

Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан
Академия наук Республики Башкортостан
Башкирский государственный университет
Институт стратегических исследований Республики Башкортостан

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ ЗАУРАЛЬЯ
БАШКОРТОСТАНА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
(рекомендации производству)**

Сибай 2017

УДК 574
ББК 4

Использование природных цеолитов Зауралья Башкортостана для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур (рекомендации производству) / Суюндуков Я.Т., Сафин Х.М., Суюндукова М.Б., Хасанова Р.Ф. – Сибай, СИЦ – филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан», 2017. - 40 с.

ISBN 978-5-6040674-0-6

Рекомендации рассмотрены и одобрены Научно-техническим советом Министерства сельского хозяйства Республики Башкортостан и Отделением агро-биотехнологий Академии наук Республики Башкортостан.

В рекомендациях производству отражены результаты исследований по возможности использования природных цеолитов Зауралья Башкортостана для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Представлены данные по восстановлению агрофизических и агрохимических свойств чернозема обыкновенного при применении цеолитов и удобрений, проанализировано их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Рекомендации рассчитаны на руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий, крестьянских (фермерских) хозяйств, научных работников, преподавателей и студентов аграрных учебных заведений.

УДК 574
ББК 4

ISBN 978-5-6040674-0-6



© СИ БашГУ, 2017.
© Суюндуков Я.Т., Сафин Х.М.,
Суюндукова М.Б., Хасанова Р.Ф., 2017
© СИЦ – ф-л ГУП РБ ИД РБ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	5
1.1. Краткая история изучения цеолитов.....	5
1.2. Свойства цеолитов.....	6
1.3. Использование цеолитов в различных отраслях народного хозяйства.....	8
1.4. Использование природных цеолитов в сельском хозяйстве.....	9
1.5. Влияние природных цеолитов на плодородие почв и урожайность.....	10
2. ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕОЛИТОВ В БАШКИРСКОМ ЗАУРАЛЬЕ.....	16
2.1. Объекты исследований и схемы опытов.....	16
2.2. Влияние цеолитов на особенности формирования фотосинтетического аппарата и урожайность зерновых культур.....	16
2.3. Влияние природных цеолитов на динамику накопления фитомассы и урожайность зернобобовых культур.....	24
2.4. Динамика параметров плодородия черноземов Зауралья под влиянием природных цеолитов.....	30
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОПЫТА.....	34
ВЫВОДЫ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ.....	35
ЛИТЕРАТУРА.....	37

ВВЕДЕНИЕ

В результате длительного и интенсивного сельскохозяйственного использования плодородие пахотных почв Зауралья Республики Башкортостан (РБ) имеет тенденцию к стабильному снижению. Традиционные пути воспроизводства плодородия почв посредством применения органических и минеральных удобрений, приемов мелиорации достаточно энерго- и ресурсоемки, зачастую экологически не оправдываются.

Для восстановления утраченных свойств пахотных почв, получения более доброкачественной продукции при сохранении агроресурсов, прежде всего почвы, большой научный и практический интерес представляет использование в качестве мелиорантов местных ресурсов, в том числе природных цеолитов, крупные месторождения которых имеются в Башкирском Зауралье.

В последние годы в условиях Зауралья РБ проведен ряд исследований по выявлению эффективности природных цеолитов в повышении продуктивности культурных растений (Суюндукова и др., 2007; Мухаметдинова и др., 2008; Мухаметдинова, Суюндукова, 2008, 2009). В то же время недостаточно изучена возможность использования их в качестве мелиорантов для восстановления утраченных свойств деградированных почв.

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1.1. Краткая история изучения цеолитов

Как самостоятельная группа минералов цеолиты выделены шведским ученым Кронстедтом в 1756 году. Из-за способности пениться в струе горячего воздуха он назвал его «цеолитом», что в переводе с греческого означает «вскипающий камень». В конце XIX века стали известны уникальные адсорбционные и ионообменные свойства природных цеолитов. В 1938 г. Баррер исследовал зависимость адсорбционной способности природных цеолитов от их кристаллической структуры, заложив тем самым основы теории молекулярного сита. Однако отсутствие крупных месторождений этих минералов ограничило работы по их переработке и применению (Природные цеолиты, 1983; Jacobs van Santen, 1989; Цеолитсодержащие породы..., 2001).

В середине XX века быстро развивающаяся промышленность обусловила синтез искусственных цеолитов. В настоящее время насчитывают более сотни синтетических цеолитов.

В середине 50-х годов в Японии, США, Новой Зеландии, Италии были открыты крупные промышленные месторождения цеолитов осадочного и вулканического происхождения. Содержание в породах цеолитов составляло в некоторых местах до 90%. Запасы сырья составляли миллионы - сотни миллионов тонн. Таким образом, было положено начало интенсивному изучению, применению и внедрению природных цеолитов в мировую экономику.

В бывшем СССР первые месторождения богатых цеолитовых руд были открыты 1969-1970 гг. ВНИИ геолнеруд - Закарпатский, Крымский, Закавказский, Бадхызский, Приморский, Сахалинский, Камчатский, Курильский (Природные цеолиты, 1983; Цеолитсодержащие породы ..., 2001).

В настоящее время крупные месторождения природных цеолитов промышленного масштаба имеются в России, Украине, Молдавии, США, Японии, Болгарии, Венгрии, Словакии, Италии, Югославии, Кубе, Корее, Китае, Восточной Африке, Новой Зеландии, Исландии. В России открыты месторождения в Сибири, Кемеровской области, Якутии, Красноярском крае, Читинской, Орловской областях, что позволило резко расширить исследования в области по применению природных цеолитов в различных отраслях народного хозяйства.

В 1992-1993 годах открыты медноколчеданные месторождения на юго-восточной части Башкирии (Сибайское, Подольское, Юбилейное, Баймакское).

Цеолиты Сибайского месторождения по параметру кристаллической решетки относятся к ломонтиту, Тузбекские месторождения – к ломонтиту и мордениту (Бурдаков и др., 1993).

1.2. Свойства цеолитов

Цеолиты - это минералы класса алюмосиликатов с характерной им каркасной пористой структурой. Основной их чертой является трехмерный каркас с хорошо развитой системой полостей и каналов, насыщенных щелочными и щелочно-земельными катионами и молекулами воды имеющими значительную свободу движения, что приводит к ионному обмену и обратимой дегидратации (Шадрин, 1998; Voles, 1972).

Цеолиты благодаря способности кристаллического строения, обладают адсорбционными, ионообменными, и каталитическими свойствами. Они способны поглощать разные газы, растворенные соли и т.д. Цеолиты характеризуются устойчивостью к значительно выраженным колебаниям температуры, к ионизирующим излучениям и к агрессивным средам, достаточной механической прочностью, отсутствием токсических соединений, исключено заражение минерала микроорганизмами (Шадрин, 1998; Юхин, Середа, 1999; Barrer, 1978; Weber и др., 1983).

Внешне цеолиты представляют светло-серые, белые, голубовато-зеленые, буровато-желтые, иногда розовато-красные неровноплитчатые и массивные породы размерностью от пелитовой до лапиллиевой с преобладанием алевритопсефитовой. Для этих природных сорбентов характерна витрокластическая и кристалловитрокластическая структуры. Внешний вид и строение кристаллов цеолитов представлены на рисунке 1.

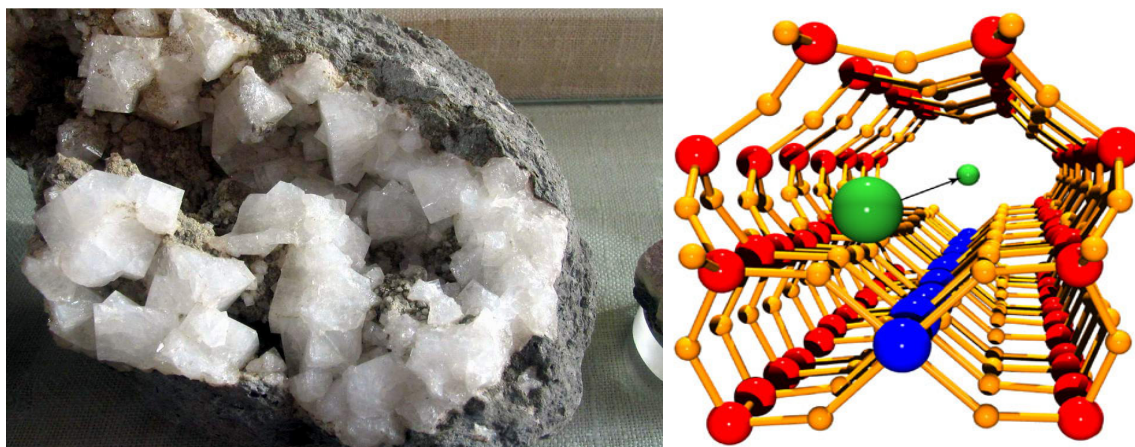
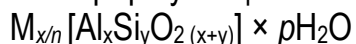


Рис. 1. Внешний вид и структура кристаллов цеолитов

Химический состав цеолитовых туфов зависит от месторождений и имеет различие в пределах одного месторождения и даже пласта. В них содержится от 30 до 40 макро- и микроэлементов. При этом наибольший удельный вес занимают окиси кремния, алюминия, железа, кальция, магния, натрия и калия. В состав цеолитов кроме окислов кремния и алюминия входят

кварц, халцедон, полевой шпат, гидрослюда, стекло, платоглаз, хлорит, кальцит, гидроксиды железа, окислы кальция, натрия, магния, титана, фосфора (Болтухин и др., 1988; Шадрин, 1998).

Обобщенная химическая формула цеолитов имеет вид:



где M – одновалентные (Na, K, Li) и (или) двухвалентные (Ca, Mg, Ba, Sr и др.) катионы; n – заряд катиона; $y/x = 1 : 6$; $p/x = 1 : 4$ (Цицишвили и др., 1985).

Благодаря рентгеновскому анализу в 30-х годах XX века была расшифрована структура цеолитов. По своему строению цеолиты являются алюмосиликатами со скелетной структурой, содержащий каналы и пустоты, занятые крупными ионами и молекулами воды. Первичной строительной единицей цеолитового каркаса является тетраэдр, центр которого занят атомом кремния и алюминия, в вершинах расположены четыре атома кислорода. Каждый атом кислорода является общим для двух тетраэдров. Совокупность всех тетраэдров образует непрерывный каркас. Отношение Si/Al может значительно изменяться в пределах одного структурного типа, в зависимости от состава исходных растворов и условий кристаллизации. Замена четырехвалентного кремния на трехвалентный алюминий в тетраэдрах определяет отрицательный заряд каркаса, который компенсируется катионами щелочных, щелочноземельных и других металлов, расположенных вместе с молекулами воды в каналах структуры. Катионы металлов располагаются в определенных местах кристаллической решетки и занимают весьма малую часть объема. Они обладают способностью обмениваться на другие одно- и поливалентные катионы, поэтому их называют обменными. Содержание воды варьирует в зависимости от характера обменных катионов и условий кристаллизации. В обычных условиях молекулы воды заполняют весь свободный объем каналов и пустот цеолитовой структуры (Челищев, 1973; Шадрин, 1998; Маликова, Фенченко, 2001).

Цеолитовые туфы различаются по физико-химическим, технологическим свойствам, в зависимости от месторождения и подразделяются на следующие виды – клиноптилолит, морденит, шабазит, филлипсит, ломонтит, анальцит. В них содержится от 30 до 40 макро- и микроэлементов. Наибольшую удельную массу среди них занимают окиси кремния, алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия. Из микроэлементов, имеющих важное значение для растений и животных, содержатся железо, медь, марганец, кобальт, молибден. В составе цеолитов имеются и макроэлементы питания растений фосфор, калий, кальций и т.д.

В результате рентгеноспектрального, рентгенофазового и количественного химического анализов цеолитосодержащих пород **Сибайского**

месторождения установлено содержание ломонтита – до 30%, цеолита – до 15%, морденита, стильбита, натролита и жисмондита до 3% каждого в переводе на фракционированный, итого свыше 54%. Содержание тяжелых металлов (мышьяк, ртуть, кадмий, фтор) не превышает нормы предъявляемых к природным цеолитам.

В **Тузбекском месторождении** суммарное содержание в породе цеолитовых минералов составляет 51-53% в том числе ломонтита – 26,1%, птилолита – 17,0%, стильбита – 5,0% и эрионита – 2,0% (Бурдаков и др., 1993).

