



Казанский федеральный
УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ
ЭКОЛОГИИ
и природопользования

Нетрадиционное удобрение биочар: получение и эффекты его применения



*С.Ю. Селивановская
Директор Института экологии и
природопользования
Казанского федерального университета
д.б.н., профессор*

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Образован на базе 7 вузов и 3 медицинских учреждений

Более 50 000 обучающихся



33 035 бакалавров, 6 275 магистров,
2 232 специалистов, 1 236 аспирантов

Более 9000 иностранных
обучающихся из 98 стран



297 вузов и научных центров –
партнеров из 63 стран

14 институтов, 1 факультет,
2 высшие школы, 2 лицея,
университетская клиника



11 000 сотрудников
НПР – 4040
Ср. возраст НПР – 44 года Ср. з/п НПР – 65 252

299 программ бакалавриата,
19 программ специалитета,
262 программы магистратуры,
101 программа аспирантуры



885 тыс. м² площади
726 объектов недвижимости
100 земельных участков (245 га)

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КФУ

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЦИКЛ

- Институт фундаментальной медицины и биологии
- Институт экологии и природопользования**
- Институт геологии и нефтегазовых технологий
- Химический ин-т им. А.М. Бутлерова
- Университетская клиника

ФИЛИАЛЫ

- г. Набережные Челны (профиль: инженерно-технический)
- г. Елабуга (профиль: гуманитарно-педагогический)

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ

- Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского
- Институт физики
- Институт вычислительной математики и информационных технологий
- Высшая школа Информационных технологий и информационных систем
- Инженерный Институт

ЛИЦЕИ

- Лицей им. Н.И. Лобачевского
- IT лицей-интернат

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЙ ЦИКЛ

- Институт международных отношений
- Юридический факультет
- Институт филологии и межкультурной коммуникации
- Институт социально-философских наук и массовых коммуникаций
- Институт психологии и образования
- Институт управления, экономики и финансов
- Высшая школа Государственного и муниципального управления
- Высшая школа бизнеса
- Центр переподготовки учителей

Институт экологии и природопользования

Кафедры

Почвоведения
Прикладной экологии
Ландшафтной экологии
Общей экологии
Моделирования экосистем
Климатологии, метеорологии
и экологии атмосферы

•Бакалавриат

- Экология и природопользование
- Гидрометеорология
- Землеустройство и кадастры
- Почвоведение

•Магистерские программы

- Системная экология и моделирование
- Экологическая безопасность и управление в сфере охраны окружающей среды"□
- Окружающая среда, агро- и продовольственная безопасность
- Гидрометеорология
- Землеустройство и кадастры

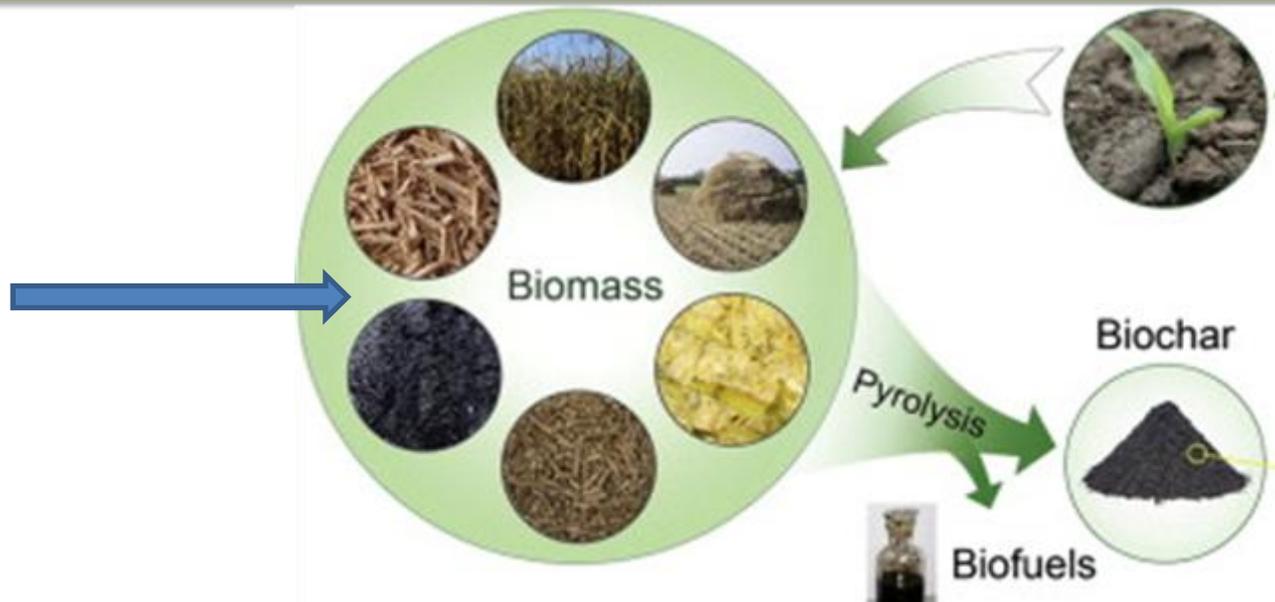
• Дисциплины программы Почвоведение

- Цифровое картографирование почвенного покрова
- Оценка состояния почвенного покрова с использованием данных ДЗЗ
- ГИС-технологии в географии почв, агрохимии и земледелии
- Методы точного земледелия
- Математические методы в почвоведении
- Обработка и представление результатов научных исследований

