/т	Снижение водопотре - бления до %
	продуктивн. влаги в 0- 100 см	осадк и	сумма			
Контроль	1210	1450	2660	1,73	1540	100
N30	1210	1450	2660	2,09	1270	83
N60	1210	1450	2660	2,17	1230	80
P30	1210	1450	2660	1,88	1410	92
P60	1210	1450	2660	1,94	1370	89
N30P30	1210	1450	2660	2,30	1160	75
N30P60	1210	1450	2660	2,41	1100	72
N60P30	1210	1450	2660	2,33	1140	74
N60P60	1210	1450	2660	2,47	1080	70
N90P60	1210	1450	2660	2,38	1120	73
Расч. на 25 ц	1210	1450	2660	2,48	1070	70
N30P60K30	1210	1450	2660	2,49	1070	69
P10	1210	1450	2660	1,86	1430	93
P20	1210	1450	2660	1,93	1380	89
P30	1210	1450	2660	1,93	1380	89

Приложение 21- Динамика нитратного азота в 2011 году

Варианты	Содержание нитратного азота, мг/кг почвы в слое 0-30 см					
	сроки взятия образцов почвы					
	посев	всходы	кущение	вымётывание	цветение	уборка
Контроль	10,3	13,4	11,9	9,4	7,6	5,9
N30	13,1	17,0	15,1	11,9	9,7	7,5
N60	15,8	20,5	18,2	14,4	11,6	9,0
P30	11,3	14,7	13,0	10,3	8,1	6,5
P60	12,3	16,0	14,2	11,2	9,2	7,1
N30P30	14,2	18,5	16,5	13,0	10,5	8,2
N30P60	15,3	19,9	17,7	14,0	11,3	8,8
N60P30	16,9	22,0	19,6	15,5	12,5	9,7
N60P60	18,0	23,4	20,8	16,4	13,3	10,3
N57P46- расч.	17,8	23,2	20,6	16,3	13,1	10,2
N90P60	20,4	26,5	23,6	18,6	15,1	11,7
N60P60K30	18,1	23,5	20,9	16,5	13,4	10,4
P10	10,3	13,4	11,9	9,2	7,6	5,7
P20	10,3	13,5	12,1	9,3	7,7	5,6
P30	10,3	13,4	12,0	9,5	7,9	6,0
HCP0,5, мг	0,34	0,47	0,32	0,26	0,18	0,13

Приложение 22-Динамика нитратного азота в почве под просом в 2012 г.

Варианты	Содержание нитратного азота, мг/кг почвы в слое 0-30 см					
	сроки взятия образцов почвы					
	посев	всходы	кущение	вымётывание	цветение	уборка
Контроль	10,2	13,1	11,6	9,1	7,4	5,7
N30	13,0	16,7	14,7	11,6	9,4	7,2
N60	15,6	20,1	17,8	13,9	11,3	8,7
P30	11,2	14,3	12,7	10,0	8,1	6,2
P60	12,2	15,7	13,9	10,9	8,9	6,8
N30P30	14,1	18,1	16,0	12,6	10,2	7,9
N30P60	15,2	19,5	17,2	13,5	11,0	8,5
N60P30	16,8	21,5	19,1	15,0	12,2	9,4
N60P60	17,8	22,9	20,3	15,9	12,9	10,0
Расч	17,6	22,6	20,1	15,7	12,8	9,9
N90P60	20,2	26,0	23,0	18,0	14,7	11,3
N60P60K30	17,9	23,0	20,4	16,0	13,0	10,0
P10	10,2	13,1	11,4	8,9	7,2	5,5
P20	10,2	13,0	11,7	9,0	7,3	5,3
P30	10,2	13,1	11,6	9,3	7,6	5,4
НСП 0,5, мг	0,28	0,36	0,24	0,23	0,14	0,15

