МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение дополнительного профессионального образования

«Федеральный центр сельскохозяйственного консультирования и

переподготовки кадров агропромышленного комплекса»

**Научно-методические рекомендации для**

**сельскохозяйственных консультантов**

**по применению современных**

**агро-биотехнологий  в системе удобрения кукурузы.**

2016 г.

***Серия «Библиотека сельскохозяйственного***

***консультирования»***

**Авторы:**

**А.Х. Занилов** - к. с.-х. наук заведующий Кафедрой трансфера инновационных технологий в АПК, **Е.П. Шилова** – специалист Кафедры трансфера инновационных технологий в АПК

**Рецензенты:**

**Шалов Т.Б.** – д.с.-х.наук.

**Мамсиров Н.И.** – д.с.-х.наук

**Ответственный за выпуск:**

**О.С. Мелентьева** – директор ФГБОУ ДПО «Федеральный центр сельскохозяйственного консультирования и переподготовки кадров АПК»

**Научно-методические рекомендации для сельскохозяйственных консультантов по применению современных агро-биотехнологий  в системе удобрения кукурузы. – Глинково: ФГБОУ ДПО ФЦСК АПК, 2016-70 с.**

В рекомендациях рассмотрены важнейшие условия для повышения эффективности системы использования удобрений при возделывании кукурузы. В качестве современного агро-биотехнологического приема в системе удобрения предложено использование сочетания в одном продукте органического, минерального и микробиологического компонентов Рекомендованный прием комплексно изучен в полевых и лабораторных условиях, что позволяет дать научное обоснование его эффективности.

Предназначены для консультантов региональных информационно-консультационных служб и специалистов аграрных предприятий, ведущих интенсивное сельскохозяйственное производство.

Оглавление

[ВВЕДЕНИЕ 1](#_Toc473659129)

[1. НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ КУЛЬТУРЫ КУКУРУЗЫ. 7](#_Toc473659130)

[1.1. Ботаническая характеристика 9](#_Toc473659131)

[1.2. Биологические особенности кукурузы и требования к условиям внешней среды. 14](#_Toc473659132)

[2. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ. 18](#_Toc473659133)

[2.1. Макроэлементы 19](#_Toc473659134)

[2.2. Микроэлементы 31](#_Toc473659135)

[2.3. Кислотность почвы 37](#_Toc473659136)

[2.4. Гумус 39](#_Toc473659137)

[3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ 46](#_Toc473659138)

[3.1. Дыхание почвы 47](#_Toc473659139)

[3.2. Аммонификаторы 49](#_Toc473659140)

[3.3. Нитрификация 51](#_Toc473659141)

[3.4. Денитрификация 52](#_Toc473659142)

[4. СХЕМА, МЕТОДИКА, ОБЪЕКТЫ И АГРОТЕХНИКА ОПЫТА. 55](#_Toc473659143)

[5. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. 62](#_Toc473659144)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 65](#_Toc473659145)

[ЛИТЕРАТУРА 68](#_Toc473659146)

# ВВЕДЕНИЕ

Плодородие почвы и, соответственно ее способность производить высокие и качественные урожаи, зависят от многих факторов, в том числе и от климатических. Из почвенных характеристик основными показателями плодородия являются содержание гумуса, содержание подвижных форм элементов питания, уровень кислотности и биологическая активность почвы. Необходимо отметить, что все данные факторы прямо или косвенно связаны между собой.К примеру, с биологической активностью почвы тесно связан окислительно-восстановительный потенциал почвы, а интегральным показателем биологических процессов в почве считается ее гумусное состояние. Превращение растительных и животных остатков в гумусовые вещества представляет собой сложный биохимический процесс, в котором участвуют различные группы микроорганизмов, а также иммобилизованные почвой внеклеточные. В почве фито-, зоо-, микробоценозы объединяются в целостную систему с продуктами их жизнедеятельности (в первую очередь с ферментами и гумусовым комплексом) и абиотическими компонентами почвенной среды (гранулометрическими и структурными элементами, физическими и водными свойствами, реакцией среды, поглотительной способностью и др.) [1].

Одним из ведущих условий получения высоких урожаев наряду с использованием качественного семенного материала, подбора агротехники и пр. является обоснованная система удобрения, учитывающая множество факторов, в первую очередь особенностей потребления питательных веществ культурными растениями и механизмов их трансформации в почве. Агрохимические почвенные показатели и доступность элементов питания во многом определяется интенсивностью микробиологических почвенных процессов. Одной из главных теоретических и практических проблем почвенной микробиологии является обоснование путей направленного функционирования микроорганизмов для повышения плодородия почв. Для этого необходимо знание связей и закономерностей, проявляющихся в различно складывающихся условиях среды между микробным сообществом, с одной стороны, и степенью окультуренности, физико-химическими и другими свойствами почвы, особенностями возделываемых растений, с другой. В решении этой проблемы встречаются значительные трудности, связанные с высокой динамичностью биохимических процессов, протекающих в почве, большой гетерогенностью и сложностью структуры, как самого микробного сообщества, так и среды его обитания – почвы, а также неуправляемостью гидротермического режима[2].

*Цель данной работы:*

- определить влияние различных удобрений на изменения агрохимических и микробиологических показателей почвы в околокорневой зоне растений кукурузы;

- определить численность различных физиологических групп почвенных микроорганизмов;

- провести растительную диагностику на предмет содержания макро- и микроэлементов;

- оценить интенсивность поступления минеральных веществ в зависимости от используемых удобрений.

В процессе работы были проведены аналитические исследования по 14 агрохимическим методикам (почва), 10 агрохимическим методикам (растения) и 7 микробиологическим методикам (почва).

*Актуальность*

Почва как важнейший производственный ресурс способна функционировать устойчиво и обеспечивать высокий уровень реализации ее потенциала только в том случае, когда все ее компоненты (минеральный, органический и микробиологический) сбалансированы.

Шаблонность подхода к выбору системы удобрения, не учитывающей различия в климатических условиях, почвенных характеристиках, особенностях возделываемых культурных растений не приемлем. Результатом продолжительного пренебрежения данными условиями стало повсеместное сокращение плодородия почвы по фундаментальному его показателю - содержанию гумуса. По данным Института почвоведения МГУ-РАН, МГУ им. Ломоносова, 58 млн. га пашни России на сегодняшний день характеризуются низким содержанием гумуса.

Для увеличения конкурентных преимуществ растениеводческих предприятий АПК России, наряду с обеспеченностью кадрами и наличием современной техники, необходима оздоровленная почва с высоким потенциальным и эффективным плодородием, а так же наличием технологий, поддерживающих данный потенциал. Разработка технологических рекомендаций по питанию растений на основе оценки плодородия почвы по показателю только одного компонента может привести к значительному ущербу, как экономическому, так и экологическому, которые, по сути взаимозависимы. Устойчивость землепользования может быть достигнуто только при комплексном учете всех почвенных характеристик, в том числе агрохимических и микробиологических.

Почвенное плодородие может выступать в качестве лимитирующего продуктивность (урожайность) растений фактора. В этом случае использование удобрений имеет повышенную отзывчивость в виде прибавки урожая.

Существуют три основных системы удобрения: минеральная, органическая и органо-минеральная. Отличаются они средствами, которые применяются в качестве источников питания культурных растений. Соответственно и каждая из них оказывает специфическое влияние не только на питание растений, но и на почвенные характеристики.

*Новизна.*

Новизна исследования заключается в оценке эффективности различных систем удобрения не только с агрохимических позиций, но и с точки зрения микробиологической науки. Междисциплинарный научный подход позволяет более глубоко изучить биогеохимические процессы в почве и выявить закономерности, а также элементы, которые могут служить лимитирующими уровень урожайности факторами.

Показатели микробиологической активности почвы еще не получили широкого распространение в качестве индикатора плодородия почвы, тем не менее учеными отмечается прямая корреляционная зависимость плодородия почвы от нее [3,4,5].

В качестве основных показателей микробиологической активности почвы изучена интенсивность выделения углекислого газа, общее количество бактерий. Дыхание почвы (продуцирование углекислого газа) одна из важнейших экологических функций. По ее интенсивности определяется интенсивность процессов разложения органического вещества в почве.

*Цели и задачи.* Оценить влияние различных систем удобрения на плодородие почвы по агрохимическим признакам - доле органического вещества, содержанию минеральных элементов в почве, а также степенью их доступности растениям. Количественная оценка запасов подвижных соединений, потенциально доступных для растений проводится с учетом используемых агрохимических методов анализа почвы.

Гумус как показатель почвенного плодородия является наиболее объективным, так как он характеризует общую обеспеченность почвы важнейшим элементом питания растений - азотом, а также определяет направленность микробиологических превращений, происходящих в пахотном горизонте. С этой позиции ставится цель определить зависимости между содержанием гумуса в почве и микробиологическими показателями, развитием различных физиологических групп почвенных микроорганизмов.

Такие показатели, как подвижные и обменные формы минеральных веществ демонстрируют потенциальную возможность почвы в обеспечении растений ими. Но доступность их растениям во много определяются множеством других факторов, в том числе активностью микробиологических процессов в почве. В связи с этим необходимо разработать рекомендации по их регулированию с целью повышения реализации потенциальной продуктивности культурных растений.

# 1. НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ КУЛЬТУРЫ КУКУРУЗЫ.

Кукуруза - древнейшее культурное растение и одна из наиболее продуктивных и распространенных культур в мировом земледелии. Среди возделываемых растений она стоит на первом месте по валовым сборам зерна и на втором — по посевным площадям, уступая основной хлебной культуре земного шара - пшенице.

Кукуруза — одна из важнейших зерновых и кормовых культур. Зерно ее отличается высокими достоинствами. В нем содержится, %: белков - около 10,5; БЭВ - 66 (углеводы), жира - 6,5; золы - 1,5; клетчатки - 2,5; воды - 14-15, а также витамины. Она служит концентрированным кормом для всех сельскохозяйственных животных. В 1 кг зерна содержится 1,34 к. ед., 78 г перевариваемого протеина.

В кормопроизводстве кукурузу используют как силосную культуру. В 100 кг силоса содержится 21 к. ед. Для силосования можно использовать и сухие стебли. Неплохим кормом являются размолотые стержни початков, в 100 кг которых содержится 35 к. ед.

Зерно кукурузы богато жиром и крахмалом. В желтозерных сортах больше провитамина А. Кукурузная мука по причине малого содержания клейковины для хлебопечения не пригодна, но ее добавляют к пшеничной и рисовой муке для выпечки хлеба и изготовления кондитерских изделий.

Кукуруза как пропашная культура - хороший предшественник, очищающий почву от сорняков для последующих культур. Важное значение имеет кукуруза и как парозанимающая культура (на зеленый корм, силос).

Кукуруза меньше других хлебов повреждается вредителями, не осыпается при уборке и прекрасно использует дожди второй половины лета.

В России площадь посевов под кукурузой увеличивается, и составила в 2014 г. 2687 тыс. га (при высеве на зерно). Валовой сбор зерна более 11 млн. т. (табл. 1)

Таблица 1. Производство кукурузы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2014 г. к 2013 г. в % |
| Валовой сбор, тыс. т | | | | | |
| По России | 6962.4 | 8212.9 | 11634.9 | 11332.1 | -2,7 |
| По  Приволжскому  федеральному округу | 434.1 | 309.4 | 618.5 | 659.9 | 6,7 |
| Республика Татарстан | 120.2 | 56.7 | 52.7 | 82..8 | 57.2 |
| Посевная площадь, тыс. га | | | | | |
| По России | 1716.1 | 2058.1 | 2449.7 | 2687.3 | 9,6 |
| По  Приволжскому  федеральному округу | 237.9 | 161.2 | 197.4 | 247.9 | 25.6 |
| Республика Татарстан | 71.1 | 59.7 | 15.1 | 28.3 | 87.8 |
| Урожайность, ц/га | | | | | |
| По России | 43.4 | 42.4 | 50.1 | 43.6 | -13,0 |
| По  Приволжскому  федеральному округу | 20.5 | 26.2 | 37.7 | 28.6 | -24,5 |
| Республика Татарстан | 18.2 | 17.4 | 38.0 | 30.5 | -19,7 |

## 1.1. Ботаническая характеристика

Кукуруза - однолетнее растение семейства злаковые. Однодомное, раздельнополое, перекрестноопыляющееся. В диком состоянии не найдено.

*Корневая система* мощная, мочковатая, многоярусная, сильноразветвленная, способная на почвах с рыхлым сложением подпахотных горизонтов проникать на глубину до 3 м. Анатомическая особенность строения корневой системы кукурузы - наличие воздушных полостей, свидетельствующих о повышенной чувствительности корней к наличию кислорода. Распространяется в радиусе более 1 м. До 60% их располагается в пахотном слое почвы.

Зерно кукурузы прорастает одним зародышевым корешком. Узловые корни появляются на подземных узлах стебля при образовании на растении 3 - 4 листьев. В фазе взметывания из ближайших к поверхности почвы стеблевых узлов возникают воздушные (опорные) корни. Они препятствуют полеганию растений, а при влажной погоде и окучивании укореняются. Максимального развития корневая система достигает в фазу восковой спелости. Развитию ее способствует благоприятная влажность и оптимальная плотность почвы, хорошая обеспеченность растений доступными питательными веществами. При почвенной засухе подавляется рост корней, они слабо ветвятся, очередные ярусы узловых корней появляются с опозданием, нарушается гармоничность в формировании надземной и подземной частей растений.

*Стебель* кукурузы толщиной от 2 до 7 см., хорошо облиствен, прямостоячий, округлый, гладкий. Высота растений колеблется от 60 см до 6 м. Между высотой стебля и скороспелостью выявлена отрицательная корреляция. Стебель состоит из заполненных сердцевиной междоузлий, разделенных утолщенными стеблевыми узлами; 3 - 5 сближенных междоузлий находятся в почве. Каждый узел охватывает влагалище листа. Число узлов и, следовательно, листьев - устойчивый сортовой признак. Стебель способен к ветвлению, развивая боковые побеги - пасынки.

*Листья* кукурузы крупные, линейные, цельнокрайные, сверху опущенные, в чередующемся порядке расположены по двум противоположным сторонам стебля. Влагалища листьев плотно облегают стебель. Число их от 8 до 45. У распространенных в нашей стране сортов образуется от 13 до 24 листьев. Скороспелые сорта имеют меньше листьев, чем позднеспелые. Растения с узкими листьями, отходящими под острым углом к стеблю, более урожайны, так как мало затеняют друг друга. Благодаря желобовидной форме и косовертикальному расположению листьев растения используются даже незначительные осадки и росу, стекающие по листьям и стеблю к корням. Это свойство повышает эффект от удобрений при гнездовом или рядковом их внесении.