Тузбекское месторождение природных цеолитов было выявлено в 1999 году в Баймакском районе РБ. По площади занимает около 7 га на лево- и правобережных полускальных бортах ручья Тузбек. По результатам лабораторных исследований цеолиты имеют следующий химический состав (%): SiO₂ - 60,60-66,80, Al₂O₃ - 12,30-16,40, CaO - 4,05-5,00, Na₂O - 2,31-3,51, Fe₂O₃ - 2,56-2,60, MgO - 1,09-2,22, FeO - 0,56-1,35, TiO₂ - 0,58-0,74, K₂O - 0,27-0,52, P₂O₅ - 0,13-0,17, H₂O - 0,30-0,70, MnO - 0,05-0,08, SO₃<0,10. По минеральному составу в Тузбекском цеолите преобладает ломонтит (Ca₄[(AlO₂)₈(SiO₂)₁₀] 16H₂O) – 26,0%, кроме этого присутствует высококремнистый морденит (птилолит) (Na₈[(AlO₂)₈(SiO₂)₄₀] 24H₂O) – 17,0%, стильбит (Na₂, Ca₄[(AlO₂)₁₀(SiO₂)₃₀] 24 H₂O) – 5,8%, эрионит (Mg, Ca, Na₂, K)₄, 5 [(AlO₂)₉(SiO₂)₂₇] 27H₂O) – 2,0%. Суммарное содержание цеолитовых минералов в среднем составляет 51–53%, остальную часть занимают полевые шпаты, кварц, хлорит. Содержание токсических веществ (Fe, As, Pb, Cd, Hg, Cr, Zn, F) и металломагнитной примеси – ниже минимально допустимых уровней (Юсупов, 2005).

1.3. Использование цеолитов в различных отраслях народного хозяйства

В настоящее время природные цеолиты находят широкое применение и используются практически во всех отраслях народного хозяйства: в легкой промышленности – в качестве наполнителей в производстве бумаги и искусственной кожи, в качестве дезодорирующих компонентов, в качестве ионообменного агента для замены триполифосфата как часть различных моющих средств; в металлургии – для разделения смесей различных газов, удаления метана из воздуха в подземных выработках, получения кислорода и азота путем адсорбционного разделения воздуха; в строительстве – в качестве активных минеральных добавок в производстве цемента и бесцементных шлакощелочных вяжущих (Цеолитсодержащие породы..., 2001); в газовой промышленности – для глубокой осушки различных газов и жидкостей; в нефтеперерабатывающей промышленности цеолиты используются для

очистки от H_2S , сероорганических соединений и CO_2 прямогонных бензинов и других нефтепродуктов, природного газа, углеводородного сырья (Мовсумзаде и др., 2000).

Кроме указанных направлений, природные цеолиты применяются и в других отраслях промышленности, например в качестве флотационного агента при обогащении полиметаллических руд, для утилизации солнечной энергии, при производстве огнетушащих порошков, для очистки спирта от метанола и сивушных масел, для очистки белковых коллоидных помутнений и осветления виноградных вин, соков, пива (Мовсумзаде и др., 2000).

В медицине природные цеолиты используются для очистки инсулина и плазмы крови, для связывания и выведения из организма токсических метаболитов, радионуклидов и солей тяжелых металлов. Перспективно также применение природных цеолитов в качестве иммуностимулятора и антиаллергического средства (Цеолитсодержащие породы..., 2001).

В области охраны окружающей среды природные цеолиты используются для очистки отходящих газов промышленных предприятий и тепловых электростанций путем извлечения окислов серы, в качестве наполнителей фильтров при очистке городских и промышленных сточных вод от аммонийного азота, от токсических ионов тяжелых металлов и других вредных компонентов (Белоусов, 2006).

1.4. Использование природных цеолитов в сельском хозяйстве

В сельском хозяйстве перечень возможных областей применения природных цеолитов также достаточно широк и разнообразен. В животноводстве и птицеводстве цеолитсодержащие породы применяются в качестве диетических добавок в корм животных и птиц, что приводит к уменьшению заболеваемости, повышению продуктивности, улучшению качества конечной продукции. Цеолиты способствуют более полному перевариванию пищевых масс, повышению усвояемости питательных веществ и минеральных компонентов, пополнению дефицита микроэлементов, снижению всасывания экзо- и эндотоксинов (Челищев, Челищева 1980; Шадрин, 1998). Цеолиты применяются также для улучшения гигиенических условий в животноводческих помещениях. Смешивание природных цеолитов с животными отходами стабилизирует влагу, удаляет неприятный запах и дает возможность применять смеси цеолита с отходами в качестве удобрений и добавок в корм животным, птицам и рыбам (Саввинова, 1984). В рыболовстве цеолиты используются для извлечения аммония из водоемов, что увеличивает сохранность выращиваемых мальков (Мовсумзаде и др., 2000).

В земледелии природные цеолиты применяются в качестве мелиорантов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. По результатам обобщенных литературных данных цеолитсодержащие породы вносят в почву от 0,2 до 30 тонн на гектар с минеральными и органическими удобрениями или без них. Имеются сведения о том, что в садоводстве дозы внесения цеолитов достигают более значительных величин—70 т/га (Цхакая и др., 1985). В большинстве случаев урожайность зерновых повышается на 5-15%, овощных, плодовых и технических культур - на 10-20%, в некоторых случаях до 50-80%. Расхождение между собой информации по урожайности, объясняется различием в применяемых дозах и катионном составе цеолитов, различием в типе почв, в условиях эксперимента и т. д. Помимо всего вышеперечисленного отмечается положительное влияние цеолитов на качество зерна, увеличение клейковины и белка; улучшение качества плодов, увеличение массы сухого вещества, содержание сахаров и т.д. (Михайлов, Дистанов, 1999; Мовсумзаде и др., 2000; Ульянова, Чупрова, 2002). Так по данным группы исследователей (Цеолитсодержащие породы..., 2001), улучшилось и качество продукции, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы повысилась на 2,9-6,5%. В зерне яровой пшеницы повысилась содержание белка до 2,3% и клейковины до 14,2%, а в зеленой массе однолетних трав - протеина до 6,4%.

В настоящее время доказана эффективность применения природных цеолитов для осушки влажного зерна, в качестве минерального субстрата в гидропонике, антислёживателей удобрений и носителей ядохимикатов, для обработки экскрементов животных и птиц с получением удобрительных смесей (Мовсумзаде и др., 2000).

1.5. Влияние природных цеолитов на плодородие почв и урожайность

В химизации земледелия особое место занимает химическая мелиорация, улучшающая свойства почвы. Использование природных цеолитов в качестве мелиоранта является новым направлением исследований.

Механизм действия природных цеолитов как мелиорантов достаточно разнообразен и до конца еще не исследован. Цеолиты улучшают структуру почвы, увеличивают ее проницаемость, накапливают такие важные элементы питания растений, как N и K, в форме обменных катионов и сорбируют NH_3 , а затем медленно отдает во время роста растений, выполняя роль пролонгатора (Минеев, 1988; Рязанова, 2002; Середа и др., 2003). Подвижные формы удобрений, адсорбированных цеолитом, сохраняются от вымывания, уменьшаются потери аммонийного азота за счет нитрификации и улетучивания, в результате чего улучшается питание растений азотом и калием, увеличиваются коэффициент устойчивости растений к повышенным дозам

удобрений при их неравномерном внесении. За счет ионного обмена цеолиты снижают кислотность почв, увеличивают водоудерживающую способность. Цеолиты в почве связывают тяжелые металлы, препятствуя их поступлению в растения (Челищев и др., 1980). Кроме того, цеолит устойчив к эрозии и сохраняется в почве, не подвергаясь дальнейшим преобразованиям. Созданные под влиянием цеолита благоприятные физико-химические свойства почвы способствуют усилению биологической активности почвы и росту численности полезных почвенных микроорганизмов (Цеолитсодержащие породы..., 2001).

Сделаны первые попытки исследования влияние цеолитов на структурные особенности различных почв. Исследованиями Г.А.Мазура с соавт. (1987), А.И.Киселя и В.И.Канивца (1987) установлено, что применение цеолитсодержащих пород в качестве мелиоранта способствует повышению влажности почв, резкому снижению гидролитической и обменной кислотности, повышению суммы поглощенных и обменных оснований, а также степени насыщенности почвы основаниями. По данным некоторых исследователей (Цеолитсодержащие..., 2001), в первый год исследования на серых лесных почвах сдвиг рН в зависимости от количества внесенного цеолита составил на фоне умеренных доз минеральных удобрений 0,47–0,74, а на фоне повышенных доз – 0,15–0,73 единицы рН. Природные цеолиты способствовали также увеличению суммы поглощенных, обменных оснований почвы и насыщенности ее основаниями. С изменением реакции почвенной среды под воздействием цеолитов, в ней произошел переход части труднорастворимых фосфатов в подвижные формы. Так, содержание подвижного фосфора в почве увеличилось на 9–41 мг/кг. Существенная разница в содержании подвижного фосфора сохранилась даже спустя четыре года после внесения цеолита. Под действием цеолита в почве увеличилось и содержание минерального азота, особенно аммиачного. В год внесения породы в слое 0–60 см его запасы были выше на 25–94 кг/га, из них основная доля (20–70) кг/га приходилась на аммиачный азот. В первые годы наблюдалось интенсивное поглощение и удержание аммиачного азота, в последующие годы – третий и четвертый эти действия значительно ослабли и составили 3–27 кг/га. Природные цеолиты также оказали положительное влияние на запасы продуктивной влаги, увеличивая ее объем в среднем за вегетационный период на 8–20 мм в слое 0–100 см и 1–5 мм – в пахотном слое.

Исследования на дерново–подзолистых почвах легкого гранулометрического состава проведены А.И.Киселем и В.И.Канивцем (1987). Ими показано, что природные цеолиты вызывают существенные благоприятные изменения свойств почв. Так, применение цеолитов в дозах 10 и 20 т/га повышают значение рН на 0,8–1,2 единицы, восстанавливаясь до исходного

состояния лишь спустя 5-6 лет. Природные цеолиты в данных дозах также способствовали увеличению водоудерживающей способности и повышению влажности почв на 5-10%. Емкость поглощения почвы в зависимости от нормы цеолита и фона удобрений повысилась на 1,0-1,8 мг-экв., или на 15-28%, а почвенный комплекс насыщался основаниями. Содержание и соотношение в почве подвижных минеральных соединений азота также подверглись изменениям под воздействием цеолита, количество нитратов увеличилось в полтора раза, содержание фиксированного аммония повысилось на 10-16%, что способствовало созданию оптимального режима питания растений этим элементом, снижало потери его от денитрификации и вымывания. В результате чего коэффициент использованного азота растениями повышался на 10-51%.

Украинским НИИ земледелия доказана возможность использования цеолита для предупреждения вымывания удобрений из почвы (Цеолиты: эффективность..., 2000⁶). Присутствие в цеолитах щелочноземельных элементов способствует повышению катионной емкости почвы и, как следствие, нейтрализации реакции почвенной влаги.

Институтом почвоведения и агрохимии АН Азербайджана (Цеолиты: эффективность..., 2000) проведены исследования по изучению цеолитов Айдагского месторождения. Установлено, что при внесении этих цеолитов в каштановую почву в дозе от 5 до 20 т/га увеличивается водоудерживающая способность с 41% до 53%. Внесение цеолитов также привело к увеличению фильтрационной способности и количества агрономически ценных водопрочных агрегатов, что снизило набухаемость почвы. Изменение этих свойств почвы авторами объясняется тем, что цеолиты обладают высокой емкостью катионного обмена, которая приводит к увеличению емкости поглощения почв.

Исследования Г.А.Мазура с соавт. (1987) на легких почвах показали, что применение цеолита различных дозах закономерно увеличило общую емкость поглощения почвы в 1,5 – 1,8 раза и ее способность поглощать и удерживать влагу на 15-25%. Минералы также способствовали снижению потерь удобрений из обогащенного сорбентом почвы и повышению вследствие этого коэффициента его использования растениями. В опытах с внесением азотных удобрений потери его составили за три года 23,9 - 28,0%, на контроле этот показатель был равен 42,7%. Существенно сокращались потери азота вследствие нисходящей миграции, достигающие как известно, на почвах легкого механического состава значительных величин.

Исследователями из Кемеровской НИИ сельского хозяйства (Борошенко и др., 1992) изучено действие и последствие цеолитового туфа на различных типах почв, с дозой внесения на выщелоченном черноземе – 7,5 т/га, на серой лесной почве – 10 т/га. Данные агрохимического анализа пахотного горизонта показывают, что емкость поглощения оснований за период опыта на черноземах

с цеолитом возросла на 1,8-5,1 мг/экв на 100г, а на серой лесной на 2,9-11,0 мг/экв соответственно.