Приложение 23 - Динамика нитратного азота в 2013 году						
Варианты	Содержание нитратного азота, мг/кг почвы в слое 0-30 см					
	сроки взятия образцов почвы					
	посев	всходы	кущение	вымётывание	цветение	уборка
Контроль	11,6	14,9	13,2	10,3	8,3	6,4
N30	14,7	18,9	16,8	13,1	10,5	8,1
N60	17,8	22,8	20,2	15,8	12,7	9,8
P30	12,7	16,3	14,4	11,3	9,1	7,0
P60	13,9	17,8	15,8	12,3	9,9	7,7
N30P30	16,0	20,6	18,3	14,2	11,5	8,9
N30P60	17,2	22,1	19,6	15,3	12,3	9,5
N60P30	19,1	24,5	21,7	16,9	13,7	10,5
N60P60	20,3	26,0	23,1	18,0	14,5	11,2
Расч	20,1	25,8	22,8	17,8	14,4	11,1
N90P60	23,0	29,5	26,2	20,4	16,4	12,7
N60P60K30	20,4	26,2	23,2	18,1	14,6	11,2
P10	11,6	14,8	13,1	10,3	8,2	6,5
P20	11,6	15,1	13,3	10,2	8,3	6,4
P30	11,6	15,3	13,4	10,5	8,5	6,5
НСР 0,5, мг	0,23	0,26	0,21	0,18	0,16	0,12

Приложение 24 - Динамика подвижного фосфора в почве под просом, 2011 г.

Варианты	Содержание подвижной P ₂ O ₅ , мг/кг в слое 0-30 см					
	сроки взятия образцов почвы					
	посев	всходы	кущение	вымётывание	цветение	уборка
Контроль	13,3	14,2	13,5	12,3	11,5	10,2
N30	13,9	15,0	14,1	12,8	12,1	10,7
N60	14,8	15,8	15,0	13,7	12,8	11,4
P30	16,3	17,5	16,6	15,1	14,1	12,5
P60	19,3	20,6	19,6	17,9	16,7	14,8
N30P30	17,1	18,2	17,3	15,8	14,8	13,1
N30P60	20,1	21,5	20,4	18,6	17,4	15,4
N60P30	17,6	18,8	17,9	16,3	15,3	13,5
N60P60	20,8	22,3	21,2	19,3	18,0	16,0
Расч.на 25 ц	20,8	22,2	21,1	19,2	17,9	15,9
N90P60	21,6	23,1	21,9	20,0	18,7	16,6
N60P60K30	21,1	22,6	21,4	19,5	18,3	16,2
P10	13,3	14,2	13,6	12,3	11,3	10,2
P20	13,3	14,2	13,8	12,4	11,5	10,4
P30	13,3	14,2	13,5	12,3	11,6	10,3

Приложение 25 - Динамика подвижного фосфора в почве под просом, 2012 г.

Варианты	Содержание подвижной P ₂ O ₅ , мг/кг в слое 0-30 см					
	сроки взятия образцов почвы					
	посев	всходы	кущение	вымётывание	цветение	уборка
Контроль	14,1	15,2	14,6	13,4	12,5	10,9
N30	14,7	16,1	15,3	14,2	13,1	11,4
N60	15,7	17,2	15,4	14,1	12,8	11,2
P30	17,3	19,0	18,2	16,9	15,7	13,5
P60	20,5	23,7	22,6	21,0	19,5	16,8
N30P30	18,1	19,9	19,0	17,6	16,4	14,2
N30P60	21,3	24,6	23,5	21,8	20,3	17,5
N60P30	18,7	20,7	19,9	18,5	17,2	14,8
N60P60	22,1	25,6	24,4	22,6	21,2	18,2
Расч.на 25 ц	22,0	23,7	22,6	20,9	19,5	16,8
N90P60	22,9	26,2	25,0	23,2	21,6	18,7
N60P60K30	22,4	25,9	24,2	22,1	20,6	17,4
P10	14,1	15,4	13,1	11,5	10,3	9,0
P20	14,1	15,4	13,1	11,6	10,2	8,9
P30	14,1	15,6	13,3	11,5	10,0	8,7

Приложение 26 - Динамика подвижного фосфора в почве под просом, 2013 г.