Общая площадь поверхности листьев растения в зависимости от сорта и агротехники 0,3 - 1,5 м2. Максимальной величины площадь листьев достигает в конце цветения. Обилие устьиц на листьях обеспечивает благоприятные условия для газообмена растений. Листья кукурузы содержат больше питательных веществ, чем стебель, при использовании на силос и зеленый корм. Более высокая облиственность растений - положительный признак.

*Соцветия.* На каждом растении кукурузы имеется два типа соцветий: мужское - метелка и женское - початки. Метелка состоит из центральной оси и боковых осей. Колоски метелки двухцветковые, с тремя пыльниками в каждом цветке. Развитая метелка имеет 1000 - 1200 колосков, то есть 2 - 2,5 тыс. цветков. Каждый пыльник дает до 2500 пыльцевых зерен, а вся метелка - до 15 - 20 млн.

Початки располагаются в пазухах листьев на верхушке боковых побегов с укороченными междоузлиями и видоизмененными листьями, образующими обертку. Число початков на растении может быть различно. Початок состоит из оси соцветия, на котором попарно размещаются рядами колоски с женскими цветками. В каждом колоске закладываются по два цветка, из которых развивается только верхний, нижний атрофируется. Число продольных рядов цветков (зерен) в початке от 8 до 16. Пестик с крупной завязью и очень длинным столбиком. Во время цветения пестики выходят за пределы обертки. Опыляется кукуруза ветром. Период цветения метелки и початков на одном растении не совпадает.

*Плод -* зерновка, обычно голая, крупная. Масса 1000 семян у мелкосеменных сортов 100 - 150 г., у крупносеменных - 300 - 400 г. В зависимости от группы и сорта (гибрида) зерновки кукурузы имеют различную окраску - белую, кремовую, желтую, оранжевую, красную и др. В початке в зависимости от сорта и условий выращивания образуется от 200 до 1000 зерен. В среднем хорошо озерненный початок имеет 500 - 600 зерен. Зерно состоит из оболочки, эндосперма и зародыша. В эндосперме различают мучнистую и роговидную части.

В общей сухой надземной массе растения кукурузы на долю листьев, стебля, метелки, стержня с ножкой и обертки в среднем приходится 55 - 60%, на долю стержня - 15 - 18%.

Мужское соцветие занимает очень большое место в общей надземной массе - 1 - 1,5%. Эти соотношения изменяются у разных сортов под действием факторов внешней среды и приемов агротехники. Под влиянием многовекового и разностороннего воздействия человека возникло огромное разнообразие форм кукурузы.

*Подвиды кукурузы.* По форме, химическому составу и внутреннему строению зерновок выделяется восемь подвидов кукурузы: зубовидная, кремнистая, крахмалистая, сахарная, крахмалисто-сахарная, лопающаяся, восковидная и пленчатая. В нашей стране наиболее распространены зубовидный и кремнистый подвиды.

*Зубовидная кукуруза* - самый распространенный подвид, сравнительно новый в культуре. Зерно крупное, удлиненно-призматическое, с вмятиной на верхушке, по форме напоминает конский зуб. Эндосперм на боковых сторонах зерновок стекловидный, в центре зерна и на верхушке - мучнистый. Крахмала в зерне 68 - 76%, белка 8 - 10, жира около 5%. Сорта и гибриды, относящиеся к этому подвиду, сравнительно позднеспелые.

*Кремнистая кукуруза*. По происхождению один из наиболее древних подвидов, имеет самый широкий ареал на Земном шаре. Отличается холодостойкостью, не полегаемостью, устойчивостью к болезням и менее требователен к условиям произрастания, имеет как исключительно позднеспелые, так и предельно скороспелые формы. Зерно округлое, сдавленное, гладкое, блестящее. Эндосперм стекловидный и лишь в стеклянной части зерновки мучнистый. Крахмала в зерне 65 - 83%, белка 8 - 18, жира до 5%. Ценное сырье для производства муки, из которой приготовляют мамалыгу, хлебные изделия и крупы.

*Крахмалистая кукуруза*. Форма зерна, как у кремнистой кукурузы. Зерновка почти вся наполнена мучнистой массой. Роговидный эндосперм отсутствует или представлен лишь тонким наружным слоем. Крахмала в зерне 72 - 83%, белка 7 - 12%, жира 5%. Зерно - ценное сырье для крахмалопаточной, спиртоводочной и маслобойной промышленности.

*Сахарная кукуруза.* Возникла как мутант зубовидных и кремнистых сортов. Считается сравнительно молодой в культуре. В нашей стране посевы сахарной кукурузы расширяются. Имеет крупную морщинистую зерновку, состоящую из полупрозрачного стекловидного эндосперма с характерным блеском в изломе. В эндосперме сахарных сортов, кроме различных форм крахмала, содержатся водорастворимый декстрин и протеин. Белка в зерне 18 - 20%, углеводов до 64%, из них половина (32%) приходится на долю декстрина, жира 8 - 9%. Сахарная кукуруза - овощная культура, используется в консервной промышленности. На пищевые цели зерно идет в молочной спелости. Особенность сахарной кукурузы - ее многостебельность.

*Лопающаяся кукуруза.* Наиболее древний подвид. Зерно мелкое, эндосперм целиком роговидный. При поджаривании сухое зерно лопается, образуя белые хлопья. Имеются две формы: рисовая с остроконечными зерновками и перловая с округлыми зерновками. Крахмала в зерне 62 - 72%, белка 10 - 14%. Используется на крупу и хлопья. Растения отличаются хорошей кустистостью, облиственностью и многопочатковостью.

*Восковидная кукуруза.* Подвид сравнительно недавно в культуре. Зерно по форме и твердости похоже на зерно кремнистой кукурузы. Наружная часть эндосперма непрозрачна и по внешнему виду из-за матового оттенка похожа на воск. Используется для получения декстрина. Возделывается в США и ряде европейских стран.

*Пленчатая кукуруза.* Характерный признак - сильно развитые прицветники женских цветков, плотно прикрывающие зерновку. Производственного значения не имеет.

## 1.2. Биологические особенности кукурузы и требования к условиям внешней среды.

Фазы развития кукурузы: прорастание (от посева до всходов), всходы, первый лист, второй лист, четвертый лист, седьмой лист, восемь-двенадцать листьев, выметывание метелки, цветение, молочное состояние, восковая спелость.

Кукуруза очень требовательна к температурному и световому режиму и умеренно требовательна к обеспечению влагой.

*Требование к температуре.* Это теплолюбивое растение: семена большинства районированных гибридов прорастают при температуре почвы 10 °С, наиболее холодостойких форм — при 7—8 °С, но при этом удлиняется период сев — всходы. При оптимальной влажности верхнего слоя почвы и среднеустойчивой температуре воздуха 18—20°С всходы кукурузы появляются через 8—10 дней, при 14—15 °С период сев — всходы может продолжаться до 20 дней, а при снижении температуры воздуха до 10—13 °С — длится около месяца. Это необходимо учитывать при индустриальной технологии возделывания культуры, так как значительное удлинение периода сев — всходы ведет к снижению полевой всхожести семян, густоты и равномерности стояния растений на площади.

Оптимальной в период интенсивного роста кукурузы (перед выбрасыванием метелок) является температура воздуха 20—24 °С при хорошем увлажнении почвы. Резкое снижение интенсивности роста наблюдается при 14—15 °С, а при 10 °С рост прекращается, при температуре выше 30 °С темпы роста кукурузы замедляются. После появления метелок и нитей на початках температура 25 °С и выше неблагоприятно сказывается на цветении и оплодотворении растений, возможна череззерница.

Всходы кукурузы повреждаются заморозками (минус 2—3°С), но в фазе 2—3 листьев переносят температуры до минус 5—6°С, хотя надземная часть растений может повреждаться или полностью отмирать. В фазе 2—3 листьев точка роста еще находится в почве, и растения способны отрастать, нормально вегетировать, хотя это ведет к некоторому снижению урожайности.

Кукуруза очень чувствительна к осенним заморозкам. Зеленые листья ее повреждаются при температуре, близкой к нулю, а стебли и початки — при минус 2,5—3 °С [6]. Поэтому там, где наступают ранние заморозки, рекомендуется высевать исключительно раннеспелые гибриды.

*Отношение к влаге.* Кукуруза относится к мезофитам, при набухании семена впитывают 48-50% от массы семян. Она является сравнительно засухоустойчивой культурой, уступая лишь сорго, суданке, просу. Критическим периодом считается 10 дней до выметывания и 20 дней после выметывания. Наиболее благоприятной для роста и развития растений кукурузы является влажность почвы 60-70% НВ. При недостатке влаги в почве листья кукурузы становятся жесткими, узкими, светло-зелеными. В ранние фазы развития растения могут длительное время пребывать в состоянии увядания, сохраняя при этом способность восстанавливать нормальную жизнедеятельность после осадков. В сравнении с другими культурами экономно расходует воду на образование единицы сухого вещества. Транспирационный коэффициент кукурузы, по данным разных авторов, составляет 180—350. Это значительно меньше, чем потребляют зерновые культуры первой группы — пшеница, ячмень, овес, рожь. Она имеет хорошо развитую разветвленную мочковатую корневую систему, которая глубоко проникает в почву и использует запасы влаги из нижних горизонтов. Корневая система кукурузы обладает большой сосущей силой и поглощает воду в 3—6 раз быстрее, чем корневая система ячменя, овса или пшеницы. Она способна поглощать воду при более низкой влажности почвы по сравнению с корневой системой многих других растений.

Кукуруза формирует большой урожай надземной и подземной массы, расходуя на это большое количество воды. Считают, что одно растение кукурузы средних размеров за вегетационный период испаряет около 200 кг воды. При густоте посевов 50 000 растений на 1 га расходуется около 10 000 т/га воды.

Экономичность использования воды растениями кукурузы в значительной степени определяется минеральным питанием и уровнем плодородия почвы (табл.2).

Всходы кукурузы растут медленно и потребляют мало воды. После появления 8—9-го листа, а особенно метелки, она интенсивно растет и быстро наращивает массу. В этот период потребность ее в воде достигает максимума (критический период, — от начала цветения до начала молочной спелости).

Таблица 2. Влияние условий минерального питания на транспирационный коэффициент кукурузы.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Степень плодородия почвы | Транспирационный коэффициент | |
| Без удобрений | С удобрениями |
| Бедная | 550 ± 16 | 350 ± 3 |
| Среднеплодородная | 476 ± 11 | 341 ± 4 |
| Очень плодородная | 892 ± 6 | 347 ± 6 |

Особенно необходима вода кукурузе в период цветения. Осадки в конце июня и в июле наиболее эффективны для повышения урожайности зерна кукурузы. Таким образом, важнейшим условием успешного выращивания этой культуры является достаточное обеспечение ее влагой в период от посева до созревания.

*Требования к свету.* Кукуруза - светолюбивое растение короткого дня. Быстрее всего зацветает при 8 - 9-часовом дне. При продолжительности дня свыше 12 - 14 ч период вегетации удлиняется. Кукуруза требует интенсивного солнечного освещения, особенно в молодом возрасте. Загущение посевов, засоренность их приводит к снижению урожая початков. В опытах кафедры растениеводства ТСХА в посевах с густотой стояния 63 тыс./га растений освещенность листьев среднего яруса составляла 53% и нижнего - 29% от освещенности верхних листьев, а при загущении до 150 тыс./га растений соответственно 23 и 10%. Чистая продуктивность фотосинтеза при этом снижалась на 15 - 30%. Оптимальный световой режим для растений создается при равномерном размещении их на площади, нормальной густоте посевов в зависимости от биологических особенностей гибридов, борьбе с сорняками (особенно в начале роста).

*Требования к почве.* Высокие урожаи кукуруза дает на чистых, рыхлых, воздухопроницаемых почвах с глубоким гумусовым слоем, обеспеченных питательными веществами и влагой, с рН 5,5 - 7. Это черноземные, темно-каштановые, темно-серые суглинистые и супесчаные, а также пойменные почвы. Почвы, склонные к заболачиванию, сильно засоленные, а также с повышенной кислотностью (рН ниже 5) непригодны для возделывания этой культуры.

При прорастании семена кукурузы нуждаются в хорошей аэрации, так как крупные зародыши их поглощают много кислорода. Высокие урожаи обеспечиваются при содержании кислорода в почвенном воздухе не менее 18 - 20%. При содержании кислорода около 10% рост корней замедляется, а при 5% прекращается. При этом нарушается поглощение воды и элементов питания из почвы, обмен веществ в корнях и в надземной части растений. Оптимальная плотность почвы составляет 1,1-1,3 г/см3.

*Требования к питанию.* Поглощение основных элементов питания идет по одновершинной кривой и соответствует ходу накопления сухого вещества.

Азот имеет особенно большое значение на ранних этапах роста растений. При его недостатке задерживаются рост и развитие растений. Максимальное поступление азота наблюдается в течение 2 - 3 недель перед выметыванием. Потребление азота растениями прекращается после начала молочной спелости зерна.

Фосфор особенно необходим в начале роста растений, когда закладываются будущие соцветия (фаза 4 - 6 листьев). Недостаток его в это время ведет к недоразвитию початков, формируются неправильные ряды зерен. Достаточное обеспечение растений фосфором стимулирует развитие корневой системы, повышает засухоустойчивость, ускоряет образование початков и созревание урожая. Фосфор поглощается растениями в меньших количествах, поступает в них медленнее и равномернее, чем калий и азот. Максимальное потребление его кукурузой приходится на период формирования зерна и продолжается почти до его созревания.

При недостатке калия замедляется передвижение углеводов, снижается синтетическая деятельность листьев, ослабляется корневая система и понижается устойчивость кукурузы к полеганию. Калий начинает интенсивно поступать в растение с первых дней появления всходов. К началу выметывания растения поглощают до 90% калия, вскоре после окончания цветения поступление его в растение прекращается (точнее, стабилизируется). Со времени молочной спелости зерна содержание калия в тканях растения снижается в результате вымывания этого элемента осадками и экзоосмаса через корневую систему в почву.

По данным К.П. Афендулова и А.И. Лантуховой (1978), с началом формирования зерна накопление сухого вещества в стеблях, а в фазе молочно-восковой спелости зерна и в листьях прекращается и происходит усиленное перемещение питательных веществ из вегетативных органов в репродуктивные. При этом на налив зерна из других органов растения используется до 59% азота, 36 - фосфора и 82% калия. Остальное количество азота, фосфора, а в отдельных случаях и калия поступает в зерно благодаря продолжающемуся потреблению этих элементов из почвы. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах, на выщелоченных и оподзоленных черноземах кукуруза, прежде всего, отзывается на азотные удобрения; фосфорные - наиболее эффективны на типичных и обыкновенных черноземах. Калийным удобрениям особое внимание следует уделять при выращивании кукурузы на супесчаных, торфяных и пойменных почвах, а также в случае, когда в севообороте ей предшествует свекла, картофель, травы, выносящие из почвы много калия. [7].