По данным группы исследователей установлено, что применение природного цеолита на выщелоченных черноземах существенно влияют на физико-химические свойства почвы (Цеолитсодержащие породы..., 2001). Цеолитсодержащие породы внесены в дозах 5, 10, 15 и 20 т/га совместно с минеральным удобрением NPK. По истечению трех лет в зависимости от доз внесения обменная кислотность была ниже на 0,2-0,6 единиц pH, а величина гидролитической кислотности была на 1,41-2,82 мг экв/100г меньше исходной почвы. Сумма поглощенных оснований и степень насыщенности почвы основаниями была довольно высокой, превышение над контролем составило от 0,6-5 мг экв/100г и от 2,7-6,2%. Природные цеолиты способствовали также увеличению запасов продуктивной влаги. В год внесения породы в среднем за вегетационный период под сахарной свеклой данный показатель в слое почвы 0-60см был выше на 6,6-19,4мм, а в пахотном слое – на 2,3-11,6мм. Аналогичная ситуация сохранилась и на второй год после внесения цеолитов под посевом яровой пшеницы, на третий год – под однолетними травами, но несколько меньше, чем в первый год.

Продуктивность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы в значительной степени определяются применением различных мелиорантов. В этом отношении особое значение уделяется природным цеолитам.

Под воздействием природных цеолитов улучшается пищевой, водный и биологический режимы, создается благоприятный агрохимический состав почвы, что способствует повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Об этом свидетельствуют данные некоторых исследователей (Цеолитсодержащие породы..., 2001) на черноземах выщелоченных среднесуглинистого состава с внесением цеолитов в дозе от 5 до 20 т/га. Урожайность сахарной свеклы в год внесения пород составила в зависимости от доз 19-58 ц/га. На второй год урожайность яровой пшеницы составила 2,1-10,4 ц/га, на третий год получена прибавка урожая зеленой массы викоовсяной смеси в пределах 40-166 ц/га. Повышение урожайности культур и качество конечной продукции вероятно связано с улучшением физико-химических свойств почвы и повышением запасов продуктивной влаги.

По данным Г.А.Мазура с соавт. (1987) при внесении цеолитовой муки в супесчаную почву в дозе 15 т/га прирост урожая последовательно идущих в севообороте культур соответственно составил: картофель – 31,4%; ячмень – 64,0%; клевер – 79,0%; озимая рожь – 31,5%; кукуруза – 20,3%. По его же данным в длительном опыте на песчаной почве при внесении цеолита в дозе 12, 18 и 30 т/га суммарный ежегодный эффект за пятипольную ротацию севооборота составил, в условиях зерновых единиц – 3-6ц/га или 10,7-21,0%.

Исследования А.И.Кисель и В.И.Канивец (1987) на дерново–подзолистых пылевато–песчаных окультуренных почвах, с внесением цеолита в дозе 10, 20 т/га, обеспечило повышение урожайности всех выращиваемых культур. В звене севооборота ячмень – клевер – кукуруза – ячмень прибавка урожая в зависимости от культуры и способа обработки почвы составили от 7 до 39%. При внесении цеолита в тех же дозах в дерново–подзолистую пылевато–супесчаную кислую почву, наблюдается достоверная прибавка урожая кукурузы на силос (монокультура 5 лет) и зеленой массы однолетних трав (шестой год) на 13 и 15 центнеров кормовых единиц соответственно.

Эффективность применения цеолитовой муки при использовании ее в звеньях севооборотов с картофелем исследовал О.Т.Гладыш (1987). Изучалось звено севооборота: картофель – озимая рожь – картофель. Доза цеолита составила 2,5, 5,0, 7,5 т/га. По мнению автора на основе полученных результатов оптимальным является использование цеолита в дозе 5т/га по органно - минеральному фону. Прибавка урожая клубней от прямого действия цеолита составила 16-82 ц/га, от последействия цеолита на озимой ржи зеленой массы – до 80 ц/га, зерна – до 9,5 ц/га в зависимости от погодных условий в год возделывания культур.

В Сибири на выщелоченных черноземах средне – и тяжелосуглинистого состава внесение клиноптилолитсодержащего туфа в дозе 2,5–5 т/га на фоне основных минеральных удобрений увеличило урожай для картофеля на 12-25%, зеленой массы кукурузы – 18-36%, пшеницы – 8-11% (Цицишвили и др., 1985).

Проведены полевые испытания клиноптилолита Айдагского месторождения в качестве мелиоранта на каштановых почвах Карабахской степи (Природные цеолиты, 1983). Прибавка урожая пшеницы при совместном внесении клиноптилолита с минеральными удобрениями составило в дозе 5т/га - 14,5%, 10 т/га – 27,9%, 20 т/га 25,6%.

Способность цеолитов улучшать агрохимические показатели почвы за счет регуляции и аккумуляции питательных элементов, нейтрализации почвенной кислотности также нашли свое применение и в садоводстве.

Эффективность цеолитизации почвы при выращивании черной смородины на дерново–подзолистых среднесуглинистых почвах исследованы Д.Д.Дебеловой (1992). По данным автора, внесение цеолита в дозах 15, 30, 40 т/га существенно увеличивает общий суммарный прирост побегов смородины.

Оценка эффективности специальных цеолитовых субстратов для тепличных хозяйств изучена Л.М.Нагорновой с соавт. (1992). Тепличный грунт составили опилки, обработанные мочевиной. Культурооборот: огурцы – томаты – огурцы. Цеолит и цеолитно-пометный компост внесли в дозе 15, 25, 50% от объема грунта на фоне полного минерального удобрения. Также изучался

вариант с внесением 50% цеолитно–пометного компоста без внесения минеральных удобрений. По мнению автора, оптимальными дозами цеолита в чистом виде является внесение 25% от объема грунта, обеспечивающее прибавку урожая от 23,5 до 70,9% в вегетационном опыте и 10,6% - в производственном. Повышение урожая первой культуры более, чем в два раза наблюдается при внесении цеолитно–пометного компоста в дозе 50% от объема грунта. Такая же тенденция сохранилась и при уборке урожая вторых и третьих культур. Внесение цеолитов ускоряет скорость созревания овощных культур, повышает качество продукции и снижает содержание нитратов в 2-2,5 раза.

Во Всероссийском НИПТИХИМ изучена возможность использования цеолитов для тепличных субстратов при выращивании зеленых культур, которые являются более требовательны к почвенному плодородию и условиям произрастания (Цеолиты: эффективность..., 2000). Урожай петрушки, лука на перо, салата на цеолитовом субстрате был на 10-30% выше, а пекинской капусты и кориандра – на уровне органического грунта. На цеолитовых субстратах значительно меньше на (5-70%) накапливалось нитратов. Продукция во все периоды отвечала санитарно – гигиеническим нормам и отличалась более высокой питательной ценностью. Загрязнение ее токсикантами снижалось в 2-3 раза.

По данным Грузинского НИИ земледелия, на грунтах, в составе которых имеется цеолит в количестве 50 или 75% по объему грунта, урожайность огурца возрастает на 3,8-4,3 кг/м², томата - на 1,2-1,5 кг/м² (Цеолиты: эффективность..., 2000).

Исследования в защищенном грунте показали, что внесение природных цеолитов в субстрат пленочных теплиц повышает урожайность огурцов на 21%, а использование цеолитового субстрата в теплицах зимнего типа позволяет получить урожайность томатов выше на 43% (Макарычев, Петункин, 1990).

2. ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕОЛИТОВ В БАШКИРСКОМ ЗАУРАЛЬЕ

2.1. Объекты исследований и схемы опытов

Исследования проводились в стационарном микроделяночном полевом опыте на территории Сибайского института (филиала) БашГУ и лаборатории экологии и рационального природопользования Сибайского филиала Института стратегических исследований Республики Башкортостан. Объектами исследований являлись цеолиты Тузбекского месторождения и культурные растения: озимая рожь (*Secale cereale L.*), яровая пшеница (*Triticum aestivum L.*), вика яровая (*Vicia sativa L.*), овес посевной (*Avena sativa L.*), ячмень яровой (*Hordeum vulgare L.*).

Исследования проведены на черноземе обыкновенным тяжелосуглинистого механического состава, с мощностью гумусового горизонта 40 – 45 см, содержанием гумуса 4 – 6%, сумма поглощенных оснований 35 – 50 мг экв. на 100 г почвы, pH среды близка к нейтральной.

Схема опыта включала варианты: контроль (без цеолита, **К**); солома ячменя 4 т/га (**С**); навоз в дозе 30 т/га (**Н₃₀**); цеолит в дозе 15 т/га (**Ц₁₅**); цеолит в дозе 20 т/га (**Ц₂₀**); цеолит в дозе 25 т/га (**Ц₂₅**); цеолит в дозе 30 т/га (**Ц₃₀**); цеолит в дозе 10 т/га + навоз в дозе 10 т/га (**Ц₁₀ + Н₁₀**); донник (сидерат) (**Д**); цеолит в дозе 10 т/га + донник (сидерат) (**Ц₁₀ + Д**). Повторность трехкратная, размещение вариантов систематическое со смещением в повторениях. В опытах использовался измельченный и просеянный цеолит фракции менее 3 мм.

Опыты заложены в звеньях севооборота при следующем чередовании культур: пар – озимая рожь – яровая пшеница – викоовсяная смесь; пар – викоовсяная смесь – яровая пшеница – ячмень; пар – яровая пшеница.

В опытах с зернобобовыми культурами (горох посевной, нут культурный) схема опыта включала контроль (без цеолита, **К**) и варианты с внесением цеолита в дозах 15 (**Ц₁₅**), 20 (**Ц₂₀**), 25 (**Ц₂₅**) и 30 т/га (**Ц₃₀**).

Схема опыта в производственных условиях ИП «КФХ Каримов» (Баймакский р-н РБ) включала следующие варианты: 1. Контроль; 2. Аммофоска $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3. Цеолит 25 т/га; 4. Цеолит 25 т/га + аммофоска $N_{30}P_{30}K_{30}$. Площадь делянок 1000 м², без повторностей.

2.2. Влияние цеолитов на особенности формирования фотосинтетического аппарата и урожайность зерновых культур

Динамика формирования надземной и подземной фитомассы. У яровой пшеницы и озимой ржи внесения цеолита и увеличение его дозы от 15 до 25 т/га привело к закономерному повышению надземной и подземной

фитомассы, дальнейшее увеличение дозы цеолита до 30 т/га привело к некоторому их уменьшению по сравнению с дозой 25 т/га. Эффект снижения объясняется снижением подвижности элементов питания в год внесения высоких доз цеолита. Наибольшие значения фитомассы у яровой пшеницы отмечены в варианте внесения цеолита с навозом, у озимой ржи – навоза в дозе 30 т/га (рис. 2).

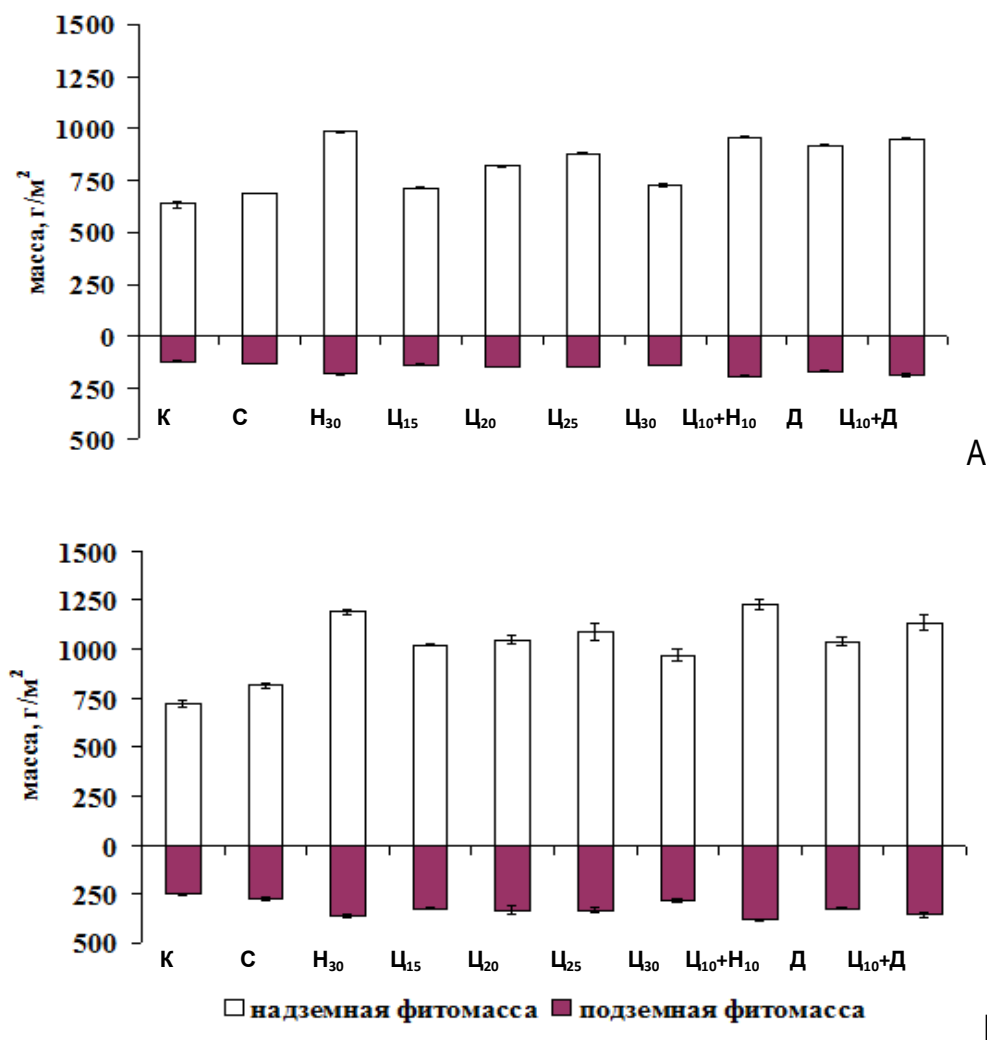


Рис. 2. Влияние цеолита и органических удобрений на накопление надземной и подземной фитомассы: А – яровой пшеницы, Б – озимой ржи

У ячменя и викоовсяной смеси при внесении цеолита и органических удобрений также отмечается существенное увеличение фитомассы (рис. 3). При этом увеличение дозы цеолита привело к закономерному росту массы надземной и подземной фитомассы и при самой высокой дозе цеолита. У этих

культур максимальное количество фитомассы отмечено на варианте совместного внесения цеолита с навозом.