Варианты	Содержание подвижной P ₂ O ₅ , мг/кг в слое 0-30 см					
	сроки взятия образцов почвы					
	посев	всходы	кущение	выметывание	цветение	уборка
Контроль	14,3	15,2	14,5	13,3	12,5	11,2
N30	14,9	15,9	15,0	13,8	13,0	11,8
N60	15,9	16,9	16,1	14,8	13,9	12,5
P30	17,5	18,6	17,8	16,3	15,3	13,7
P60	20,8	22,1	21,1	19,3	18,2	16,3
N30P30	18,4	19,5	18,6	17,1	16,0	14,4
N30P60	21,6	23,0	21,9	20,1	18,9	16,9
N60P30	19,0	20,2	19,2	17,6	16,6	14,9
N60P60	22,4	23,8	22,7	20,8	19,6	17,6
Расч.на 25 ц	22,3	23,7	22,6	20,8	19,5	17,5
N90P60	23,2	24,7	23,5	21,6	20,3	18,2
N60P60K30	22,7	24,1	23,0	21,1	19,9	17,8
P10	14,3	15,1	14,5	13,3	12,7	11,3
P20	14,3	15,2	14,1	13,4	12,6	11,5
P30	14,3	15,4	14,7	13,6	12,8	11,3

Приложение 27- Динамика содержания общего азота в растениях проса, 2011г., %

Варианты	кущение	трубкование	выметывание	м-в. спелость	полная спелость	
					зерно	солома
Контроль	2,97	2,13	1,29	1,07	1,84	0,86
N30	3,02	2,17	1,34	1,11	1,91	0,91
N60	3,07	2,21	1,39	1,13	1,99	0,94
P30	2,99	2,14	1,31	1,09	1,85	0,87
P60	3,00	2,17	1,33	1,11	1,86	0,88
N30P30	3,05	2,22	1,34	1,12	1,95	0,91
N30P60	3,08	2,22	1,34	1,13	1,97	0,92
N60P30	3,11	2,28	1,38	1,15	2,01	0,95
N60P60	3,14	2,30	1,39	1,15	2,06	0,95
Расчт.	3,12	2,26	1,36	1,14	2,07	0,93
N90P60	3,16	2,31	1,40	1,18	2,11	0,97
N60P60K30	3,11	2,29	1,37	1,15	2,09	0,94
P10	2,96	2,14	1,29	1,07	1,85	0,86
P20	2,99	2,16	1,30	1,08	1,86	0,87
P30	3,00	2,18	1,32	1,09	1,86	0,88

Приложение 28 - Динамика содержания общего азота в растениях проса 2012, %						
Варианты	Кущение	Трубкавание	Выметывание	М-в. спелость	полная спелость	
					зерно	солома
Контроль	3,03	2,18	1,33	1,10	1,89	0,88
N30	3,10	2,23	1,38	1,14	1,91	0,92
N60	3,15	2,27	1,41	1,16	2,05	0,94
P30	3,06	2,20	1,34	1,11	1,90	0,89
P60	3,08	2,21	1,36	1,12	1,92	0,90
N30P30	3,13	2,25	1,40	1,15	2,00	0,93
N30P60	3,17	2,28	1,42	1,17	2,03	0,95
N60P30	3,20	2,30	1,41	1,19	2,08	0,97
N60P60	3,23	2,32	1,42	1,20	2,11	0,98
Расчт.	3,21	3,29	1,40	1,19	2,10	0,96
N90P60	3,26	2,34	1,44	1,23	2,15	1,00
N60P60K30	3,22	2,30	1,41	1,18	2,13	0,97
P10	3,04	2,19	1,33	1,10	1,90	0,88
P20	3,05	2,20	1,34	1,10	1,92	0,89
P30	3,06	2,22	1,35	1,12	1,93	0,90

Приложение 29 - Однофакторный дисперсионный анализ урожая подсолнечника

число градаций фактора а 8
число блоков г 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Среднее
1	0,6600	07.100	06.700	0,6800
2	0,700	07.400	07.200	0,7200
3	0,7400	07.900	07.800	0,7700
4	0,7700	08.300	08.100	0,8033
5	0,7400	07.800	07.600	0,7600
6	0,8000	08.400	08.200	0,8200
7	0,8300	08.600	08.300	0,8400
8	0,7400	07.800	07.600	0,7600