# 2. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.

Агрохимическая характеристика почвы является важнейшим показателем потенциальной обеспеченности культурных растений основными элементами питания. Учет данных показателей обязательно ведется при оценке эффективности мероприятий по расширенному воспроизводству почвенного плодородия.

Трансформация веществ в почве происходит под действием множества факторов, как биотических, так и абиотических. Такие абиотические факторы как температура и влажность опосредованно влияют на активность живых существ в почве, в том числе на микроорганизмы, под действием которых происходит формирование различных по сложности и доступности растениям минеральных соединений. Наряду с превращениями в почве под влиянием почвенных микроорганизмов, поступление органических и минеральных веществ в почву в виде удобрений так же ведет к изменению ее агрохимических показателей.

Агрохимические свойства почв определяют трофические условия, необходимые для жизнедеятельности продуцентов ферментов – микроорганизмов и растений. Оптимальные значения агрохимических свойств создают благоприятные условия для развития микроорганизмов и растений, следствием чего, является большее поступление в почву ферментов в связи с образованием большей биомассы и более высокой биологической активности. Во-вторых, количественная выраженность отдельных параметров агрохимических свойств почв может выполнять регуляторную функцию в образовании внеклеточных ферментов путем индукции или репрессии их биосинтеза. В-третьих, агрохимические параметры почв, в частности – характеристика поглощающего комплекса, рН и характер гумуса – в значительной степени определяют иммобилизацию ферментов в почве. Процессы адсорбции ферментов в почве являются функцией емкости поглощения, состава и соотношения поглощенных катионов, насыщенности ППК основаниями, свойств гумусовых кислот и состава органического комплекса почв [8, 9].

## 2.1. Макроэлементы

Регулирование питания растений происходит посредством использования нескольких основных источников, важнейшими из которых продолжают считаться минеральные синтетические удобрения. Оптимальное решение подбирается исходя из характеристик почвенно-климатических условий, биологических особенностей сельскохозяйственных растений и ресурсного обеспечения сельскохозяйственного предприятия. Современные хозяйства практически полностью перешли на расчет потребности растений в элементах питания по внешне хозяйственному балансу. Классическая же агрохимическая наука на ранней стадии ее становления призывала пользоваться методом биологического баланса, при котором учитывались все факторы поступления в растения минеральных веществ, включая микробиологическую фиксацию атмосферного азота и поступление веществ с атмосферными осадками. Промежуточным методом расчета баланса являлся внутрихозяйственный метод, когда в качестве дополнительных источников удобрения рассматривались органические удобрения, производимые самими хозяйствами, ведущими комбинированное сельскохозяйственное производство – растениеводство и животноводство.

Если не брать во внимание, что почва является самым сложным веществом, а рассматривать ее с точки зрения субстрата, в который необходимо внести извне то- же количество веществ, которое извлечено растениями, то математически считается верным решение осуществлять компенсацию за счет комплексных удобрений. С другой стороны, если рассматривать почву, как сложный живой организм, в котором превращения веществ происходят в процессе активной жизнедеятельности живых существ, в том числе микроорганизмов, и за счет их симбиоза с корневой системой растений, то упрощенный метод внешне хозяйственного баланса может не обеспечить растения в объективном соотношении всеми необходимыми веществами. Известно, что растения наравне с традиционно используемыми N,P,K используют большие объемы и других элементов – кальция, магния, серы, кремния и в меньшей степени – хлора, железа, меди, цинка, молибдена, кобальта, бора, марганца и других. Практика показывает, что данные элементы вносятся в почву крайне редко, а объемы их потерь за счет инфильтрации существенные. В районах Нечерноземья с высокой влажностью почвы объемы миграции некоторых элементов питания за пределы корнеобитаемого слоя могут превышать в разы внесение с удобрениями [10]. По данным Всероссийского научно-исследовательского института кормов им В.Р. Вильямса, миграция кальция за год может достигать 400-500 кг. Из приведенного следует, что те элементы питания растений, выносимых с урожаем, поступают из источников, которым в современном интенсивном хозяйстве уделяется недостаточно внимания. Такими источниками служат, в первую очередь, валовые запасы минеральных веществ, которые находятся в сложных соединениях в структуре почвенно-поглощающего комплекса. Например, доля подвижных соединений фосфора, которые берутся в расчет при оценке обеспеченности почвы, составляет в среднем 2-3% от всего содержания фосфатов. Расчет проводится в пахотном слое – 25 см. Вторым источником является подстилающая горная порода, элементы из которой расщепляются корневыми выделениями и поступают в наземную часть растений, при этом оставляя значительное количество в пахотном слое после отмирания корней. Данный процесс называется биологической аккумуляцией элементов питания. Третий источник имеет отношение к важнейшему элементу питания – азоту. В процессе симбиотической и не симбиотической фиксации атмосферного азота при условии создания необходимых кондиций растение может быть обеспечено биологическим азотом до 90%. В табл. 3 дано содержание форм макроэлементов в почве околокорневой зоны кукурузы.

Таблица 3. Содержание подвижных форм макроэлементов в почве околокорневой зоны кукурузы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Система удобрения | Nобщ,  % | Nминер,  мг/кг | P2O5,  мг/кг | K2O  мг/кг | S,  мг/кг | Ca  мг/экв в100г. | Mg  мг/экв в100г. |
| Минеральная | 0,18 | 49,2 | 50 | 162 | 7,8 | 17,25 | 2,5 |
| Органо-минеральная | 0,22 | 106,8 | 48 | 146 | 4,1 | 16,0 | 1,5 |

***Азот.*** Среди элементов минерального питания азоту принадлежит особое место. Он входит в состав белковых веществ, образующих основу протоплазмы клетки и входящих в состав всех ферментов. Без азота нет белка, а без белка нет жизни. Азот входит в состав хлорофилла и является основой всех жизненных процессов. Растениям требуется довольно много азота. Общее его содержание в растении колеблется в пределах от 1% до 5% на сухое вещество.

Азот в растениях очень подвижен и способен быстро перемещаться в то место где в его присутствии возникает необходимость. Как правило, это верхние части растений, где происходит наиболее интенсивный рост. Визуально это перемещение можно наблюдать при недостаточном снабжении растения азотом, при котором нижние самые старые листья начинают равномерно окрашиваться в жёлтый цвет, а впоследствии отмирают, что и свидетельствует о перемещении из них азота в верхние части растения.

Общее содержание азота свидетельствует о потенциальном плодородии почвы и возможности на протяжении вегетационного периода обеспечивать растения этим элементом. Анализ данных табл. 5показывает различия во влиянии разных систем удобрения на этот показатель. Органо-минеральные гранулированные удобрения, обогащенные азотфиксирующими бактериями, способствуют увеличению концентрации общего фосфора по сравнению с минеральной системой на 18,2%. Это значительная цифра, которая в абсолютных величинах при глубине пахотного слоя 25 см и плотности почвы 1,3 т/м3 составляет 1300 кг. Вместе с органическими удобрениями в почву с 200 кг поступило всего 9 кг азота, в то время как в первом варианте с применением нитроаммофоски на 1 га в почву было внесено 32 кг. Соответственно, увеличение содержания общего азота не вызвано незначительным количеством азота, а связано с опосредованным влиянием био-органического комплекса на создание условий для оптимизации азотфиксирующей деятельности почвенных микроорганизмов в почве. Как известно органическое вещество, которым богаты отходы птицеводства являются энергетическим материалом для развития почвенной микрофлоры. Существенная эффективность также связана и с поступлением в почву полезных микроорганизмов, которыми обработаны гранулы, предварительно прошедших термическую обработку. Прием обогащения гранул и соответственно почвы важная операция, так как опыт показывает, что интенсивность разложения органических веществ, стерилизованных удобрений в 56 раз ниже, чем обогащенного комплексом микроорганизмов [11].

Содержание минерального азота в почве под влиянием органического компонента удобрения также существенно растет. Его содержание во втором варианте превышает содержание минерального азота почвы первого варианта (минеральная система удобрения) в 2,2 раза. В абсолютных величинах в пахотном слое она может достигать 187,2 кг на гектар. Также как и в случае с содержанием общего азота такое преимущество нами связывается с активацией микроорганизмов, принимающих участие в трансформации органических соединений азота в минеральные. К этим организмам относятся аммонифицирующие и нитрифицирующие микроорганизмы.

Растения кукурузы проявляют высокие требования к обеспеченности почвы доступными формами элементов питания. На формирование 1 тонны зерна растения кукурузы потребляют до 30 кг азота. В ранний период вегетации при недостатке азота замедляется рост растений и образование хлорофилла, снижается эффективность фотосинтеза и белкового обмена. При азотном голодании происходит пожелтение листьев, преждевременное их отмирание, что отрицательно сказывается на продуктивности растений и качестве зерна. В связи с этим видно, что предложенная система удобрения по варианту 2 способна обеспечить растения азотом лучше, чем в варианте 1. Визуальная диагностика (рис.1) показывает более насыщенный зеленый цвет листьев и большую вегетативную массу, что говорит об оптимальном азотном питании. Ряды слева - вариант 1, ряды справа – вариант 2.



Рис.1. Визуальные различия растений кукурузы в зависимости от системы удобрения.

Диагностика растительных образцов в лаборатории ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» на содержание азота в них показала зависимость обеспечения растений азотом от количества его в почве. Доля азота в листьях кукурузы, подкормленной минеральным удобрением нитроаммофоской, составляла 1,17%. Этот показатель оказался в 2,4 ниже, чем в варианте, где растения удобрялись био-органо-минеральным комплексом. Доля азота в листьях второго варианта опыта достигала 2,75%.

***Фосфор,*** как и азот необходим для роста всех частей растения. Он входит в состав хромосом, находящихся в ядрах клеток. Именно хромосомы ответственны за деление клеток, их рост и передачу наследственности. Протекание процессов фотосинтеза также невозможно без присутствия фосфора, он необходим для связывания воедино элементов и частей сложного целого, для расщепления углеводов и переноса энергии в растении. Фосфор способствует прорастанию семени, стимулирует формирование корня и рост растения на ранних стадиях развития. Недостаток фосфора в период развития растений не компенсируется усиленным фосфорным питанием в дальнейшем. Это говорит о необходимости контроля поступления фосфора в начальные стадии развития растений.

Общее содержания фосфора в растениях колеблется в пределах 0,3-2,0%. Хорошее обеспечение растений фосфором при оптимальном соотношении его с азотом, калием и кальцием оказывает влияние не только на размер урожая, но и на его качество. Способствует, например, накоплению сахара в корнях сахарной свеклы, крахмала в клубнях картофеля и жира в семенах подсолнечника.

Результаты эксперимента свидетельствуют о положительном влиянии комплексной системы удобрения (вариант 2) на поступление фосфора в растения. Примечательным фактом является то, что в самой почве подвижность фосфора во втором варианте была ниже на 4%. Его количество составляло 48 мг/кг почвы, в то время как в минеральной системе питания количество подвижного фосфора достигало 50 мг/кг, что характеризуется высокой степенью обеспеченности (табл. 3). Сравнивая содержание фосфора в почве и в растениях, мы не наблюдаем прямой зависимости между показателями. Так в варианте 1, где доля подвижного фосфора в почве была хотя и незначительно, но выше, в растениях оказалось 0,49%. В растениях варианта 2 доля фосфора в растениях составляла 0,59%, что на 20% больше.

Данный факт подтверждает утверждение важности сбалансированности питания растений, в данном случае азотно-фосфорного режима.

***Калий,*** также как и азот требуется растениям непрерывно и в больших количествах. Потребность в калии возрастает пропорционально росту культуры, поэтому снабжение этим элементом должно быть обильным в период наиболее интенсивного роста. Калий не входит в состав органических веществ, но играет важную роль в их образовании. Калий, не являясь составным компонентом белков и других органических соединений, отвечает за процессы, в результате которых они формируются. Образование сахаров и крахмала, а также их перемещение из одних частей растений в другие, деление и рост клеток, синтез белков происходят в присутствии калия.

Многосторонние функции калия в растениях находят своё выражение в том, что он повышает устойчивость растений к болезням, увеличивает холодостойкость, препятствует полеганию злаковых культур, улучшает вкусовые качества, форму и цвет овощей. Полезное действие калия на водный режим растения особенно сильно проявляется в засушливые годы, когда внесение калийных удобрений повышает устойчивость растений против увядания. Как и азот, калий интенсивно перемещается по растению и присутствует во всех его частях. Калий может поглощаться в несколько избыточном количестве, что не вредит растениям.

Содержание калия меняется в зависимости от вида и возраста растения. Наибольшее его количество (до 5% от сухого вещества) концентрируется в молодых растущих органах.

Несмотря на отсутствие визуальных признаков дефицита калия на растениях, удобренных органо-минеральным комплексом, агрохимические показатели, как почвы, так и растений демонстрируют нам большую доступность его при минеральной системе удобрения. Концентрация обменного калия в почве варианта 1 составляет 162 мг/кг почвы, в варианте 2 – 142 мг/кг почвы, на 12,3% меньше. Оба варианта характеризуются низкой степенью обеспеченности почвы доступным калием (табл. 3). В отличие от тенденции поведения фосфора в зависимости от выбранной системы удобрения, поступление калия в растения показывают прямую зависимость от наличия его в почве. Так при минеральной системе удобрения доля калия в растениях составляет 3,2%, а при органической - 2,9%. Разница составляет 9,4%.

В табл. 4. представлены группы почв по содержанию P2O5 и K2O.

Таблица 4. Группировка почв по содержанию подвижного фосфора и обменного калия.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа почв по содержанию P2O5 и K2O | Содержание, мг/100г почвы | | | | | |
| P2O5 | | | K2O | | |
| Кирсанова | Чирикова | **Мачигина** | Кирсанова | Чирикова | **Мачигина** |
| Очень низкое | ≤ 2,5 | ≤ 2,0 | **≤ 1,0** | ≤ 4,0 | ≤ 5,2 | **≤ 10,0** |
| Низкое | 2,6 - 5,0 | 2,1 - 5,0 | **1,1 - 1,5** | 4,1 - 8,0 | 2,1 - 4,0 | **10,1 - 20,0** |
| Среднее | 5,1 - 10,0 | 5,1 - 10,0 | **1,6 - 3,0** | 8,1 - 12,0 | 4,1 - 8,0 | **20,1 - 30,0** |
| Повышенное | 10,1 - 15,0 | 10,1 - 15,0 | **3,1 - 4,5** | 12,1 - 17,0 | 8,1 - 12,0 | **30,1 - 40,0** |
| Высокое | 15,1 – 25,0 | 15,1 - 20,0 | **4,6 - 6,0** | 17,1 - 25,0 | 12,1 – 18,1 | **40,1 - 60,0** |
| Очень высокое | ≥ 25,0 | ≥ 20,0 | **≥ 60,0** | ≥ 25,0 | ≥ 18,0 | **≥ 60** |

Взяв во внимание тот факт, что калий требуется растениям для протекания оптимальных обменных процессов на протяжении вегетации, следует рекомендовать проведение подкормок растений кукурузы калийными удобрениями в варианте 2. В свою очередь в варианте 1 отмечается высокая потребность в обеспечении растений азотными удобрениями. Но важно учесть обеспеченность почвы влагой, так как повышение концентрации солевого раствора может привести к усугублению ситуации. В таких условиях рекомендуется вносить азотные удобрения в форме листовых подкормок.