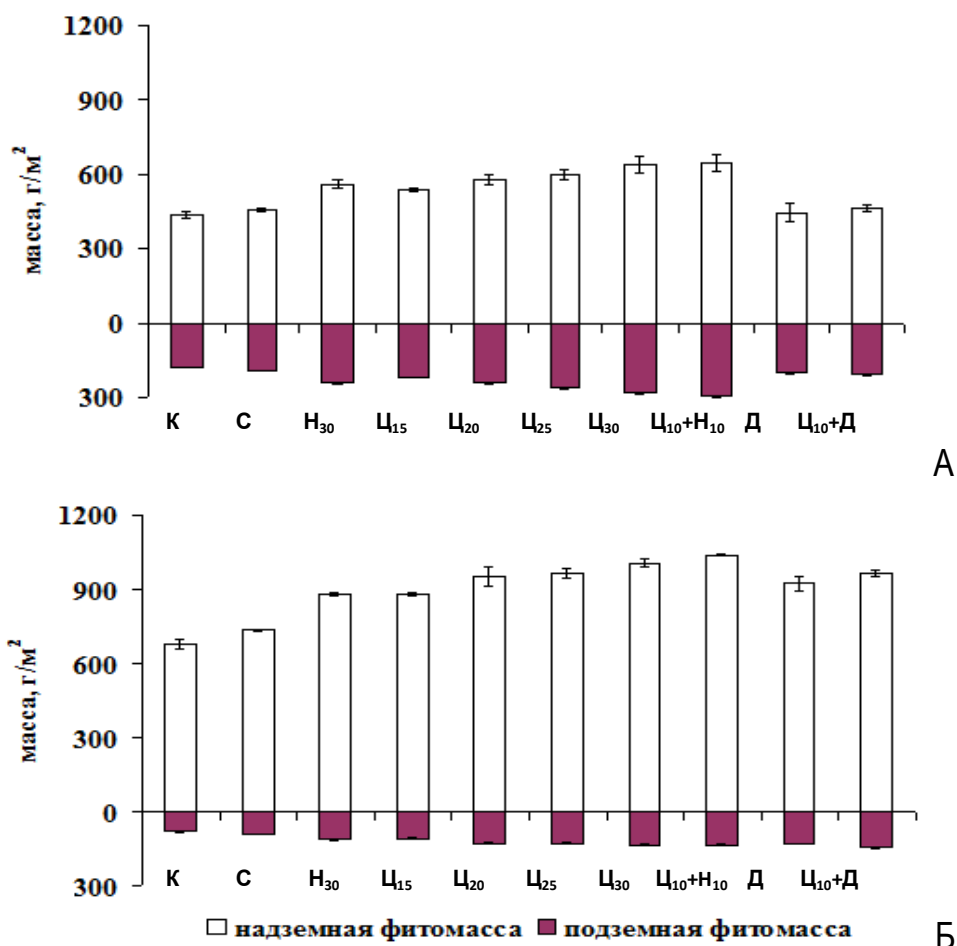


Рис. 3. Влияние цеолита и органических удобрений на накопление надземной и подземной фитомассы: А – викоовсяной смеси, Б – ячменя

Увеличение надземной и подземной фитомассы растений под влиянием цеолита, органических удобрений и при их совместном внесении связано с оптимизацией питательного режима почвы.

Формирование фотосинтетического аппарата. Известно, что продуктивность фотосинтеза растений определяется двумя главными показателями – суммарной площадью листьев и интенсивностью фотосинтетических процессов на единицу листовой поверхности. Полученные данные свидетельствуют о существенном усилении фотосинтетической деятельности в агрофитоценозах под влиянием цеолитов и органических удобрений (рис. 4), что связано с улучшением условий питания.

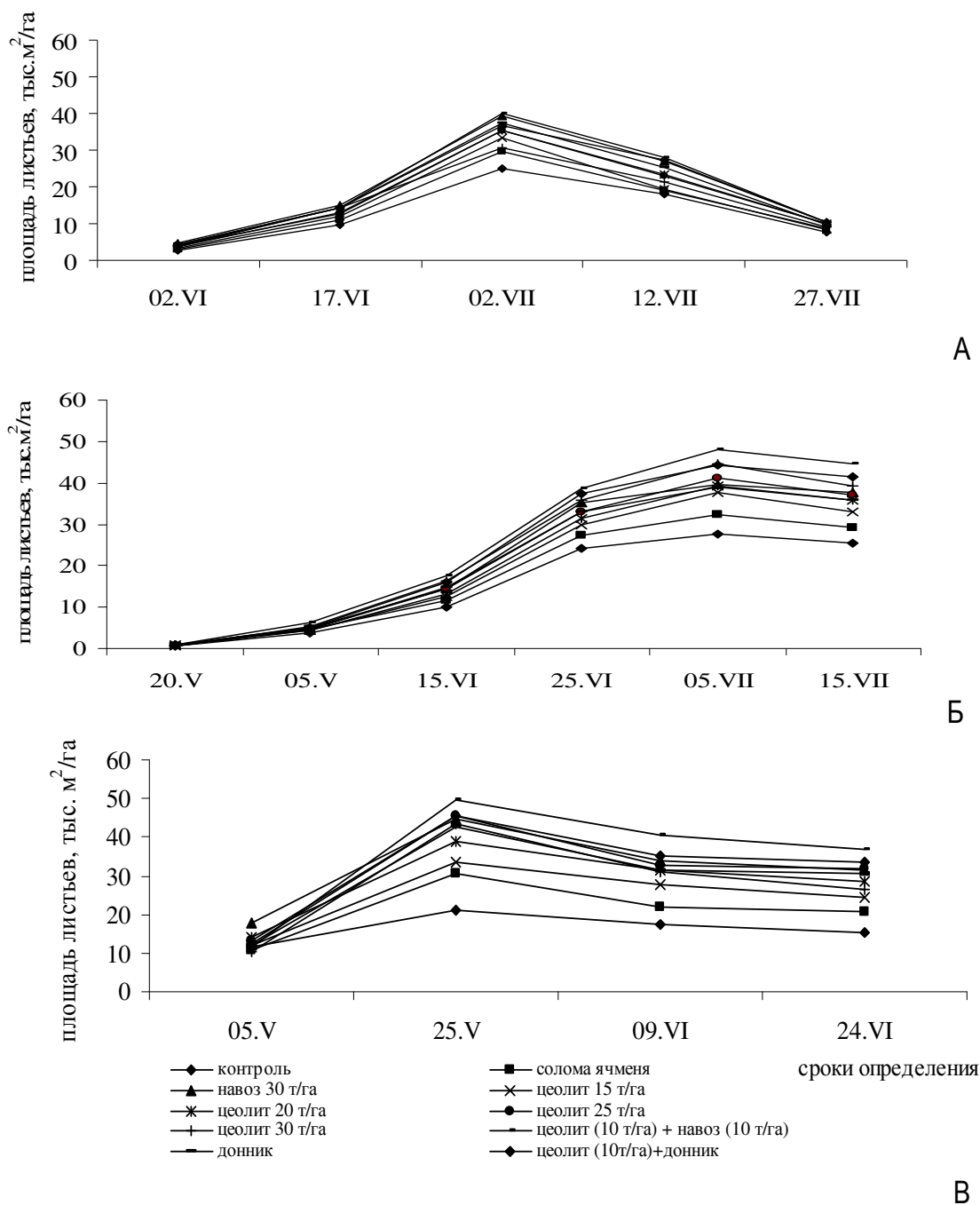


Рис. 4. Влияние цеолита и органических удобрений на динамику формирования листовой поверхности: А – яровой пшеницы, Б – викоовсяной смеси, В – озимой ржи

Из рисунка видно, что под влиянием цеолита и органических удобрений произошло увеличение площади листовой поверхности растений. В течение вегетации максимальное значение ассимиляционной поверхности растений отмечено в период трубкования – колошения. Наиболее высокой она была в варианте внесения цеолита совместно с навозом.

Площадь ассимилирующей поверхности посева и продолжительность ее работы характеризуется фотосинтетическим потенциалом. В отношении этого показателя отмечена аналогичная закономерность, что связано с увеличением продолжительности работы листьев (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние цеолита и органических удобрений на фотосинтетический потенциал растений (тыс.м²-дн./га)

Вариант	Озимая рожь	Вико-овсяная смесь	Яровая пшеница			Ячмень
			по озимой ржи	по вико-овсяной смеси	по чистому пару	
К	1335,4	856,8	342,1	395,5	384,4	678,5
С	1503,2	985,6	409,1	446,4	453,5	708,0
Н ₃₀	1982,7	1243,2	452,5	607,4	600,5	814,2
Ц ₁₅	1750,6	1108,8	509,4	522,9	502,2	855,5
Ц ₂₀	1844,2	1164,8	543,0	569,9	538,5	873,2
Ц ₂₅	1801,2	1226,4	570,9	609,0	537,2	914,5
Ц ₃₀	1750,6	1327,2	533,1	605,4	506,2	902,7
Ц ₁₀ + Н ₁₀	1987,1	1456,0	597,1	674,2	615,3	991,2
Д	1806,7	1198,4	538,9	575,4	571,3	914,5
Ц ₁₀ + Д	1952,5	1355,2	582,1	654,1	570,4	967,6

Таким образом, фотосинтетическая деятельность растений находилась в значительной зависимости от внесения цеолита и органических удобрений. Оптимизация выше рассмотренных показателей объясняется улучшением агрофизических и агрохимических свойств почвы при внесении цеолитов и удобрений (Исламгулова и др., 2008).

Влияние цеолитов на особенности органообразовательных процессов. На примере растений яровой пшеницы показано, что преимущество вариантов с внесением цеолитов проявляется уже на ранних этапах органогенеза. Так, на III этапе органогенеза конус нарастания пшеницы значительно увеличивается в размерах. При этом в опытных вариантах его длина на 0,6–0,8 мм была больше контроля, кроме того, он дифференцирован на сегменты. Формирование конуса нарастания растений на III этапе органогенеза показано на рисунке 5.