$\bar{x} = 0,7692$ $s_x = 0.044$ $p = 0.57\%$

Таблица дисперсионного анализа

	SS	DF	MS	F	HCP
общее	6.638	23			
блоки	0.766	2	0.383	66.011*	
вар.	5.791	7	0.827	142.686*	0.0133
ост.	0.081	14	0.006		

Приложение 33- Содержание элементов питания в урожае проса, в % 2011г.						
Вариант	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1,76	0,72	0,55	0,86	0,14	1,68
N30	1,83	0,74	0,61	0,91	0,14	1,70
N60	1,87	0,75	0,65	0,94	0,15	1,72
P30	1,80	0,85	0,57	0,87	0,16	1,69
P60	1,84	0,88	0,59	0,88	0,17	1,70
N30P30	1,87	0,87	0,63	0,91	0,17	1,71
N30P60	1,90	0,93	0,65	0,92	0,18	1,71
N60P30	1,95	0,89	0,68	0,95	0,18	1,73
N60P60	1,97	0,95	0,71	0,95	0,19	1,74
Расчт.	1,97	0,94	0,69	0,93	0,18	1,71
N90P60	2,03	0,98	0,73	0,97	0,19	1,73
N60P60K30	2,00	0,96	0,75	0,94	0,19	1,75
P10	1,80	0,79	0,56	0,86	0,15	1,68
P20	1,82	0,83	0,58	0,87	0,15	1,69
P30	1,85	0,86	0,59	0,88	0,16	1,69

Приложение 34 - Содержание элементов питания в урожае проса, в 2012г., %						
Варианты	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1,80	0,75	0,58	0,88	0,15	1,69
N30	1,89	0,77	0,64	0,92	0,15	1,71
N60	1,93	0,78	0,68	0,94	0,16	1,73
P30	1,84	0,88	0,60	0,89	0,17	1,70
P60	1,88	0,91	0,62	0,90	0,18	1,71
N30P30	1,91	0,90	0,66	0,93	0,18	1,72
N30P60	1,94	0,96	0,68	0,95	0,19	1,72
N60P30	1,99	0,92	0,71	0,97	0,19	1,74
N60P60	2,04	0,98	0,74	0,98	0,20	1,75
Расчт.	2,03	0,97	0,72	0,96	0,19	1,72
N90P60	2,09	1,01	0,76	1,00	0,20	1,74
N60P60K30	2,04	0,99	0,78	0,97	0,20	1,76
P10	1,83	0,82	0,59	0,88	0,16	1,69
P20	1,86	0,86	0,61	0,89	0,16	1,70
P30	1,89	0,89	0,62	0,90	0,17	1,70

Приложение 35 - Содержание элементов питания в урожае проса в 2013г.,%						
Вариант	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1,81	0,70	0,53	0,84	0,13	1,67
N30	1,88	0,72	0,48	0,88	0,13	1,69
N60	1,95	0,73	0,54	0,89	0,14	1,71
P30	1,82	0,83	0,55	0,84	0,15	1,68
P60	1,84	0,86	0,46	0,85	0,16	1,69
N30P30	1,93	0,85	0,61	0,89	0,16	1,70
N30P60	1,97	0,91	0,63	0,90	0,17	1,70
N60P30	2,01	0,87	0,66	0,92	0,17	1,72
N60P60	2,04	0,93	0,6	0,92	0,18	1,73
Расчт.	2,03	0,92	0,67	0,91	0,17	1,70
N90P60	2,06	0,96	0,71	0,93	0,18	1,72
N60P60K30	2,05	0,94	0,73	0,92	0,18	1,74
P10	1,82	0,77	0,54	0,85	0,14	1,67
P20	1,84	0,81	0,56	0,85	0,14	1,68
P30	1,85	0,84	0,57	0,86	0,15	1,68