Кроме традиционных элементов азота, фосфора и калия, растения потребляют большие объемы других веществ – серы, кальция, магния, кремния, железа. В меньших объемах растениями используется молибден, бор, кобальт, медь, бор, цинк и др. Каждый из элементов обеспечивает активность биохимических процессов, свойственных только в присутствии определенного химического элемента. Соответственно, игнорировать важность сопутствующих азоту, фосфору и калия важнейших элементов недопустимо, так как это неизбежно приведет к нарушению роста и развития растений и как следствие недобору или полной потере урожаев.

Дефицит того или иного химического элемента может вызвать значительное нарушение в формировании растений и реализации его генетического потенциала. В соответствии с законом минимума немецкого химика Юстус фон Либиха в земледелии избыток одного элемента не заменяет недостаток других. Вещество, находящееся в минимуме определяет состояние организма.

***Сера (S)*** входит в состав аминокислот, являющихся обязательным компонентом белков некоторых растительных масел и витаминов, участвует в белковом обмене, в окислительно-восстановительных и других важных реакциях в растениях. Соединения серы влияют на деятельность сложных органических веществ — ферментов, участвующих в синтезе и распаде белков. Сера потребляется растениями примерно в тех же количествах что и фосфор. Быстро распространяется внутри растения. Наибольшая потребность в ней характерна для растений семейства бобовых и крестоцветных.

При недостаточном питании растений серой тормозится процесс образования белков, уменьшается содержание хлорофилла в листьях. Внешними признаками недостатка серы являются хлороз, уменьшение размеров листьев, удлинение стеблей.

Содержание подвижной серы в почве в нашем эксперименте определяется видом поступающих в нее удобрений. Почвенные образцы околокорневой зоны кукурузы, удобренной нитроаммофоской, показали увеличение подвижности серы (7,8 мг/кг) по сравнению с влиянием органо-минерального удобрения (4,1 мг/кг) в 1,9 раза. Это существенное увеличение подвижности, которое должно обеспечить значительное увеличение концентрации серы в листьях растений. Степень превышения серы в растениях, удобренных минеральными удобрениями, составила 18,4%. В варианте 1 – 0,38%, в варианте 2 - 0,31%.

Анализируя состояние растений однозначно судить о превосходстве минеральной системы удобрения по содержанию калия и серы не приходится. Высокая интенсивность фотосинтеза, протекающая в растениях с органо-минеральной системой удобрения свидетельствует о высоком коэффициенте потребления элементов питания и возможном усвоении большего их количества при осуществлении подкормок. Не исключено так же и то, что валовое содержание калия и серы в организме растения может оказаться выше за счет большей массы самих растений в варианте 2. Соответственно, на обеспеченность растений минеральными веществами и способности их усвоения следует смотреть с позиции физиологии растений и наличия потенциала их усвоения и возможности эффективных подкормок.

***Кальций (Са)*** влияет на обмен углеводов и белковых веществ, а также на обеспечение нормальных условий развития корневой системы растений, является составной частью протоплазмы. Потребность в кальции проявляется в самые ранние сроки развития растений: отсутствие кальция подавляет мобилизацию запасных питательных веществ (крахмала, белков) и превращение их в более простые соединения, которые используются проростками, что может привести к гибели растения. Кальций регулирует активность многих ферментов, помогает в транспортировке (перемещению) углеводов в растениях. Одна из важных функций кальция в растении — нейтрализация образующихся в тканях в процессе обмена веществ органических кислот, в частности щавелевой кислоты.

Кальций поглощается растениями в количестве, часто превосходящем количество фосфора, но меньше чем азота или калия. Он участвует в создании важного соединения пектата, межклеточного вещества, которое скрепляет клетки между собой и способствует их удержанию вместе. Кальций улучшает растворимость многих соединений в почве, делая их доступными для растений, стимулирует активность клубеньковых бактерий, которые фиксируют свободный азот из воздуха.

Признаки недостатка появляются, прежде всего, на молодых листьях. Листья бывают хлоротичные, искривленные, и края их закручиваются. Края листьев неправильной формы, на них может обнаруживаться опаленность бурого цвета. Замедляется рост корней, они ослизняются и загнивают. Избыток кальция приводит к нарушению усвоения азота, калия, а так же бора и железа, что проявляется как межжилковый хлороз листьев и появление светлых бесформенных пятен отмирающих тканей листа.

***Магний (Mg).***Значение магния для растений определяется, прежде всего тем, что он входит в состав хлорофилла, необходимого для фотосинтеза. Он участвует в углеводном обмене в клетках, действии ферментов, переносе энергии в виде сахаров и в образовании плодов. До 50% этого элемента входит в состав тканей в виде органических соединений, а остальная часть, подобно калию, находится в минеральной форме. В растении магний также как азот и калий постоянно находится в движении, перемещаясь из тканей старых листьев в молодые, где происходит интенсивный рост. Сходство действия кальция с магнием заключается в том, что надежное скрепление клеток между собой, а также полноценное развитие корневой системы растений происходит в их присутствии. Он повышает устойчивость растений к болезням.

Недостаток магния особенно сильно угнетает развитие органов плодоношения. При недостатке магния наблюдается характерная форма хлороза — у краев листа и между жилками зеленая окраска изменяется на желтую, красную, фиолетовую. Кончики листьев и края загибаются, в результате чего листья куполообразно выгибаются, края листьев морщинятся и постепенно отмирают. Признаки недостатка появляются и распространяются от нижних листьев к верхним. У плодовых растений наблюдается ранний листопад, начинающийся с нижних побегов даже летом, и сильное опадение плодов.

При избытке магния, у растения начинают отмирать корни, растение перестает усваивать кальций, и наступают симптомы, которые характерны при недостатке кальция.

Действия кальция и магния во многом схожи. Общее их количество в почве определяет сумму насыщенных оснований.

Анализируя содержание кальция и магния в почве и характер их поступления в растения, в очередной раз делается вывод, что степень доступности элементом во многом зависит от формы внесенных удобрений и биогеохимических процессов, происходящих в почве.

Количество водорастворимого кальция под действием минеральных и органических компонентов удобрений практически не изменились. Незначительная разница в сторону увеличения отмечена в варианте с использованием комплексного минерального удобрения – 17,25 мг-экв./100 грамм почвы, против 16,0 мг-экв./100 грамм почвы в варианте с органо-минеральным удобрением. Разница составила всего 7,2%. В то же время содержание кальция в листьях кукурузы во многом зависело от особенности удобрения. Так, в варианте 1 с минеральными удобрениями концентрация кальция составляла 0,3%, что в два раза ниже, чем в варианте 2. В растениях, удобренных с использованием птичьего помета в качестве органического компонента органо-минерального удобрения, концентрация изучаемого элемента достигала 0,6%.

Так как в почву с удобрениями не вносилось значительных концентраций кальция можно утверждать, что процесс доступности во многом определялся биологической активностью почвы, которая имеет более высокие показатели, когда в нее поступают органические удобрения. Биологическая активность почвы имеет опосредованное влияние и на развитие корневой системы, вследствие чего растения имеют возможность соприкасаться с большей площадью почвы и соответственно извлекать больший объем кальция.

В отличие от кальция, магний продемонстрировал повышение доли водорастворимых соединений под действием минеральных удобрений, 2,5 мг-экв./100 г. против 1,5 мг-экв./100 г. в варианте 2 с поступлением органического вещества. Разница достигла – 40%. Но столь высокая разница в содержании подвижных формах магния не проявила прямой зависимости при поступлении его в растения. В варианте 1 концентрация магния (0,1%) в листьях кукурузы также как и кальция была в 2 раза ниже, чем в варианте 2 (0,2%). Выводы о доступности магния растениям соответствуют тем, что сделаны по отношению поведения в почве кальция.

С точки зрения миграционной способности кальция и магния за пределы корнеобитаемого слоя, предложенная система удобрения на основе сочетания органических и микробиологических компонентов позволяет снизить инфильтрационные процессы. Это может происходить по нескольким причинам. Во-первых, не происходит повышения доли подвижных в почве соединений, что позволяет сохранять элементы в относительно связанном с ППК состоянии. Во-вторых, большее поглощение кальция и магния растениями обеспечивает их аккумуляцию, как в корнях, так и вегетативной массе растений, вследствие чего происходит их возврат в поверхностный слой почвы.

## 2.2. Микроэлементы

Для нормального роста и развития растений необходимы многие микроэлементы (В, Мn, Си, Mo, Zn, Со и др.). Роль микроэлементов возрастает при интенсивном использовании макроудобрений и высоких урожаях сельскохозяйственных культур [12].

Содержание подвижных форм микроэлементов в почве околокорневой зоны кукурузы представлено в табл. 5

.

Таблица 5. Содержание подвижных форм микроэлементов в почве околокорневой зоны кукурузы.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Система удобрения | Zn  мг/кг | Mo  мг/кг | Mn  мг/кг | Co  мг/кг | Fe  мг/кг | B  мг/кг |
| Минеральная | 0,593 | 0,17 | 14,6 | 0,143 | 0,0040 | 1,8 |
| Органо-минеральная | 0,618 | 0,18 | 16,2 | 0,081 | 0,0037 | 2,7 |

По степени разницы влияния исследуемых систем удобрения на изменение подвижности микроэлементов можно выделить две группы. Первая группа с существенной разницей включает в себя кобальт (Со) и бор (В). Вторая группа с незначительной разницей состоит из цинка (Zn), молибдена (Мо), марганца (Мn) и железа (Fe).

***Кобальт (Со)*** - элемент благоприятно действующий на процесс синтеза хлорофилла в листьях растений, уменьшает его распад в темноте, увеличивает интенсивность дыхания и содержание аскорбиновой кислоты в растениях. Кобальт принимает активное участие в реакциях окисления и восстановления, оказывает положительное влияние на энергетический обмен, а также биосинтез белка нуклеиновых кислот. Он необходим для усиления азотофиксирующей деятельности клубеньковых бактерий и входит в состав витамина В12. Кобальт влияет на накопление сахаров и жиров в растениях. В результате внекорневых подкормок кобальтом в листьях растений повышается общее содержание нуклеиновых кислот.

***Бор (B).***Известно, по меньшей мере, 15 функций растений, для нормального протекания которых необходим бор. Бор воздействует на процессы цветения и плодоношения, прорастания пыльцы и деления клеток, на азотный и углеводный обмен, на активное поглощение солей, передвижение и деятельность гормонов, метаболизм пектиновых веществ. На водный обмен и на функции воды в растениях. Бор необходим растениям в течение всего периода вегетации, причем больше всего в нем нуждаются двудольные растения. Бор положительно влияет на устойчивость растений к грибковым, бактериальным и вирусным заболеваниям.

Бор малоподвижен в растениях и практически не переходит из старых тканей во вновь образующиеся ткани. Если бор хорошо доступен, многие виды растений будут поглощать его гораздо в больших количествах, чем необходимо. Как правило, растения хорошо выносят широкий диапазон концентраций многих элементов питания, но это не относится к бору. Грань между недостатком и избытком бора очень узкая, и любой избыток бора токсичен.

Недостаток бора ведет к снижению урожайности. У плодовых культур дефицит бора выражается в измельчении верхних листьев, их скручивании и опадании, а при резком дефиците и в развитии "суховершинности". Большие дозы бора вызывают у растений общий токсикоз, при этом бор накапливается в листьях, вызывая своеобразный ожог нижних листьев, т. е. появление краевого некроза, их пожелтение, отмирание и опадание.

Анализ данных таблицы 5 не показывает общей закономерности влияния исследуемых систем удобрения относительно микроэлементов.

Так, разница в подвижности кобальта в почве в зависимости от системы удобрения достигает 1,8 раз. При поступлении минеральных удобрений концентрация кобальта составляет 0,143 мг/кг. При органо-минеральном питании – 0,081 мг/кг.

В противоположность кобальту, бор демонстрирует повышенную подвижность (2,7 мг/кг) при органо-минеральном удобрении растений. Подвижность бора под действием нитроаммофоски составляет 1,8 мг/кг, что в 1,5 раза меньше. Такая разница в подвижности бора в почве отразилась и на поступлении его в растение. Так, содержание бора в варианте 1 составила 12,3 мг/кг абсолютно сухого вещества. В варианте 2 превышение составило 9,3% (13,5 мг/кг).

***Цинк (Zn*)** Цинк необходим для нормального обмена веществ в клетках растений. Он способствует образованию хлорофилла и играет важную роль в белковом, углеводном и фосфорном обмене, в биосинтезе витаминов и ростовых веществ (ауксинов).

При дефиците цинка наблюдается разного рода аномалии - клетки увеличиваются в размерах и располагаются не правильно, между ними при этом возникают многочисленные воздушные полости.

Основными симптомами болезни цинковой недостаточности являются мелкие листья у верхушечных почек («мелколистность») фруктовых деревьев, сильно уменьшенное образование плодовых почек.

При дефиците цинка в растениях задерживается образование сахарозы, крахмала и ауксинов, нарушается образование белков, вследствие чего в них накапливаются небелковые соединения азота и нарушается фотосинтез. Симптомы недостатка цинка развиваются на всем растении или локализованы на более старых нижних листьях, края листьев могут закручиваться кверху. У плодовых деревьев при сильном дефиците появляется "суховершинность".

Существенного превосходства органо-минеральной системы удобрения перед минеральной, в виде увеличения подвижности цинка в почве, не отмечается. В варианте 1 доля подвижного цинка составляет 0,59 мг/кг, что меньше, чем в варианте 2 (0,62 мг/кг) всего на 4,8%. Но анализ содержания цинка в листьях растений повторяет тенденции таких элементов как кальций и магний, где относительно равная подвижность элементов в почве, оказывала соответствующее влияние на поступление их в растение. В листьях растений кукурузы в варианте 1 доля цинка составила 7,7%, в варианте 2 – 13,0%, что в 1,7 раз больше.