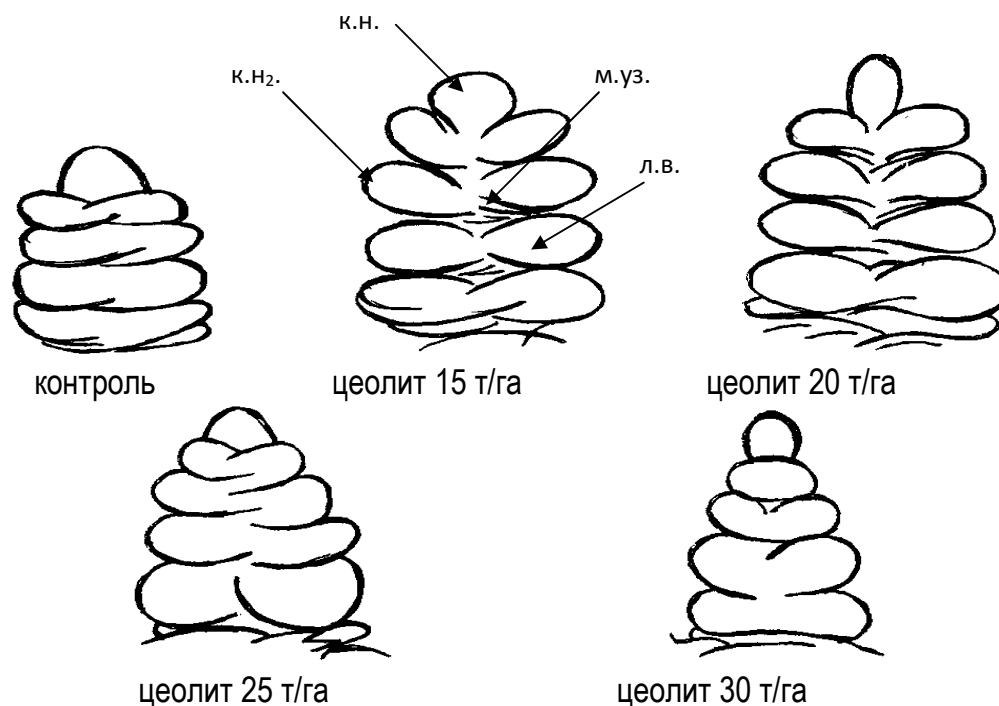


Рис. 5. Конус нарастания растений пшеницы на III этапе органогенеза. Условные обозначения: к.н. – конус нарастания, л.в. – зачаточные кроющие листья, м.уз. – междуузлия зачаточного соцветия, к.н.2 – конус нарастания осей второго порядка.

Ускорение органообразовательных процессов в I-VII этапах органогенеза на опытных вариантах под влиянием природных цеолитов привело к ускорению развития яровой пшеницы и более раннему наступлению фенологических фаз (табл. 2.).

Таблица 2 - Даты наступления фаз развития

варианты	всходы	3-й лист	кущение	выход в трубку	колошение	цветение	молочная спелость	восковая спелость	полная спелость
К	26.05	7.06	19.06	27.06	8.07	15.07	02.08	19.08	27.08
Ц ₁₀	25.05	7.06	18.06	26.06	7.07	14.07	31.07	17.08	24.08
Ц ₁₅	24.05	6.06	17.06	25.06	6.07	13.07	29.07	15.08	22.08
Ц ₂₀	25.05	6.06	17.06	25.06	5.07	12.07	29.07	15.08	22.08
Ц ₂₅	26.05	7.06	18.06	27.06	7.07	14.07	31.07	18.08	25.08

Растения пшеницы в опытных вариантах на ранних фазах опережали контроль в развитии на 1-2 дня, к фазе полной спелости – на 2-5 дней. Раннее

созревание зерновых культур в условиях степного Зауралья РБ с суровыми осенними условиями представляет большое практическое значение, т.к. снижается риск поражения растений осенними заморозками, появляется возможность раньше начинать уборочные работы, а, следовательно, и обработку почвы под последующие культуры и т.п.

Первичная биологическая продуктивность и урожайность зерновых культур. Основными показателями продуктивности злаковых культур являются число продуктивных стеблей на единице площади, число зерен в колосе, масса 1000 зерен. Анализ структуры урожая показал, что цеолиты и органические удобрения оказали значительное положительное влияние на показатели продуктивности (табл. 3). У всех сельскохозяйственных культур наблюдается значительное увеличение густоты продуктивного стеблестоя, числа зерен в колосе и массы 1000 зерен.

Таблица 3 - Влияние цеолита и органических удобрений на элементы продуктивности культурных растений

Варианты	Озимая рожь			Яровая пшеница			Ячмень		
	Густота продук. стебл., шт/м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Густота продук. стебл., шт/м ²	Число зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Густота продук. стебл., шт/м ²	Число зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен, г
К	430,0	19,63	24,17	321,6	14,00	22,8	306	13,6	31,4
С	460,0	23,33	26,87	337,5	18,12	25,2	337	15,9	32,5
Н ₃₀	496,7	31,37	33,40	352,6	27,12	28,2	356	17,8	34,3
Ц ₁₅	485,0	27,03	30,53	337,9	21,53	27,1	362	19,3	35,8
Ц ₂₀	495,0	29,37	31,73	342,6	23,00	27,5	361	19,1	36,3
Ц ₂₅	506,7	30,70	32,10	347,3	22,87	26,8	358	19,1	36,1
Ц ₃₀	500,0	29,93	32,03	328,5	20,87	26,3	357	19,3	37,2
Ц ₁₀ + Н ₁₀	520,0	32,07	33,93	358,9	27,87	27,9	368	19,8	38,2
Д	493,0	29,8	32,0	365,7	25,47	27,8	370	17,3	35,1
Ц ₁₀ + Д	503,7	30,1	32,8	356,2	26,20	28,7	371	17,8	35,8
НСР ₀₅	24,3	1,18	1,71	7,45	6,3	3,5	11,6	3,58	2,3

Положительное влияние цеолита и удобрений на продукционный процесс в течение вегетационного периода, в конечном счете, проявилось и в величине урожая (табл. 4). С увеличением дозы цеолита наблюдается закономерный рост урожайности. Эффективность цеолитов повысилась при совместном внесении их с органическими удобрениями, что связано с повышением коэффициента использования питательных элементов, уменьшением дефицита азота и калия, созданием положительного баланса фосфора и более благоприятных условий для их потребления.

У яровой пшеницы наибольшая урожайность наблюдается при размещении ее по озимой ржи. Цеолиты способствовали достоверному повышению урожая по сравнению с контролем от 23,2% до 36,6% ($НСР_{05}=8,6\%$). Отметим, что цеолит в дозе 30 т/га не имеет преимуществ над дозой 25 т/га. При внесении органических удобрений также наблюдается существенная прибавка урожая, запахивание соломы дало прибавку 5,7% (несущественно), навоза – 32,0%, донника – 13,9%. При совместном внесении цеолита в равных количествах с навозом отмечается наибольшая прибавка на 47,4%, в варианте цеолита + донник несколько ниже – 32,5%.

Аналогичная закономерность воздействия цеолитов и органических удобрений на урожайность яровой пшеницы наблюдается и при размещении ее по пару и по викоовсяной смеси.

Таблица 4 - Влияние цеолита и органических удобрений на урожайность яровой пшеницы, ц/га

Варианты	Яровая пшеница								
	По озимой ржи			По викоовсяной смеси			По чистому пару		
	урожай, ц/га	прибавка		урожай, ц/га	прибавка		урожай, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%
К	19,4	-	-	19,1	-	-	19,4	-	-
С	20,5	1,1	5,7	20,6	1,5	7,8	20,6	1,2	6,2
Н ₃₀	25,6	6,2	32,0	22,1	3,0	15,7	32,2	12,8	66,0
Ц ₁₅	23,9	4,5	23,2	22,7	3,6	18,8	23,5	4,1	21,1
Ц ₂₀	25,0	5,6	28,9	24,5	5,4	28,3	25,4	6,0	30,9
Ц ₂₅	26,5	7,1	36,6	25,8	6,7	35,1	26,2	6,8	35,0
Ц ₃₀	25,4	6,0	30,9	25,7	6,6	34,6	23,5	4,1	21,1
Ц ₁₀ + Н ₁₀	28,6	9,2	47,4	26,5	7,4	38,7	33,5	14,1	72,7
Д	22,1	2,7	13,9	24,0	4,9	25,6	-	-	-
Ц ₁₀ + Д	25,7	6,3	32,5	24,1	5,0	26,2	-	-	-
НСР ₀₅		2,9	8,6		1,6	8,4		3,6	13,4

Корреляционный анализ зависимости урожайности яровой пшеницы от величины фитомассы показал прямую тесную связь. Так, коэффициенты корреляции (r) зависимости урожая яровой пшеницы от надземной и подземной фитомассы составили соответственно 0,91 и 0,92, от общей фитомассы – 0,93.

Высокая эффективность цеолитов и удобрений с существенным увеличением урожайности отмечена и на посевах ячменя (рис. 6).

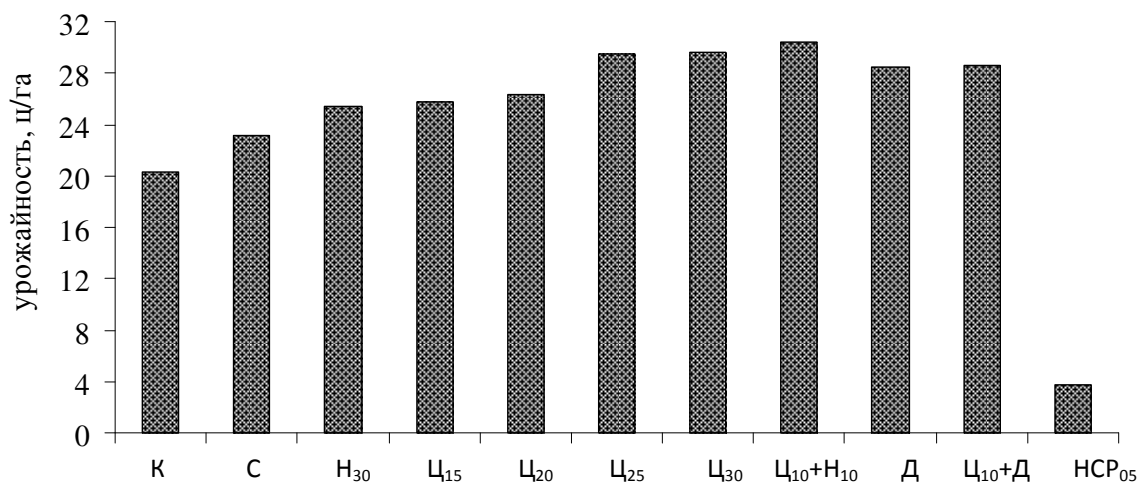


Рис. 6. Влияние цеолита и органических удобрений на продуктивность ярового ячменя.

Внесение чистого цеолита в дозах 15, 20, 25, 30 т/га способствовало повышению урожайности ярового ячменя на величину от 5,4 до 9,2 ц/га.

Максимальная урожайность (30,4 ц/га) отмечена в варианте с внесением цеолита совместно с навозом, при котором прибавка по отношению к контролю составила 10,1 ц/га.

2.3. Влияние природных цеолитов на динамику накопления фитомассы и урожайность зернобобовых культур

Динамика линейного роста растений. Применение цеолитов способствовало увеличению линейного роста растений гороха посевного и нута культурного. При этом растения гороха посевного уже в начальный период развития начинают дифференцироваться по линейному росту: почти на всех вариантах с внесением цеолита высота растений выше по сравнению с контролем. У нута культурного достоверное положительное влияние цеолитов отмечается, во-первых, несколько позже, во-вторых, в вариантах с их высокими дозами (25 и 30 т/га). Следует заметить, что увеличение дозы цеолита от 25 до 30 т/га не во все годы приводило к дальнейшему повышению линейного роста растений.

Формирование надземной и подземной фитомассы под влиянием природных цеолитов. Динамика накопления сырой и сухой надземной и подземной биомассы изучалась нами в период начального роста (во время стеблевания) и в период созревания. Результаты показали, что природный цеолит благотворно влияет на растения, в результате которого достоверное увеличение сырой и сухой надземной массы наблюдается уже в начале вегетации (табл. 5).

Таблица 5 - Сырая и сухая масса 1 растения

Дозы цеолита	Стеблевание		Созревание	
	сырая масса, г	сухая масса, г	сырая масса, г	сухая масса, г
Горох посевной				
Без цеолита (контроль)	3,80	0,88	8,46	5,10
15 т/га	4,50	1,07	11,59	6,92
20 т/га	4,76	1,39	13,60	8,01
25 т/га	5,08	1,50	15,27	8,36
30 т/га	4,88	1,44	15,53	8,49
Нут культурный				
Без цеолита (контроль)	2,43	0,44	14,34	4,45
15 т/га	2,95	0,64	19,72	5,73
20 т/га	3,14	0,67	20,28	6,49
25 т/га	3,29	0,71	21,31	6,99
30 т/га	3,90	0,76	25,39	8,13

В вариантах с возрастающими дозами цеолитов произошло существенное повышение сырой массы гороха посевного по сравнению с контролем - на 0,70-1,08, сухой массы - на 0,19-0,56 г. Преимущество вариантов с внесением цеолита по величине сырой и сухой массы растений гороха посевного наблюдается также и во время созревания.