Пиролиз – процесс термического бескислородного преобразования биомассы (в основном – растительного происхождения), или резины/полимеров с целью

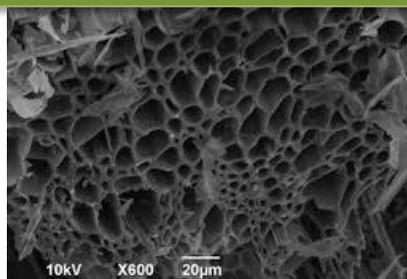
- а) получения топлива**
- б) утилизации отходов**

Куриный помет -
новый субстрат



Пироуголь – остаточный продукт пиролиза. Похож на активированный уголь. Выход - 10-40% по массе. Научным сообществом и инновационными хозяйствами рассматривается как:

- а) сорбент**
- б) альтернативное удобрение пролонгированного действия, способствует секвестрации углерода, снижению эмиссии CO_2 ,**

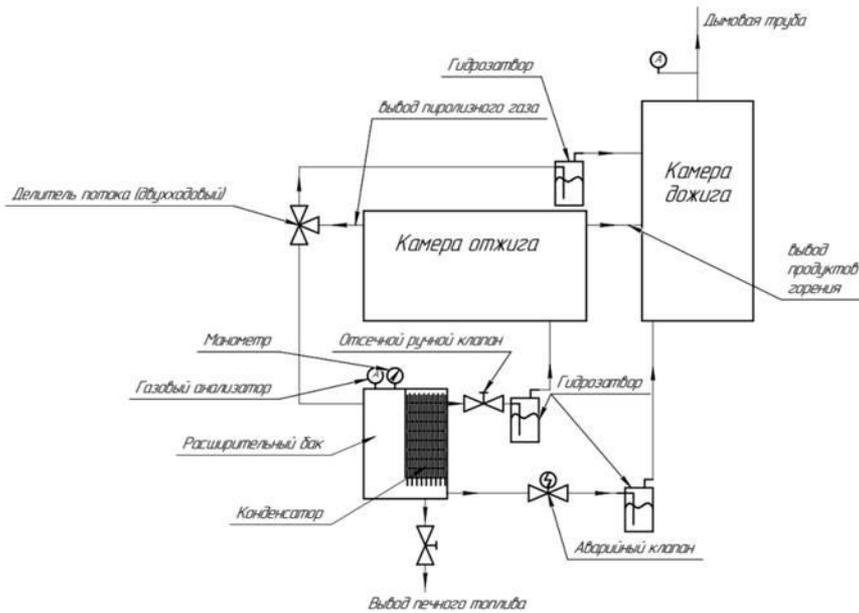


Удобрения на основе биочара из куриного помета мало изучены

Рабочий прототип пиролизной установки



Планируемые работы



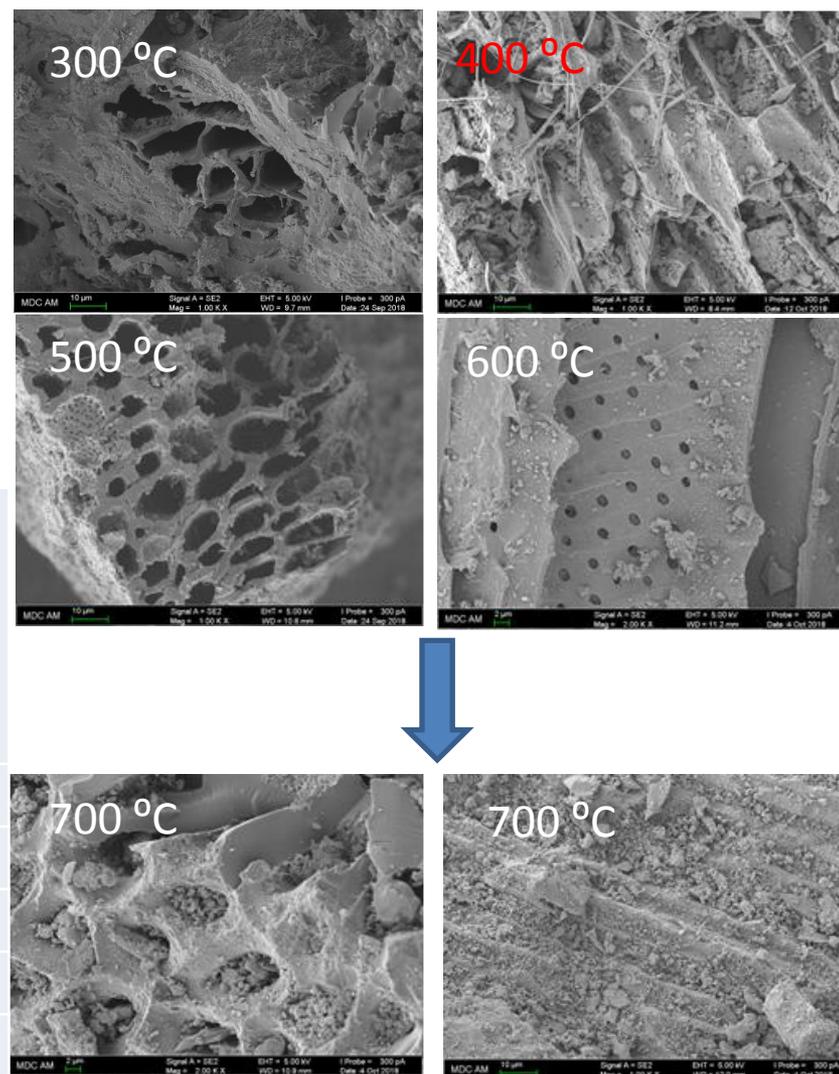
Пироугль: 25-30%

Пиролизный газ: ?

Пиролизное топливо: ?

Подобран температурный режим приготовления пироугля на основе куриного помета

Т пиролиза	Содержание элементов, %			
	С	N	P	К
300 °C	42.71	4.48	1.70	4.33
400 °C	49.03	5.08	2.18	4.24