***Молибден (Mo)*** – Молибден служит катализатором, входя в состав ферментов азотного цикла и определяя их активность, участвует в синтезе нуклеиновых кислот (РНК и ДНК) и витаминов и регулирует фотосинтез и дыхание. Эти ферментные системы восстанавливают нитратный азот в аммиак, который используется в синтезе аминокислот и белка. Если растения не получают молибден в достаточных количествах то это приводит к нарушению азотного обмена и в растениях накапливается большое количество нитратов. Потребность растений в молибдене, выраженная количественно меньше, чем в других – бора, марганца, цинка, меди. Он преимущественно накапливается в молодых растущих органах.

Внешние признаки дефицита молибдена для растений сходны с азотным голоданием: тормозится рост растений, листья приобретают бледно-зеленую окраску, деформируются и преждевременно отмирают. Участки хлоротичной ткани впоследствии вздуваются, края листьев закручиваются внутрь; вдоль краев и на верхушках листьев развивается некроз. Большие дозы молибдена весьма токсичны для растений, поэтому содержание даже 1 мг молибдена в 1 кг сухой массы продукции вредно для человека и животных.

Разница в содержании молибдена в растениях составляет всего 5,6%, при содержании его в почве в варианте 1 – 0,17 мг/кг, в варианте 2 – 0,18 мг/кг.

***Марганец (Mn).*** Необходимый элемент для растений, который способствует увеличению содержания хлорофилла в листьях, синтезу витамина С, регулирует водный режим, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам, влияет на плодоношение и способствует ускорению их развития. Марганец проявляет синергетический эффект по отношению к другим элементам, поступающим в клетки растений, и определяет их дальнейшую судьбу, направляя их к местам выполнения функций. Самая высокая концентрация марганца наблюдается в тех тканях растения, которые содержат хлорофилл.

Острый недостаток марганца ведет к отмиранию листьев. При дефиците марганца наблюдается хлороз — между жилками листа появляется желтовато-зеленая или желтовато-серая окраска, жилки остаются зелеными, что придает листу пестрый вид. Признаки недостатка появляются, прежде всего, у основания листьев, а не на кончиках, как при недостатке калия.

В результате избытка марганца в клетках растений уменьшается содержание хлорофилла, поэтому и симптомы будут такие же, как и при недостатке магния, т.е. начинается мезжилковый хлороз, в первую очередь со старых листьев, появляются бурые некротичные пятна.

Поступление марганца в растения стимулируется органическим компонентом удобрения в варианте 2, его содержание достигает 45,5 мг/кг. В варианте 1 концентрация – 31,4 мг/кг сухого растительного вещества. Разница составляет – 31%. Разница в химической подвижности в почве составляет 9,7%. В варианте 1 – 14,64 мг/кг, в варианте 2 – 16,22 мг/кг почвы.

***Железо (Fe).***Физиологическая роль железа заключается в том, что оно входит в состав ферментов, обеспечивает нормальное протекание окислительно-восстановительных процессов и дыхания растений и необходимо для ускоренного образования хлорофилла посредством каталитических реакций. Это отличает железо от других элементов, участвующих в том же процессе. Железо в растениях содержится в незначительных количествах.

При недостатке железа в листьях растений нарушается образование хлорофилла, в результате чего развивается хлороз листьев, который проявляется в первую очередь на молодых верхних листьях и побегах (листья теряют зеленую окраску, бледнеют и преждевременно опадают). Избыток железа случается довольно редко, при этом прекращается рост корневой системы и всего растения. Листья при этом принимают более темный оттенок, начинают отмирать и осыпаться без всяких видимых изменений, затрудняется усвоение фосфора и марганца, поэтому могут проявляться и признаки недостатка этих элементов.

Переход железа из почвы в растение в проведенном эксперименте не зависит от степени растворимости элемента. Так, нитроаммофоска в большей степени стимулировала процесс трансформации железа из сложно растворимых соединений в более подвижные формы, чем удобрения, используемые в варианте 2. Превосходство составило 8,7%. Но это никак не отразилось на поступлении его в растение, концентрация по вариантам оставалась равнозначной – 169-170 мг/кг абсолютно сухого вещества.

***Медь (Cu)*** в растениях выполняет множество сложных и разнообразных функций, влияя на ферментные системы во вновь образуемых тканях. Она образует большое количество органических соединений с белками, аминокислотами и другими компонентами, которые обычно содержатся в соке растений. Медь имеет значение для расщепления белков в процессах роста растений. Замечено так же, что концентрация меди в корнях выше, чем в листьях и в других тканях. Это даёт основание предположить важную роль меди в обмене веществ корневой системы растения.

Как видно из табл. 5 поступление столь важного элемента в растение во многом определяется используемыми средствами в качестве удобрения. Так, вариант 2 с использованием био-органического комплекса содержание меди в растениях достигало 6,52 мг/кг, в то время как минеральные синтетические удобрения обеспечили содержание меди в листьях кукурузы 3,64 мг/кг. Разница составила – 1,8 раз.

## 2.3. Кислотность почвы

Одними из наиболее стабильных почвенных характеристик являются кислотность почвы и содержание в ней органического вещества – гумуса.

В зависимости от влияния удобрений на изменение кислотности почвы они делятся на физиологически кислые и физиологически щелочные и нейтральные. Это связано с тем, что корни растений поглощают из солей одни элементы в большей степени, вследствие чего в почвенный раствор переходят непоглощенные компоненты удобрения, тем самым изменяя рН. Но изменение кислотности может быть связано и с деятельностью микроорганизмов. Основной метаболит - углекислый газ, образуя с почвенной влагой органическую угольную кислоту, подкисляет почву.

Оценивая в проведенном эксперименте степень влияния на кислотность почвы органо-минеральных и минеральных удобрений, было выявлено, что минеральные удобрения в меньшей степени, чем органические удобрения повлияли на подкисление почвенного раствора. Нитроаммофоска повлияла на снижение рН с 5,8 до 5,63, в то время как органо-минеральльное удобрение усилило кислотность почвы с 5,8 до 5,36 (табл. 6).

Таблица 6 . Изменение кислотности почвы и доли гумуса

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Система удобрения | рН (КСl) | рН (Н2О) | Органическое вещество |
| Минеральная | 5,63 | 6,85 | 4,29 |
| Органо-минеральная | 5,36 | 6,13 | 3,69 |

Говоря о действии органического гранулированного удобрения необходимо отметить, что данное влияние носило не прямой характер, так как рН органических удобрений составляло 7,8. Соответственно, такая реакция, скорее всего, связана с особенностями формирования и развития почвенной микрофлоры в присутствии органического вещества. Почвенные микроорганизмы выделяют в почву в процессе нитрификации азотную кислоту. А при окислении восстановленной серы белков образуется серная кислота. Как известно птичий помет, являющийся органическим компонентом исследуемого удобрения в варианте 2, содержит в себе до 30% протеина [9]. Кроме этого, в процессе визуальной оценки было выявлено, что масса корней существенно выше на участке, где применены органические удобрения, соответственно количество углекислого газа увеличивается (рис.2).



Рис. 2. Сравнение корневой системы растений в различных вариантах

По различным данным количество выделенного углекислого газа корнями растений соответствует его объему, продуцируемому микроорганизмами [14].По другим источникам корни растений выделяют около 1/3 углекислоты, а микроорганизмы ответственны за 2/3 выделяющегося из почвы углекислого газа [15].Есть исследования, показывающие, что корни и микроорганизмы вносят равный вклад в выделение углекислого газа из почвы. Корнями выделяются слабые кислоты - не только угольная, но и лимонная, яблочная и др. [16].

Повышение кислотности как солевого, так и водного раствора необходимо учитывать при использовании удобрений на основе птичьего помета, обработанного азотфиксирующими бактериями. Возможно, с этим связана в некоторых случаях равнозначная эффективность фосфоритной муки (труднорастворимые соединения) и суперфосфата (водорастворимого фосфорного удобрения) [17]. Соответственно, создание условий для повышения биологической активности почв за счет стимуляции корнеобразования, использования органических удобрений, богатых протеином, и интродукция активных штаммов микроорганизмов позволят решить несколько задач одновременно: обеспечить полноценное питание растений фосфором за счет использования недорогих фосфоритных руд; снизить кислотность почвы, образующуюся по вышеописанному механизму.

## 2.4. Гумус

Органическое вещество почвы представлено в основном (на 85—90%) гумусом и лишь небольшая часть — не гумифицированными остатками растительного, микробного и животного происхож­дения. Различные типы почв отличаются не только по общему содержа­нию гумуса, но и по его составу и свойствам. В гумусе дерново-подзолистых почв отношение гуминовых кислот к фульвокислотам составляет 0,4—0,6, а в гумусе черноземов 1—1,5 и больше. Кроме того, гуминовые кислоты черноземов менее дисперсны и имеют более сложное строение. Это в значительной степени обусловливает более высокую подвижность и способность к микробиологическому раз­ложению органического вещества дерново-подзолистых почв по сравнению с черноземами. [12]. Гумус определяет емкость катионного обмена почвы. Чем выше его доля, тем выше данный показатель. От доли гумуса в почве также зависят ее водоудерживающая способность и буферность, особенно важные условия для почв с легким гранулометрическим составом. Гумус принимает участие в агрегатировании механических частиц почвы, создании водопрочных структур и оптимизации водно-воздушного режима. Последнее условие важно с точки зрения оптимизации использования почвенного азота и предотвращения потерь, посредством образования газообразных форм.

Так как гумусообразование - это процессе микробиологический, в котором участвуют механизмы распада и синтеза, то и возможность регулирования ими может привести к накоплению гумуса с высокими качественными показателями. Достичь такого результата можно и на бедных дерново-подзолистых почвах посредством увеличения биологической активности почвы.

Исходным материалом для формирования гумуса являются корневые и пожнивные остатки растений и органические удобрения. Возделывание сельскохозяйственных культур только с использованием минеральных удобрений приводит к снижению его содержания. Применение органо-минеральных систем с низкой долей органического вещества также не способно обеспечивать бездефицитный баланс гумуса.

Из общей массы органического материала, поступившего в почве, 70-80% разлагается до конечных продуктов – вода, углекислый газ и зольные элементы. 20-30% из него входят в состав относительно устойчивых гумусовых соединений.

Принято считать, что для бездефицитного баланса гумуса в различных почвах внесение органических удобрений должно составлять ежегодно не менее 10-14 тонн на 1 га. Но при этом же существует научная позиция, что сохранение баланса гумуса в почве возможно за счет существенно менее затратных мер. Например, за счет стимуляции развития и таким образом увеличения ее массы, за счет создания условий для развития в почве естественного биологического сообщества, начиная с грибов, бактерий и микроскопических водорослей, до простейших дождевых червей и членистоногих и других крупных насекомых. Общий вклад всего сообщества в обогащение почвы органическим веществом может достигать 5 тонн на 1 га в год [18].

К числу важнейших факторов активации микробиологических процессов относится не только использование органического вещества как первоисточника углерода в почве, но и как стимулятора развития микроорганизмов в ней. Использование в севообороте многолетних бобовых трав с мощной корневой системой обеспечивает почвенную микрофлору энергетическим материалом, активизирует процессы синтеза гумусовых веществ, биологическую фиксацию атмосферного воздуха специфическими группами бактерий.

Обогащение почвы природным азотом - альтернативой синтетическим азотным удобрениям является применение препаративных форм микроорганизмов, с одновременным созданием оптимальных условий для их развития и функционирования. Источником более половины объема общего азота в почве является азот атмосферного воздуха, который фиксируется почвенными микроорганизмами [19]*.*

Органические удобрения играют важную роль в повышении плодородия почвы и получении стабильных урожаев и существенно отличаются от минеральных удобрений рядом основных характеристик [20]*.* Важное их свойство заключается в том, что они являются источником энергетического материала для микроорганизмов почвы и содержат большое количество собственной микрофлоры, что в итоге сказывается на показателях биологической активности почв [21]*.* Многолетний опыт, заложенный Д.Н. Прянишниковым, показал, что ежегодное внесение 16т навоза на 1 га против минерального удобрения N-37, P-44, K-50 кг/га способствовало повышению плодородия на 25 %, общего числа микроорганизмов на 46 %, числа грибов на 21 %, актиномицетов – в 4 раза. Урожайность картофеля на почве, удобренной навозом была выше на 14 %. Внесение навоза вызывает бурный рост бактерий *Cytopaga*, сменяющие малоактивную грибную микрофлору [22]. Опыт по использованию навоза в дозе 5 т/га на черноземе способствовал достижению бездефицитного баланса гумуса. Под влиянием 10 т/га навоза содержание гумуса, пусть незначительно, но возрастало по сравнению с исходным уровнем. [23]*.*

Из литературных данных, приведенных выше, мы видим, что снижение доз навоза с 20 тонн до 5 т/га продолжает оказывать положительное влияние на содержание гумуса. В нашем случае в качестве органического удобрения мы использовали птичий помет. Из всех видов органических удобрений птичий помет является наиболее ценным как по содержанию питательных элементов, так и по доступности их для растений.

Поступая в почву, растительные, микробные органические остатки попадают в сферу сложнейших превращений. Белки, углеводы, фосфорорганические соединения, жиры и некоторые другие доминирующие органические соединения, поступающие в почву, подвергаются расщепляющему действию гидролитических ферментов – протеаз, протеиназ, целлюлаз, амилаз, гликозидаз, сахаразы, нуклеаз, фосфатаз, фитазы, липаз и т.д. При гидролитическом расщеплении высокополимерных органических соединений образуются промежуточные продукты распада (аминокислоты, нуклеотиды, органические кислоты, моносахариды) или конечные продукты минерализации (СО2, NH3, фосфорная кислота). Через эти сложнейшие реакции в почве осуществляютсябиогеохимические циклы - углерода, азота, фосфора, серы и окислительно-восстановительные реакции. Благодаря ферментам, участвующим в гидролитическом и окислительно-восстановительном превращении, питательные элементы, накопленные в органических остатках, переходят в доступные формы, которые служат строительным материалом в процессе гумусообразования [24]. Выше отмеченные органические соединения, в частности белки, являются источником важнейших веществ стимуляции развития и увеличения массы корневой системы растений и, соответственно количества микроорганизмов, находящихся в симбиозе с ними. Такими важнейшими веществами являются аминокислоты. Ценность и высокая эффективность органических удобрений на основе птичьего помета связаны так же и с тем, что в пересчете на сухое вещество в нем находится до 35,6% сырого протеина – источника широкого ассортимента аминокислот, в том числе незаменимых, до 1% витамина С. По ценности 1 тонна бройлерного помета приравнивается к 180 кг полного минерального удобрения [13].