У нута культурного в вариантах с внесением природного цеолита также наблюдается повышение этих показателей по сравнению с контролем, как во время стеблевания, так и во время созревания.

Результаты определения сырой и сухой массы корней гороха посевного и нута культурного приведены в таблице 6. Как и по надземной массе, отмечено положительное влияние внесения цеолита на массу корневой системы растений.

В вариантах с возрастающими дозами цеолита во время созревания сухая масса корней гороха посевного превышала контроль на 17,9-46,4%, у нута культурного - на 37,2-62,8%. Положительный эффект действия природного цеолита на формирование подземной массы у растений нута культурного на 16,36-19,35% больше, чем у гороха посевного. Наибольшие значения фитомассы отмечены в варианте с дозой цеолита 30 т/га. Природные цеолиты также способствуют повышению симбиотической активности растений, о чем свидетельствует увеличение числа и массы клубеньков у гороха посевного на 1 растение соответственно на 2,7-3,0 шт. и 3,9-5,5 мг, у нута культурного на 3,9-8,2 шт., и 56,5-111,1 мг.

Таблица 6 - Сырая и сухая масса корневой системы 1-го растения

Дозы цеолита	Стеблевание		Созревание	
	сырая масса, г	сухая масса, г	сырая масса, г	сухая масса, г
Горох посевной				
Без цеолита (контроль)	0,20	0,04	0,48	0,28
15 т/га	0,25	0,06	0,59	0,33
20 т/га	0,26	0,06	0,68	0,38
25 т/га	0,28	0,07	0,69	0,40
30 т/га	0,28	0,07	0,72	0,41
Нут культурный				
Без цеолита (контроль)	0,28	0,07	0,64	0,43
15 т/га	0,31	0,08	0,95	0,59
20 т/га	0,34	0,09	1,02	0,65
25 т/га	0,35	0,10	1,04	0,69
30 т/га	0,36	0,10	1,07	0,70

Динамика формирования листовой поверхности. В вариантах с внесением цеолита отмечено увеличение числа листьев гороха посевного и нута культурного. Кроме того, произошло закономерное увеличение длины и ширины листьев по сравнению с контролем. Это объясняется ускорением формирования листьев, которое стимулируется, как отмечают В.И. Костин с соавт. (2005), содержанием микроэлементов в составе цеолита.

Результаты наблюдений за темпами нарастания площади листовой поверхности на 1 растение приведены на рисунке 7.

Внесение в почву цеолитов привело к увеличению общей ассимиляционной поверхности растений гороха посевного и нута культурного.

Площадь листьев растений гороха посевного закономерно нарастает. Внесение цеолита подействовало на данный показатель по-разному. Во время стеблевания наблюдается практически одинаковая площадь листовой поверхности одного растения во всех вариантах. Во время цветения происходит превышение этого показателя на делянках с возрастающими дозами цеолитов по сравнению с контролем на 9,4-60 см². Во время созревания превышение этого показателя составило в варианте с дозой 15 т/га 28,5 см², с дозой 20 т/га – 51,7 см², с дозой 25 т/га – 44,9 см², с дозой 30 т/га – 71,5 см².

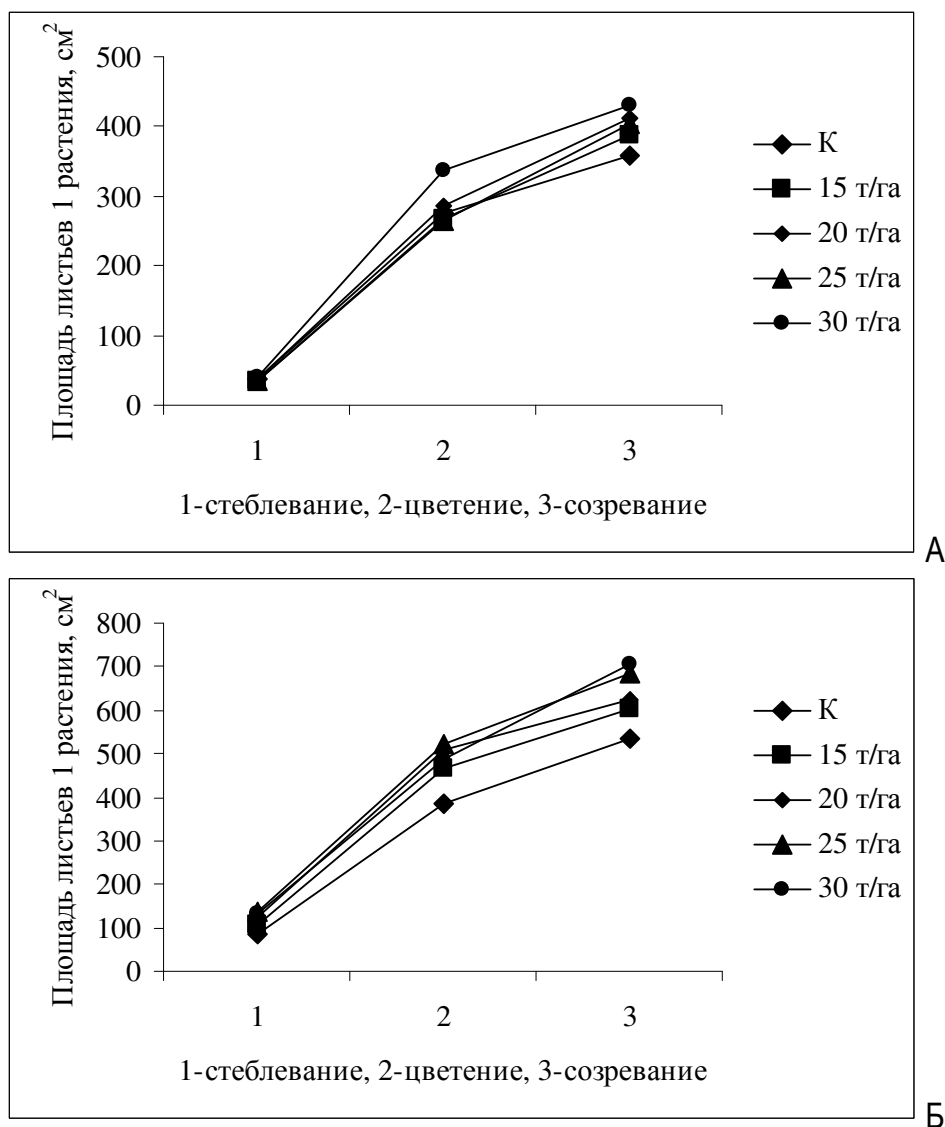


Рис. 7. Влияние природных цеолитов на динамику площади листовой поверхности одного растения гороха посевного (А) и нута культурного (Б)

Наблюдается закономерное нарастание этого показателя по вариантам в течение всего вегетационного периода и у нута. Во время стеблевания отмечено превышение листовой поверхности одного растения в вариантах с дозами цеолитов по сравнению с контролем на 22-54 см², во время цветения - на 80-136 см² и во время созревания - на 66-168 см². В конце вегетации показатели вариантов с дозами 15 и 20 т/га, а также 25 и 30 т/га между собой практически выравниваются.

Фотосинтетическая деятельность растений. Как известно, урожай зависит от величины площади листьев и от времени ее функционирования. Нами проводились подсчеты площади листовой поверхности на 1 га посевов

(тыс. м²), фотосинтетического потенциала (ФП, млн. м²*дни/га) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ, г/м²*дни) (табл. 7).

В начале вегетации растений гороха посевного по площади листовой поверхности на 1 га посевов варианты между собой не отличаются. В конце вегетации наблюдается превышение этого показателя во всех вариантах по сравнению с контролем, которое составляет 3,5-6,7 тыс.м² на 1 га. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза в вариантах с внесением цеолита закономерно увеличиваются по сравнению с контролем на 0,15-0,39 млн. м²*дни/га (11–23%) и 0,84-1,5 г/м²*дни (28-51%) соответственно.

В отличие от растений гороха посевного, у нута культурного уже в начале вегетации площадь листовой поверхности превышает контроль во всех вариантах с возрастающими дозами цеолита. В середине и в конце вегетации этот показатель превышает контроль во всех опытных вариантах соответственно на 7,1-13 тыс. м² и 10-12,7 тыс. м² на 1 га посева. Увеличение площади листовой поверхности привело к повышению и других показателей. Так, в вариантах с внесением цеолита показатели фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза были выше контроля соответственно на 0,32-0,58 млн м²*дни/га (39-71%) и 0,57-1,76 г/м²*дни (13-40%). Следует отметить, что в повышении фотосинтетической деятельности цеолит оказывает более эффективное влияние на растения нута культурного, чем на горох посевной.

Таблица 7 - Фотосинтетическая деятельность посевов гороха и нута

Дозы цеолита	Площадь листовой поверхности на 1 га посевов, тыс. м ²					ФП, млн.м ² *дни/га	ЧПФ, г/м ² *дни
	15.06	30.06	15.07	30.07	15.08		
Горох посевной							
Без цеолита (контроль)	3,6	13,6	24,5	27,1	32,02	1,72	2,94
15 т/га	4,2	14,6	24,4	30,7	35,5	1,90	3,78
20 т/га	3,8	16,9	26,8	32,8	37,4	1,87	4,29
25 т/га	3,4	18,1	25,5	33,9	37,6	1,92	4,44
30 т/га	3,6	19,3	30,5	34,6	38,8	2,11	4,27
Нут культурный							
Без цеолита (контроль)	4,1	13,7	19,6	28,4	33,8	0,81	4,38
15 т/га	6,8	17,6	26,7	37,7	43,8	1,13	4,95
20 т/га	8,0	19,3	31,7	41,6	45,0	1,25	5,04
25 т/га	9,2	19,7	32,6	45,5	46,5	1,31	5,27
30 т/га	8,2	20,3	32,5	40,0	39,5	1,39	6,14

Таким образом, внесение цеолита способствовало значительному увеличению общей ассимиляционной поверхности и повышению интенсивности фотосинтеза на единицу листовой поверхности..

Структура урожая и урожайность зернобобовых культур. Влияние разных доз цеолита на структуру урожая и урожайность семян гороха посевного и нута культурного годы показано в таблице 8.

Таблица 8 - Влияние природного цеолита на структуру урожая гороха посевного и нута культурного

Дозы цеолита	Число бобов на 1 растение, шт.	Число семян в 1 бобе, шт.	Число семян на 1 растение, шт.	Масса 1000 семян, г.	Урожайность, ц/га
Горох посевной					
Без цеолита (контроль)	4,46	3,99	17,7	201,8	19,7
15 т/га	5,23	4,25	21,6	202,0	22,5
20 т/га	5,01	4,39	22,4	202,2	23,2
25 т/га	4,97	4,26	21,2	207,0	24,4
30 т/га	5,51	4,34	23,8	214,4	25,8
Нут культурный					
Без цеолита (контроль)	19,57	0,86	16,2	243,0	15,5
15 т/га	25,27	0,92	23,6	248,6	18,4
20 т/га	25,76	0,98	24,7	251,3	19,1
25 т/га	26,74	1,01	26,7	252,9	20,7
30 т/га	28,78	1,05	30,3	253,8	22,1

Применение природных цеолитов в возрастающих дозах приводит к закономерному росту всех показателей элементов структуры урожая по сравнению с контролем. Так, у растений гороха посевного произошло увеличение числа бобов на 1 растении по сравнению с контролем от 0,77 до 1,05 шт. При этом число семян в 1 бобе увеличилось на 0,26-0,4 шт., что привело к увеличению числа семян на 1 растение на 3,5-6,1 шт. В отличие от названных показателей заметное увеличение массы 1000 семян гороха посевного по сравнению с контролем наблюдается только в вариантах с дозами цеолита 25 и 30 т/га. Как итог, на всех вариантах с различными дозами цеолита отмечена достоверная прибавка урожайности семян по сравнению с контролем на 2,7-6,0 ц/га.

Внесение возрастающих доз цеолита способствует закономерному улучшению структуры урожая также и у растений нута культурного.

Отмечено увеличение числа бобов на 1 растении по сравнению с контролем на 5,70-9,21 шт. Число семян в 1 бобе по сравнению с контролем возросло на 0,06-0,19 шт. В итоге число семян на 1 растение возросло по сравнению с контролем на 7,3-14,1 шт. Отмечена тенденция к некоторому росту

массы 1000 семян в зависимости от возрастания дозы цеолита, что составляет в пределах 5,5-10,8 г. Достоверное превышение контроля по урожайности семян отмечено уже при дозе цеолита 15 т/га и составляет 2,9 ц/га. При дозе 20 т/га урожайность повышается на 3,6 ц/га, при 25 т/га на 5,2 ц/га. Максимальная урожайность семян достигнута при дозе внесения цеолита 30 т/га, что превышает контроль на 6,6 ц/га.

Горох посевной и нут культурный значительно отличаются по структуре урожая. Так, если число бобов на 1 растение гороха посевного в среднем составляет 5-6 шт., то у нута культурного оно в 4-5 раз больше – 20-30 шт. В то же время по числу семян в бобе, наоборот, растения гороха посевного в 4-5 раз превышают нут культурный: у гороха посевного этот показатель составляет в среднем 4-5 шт. на один боб, у нута культурного - около 1 шт. Как итог, число семян у обеих культур имеет сопоставимые значения, что в среднем колеблется соответственно от 20 до 26 и от 17 до 31 шт. на растение.

Таким образом, цеолиты Тузбекского месторождения способствуют повышению ростовых процессов, увеличению ассимиляционной поверхности гороха посевного и нута культурного, что отражается в улучшении биометрических параметров структуры урожая и росте урожайности семян. Эффект действия природного цеолита на растения нута культурного выше, что подчеркивает перспективность не только самой культуры, но и использования цеолита в качестве мелиоранта под эту культуру. Наибольший эффект по всем показателям отмечен в варианте с дозой 30 т/га.

2.4. Динамика параметров плодородия черноземов Зауралья под влиянием природных цеолитов

Плотность почвы. Внесение цеолитов в почвы приводит к некоторому разуплотнению почвы на посевах озимой ржи (от 1,13 до 1,11 г/см³). Наименьшая плотность сложения отмечена в варианте совместного внесения цеолита с навозом.

Под викоовсяной смесью плотность сложения почвы несколько ниже, чем под озимой рожью, хотя по накоплению подземной фитомассы наблюдается обратная картина. Это объясняется особенностями корневых систем смеси, которые распределяются в почве более равномерно и «разбавляют» почву. Выявлена тесная обратная корреляционная связь между плотностью почвы и величиной корневой массы растений ($r=-0,83 \div -0,88$).

Аналогичная картина снижения плотности почвы под воздействием цеолитов отмечается на посевах викоовсяной смеси, а также яровой пшеницы, размещенной по разным предшественникам.

Структурно агрегатный состав. Экологически важным свойством, определяющим устойчивость почвы к деградации, является ее структурное состояние. Выявлено, что внесение природных цеолитов оказывает существенное влияние и на структурный состав почвы. Общей тенденцией его изменения является прямая зависимость от доз вносимых природных цеолитов. Улучшение структурного состояния отмечено и в вариантах их совместного внесения с органическими удобрениями.

В вариантах с внесением различных доз цеолитов содержание ценных агрегатов (10-0,25 мм) увеличилось по сравнению с контролем и варьировало от 80,1 до 82,8%. Наилучшие показатели отмечены при совместном внесении цеолита с навозом и цеолита с донником - соответственно 83,5 и 81,6%. Фракционный анализ почвенных структур по вариантам показывает, что цеолиты и органические удобрения способствовали статистически достоверному снижению содержания глыбистых (более 10 мм) агрегатов по отношению к контролю. Пылеватая фракция (менее 0,25 мм) варьирует по вариантам опыта не столь значительно. Наименьшее ее содержание отмечается на вариантах с цеолитом в дозе 25 т/га и цеолита с навозом - 3,7 и 3,4% соответственно. Анализ показал, что содержание агрономически ценных агрегатов тесно коррелирует с корневой массой растений ($r=0,69 \div 0,96$).

Внесение цеолитов в почву под озимую рожь способствовало статистически значимому повышению водопрочности по сравнению с контролем: при дозе 15 т/га на 5,03, при дозах 20, 25 и 30 т/га соответственно на 8,50 8,74, 8,82% ($НСР_{05}=2,53$). Это связано с увеличением накопления подземной фитомассы, что способствовало гумификации и агрегированию механических частиц. Коэффициент корреляции (r) между величиной подземной фитомассы и водопрочностью агрегатов под озимой рожью составил 0,60, под викоовсяной смесью - 0,95.

Сумма поглощенных оснований. Внесение цеолита способствовало некоторому повышению суммы поглощенных оснований. Так, превышение над контролем по данному показателю под посевами озимой ржи в вариантах с внесением различных доз цеолитов составило от 4,13 до 9,80 мг-экв. на 100 г почвы при $НСР_{05}=1,22$. Более существенно изменилась величина суммы поглощенных оснований в вариантах при совместном внесении цеолита с навозом и цеолита с донником (соответственно 47,07 и 48,87), что выше контроля соответственно на 10,00 и 10,80 мг-экв. на 100 г почвы. На посевах викоовсяной смеси отмечается аналогичная закономерность.

Содержание гумуса. Увеличение массы корневой системы растений при внесении цеолитов, как в чистом виде, так и совместно с органическими удобрениями, привело к повышению содержания в почве гумуса. (рис. 8)

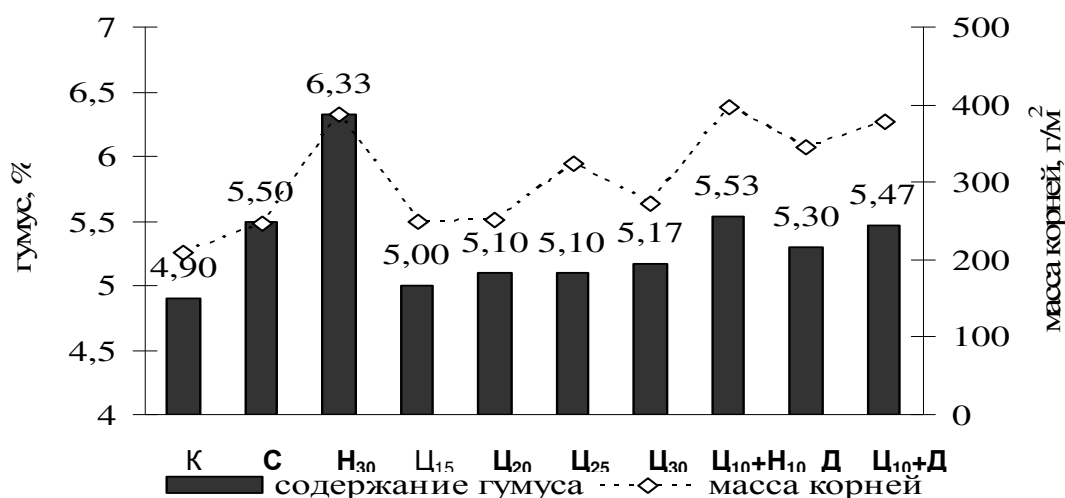


Рис. 8. Влияние природного цеолита и органических удобрений на содержание в почве гумуса и накопление подземной фитомассы озимой ржи ($НCP_{05}=0,20\%$).

Между содержанием гумуса и величиной корневой массы растений выявлена средняя корреляционная связь ($r=0,66\pm 0,68$).

Усиление процесса гумусообразования при совместном внесении цеолитов с навозом и сидератом связано с положительным их взаимодействием - с формированием комплексных соединений при взаимодействии органических удобрений с минералами, благодаря чему органические соединения становятся устойчивыми к микробиологическому расщеплению и обеспечивают, как отмечено в работе В.В.Степанова и В.П.Цыпленкова (1973), увеличение содержания гумуса.

). **Влияние цеолита на запасы влаги и водопотребление зернобобовых культур.** Многими исследователями ранее было установлено, что внесение в почву цеолитов способствует улучшению влагоудерживающей способности почв (Горбунов, Бобровицкий, 1973; Бекузарова и др., 2003). Структурный алюмосиликатный каркас цеолитов пронизан очень большим количеством микропор.

В естественных условиях каналы и полости цеолитов заполнены молекулами воды и ионами щелочных и щелочноземельных металлов. Эти минералы обладают высокой поглощающей поверхностью, благодаря этому их можно применять как эффективный мелиорант для улучшения водно-физических свойств почвы. Известно, что обезвоженные природные цеолиты способны поглощать от 20 до 50 % влаги без изменения своего объема (Природные сорбенты..., 1974; Дзанагов и др., 2006). В связи с этим нами было проведено изучение влияния природных цеолитов на влажность почвы.

Исследования показали, что внесение цеолитов способствовало значительному повышению водоудерживающей способности почвы (табл. 9).

Таблица 9 - Влияние цеолита на запасы влаги в почве и водопотребление гороха посевного и нута культурного (среднее за 2006-2008 гг.)

Дозы цеолита	Запас продуктивной влаги в почве, мм		Количе- ство осадков (O), мм	Суммар-ное водопо- требление (ΣB), мм	Урожай- ность (У), ц/га	Кoeffи- циент водопот- ребления, (K_B), мм/ц
	в начале вегетации (W_0)	в конце вегетации (W_0)				
Горох посевной						
Без цеолита (контроль)	270	116	163	317	23,9	13,3
15 т/га	285	130	163	318	27,0	11,8
20 т/га	286	127	163	322	27,8	11,6
25 т/га	291	130	163	324	29,2	11,1
30 т/га	294	131	163	326	31,1	10,5
Нут культурный						
Без цеолита (контроль)	269	120	163	312	15,5	19,4
15 т/га	280	137	163	306	18,3	16,3
20 т/га	287	137	163	313	19,1	15,5
25 т/га	295	140	163	318	20,7	14,2
30 т/га	297	148	163	312	22,1	12,9

В опытных вариантах с внесением природных цеолитов в почву закономерно возрастает весенний запас влаги (W_0). При внесении цеолита в дозах 15-30 т/га запас влаги в метровом слое почвы увеличился под горохом посевным на 15-24 мм, под нутом культурным увеличение относительно контроля составило 18-28 мм. Осенний запас влаги (W_K) выравнивается, хотя некоторое преимущество над контролем сохраняется. Большее содержание влаги в весенний период объясняется как высокой поглотительной способностью внесенных цеолитов, так и повышением водоудерживающей способности почвы за счет улучшения структурно-агрегатного состава благодаря эффекту от их внесения.

В опытных вариантах наблюдается увеличение суммарного водопотребления (ΣB), что связано с повышением продуктивности гороха посевного и нута культурного. С увеличением урожая в вариантах с внесением возрастающих доз цеолита наблюдается закономерное снижение коэффициента водопотребления (K_B) по отношению к контролю: у гороха посевного на 1,5-2,8 мм/ц, у нута культурного - на 3,1- 6,5 мм/ц.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОПЫТА

В производственном опыте, заложенном в 2017 году, определяли структуру урожая и урожайность яровой пшеницы (табл. 10).

Сноповой анализ показал, что густота продуктивного стеблестоя колебалась по вариантам опыта незначительно, в пределах от 386 до 396 шт. на кв. метр. В вариантах с внесением цеолита сформировались относительно крупные колосья, число зерен одного колоса в среднем на 2,4-2,7 шт. было больше, чем на контроле. Кроме того, цеолиты способствовали формированию более крупных зерен: масса 1000 зерен в варианте с внесением цеолита в дозе 25 т/га была на 1,4 г больше, чем на контроле, и на 0,6 г больше, чем в варианте с внесением аммофоски.

Таблица 10 - Влияние природного цеолита на структуру урожая и урожайность яровой пшеницы

Вариант	Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Контроль	386	19,7	24,1	15,3
Цеолит 25 т/га	396	22,1	25,5	18,1
Аммофоска N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	391	20,0	24,9	17,0
Цеолит 25 т/га + аммофоска N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	394	22,4	25,6	19,5

Определение урожайности показало, что в варианте с внесением цеолита 25 т/га получена прибавка 2,8 ц/га, что значительно выше прибавки от внесения аммофоски N₃₀P₃₀K₃₀ (1,7 ц/га). При совместном внесении цеолита и аммофоски прибавка составила 4,2 ц/га.

ВЫВОДЫ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ

Использование природных цеолитов в сельском хозяйстве в Зауралье Республике Башкортостан и за его пределами имеет большие перспективы. Проведенные полевые опыты с природными цеолитами Тузбекского месторождения и их производственное испытание позволили нам сделать следующие выводы и заключения:

1. Внесение природного цеолита оказало значительное положительное влияние на органообразовательные процессы яровой пшеницы, что нашло отражение в ускорении развития и созревания растений. Цеолиты способствовали оптимизации фотосинтетической деятельности, водопотребления растений, структуры урожая, значительному увеличению накопления надземной и подземной массы сельскохозяйственных культур. В итоге урожайность зерновых культур увеличилась в среднем на $4,4 \div 8,1$ ц/га, зернобобовых – на $2,8 \div 6,6$ ц/га, сена викоовсяной смеси - на $2,7 \div 11,3$ ц/га. Эффективность цеолита наиболее высока при внесении его совместно с навозом.