Мы считаем, что механизм гумусообразования связан не только с физическим объемом поступающего органического вещества, но и с механизмами накопления органических соединений за счет стимуляции развития корневой системы, биомассы, населяющих почву организмов и накопления их в пахотной зоне. Известно, что объем корневой массы сопоставим с объемами надземной массы культурных растений, а в некоторых случаях может превышать ее. Более того агротехнический прием по внесению препаративных форм микроорганизмов в почву оказывает положительное влияние на развитие корневой системы, но для повышения их активности требуется энергетический материал, позволяющий развиваться в почве, каковым и является используемый в варианте 2 термически обеззараженный птичий помет.

При создании удобрения для использования в варианте 2 мы ориентировались на результаты лабораторных анализов, проведенных в 2014г.[5].

В результате эксперимента оценивалось влияние органических гранулированных удобрений, минеральных комплексных удобрений и их сочетание с микроорганизмами вида Bacillus шт.Ч-13 на изменение содержания гумуса в выщелоченном черноземе. В результате эксперимента было выявлено, что внесение органических и минеральных удобрений в дозах 200 кг/га существенно не влияли на концентрацию гумуса в почве, было отмечено незначительное повышение с 4,15% до 4,28%. Но сочетание удобрений с бактериями выявили диаметрально противоположную тенденцию. Сочетание нитроаммофоски с бактериями показали тенденцию к снижению гумуса с 4,15 до 3,94%. Сочетание бактерий с термически обеззараженным птичьим пометом увеличил долю гумуса в почве с контрольным 4,15% до 4,38%.

Целью проведенного эксперимента было определение закономерности влияния удобрения (вариант 2) в полевых условиях и в других климатических зонах на исследуемые показатели. Результаты опыта подтвердили полученные ранее в лабораторных условиях данные. Разница в содержании гумуса в околокорневой зоне растений кукурузы составила 14% (табл.6). Доля гумуса в зоне корней в варианте с внесением минерального удобрения составила 3,69%. В варианте 2 - с внесением обогащенных микроорганизмами органо-минеральных удобрений, показатели гумуса достигали – 4,29%. На основе приведенных данных можно утверждать, что сочетание органического вещества и агрономически полезных микроорганизмов является важным фактором повышения плодородия почвы и как следствие, получения более высоких урожаев. Соответственно, роль микроорганизмов в почве не ограничивается деструкционной активностью, а проявляется еще и в способности синтезировать и продуцировать в окружающую среду сложные соединения, участвующие в синтезе гумусовых соединений.

Почва представляет собой сочетание трех основных компонентов – минеральной, органической и микробиологической частей, оптимальное сочетание которых, позволяет говорить об ее эффективном и потенциальном плодородии. Игнорирование одного из факторов неминуемо ведет к снижению отзывчивости сельскохозяйственных культур на любые агротехнические приемы. Так, сочетание приемов внесения минеральных удобрений под подсолнечник совместно с обогащением семян микроорганизмами уже на третий год выявили отсутствие отзывчивости использования микроорганизмов вследствие чего, руководство ЗАО «Рассвет» Прохладненского района КБР отказалось от приема по обработке семян биопрепаратами. Полученные нами данные подтверждают результаты исследований, проведенных советским микробиологом Мишустиным Е.Н. с использованием микробиологического препарата Азотобактерин, разработанного на основе *Azotobacterchroccocum*. В 50 опытах при бактеризации полевых культур прибавка урожая отмечалась обычно в пределах 6-10%. На унавоженных почвах положительное действие азотобактерина возрастало. Прибавка урожая на обогащенных органическим веществом почвах от бактеризации достигала 33,4% [25].

# 3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

Одной из главных теоретических и практических проблем почвенной микробиологии является обоснование путей направленного функционирования микроорганизмов для повышения плодородия почв. Для этого необходимо знание связей и закономерностей, проявляющихся в различно складывающихся условиях среды между микробным сообществом, с одной стороны, и степенью окультуренности, физико-химическими и другими свойствами почвы, особенностями возделываемых растений - с другой. В решении этой проблемы встречаются значительные трудности, связанные с высокой динамичностью биохимических процессов, протекающих в почве, большой гетерогенностью и сложностью структуры, как самого микробного сообщества, так и среды его обитания – почвы, а также неуправляемостью гидротермического режима. [2].

С биологической активностью почвы тесно связан и ее окислительно-восстановительный потенциал, а интегральным показателем биологических процессов в почве считается ее гумусное состояние. Превращение растительных и животных остатков в гумусовые вещества представляет собой сложный биохимический процесс, в котором участвуют различные группы микроорганизмов, а также иммобилизованные почвой внеклеточные (табл. 7).

В почве фито-, зоо-, микробоценозы объединяются в целостную систему с продуктами их жизнедеятельности (в первую очередь с ферментами и гумусовым комплексом) и абиотическими компонентами почвенной среды (гранулометрическими и структурными элементами, физическими и водными свойствами, реакцией среды, поглотительной способностью и др.). [1].

Таблица 7

Численность физиологических групп микроорганизмов (млн.КОЕ/г почвы) и дыхание почвы (мг СО2/10г почвы в сутки).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Система удобрения | Аммонификаторы | Нитрификаторы | Денитрификаторы | Грибы | Бактерии (общее количество) | Актиномицеты | Дыхание почвы |
| Вариант 1  минеральная | 25 | 20 | 5 | 0,14 | 57 | 0,6 | 5,7 |
| Вариант 2  Органическая | 30 | 26 | 3 | 0,18 | 71 | 0,5 | 7,6 |

## 3.1. Дыхание почвы

Продуцирование углекислого газа почвой есть одна из важнейших экологических функций. По количеству углекислоты, выделяемой почвой, можно судить об интенсивности процессов разложения органического вещества [26], характеризовать продуктивность фитоценоза [27]. Интенсивность дыхания является показателем биологической активности почвы. Отмечается положительная корреляционная связь между интенсивностью дыхания почвы и ее плодородием, как в естественных, так и в культурных ценозах [28]. Например, в многолетнем опыте, заложенном в Краснодарском государственном аграрном университете, была установлена высокая корреляция (r=0,74) между интенсивностью дыхания и урожайностью озимой пшеницы [29].

По данному показателю легко определяется плодородие различных горизонтов пахотного слоя. По мере углубления в почву суммарное выделение углекислого газа снижается.

Обогащение почвы микрофлорой и направленное изменение ее состава является важным приемом для повышения почвенного плодородия. Для этого необходимо изучение связей и закономерностей, проявляющихся между микробным сообществом с одной стороны и степенью окультуренности, свойствами почвы, а также особенностями возделываемых растений - с другой.

Показательные результаты приведены Е.Н. Мишустиным и В.Т. Емцевым (Микробиология, 1978). Замечено, что почва из глубоких горизонтов пахотного слоя, химически ничем не отличаясь от почвы высоколежащего горизонта, неблагоприятно действуют на растение. Если чашки Петри наполнить почвой из разных горизонтов окультуренного чернозема и посеять в нее семена растений, то прорастание семян и развитие растений лучше всего происходит в почве из горизонта 0-10 см. Хуже из горизонта 15-25 см и совсем плохо в почве из горизонта 30-40 см. Единственным различием в характеристиках почвы было обогащенность их микробами. Химический же состав был схож.

Из эксперимента следует, что плодородие почвы можно достоверно оценивать деятельностью микроорганизмов, следовательно, приемы по внесению полезных штаммов микроорганизмов в виде инокуляции семян и, соответственно колонизирование корневой системы ими с последующим проникновением вглубь можно считать приемом повышения плодородия почвы. Другой вопрос в том, какие штаммы и под какие почвенно-климатические условия наиболее эффективно подходят. Ответ на вопрос находится в процессе анализа теоретического материала и практических исследований [2].

Из таблицы 7 мы видим, что интенсивность выделения углекислого газа почвой, в которую были внесены органо-минеральные удобрения, обогащенные микроорганизмами составляет 7,6 мг СО2/10г почвы в сутки. Действие минерального удобрения на столь важный показатель почвенной характеристики оказалось на 25% ниже и составляет 5,7 мг СО2/10г почвы в сутки. Оценка общего числа бактерий в вариантах говорит о высокой степени корреляционной зависимости интенсивности дыхания почвы от количества бактерий в ней. В варианте 1 с минеральным удобрением в почве общее число бактерий составляет 57 млн. КОЕ/г почвы, а в варианте 2 - 71 млн.КОЕ/г почвы. Разница составляет 19,7%.

Являясь энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов, органический компонент удобрения в варианте 2 оказал стимулирующее действие на развитие различных групп микроорганизмов. В большей степени был простимулирован рост наиболее ценных с агрономической точки зрения микроорганизмов – аммонификаторов и нитрификаторов. Учеными отмечается тесная корреляционная связь динамики содержания в почве минеральных форм азота с динамикой аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. Коэффициент корреляции находится в пределах 0,69-0,97 для разных культур [30].

Соответствующую закономерность мы наблюдаем и в нашем эксперименте. При повышенном числе аммонификаторов и нитрификаторов(табл.7) мы имеем в этих же почвенных образцах повышенное содержание, как общего азота, так и минерального (табл.3). Причем количество минерального азота в 2,2 раза выше в образцах с повышенной биологической активностью.

## 3.2. Аммонификаторы

Аммонификаторы принимают участие в процессе разложения органических азотсодержащих соединений. Валовое содержание в почве может быть очень высоким и в черноземах достигать 10 т/га. Однако почти 99% его находится в недоступной форме. Соответственно процесс минерализации этих соединений называется аммонификацией. Этому процессу подвержены белки и их производные – пептиды и аминокислоты, нуклеиновые кислоты и их дериваты – пуриновые и пиримидиновые основания, мочевина и мочевая кислота, азотсодержащий полисахарид хитин и гумусовые кислоты. В конце 19 века Французский микробиолог открыл, что процесс аммонификации может осуществляться множеством микроорганизмов и в широком диапазоне условий.

Наличие большого числа микроорганизмов (бактерий и грибов) обеспечивает поступление в почву различных протеаз – группа относительно мало специфичных ферментов - полипептидгидролазы, протеингидролазы и дипептидгидролазы [31]. Относительная активность той или иной протеазы определяется рН почвы и количественным соотношением видов микроорганизмов. Протеазная активность различных почв неодинакова и связана с их генетическими особенностями и комплексом взаимодействующих экологических факторов, контролирующих ферментный уровень почвы. В зональном ряду почв протеазная активность возрастает от дерново-подзолистых почв к серым лесным и черноземам. Это находится в коррелятивной связи с содержанием гумуса и азота в почвах [32].

В таблице 7 мы наблюдаем не только повышение количества аммонифицирующих бактерий, но и количество грибов. В варианте 2, с использованием органического компонента, количество грибов в почве было выше на 22%. Активность протеазы, разлагающих белки, является закономерной отзывчивостью микробиологических процессов в почве на поступление в нее беловых веществ, доля которых в птичьем помете в пересчете на абсолютно сухое вещество может достигать 36%. Актиномицеты также принимают участие в распаде белков и количество их ниже в почве варианта 2 на 16,7%.

Образовавшиеся после распада белков аминокислоты могут быть поглощены растениями сразу же или включиться в химические реакции в почве. Внутриклеточные превращения аминокислот возможны по четырем направлениям: синтез белка, переаминирование, декарбоксилирование и дезаминирование [18].

Процесс аммонификации может протекать как в аэробных, так и в анаэробных условиях. В анаэробных условиях процесс распада белка приводит к выделению жирных и ароматических кислот, спиртов, неприятно пахнущих продуктов (индол, скатол, метилмеркаптан) и ядовитых аминов – кадаверин, путресцин. В аэробных условиях образуются кроме аммиака углекислый газ и окислы серы, которые судя по степен подкисления почвы в варианте 2 приняли непосредственное участие, образовав с почвенной влагой угольную и серную кислоты.

## 3.3. Нитрификация

Первое предположение об участии микроорганизмов в процессе образования нитратов было высказано Луи Пастером. В 1891 году первым выделить микроорганизмы, названные нитрификаторами, удалось русскому ученому Сергею Николаевичу Виноградскому. Они были представлены двумя группами. Первая группа последовательно образовывала нитриты, вторая – нитраты.

Все нитрифицирующие бактерии являются облигатными аэробами, другими словами аэрофилами – организмами, которые нуждаются в кислороде для дыхания и окисления органических соединений с целью получения энергии [33]. Оптимальные условия для их роста лежат в диапазоне температур 25-30°С и рН 7,5-8,0. В кислых почвах автотрофная нитрификация не происходит, этот процесс замещается окислением аммиака или других восстановленных азотсодержащих веществ до нитритов и нитратов гетеротрофными микроорганизмами – грибами и бактериями. В природе гетеротрофная нитрификация там, где аммиак образуется в условиях обилия органических веществ [18].

В нашем случае в варианте 2 (органо-минеральная система удобрения) имеется органический материал и проявляется повышенная активность аммонифицирующей деятельности микроорганизмов (табл.7), но при этом гетеротрофная нитрификация не служит источником энергии для них. Автотрофная нитрификация наоборот приводит к генерированию энергии в виде АТР и связана с ростом микроорганизмов [34]. Судя по тому, что в варианте 2 нашего эксперимента наблюдается активный распад органического вещества – источника азота под действием аммонификаторов и в то же время растет количество микроорганизмов (19,7%) процесс нитрификации при органо-минеральной системе удобрения происходит двумя путями – автотрофным и гетеротрофным.

Общее число микроорганизмов нитрификаторов в почвенном образце варианта 2 достигает 26 млн. КОЕ/1 г. почвы. В почве с минеральной системой удобрения (вариант1) - 20 млн. КОЕ/1 г. почвы, что на 23% меньше.

## 3.4. Денитрификация

Этим термином обозначается сумма процессов, которые ведут к полному или частичному восстановлению нитратов до нитритов, а затем до газообразных форм азота NО, N2O, N2. Различают ассимиляционную и диссимиляционную денитрификацию.

Ассимиляционные процессы восстановления нитратов до NH4, которые приводят к синтезу азотсодержащих клеточных компонентов, свойственны всем растениям и многим микроорганизмам, которые могут расти на средах с нитратами. Денитрификация представляет собой процесс преобразования нитратов в анаэробных условиях, обеспечивающий микроорганизмы энергией, но с потерей восстановленных соединений азота или молекулярного азота.

Активность микроорганизмов, способных к денитрификации подавляется кислородом. Ферментами соответствующего процесса являются нитратредуктазы, содержащие MoFeS-белки. Они локализованы на клеточных мембранах [18].

С агрономической точки зрения создание условий для поступления в почву кислорода напрямую влияет на азотное питание растений и опосредовано на фосфорно-калийное питание. Эти элементы, закрепленные в труднорастворимых соединениях, высвобождаются под действием кислот (угольной, серной и др.), образующихся в процессе нитрификации и дыхания почвы.

Денитрификаторы в аэробных условиях могут переключаться на дыхание для получения энергии. Помимо этого, практически все денитрификаторы, обладают способностью к азотфиксации. Изучение известного азотфиксатора *Azospirillumlipoferum* показало, что при наличии нитратов в анаэробных условиях этот микроорганизм проводит денитрификацию, а в аэробных – ассимилирует нитрат. Таким образом, процессы азотфиксации и денитрификации взаимно связаны и могут осуществляться одними и теми же бактериями. Направление процессов будет зависеть от конкурентных условий. На интенсивность денитрификации влияет не только аэрация почвы, но и ее рН. Кислая среда снижает скорость денитрификации [18]. В приведенном эксперименте показано (табл.6) как органо-минеральная система влияет на повышение кислотности почвы, что возможно и связано с ограничением активности денитрификационных процессов. Наряду с этим отмечена и более высокая степень структурированности почвы (рис. 2), которая обеспечивает поступление кислорода в почву. Если размеры структурных частиц увеличиваются, соответственно увеличивается и их внутренне пространство. При этом интенсивность аэробных биохимических реакций падает, а интенсивность анаэробных процессов возрастает. В таком случае интенсивность гидролаз снижается, а активность дегидрогеназы повышается. Следовательно, для формирования гидролитической ферментативной активности микроагрегатность почв является важным фактором [32]. Потери азота из почвы под действием денитрификаторов могут достигать 17-19%. [29].

Анализ экспериментальных данных показывает, что при использовании орагно-минеральной системы удобрения в варианте 2 создаются более благоприятные условия, как для накопления общего азота, так и оптимизации процесса микробиологического превращения (табл.7) его в почве и поступления в его растения (табл.3).

В табл. 8 показана корреляционная зависимость между основными группами почвенных микроорганизмов и содержанием общего азота в почве.

Таблица 8. Корреляционная зависимость между основными группами почвенных микроорганизмов и содержанием общего азота в почве.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа микроорганизмов | Коэффициент корреляции | |
| Органо-минеральная | Минеральная |
| Аммонификаторы | 0,93 | 0,47 |
| Нитрификаторы | 0,93 | 0,51 |
| Денитрификаторы | - 0,36 | 0,99 |

Анализ данных табл. 8 показывает, какое влияние имеет активизация агрономически важных групп микроорганизмов на накопление общего азота и влияние на этот процесс правильно подобранной системы удобрения.

# 4. СХЕМА, МЕТОДИКА, ОБЪЕКТЫ И АГРОТЕХНИКА ОПЫТА.

Для выявления влияния подобранной системы удобрения, которая основывается на расширенном учете факторов сохранения плодородия и повышения урожайности сельскохозяйственных культур на опытном поле Центральной экспериментальной базы Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства, изучалось влияние различных систем удобрения – минеральной (традиционной) и органической. Опыт проводился в республике Татарстан, в рамках Международных дней поля Поволжья в 2016г.

Посев был произведен во второй декаде мая месяца.

В процессе проведения опыта были соблюдены фундаментальные требования к проведению полевых исследований - условия максимально приближенные к реальным производственным и соблюдение научного принципа единственного различия в сравниваемых вариантах. Принцип единственного различия распространяется на все возможные условия и средства, подвергаемые оценке эффективности. Соблюдение данного принципа сопровождается соблюдением единства всех факторов, кроме единственного изучаемого. В нашем случае происходило сравнение комплексных решений в питании растений - целых технологий, в связи с чем, технологический комплекс рассматривался как единственный фактор различия и не распространялся на отдельно взятые средства. Все остальные факторы – дата посева, сорт семян, репродукция, использованная техника, почвенные и климатические характеристики имели однородные данные.

Объектами исследований являлись комплексное минеральное удобрение – нитроаммофоска, био-органо-минеральное удобрение на основе птичьего помета, растения кукурузы.

Первый вариант опыта был представлен комплексным минеральным удобрением нитроаммофоска, Нитроаммофоска содержит в себе три основных элемента питания растений – азот, фосфор и калий в равном соотношении компонентов в концентрации 16%. Ее получают путем нейтрализации фосфорной кислоты аммиаком с добавлением аммиачной селитры и хлористого калия. Азот содержится в виде аммония в сочетании с солью фосфорной кислоты (NH4H2PO4) и виде нитрата аммония (NH4NO3). Калий представлен в форме хлорида калия (KCl). Нитроаммофоска является одним из наиболее популярных и распространенных среди сельскохозяйственных производителей удобрением, так как отличается хорошей растворимостью в воде фосфорного компонента (90-95% от усвояемого). Оно используется как для основного внесения в почву, так и для одновременного внесения при посеве и подкормок растений. Ее применяют на всех почвах под многие культуры, под которые требуется одновременное внесение фосфора и калия [36]. Внесение проводилось на делянки из расчета 200 кг на 1 га перед посевом.

Второй вариант опыта был представлен органо-минеральными гранулированными удобрениями, обработанными бактериями рода *Pseudomonas* в концентрации 5х1010 (1 литр на 1 тонну удобрений). Доза внесения органического удобрения была эквивалентной дозе минеральных удобрений в варианте 1 и вносилась из расчета 200 кг/га. Концентрация минеральных веществ составляла: N-4,5%, P2O5-4,0%, K2O-4,0%, доля органического вещества – 82%. С точки зрения форм и доз органических удобрений, используемых в варианте 2, данный прием существенно отличается от традиционного представления об органических удобрениях. Рекомендуемые дозы 10-20 тонн на каждый гектар в нынешних экономических условиях не представляется возможным, так как прибавка урожая не способна окупить те затраты на работу, технику и топливо, которые несет производитель при их подготовке, транспортировке и внесении в почву. Анализ литературы, лабораторные и полевые исследования авторов работы выявили, что данная форма и дозы являются оптимальными и учитывают множество факторов для эффективного развития растений и плодородия, в том числе и то, что они представляют собой эпидемиологически безопасный источник органического вещества. [5, 37]. Площадь экспериментальных участков в каждом варианте составляла 50 м2.

На рис. 3 представлена схема расположения делянок в опытах.

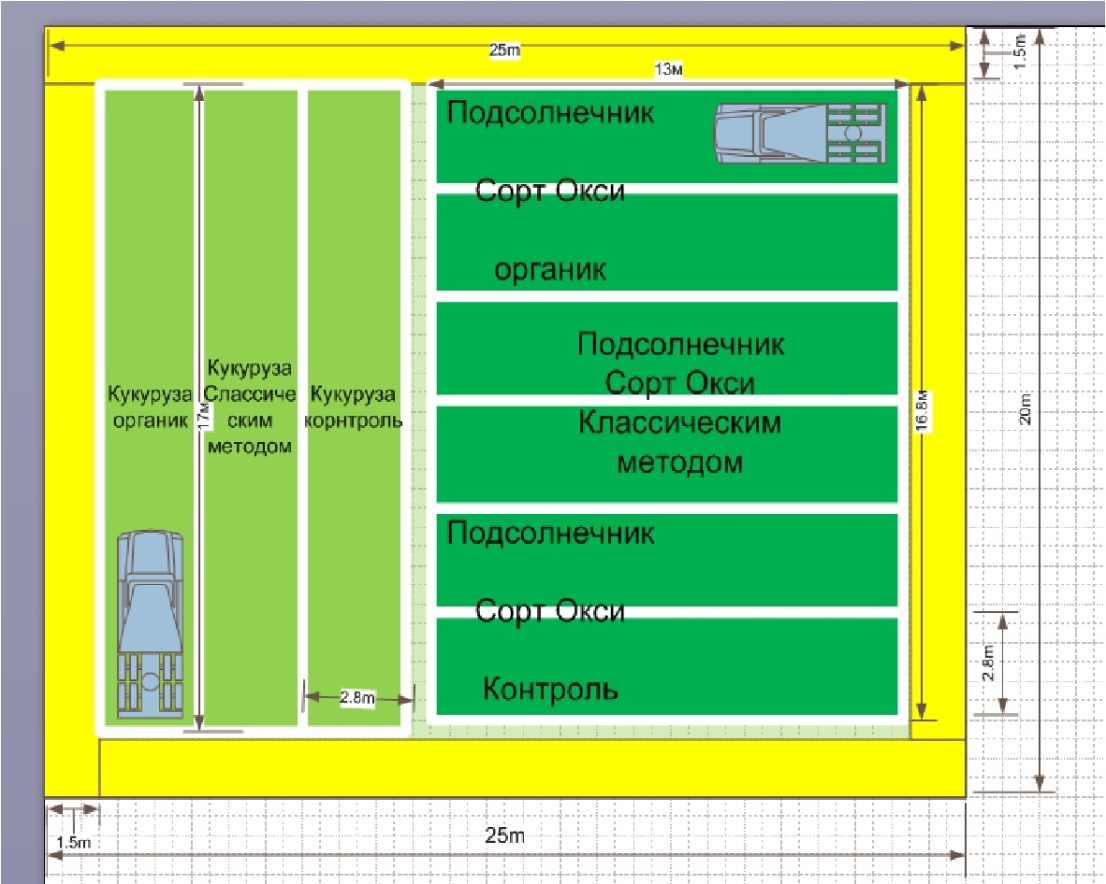


Рис 3. Расположение опытных делянок.

Основой органического материала удобрения является птичий помет, считающийся наиболее из всех видов органических удобрений наиболее ценным как по содержанию питательных веществ, так и по доступности их для растений (табл.9).

Свежий птичий помет в пересчете на сухое вещество содержит до 35,6% сырого протеина, 14,3% сырой клетчатки, 5% жира и 16,6% золы [13].

Таблица 9. Химический состав свежего помета птиц (И.П. Мамченков, 1964).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид птичьего помета | N | P2O5 | K2O | CaO | MgO |
| Куриный | 1,63 | 0,54 | 0,85 | 2,40 | 0,74 |
| Гусиный | 0,55 | 0,54 | 0,95 | 0,84 | 0,20 |
| Утиный | 1,00 | 1,40 | 0,62 | 1,70 | 0,35 |

Сравнительная оценка содержания элементов питания в навозе КРС и курином помете говорит о существенном превосходстве последнего. Концентрация азота выше в 3,6; фосфора в 2,3; калия в 1,7; кальция в 6,0; магния в 6,7 раз.

***Описание сорта***

Гибрид кукурузы «КВС - Клифтон», ФАО 175, трехлинейный, раннеспелый, очень холодостойкий и устойчив к полеганию. При его раннеспелости обладает высоким потенциалом урожайности на силос и зерно. Гарантирует дозревание зерна даже в климатически неблагоприятных условиях. Рекомендуемая густота посева при оптимальных условиях находится в пределах 75-85 тыс. растений на 1 га. При недостаточной обеспеченности влагой – 65-70 тыс. растений на гектар. В высоту растение достигает 3-х метров, листья приподнятые, на концах согнутые, початок около 20 см, ножка короткая, среднее количество рядов зерен, стержень окрашены. Зерно промежуточное, ближе к кремнистому, в верхней части желтое. Средняя урожайность зерна - 71,0 ц/га, нормализованного сухого вещества - 127,7 ц/га, выше стандарта на 7,1 и 22,5 ц/га соответственно. Гибрид устойчив к гельминтоспориозу, слабо поражается пузырчатой головней, слабо - бактериозом, сильно - фузариозом початков. Сильно повреждается стеблевым кукурузным мотыльком. Включен в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) и  Средневолжскому (7) регионам на  зерно и силос. [38].

В процессе проведения опыта были выполнены аналитические работы, направленные на выявление изменения агрохимических характеристик почвенных образцов (приложение 1), изменение содержания минеральных веществ в растительных образцах (приложение 2), изменение численности различных физиологических групп микроорганизмов в почве и интенсивности выделения углекислого газа из нее (приложение 3).

Аналитические работы выполнялись в учебно-научной испытательной лаборатории ФГБОУ ВПО «Ставропольский Государственный Аграрный Университет» в соответствии с договором ***«На создание и передачу научно-технической продукции» №1291 от 22.07.2016г.***

Анализы проведены в соответствии с нормативными документами.

***Почва:***

ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление водной, солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО.

ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

ГОСТ 26107-84 Почвы. Метод определения общего азота.

ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.

ГОСТ 26488-85 Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО.

ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО.

ГОСТ 26428-85 Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке.

ГОСТ Р 50686-94 Почвы. Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО.

ГОСТ Р 50689-94 Почвы. Определение подвижных соединений молибдена по методу Григга в модификации ЦИНАО.

ГОСТ Р 50685-94 Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО.

ГОСТ Р 50683-94 Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО.

ГОСТ 27395-87 Почвы. Метод определения подвижных соединений двух-, трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной.

ГОСТ Р 50688-94 Почвы. Определение подвижных соединений бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО.

***Растения:***

Мокроеозоление растительной пробы. Определение общего азота в растениях в прописи Пустовой И.В., Филин В.И., Королькова А.В. 1995г.

Определение общего фосфора в растениях в прописи Пустовой И.В., Филин В.И., Королькова А.В. 1995г.

Определение содержания калия в растениях пламенно-фотометрическим методом в прописи Пустовой И.В., Филин В.И., Королькова А.В. 1995г.

Метод определения серы в растениях и кормах растительного происхождения. Москва, ЦИНАО, 1999.

Определение содержания бора в растениях фотометрическим методом с использованием хинализарина, в прописи Минеева В.Г. 2001г.

Определение содержания кремния в растениях по методу Г.А. Барсуковой.

ГОСТ 27995-88. Методы определения меди.

ГОСТ 27996-88. Методы определения цинка.

ГОСТ 27997-88. Метод определения марганца.

ГОСТ 27998-88. Метод определения железа.

Аналитические исследования растительного материала проводились в листьях кукурузы.

***Биологические показатели почвы***

Основные физиологические группы почвенных микроорганизмов изучались по методике Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии путем высева почвенной суспензии определенных разведений на елективные питательные среды (Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева, 1979) с последующим прямым подсчетом колоний.

Количество аммонификаторов определяли на мясопептонном агаре (МПА), бактерий, использующих минеральные формы азота (нитрификаторов) - на крахмало-аммиачном агаре (КАА), численность почвенных микромицетов - на среде Чапека-Докса, подкисленной лимонной кислотой и с добавлением 100 мкг/мл стрептомицина для подавления роста бактерий; численность денитрификаторов учитывали на нитратном агаре в анаэробных условиях (воздух вытесняют аргоном); актиномицеты учитывали на среде КАА с добавлением 1 мкг/мл пенициллина для подавления роста бактерий, а почвенные бактерии на среде МПА, в 10 раз разведенной водопроводной водой. «Дыхание» почвы определяли по методу Галстяна с учетом количественных изменений углекислого газа в атмосфере почвы с помощью широкогорлых конических колб.