2. Цеолит способствовал оптимизации агрофизических и агрохимических свойств почвы: снижению плотности сложения (на $0,02 \div 0,06$ г/см³), повышению содержания агрономически ценных агрегатов (на $4,3 \div 7,8\%$), их водопрочности (на $2,1 \div 9,23\%$), содержания гумуса (на $0,10 \div 0,33\%$) и суммы поглощенных оснований (на $4,1 \div 9,9$ мг.-экв на 100 г почвы). Это связано с увеличением поступления в почву корневой массы растений при внесении цеолита: выявлена тесная и средняя корреляционная зависимость содержания ценных структурных агрегатов почвы ($r=0,69 \div 0,96$), плотности ($r=-0,83 \div -0,88$), содержания гумуса ($r=0,66 \div 0,68$) и степени насыщенности основаниями ($r=0,77 \div 0,78$) с величиной корневой массы растений.

3. Положительный эффект цеолитов связан, помимо улучшения физических и физико-химических свойств почвы, с оптимизацией питательного режима растений, т.к. цеолиты в своем составе содержат свыше 40 минеральных элементов. Наибольший эффект, который имеет длительное положительное последствие, отмечен в варианте внесения цеолита совместно с навозом. Ввиду длительного положительного последствия цеолита как мелиоранта, его применение приводит к значительному повышению рентабельности возделывания последующих культур. Эффективность цеолитов повышается при внесении их совместно с органическими удобрениями.

Вышеизложенное позволяет рассматривать применение природных цеолитов как в отдельности, так и совместно с органическими удобрениями, в качестве одного из важных элементов экологизации и адаптивного земледелия, что является основанием для рекомендации их в качестве мелиорантов для использования с целью повышения плодородия почвы и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур: для оптимизации комплекса свойств пахотных почв, повышения продуктивности сеяных трав и зерновых культур не менее чем на 4,5 ц/га, зернобобовых – на 3,0 ц/га, рекомендуется вносить природные цеолиты, измельченные до размеров не крупнее 3мм, под основную или предпосевную обработку в дозе не менее 15 т/га. При внесении совместно с навозом доза цеолита должна быть не менее 10 т/га.



ЛИТЕРАТУРА

1. Бекузарова С.А. Цеолитсодержащие удобрения на склоновых землях [Текст] / С.А. Бекузарова, М.А. Бзиков, В.И. Гасиев. Вестник РАСХН. -2003. -№1. -С. 62-63.
2. Белоусов, В.С. Цеолитсодержащие породы Краснодарского края в качестве инактиваторов тяжелых металлов в почве / В.С.Белоусов // Агрохимия. - 2006. - №4. – С. 78-83.
3. Болтухин В.П. Пегасское месторождение природных цеолитов и перспективы их использования в народном хозяйстве [Текст] / В.П. Болтухин, Т.И. Ивличева, В.В. Башарин // Ресурсы и проблемы использования агрохимического сырья Западной Сибири. Сб. научн. тр. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, -1988. -С. 87-91.
4. Борошенко, В.П. Эффективность применения цеолитового туфа (пегасина) на различных типах почв в условиях Кемеровской области: тезисы докладов республиканского совещания «Природные цеолиты России» / В.П.Борошенко, Е.П.Зинкевич, Л.А.Борошенко. - Новосибирск, 1992. - Т.2. - С. 78-79.
5. Бурдаков, А.П. Цеолиты юго – востока Башкирии: препринт / А.П.Бурдаков, Д.Н.Салихов, С.Ш.Юсупов. - Уфа: УНЦ РАН, 1993. - 24 с.
6. Гладыш, О.Т. Эффективность цеолитовой муки при использовании ее в звеньях севооборотов с картофелем: тезисы докладов республиканского научно-технического совещания «Месторождения природных адсорбентов и перспективы их использования в народном хозяйстве Украинской ССР» / О.Т.Гладыш. - Киев, 1987. - С. 93-94.
7. Горбунов Н.И. Распространение, генезис, структура и свойства цеолитов [Текст] / Н.И. Горбунов, А.В. Бобровицкий // Почвоведение. -1973. -№5. -С. 93–101.
8. Дебелова, Д.Д. Эффективность цеолитизации почвы при выращивании черной смородины: тезисы докладов республиканского совещания «Природные цеолиты России» / Д.Д.Дебелова. - Новосибирск, 1992. - Т.2. - С. 76.
9. Дзанагов С.Х. Применение цеолита при возделывании африканского проса [Текст] / С.Х. Дзанагов, Т.Б. Хадикова Т.Д. Романова // Плодородие. -2006. -№4. -С.13-14.
10. Исламгулова Г.В. Влияние природных цеолитов на плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур [Текст] / Г.В. Исламгулова [и др.] // Аграрная наука. -№7. -2008. -С.21-23.
11. Кисель, А.И. Эффективность применения цеолитов технологических типов «А» и «Б» для повышения плодородия почв легкого гранулометрического состава в условиях Черниговского полесья: тезисы докладов республиканского научно-технического совещания «Месторождения природных адсорбентов и перспективы их использования в народном хозяйстве Украинской ССР» / А.И.Кисель, В.И.Канивец. - Киев, 1987. - С. 90-93.
12. Мазур, Г.А. Мелиоративная эффективность природных цеолитов на легких почвах: тезисы докладов республиканского научно – технического совещания «Месторождения природных адсорбентов и перспективы их использования в народном хозяйстве Украинской ССР» / Г.А.Мазур, Г.К.Медвидь, Н.З.Стаценко. - Киев, 1987. - С.87-89.

13. Макарычев, Ю.И. Некоторые итоги и перспективы направления работ по программе «Цеолиты России»: сб. науч. тр. «Природные цеолиты в социальной сфере и охране окружающей среды» / Ю.И.Макарычев, Н.И.Петункин. – Новосибирск: ВАСХНИЛ, 1990. - С. 72-79.
14. Маликов М.Г. Химический состав, питательность кормов республики Башкортостан и пути их рационального использования / М.Г. Маликов, Н.Г. Фенченко. –Уфа, БНИИСХ, -2002, -255 с.
15. Минеев, В.Г. Экологические проблемы агрохимии: монография / В.Г.Минеев. - М: Наука, 1988. - 283 с.
16. Михайлов, А.С. Минеральное сырье. Цеолиты: справочник / А.С.Михайлов, У.Г.Дистанов. - М.: Геоинформмарк, 1999. – 29 с.
17. Мовсумзаде, Э.М. Природные и синтетические цеолиты, их получение и применение: монография / Э.М.Мовсумзаде, М.Л.Павлов, Б.Г.Успенский, Н.Д.Костина. - Уфа: Реактив, 2000. - 230 с.
18. Мухаметдинова, Г.А. Влияние органических удобрений и цеолита Тузбекского месторождения на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях степного Зауралья Республики Башкортостан: материалы научно-практической конференции «Современная экология – наука XXI века» / Г.А.Мухаметдинова, М.Б.Суюндукова, Т.С.Атанов. - Рязань: РГУ, 2008. - С.287-289.
19. Мухаметдинова, Г.А. Использование природных цеолитов в адаптационном земледелии степного Зауралья / Г.А.Мухаметдинова, М.Б.Суюндукова // Аграрная Россия. - 2009. - №3. - С.2-4.
20. Мухаметдинова, Г.А. Эффективность природных цеолитов в земледелии степного Зауралья: материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье» / Г.А.Мухаметдинова, М.Б.Суюндукова. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. - С.131-133.
21. Нагорнова Л.М. Использование цеолитсодержащей породы Радденского месторождения в тепличных грунтах [Текст] / Л.М.Нагорнова, Г.П.Булычева, Н.В.Потапова // Тез. докл. республ. науч.-техн. совещания г. Берегово Закарпатской обл., -(Киев, 20 – 21 октября), -1987. -С. 82-83.
22. Природные сорбенты цеолитовой структуры. [Текст] / Изд-во Фан, УзССР, -1974. - 108 с.
23. Природные цеолиты: обзорная информация ГИГХС «Промышленность по производству минеральных удобрений» / М.: НИИТЭХИМ, 1983. - 49 с.
24. Рязанова О.М. Ресурсосберегающие технологии выращивания овощей с применением природных цеолитов [Текст] / О.М.Рязанова // Международный сельскохозяйственный журнал. -№2. -2002. -С. 52-54.
25. Саввинова, М.С. Использование Сунитарского цеолита для оптимизации параметров микроклимата животноводческих помещений и повышения продуктивности животных: труды симпозиума «Применение природных цеолитов в животноводстве» / М.С.Саввинова. - Тбилиси: Мецниереба, 1984. С. 192-194.

26. Серeda, H.A. Новые виды удобрений на основе местных агроруд и эффективности их использования на черноземах Башкортостана: материалы научно-практической конференции «Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО» / H.A.Серeda, Т.И.Шарипов, H.C.Смирнова. - Уфа: БГАУ, 2003. - С. 195-197.
27. Суюндукова, М.Б. Влияние природного цеолита на урожайность нута в Зауралье Республики Башкортостан: научные доклады региональной конференции «Неделя науки-2007» / М.Б.Суюндукова, В.М.Уракова, Г.А.Хасанов, Г.А.Шайхуллина. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2007. - Ч.1. - С.34-38.
28. Ульянова О.А. Использование древесной коры и цеолитов при выращивании декоративных культур [Текст] / О.А.Ульянова, В.В.Чупрова // Агрoхимия. -2002. - №7. -С. 47–55.
29. Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение / А.В.Якимов [и др.]. - Казань: Фэн, 2001. - 176 с.
30. Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве / Под ред. Г.А. Романова (Часть II). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. 336 с.
31. Цицишвили, Г.В. Природные цеолиты: монография / Г.В.Цицишвили, Т.Г.Андроникашвили, Г.Н.Киров, Л.Д.Филизова. - М.: Химия, 1985. - 224 с.
32. Цхакая, Н.Ш. Японский опыт по использованию природных цеолитов: монография / Н.Ш.Цхакая, Н.Ф.Квашали. - Тбилиси: Грузгорнохимпром, 1985. - 127 с.
33. Челищев М.Ф. Ионообменные свойства минералов. М: Наука, 1973. 204 с.
34. Челищев, Н.Ф. Значение ионообменных свойств цеолитов для вывода из пищевых цепей тяжелых металлов: труды симпозиума «Применение природных цеолитов в сельском хозяйстве» / Н.Ф.Челищев, В.Ф.Володин, В.Л.Крюков. - Тбилиси: Мецниереба, 1980. - С 217-226.
35. Челищев, Н.Ф. Использование природных цеолитов / Н.Ф.Челищев, Р.В.Челищева // Вестник сельскохозяйственных наук. - 1978. - №2. - С. 126-131.
36. Шадрин, А.М. Природные цеолиты Сибири в животноводстве, ветеринарии и охране окружающей среды: монография / А.М.Шадрин. - Новосибирск, 1998. 116 с.
37. Юсупов, С.Ш. Геологоразведочные работы, на Тузбекском участке проявления цеолитов в 2000-2005гг: инф. лист ИГ УНЦ РАН / С.Ш.Юсупов. – Уфа: ИГ УНЦ РАН. - 2005. – 7 с.
38. Юхин, И. Новое удобрение пролонгированного действия / И.Юхин, Н.Серeda // Сельские узоры. - 1999. - №3. - С.6.
39. Barrer R.M. Hydrothermal Chemistry of Zeolites. New York, London. 1982.
40. Boles, J.R. Composition optical properties sell dimension and thermal stability of some heulandite group zeolites / J.R.Boles // Amer. Miner. - 1972. - Vol. 57. - №9-10.
41. Jacobs, P.A. Zeolites: facts, figures, future / P.A.Jacobs, R.A.Santen. - Tokyo, 1989. - 688 p.
42. Weber, M.A. Ammonium adsorption by a zeolite in a static and a dynamic system / M.A.Weber, K.A.Barbarick, D.G.Westfall // J. Environ. Qual. – 1983. – Vol.12, №4. - P. 549 – 552.

В соответствии с Федеральным законом
от 29 декабря 2010 г. №436-ФЗ 16+

Суюндуков Я.Т., Сафин Х.М., Суюндукова М.Б., Хасанова Р.Ф.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ
ЗАУРАЛЬЯ БАШКОРТОСТАНА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

(рекомендации производству)

Публикуется в авторской редакции.

Подписано в печать 25.12.2017 г. Формат 60x84/16

Усл. п.л. 2,3 Уч.-изд. л. 2,7.

Тираж 500 экз. Изд. №179. Заказ № 202.

*Издательство Сибайский информационный центр –
филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан»
453830, РБ, г. Сибай, ул. 3. Валиди, 22. Тел.: (34775) 2-55-22.*