На рис. 4 показана презентация опытов на дне поля в республике Татарстан.



Рис. 4. Презентация результатов эксперимента на мероприятии «День Поля» в республике Татарстан

.

# 5. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Климатические, агропочвенные условия и их относительная однородность являются основными показателями оценки территорий для нужд сельскохозяйственного производства. Комплексное влияние ряда агрометеорологических факторов, главнейшие из которых тепло и влага, определяют формирование урожая сельскохозяйственных культур.

*Климат.* В целом климату республики Татарстан присущи умеренная континентальность, сравнительно теплое лето и умеренно холодная зима с устойчивым снежным покровом. Среднегодовая температура воздуха за последние 10 лет колеблется в пределах 3,4-5,2оС, годовое количество осадков – 487-528 мм. В теплый период года выпадает до 65-75 % от годовой суммы осадков.

*Агроклиматическое районирование* – климатическая характеристика какой-либо территории, в основу которого положены термические ресурсы и влагообеспеченность за вегетационный период. В качестве показателя термических ресурсов вегетационного периода берется сумма температур воздуха за период с температурами выше 10°, а за степень обеспеченности вегетационного периода влагой гидротермический коэффициент (ГТК). На основе этих показателей территория Татарстана условно разделена на четыре агроклиматических района. Опыты закладывались в первом агроклиматическом районе.

*Первый агроклиматический район* – прохладный, занимает северную часть республики, известную под названием Предкамья. Сумма температур воздуха за период с температурой выше 10° в границах района колеблется в пределах 2130-2150°. По условиям обеспеченности вегетационного периода влагой, район относится к достаточно увлажненному подрайону, гидротермический коэффициент (ГТК) больше 1,0 и характеризуется наибольшим увлажнением. Количество осадков за период май-сентябрь составляет более 240 мм с незначительными колебаниями по территории района в пределах 245-265 мм. Среднегодовая сумма осадков составляет примерно 528 мм.

*Характеристика почвы опытного участка*

Почвы на территории Республики Татарстан достаточно разнообразны, все они преимущественно тяжелого гранулометрического состава (85,1 %), средне- и легкосуглинистые занимают 9,4 %, супесчаные и песчаные – 2,5 % территории.

Опыт был заложен в первом агроклиматическом районе на опытном поле Центральной экспериментальной базы ФГБНУ «ТатНИИСХ», находящемся в 3-х км восточнее с. Большие Кабаны Лаишевского муниципального района Республики Татарстан (табл. 10). Почва опытного участка - серая лесная тяжелосуглинистая, слабогумусированная.

Таблица 10. Морфологическое строение и описание почвенного профиля почвы

|  |  |
| --- | --- |
| Почвенный профиль | Описание |
| Ап 0-25 см | темновато-серого цвета, тяжелосуглинистого механического состава глыбисто-комковатой структуры, в горизонте имеется много корней растений, заметный переход в нижний горизонт по линии вспашки |
| Аподпах25-33 см  В133-51 см | серого цвета, тяжелосуглинистого механического состава, разнородно плоскокомковатой структуры, плотного сло­жения, корни растений расположены по граням струк­турных отдельностей, резкий переход в нижний горизонт;  темно-бурого цвета, легкоглинистый, мелко-ореховатой структуры, очень плотного сложения, с довольно мобильной кремнеземистой присыпкой, с постепенным переходом в нижний горизонт; |
| В251 -69 см | темно-бурого цвета, легкоглинистый, разнородно-ореховой структуры, очень плотное сложение горизонта, присыпка SiO2 заметна по граням структурных отдельностей; |
| В369-101 см | бурого цвета, тяжелосуглинистого механического состава, крупно-ореховатой структуры, плотного сложения, заметны гумусовые затемнения; |
| С 101-150 см | буровато-желтоватого цвета, чередуются прослойки раз­личного механического состава, уплотненный горизонт, чередуются непрочные комковатые и бесструктурные слои, заметны прослойки темные и прослойки с включением марганца, переход заметен по окраске слоя. |

Содержание гумуса на данном участке составляет 3,2%, а кислотность (рН) почвы в солевой вытяжке – 5,8 [39, 40].

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почва как результат взаимодействия множества факторов биотического и абиотического происхождения представляет собой сложную систему, антропогенное вмешательство в которую может привести как к деструктивным последствиям, так и оптимизации процессов почвообразования.

Наряду с механическим воздействием на почву при подготовке ее для производства сельскохозяйственной продукции, поступление в нее средств питания растений (удобрений) нарушает естественно протекающие биогеохимические процессы. И соблюдение баланса между необходимостью поддержания почвенного плодородия и получения качественных высоких урожаев во многом определяется выбранной системой удобрения.

В результате проведенной работы было выявлено:

- трансформация минеральных веществ в почве во многом зависит от выбранной системы удобрения культурных растений;

- основные физиологические группы микроорганизмов имеют тенденцию к увеличению численности в почве при органо-минеральной системе удобрения;

* интегральные показатели почвенного плодородия – содержание гумуса, доля общего азота, интенсивность эмиссии углекислого газа (дыхание почвы) имеют наивысшие, показатели при органо-минеральной системе удобрения;
* повышение подвижности минеральных веществ в почве не является фактором, определяющим степень доступности их растениям.
* Так анализ данных, полученных в процессе проведенного опыта, показал, что разнообразие источников питания более благотворно влияет на основные агрохимические показатели, определяющие уровень почвенного плодородия – содержание органического вещества и общего азота. Такой эффект был показан био-органо-минеральным комплексом, состоящим из термически обеззараженного птичьего помета, природного цеолита и обогащенного рядом азотфиксирующих бактерий. В сравнении только с использованием минеральных удобрений это привело в корневой зоне кукурузы к увеличению общего азота на 19,4%, гумуса на 14%, минерального азота более, чем в 2 раза. Положительное влияние система удобрения с применением органических и микробиологических компонентов оказало на физиологические функции растений, что было выражено в более интенсивном процессе фотосинтеза и большей массе надземной части и корней.

Содержание подвижных соединений в почве таких элементов как фосфор, цинк, кальций, марганец, железо практически не изменилось, но отразилось на поступлении их в растения. Так, в листьях кукурузы увеличилось содержание фосфора на 17%, цинка на 40%, кальция в 2 раза, марганца на 31%. Количество подвижного магния в почве оказалось в варианте с использованием органо-минеральных удобрений меньше на 40%, при этом в растениях его оказалось в 2 раза больше.

Минеральная система удобрения, в свою очередь, стимулировала поступление в листья большего количества таких элементов как калий (10,5%), сера (18,4%), медь (44,2%).

Биологическая активность почвы, по всем изученным характеристикам, в том числе по такому интегральному показателю почвенного плодородия как «дыхание» почвы оказалась превосходной при использовании органо-минеральной системы удобрения. Проведенные исследования выявили, что микроорганизмы как один из важных методов, используемых в интенсивных технологиях, активизируют ростовые процессы растений, а так же благоприятно действуют на увеличение доступности макро- и микроэлементов растениями.

Из эксперимента так же следует, что плодородие почвы можно достоверно оценивать деятельностью микроорганизмов. Отмечалась высокая корреляционная связь между содержанием общего азота и такими группами микроорганизмов как аммонификаторы и нитрификаторы (по 0,93) в варианте с органо-минеральными удобрениями. В варианте с нитроаммофоской данные коэффициенты составляли 0,47 и 0,51 соответственно. Обратную корреляционную зависимость между содержанием общего азота в почве и количеством денитрификаторов, чья интенсивность с агрономической точки зрения считается не желательной, составляла – 0,36.

Другой вопрос в том, какие микроорганизмы и в каких почвенно-климатических условиях наиболее эффективно подходят. Ответ на вопрос находится в процессе анализа теоретического материала и практических исследований.

Оптимизация системы удобрения растений кукурузы возможна при учете их биологических особенностей. При слаборазвитой еще корневой системе молодые растения особенно требовательны к условиям питания. Следовательно, в прикорневой зоне в этот период питательные вещества должны находиться в легкорастворимой форме, но концентрация их не должна быть высокой. [40]. На данном этапе оптимальным является внесение физиологически благоприятных удобрений, рассмотренных в варианте 2. По мере роста и развития корневой системы возможно проведение подкормок минеральными удобрениями в нашем случае с содержанием калия, серы и меди. Высокая отзывчивость на их внесение будет определяться активным ростом растений и повышенной биологической активностью почвы. Большой запас валового азота и активные процессы аммонификации и нитрификации

снижают необходимость в проведении азотных подкормок.

В условиях снижения отзывчивости растений на внесение минеральных удобрений и на фоне увеличения их стоимости, использование результатов проведенной работы имеет практическую значимость, так как открывает возможности по повышению эффективности растениеводческой отрасли *АПК* и существенному снижению себестоимости получаемой продукции без ущерба почвенному плодородию.

Знание процессов, происходящих под влиянием различных средств, используемых в питании растений, возможность их технологического применения способствует рациональному использованию природных механизмов поддержания почвенного плодородия.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. - Ростов-на-Дону, 2003. - 202 с.

2. Миненко А.К. Изменение биологической активности дерново-подзолистых почв при их окультуривании. - «ВНИИ Агроэкоинформ». – 17 с.

3. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368с.

4. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 256 с.

5.Яхтанигова Ж.М., Занилов А.Х. Влияние минеральных, органических и микробиологических удобрений на агрохимические показатели почвы и развитие растений // Научное обозрение - 2015- №6. - С.14-17.

6. Справочник фермера. - М.: Информагротех, 1992. - 420с.

7. <http://www.activestudy.info/botanicheskie-i-biologicheskie-osobennosti-kukuruzy/>.

8. Абрамян С.А., Галстян А.Ш. Состав поглощенных катионов и ферментативная активность почв: Экологические условия и ферментативная активность почв - Уфа, 1979 - С.41-48.

9. Ladd J.N., Butler J.H.A. Homus-enzyme systems and synthetic, organic polymer-enzyme analogs. – In: Soil biochemistry. N.Y.: MarchelDekker, 1975. - vol.4. - p.143-194.

10. Новиков М.Н., Тужилин В.М., Самохина О.А., Лисятников И.И., Комаров В.И. Система биологизации в Нечерноземной зоне. – М.: ФГНУ «Роинформагротех», 2007. – 296с.

11. Вакуленко В.В. Биологически активные соединения для повышения урожайности и качества продукции // Химия в сел. хоз-ве. – 1997. – № 5. – С.37.

12. Смирнов П. М., Муравин Э. А. Агрохимия. - М.: «Колос», 1977. - 240 с.

13. Малофеев В.И. Технология термической переработки помета. – М.: Колос, 1981. – 117 с.

14. Курганова И.А. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. - М.: Почвенный институт им. Докучаева РАСХН, 2010. - 50 с.

15. Благодатский С.А., Ларионова А.А., Евдокимов И.В. Вклад дыхания корней в эмиссию СО2 из почвы // Дыхание почвы. НЦБИ РАН. - Пущино, 1993. - С. 26-32.

16. Кривоносова Г.М. Методика определения и фракционный состав органических фосфатов в мощном и оподзоленном черноземах //Агрохимия. – 1972. - №6. - С. 143-147.

17. Алиев Ш.А., Дышко В.Н., Сушеница Б.А. Использование местных фосфоритов и природных сорбентов для повышения продуктивности земледелия. – М.: ВНИИА, 2004. – 248с.

18. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: Учебник. - 3-е изд. - М.: Изд-во МГУ, 2005. - 445с.

19. Биологические и биохимические основы плодородия почв. Краткий курс лекций для аспирантов / Е.А.Нарушева // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014.

20. Мерзликин А.С. Экономическая эффективность применения удобрений. - М.: Росагропромиздат, 1989. – 79 с.

21. Оценка изменения микробиологической активности почвы при внесении разных форм органических удобрений. Варламова Л.Д., Короленко И.Д. // Материалы V Съезда Всероссийского общества почвоведов им.В.В.Докучаева. - Росто-на-Дону, 2008. - С. 98-104.

22. Мишустин Е.М., Емцев В.Т. Микробиология. - М.: «Колос», 1978. - 351с.

23. Влияние длительного применения удобрений на гумусное состояние черноземов. Сирота С.М., Надежкин С.М., Лунков С.В. // Материалы V Съезда Всероссийского общества почвоведов им.В.В. Докучаева. - Ростов-на-Дону, 2008. - С. 87-92.

24. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. - М.: Издательство АН СССР, 1963. - 314с.

25. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Использование препарата Azotobacter Chroococcum (Азотбактерина), - с.296-299.

26. Ведрова Э.Ф. Разложение органического вещества лесных подстилок // Почвоведение. - 1997. - №2.- С.261-223.

27. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. - 264 с.

28. Макаров Б.Н. Дыхание почвы и роль этого процесса в углеродном питании растений // Агрохимия. - 1993.- №8. - С.94-104.

29. Янчковский Ю.Ф. Биологическая активность чернозема выщелоченного в агроэкологическом мониторинге / Агроэкологические проблемы в земледелии Северного Кавказа и Центрально-Черноземной зоны России. - Краснодар, 2001. - С.32-33.

30. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений // Агрохимия. – 1991. - №3. - С.35-49.

31. Номенклатура ферментов. - М.:, 1979. - 320с.

32. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. - М.: Наука, 1982. – 203 с.

33. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

34. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии : Учебное пособие для студентов. - М.: Мир, 2006. - 504с.

35. Лысенко В.П., Тюрин В.Г. Переработка отходов птицеводческих хозяйств: учебное пособие. – М.: ВНИИГеосистем, 2016. - 428с.

36. Войтович Н.В., Андреева С.С., Шафран С.А. Ассортимент минеральных удобрений и экономическая эффективность их применения. Научные основы и рекомендации. - М: НИИСХ ЦРНЗ, 2005 - 127 с.

37. Яхтанигова Ж.М., Занилов А.Х. Применение удобрений и бактериальных препаратов на озимой пшенице: Сборник статей научно-практической конференции «Современные научные исследования: проблемы и перспективы» (г.Уфа – август 2015г)

38. <http://pandia.ru>

39. Шарипова Г.Ф. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и средообразующие свойства новых сортов люцерны посевной на серых лесных почвах республики Татарстан: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. - Казань, ФГБНУ ТатНИИСХ, 2016. – 53

40. Химический состав и питание растений: Агрохимия. 2-е изд. Смирнов П.М., Муравин Э.А.. - М.: Колос, 1984. – 304 с.