500 °C	48.62	4.14	1.32	4.17
600 °C	39.26	3.00	0.61	4.64
700 °C	42.62	3.30	1.53	4.80



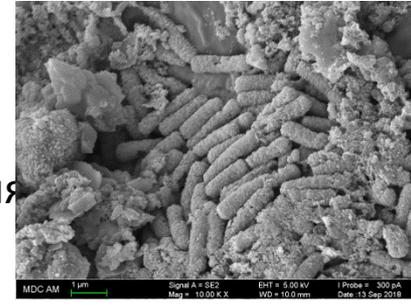
Т пиролиза	Токсичность, Кр10		Влияние на растения (биомасса, г)
	<i>P. caudatum</i>	<i>D. magna</i>	
300 °C	1.7	40.0	4.1
400 °C	1.2	14.3	8.0
500 °C	5.0	20.0	4.7
600 °C	7.0	12.5	4.6
700 °C	28.0	200.0	4.3

Дополнительные модификации пироугля

Иммобилизация микроорганизмов с полезными свойствами



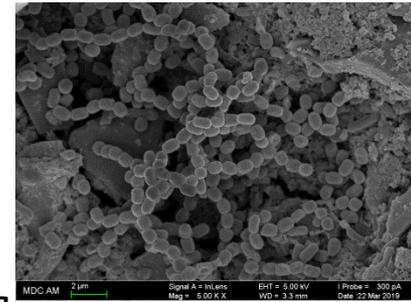
- Создание консорциума
- Способы культивирования
- Способы нанесения
- Аспекты хранения



Грануляция



- Подбор связующего
- Разработка технологии
- Подбор оборудования
- Способ внесения на поля



Химическая модификация пироугля



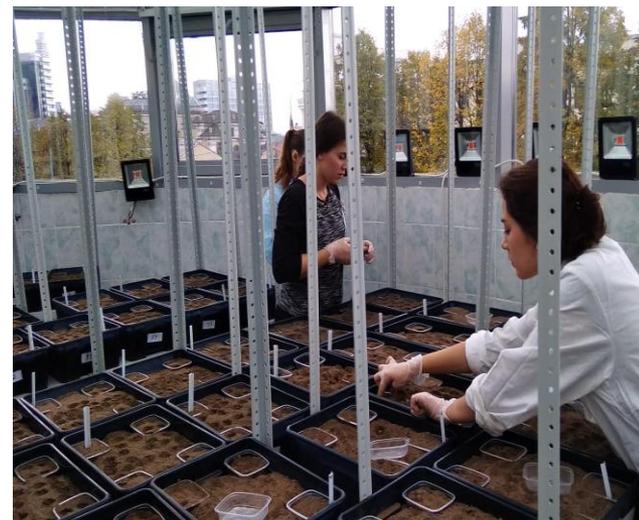
- Добавление питательных элементов перед прожигом
- Добавление питательных и конструкционных материалов после прожига

Азотом, калием, фосфором - не эффективна в нашем случае
Йодом - повышение содержания в растениях



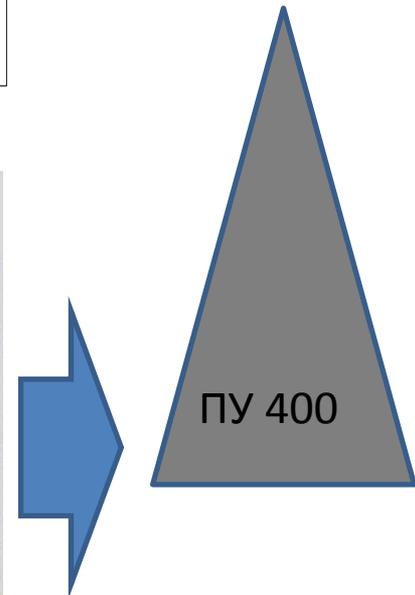
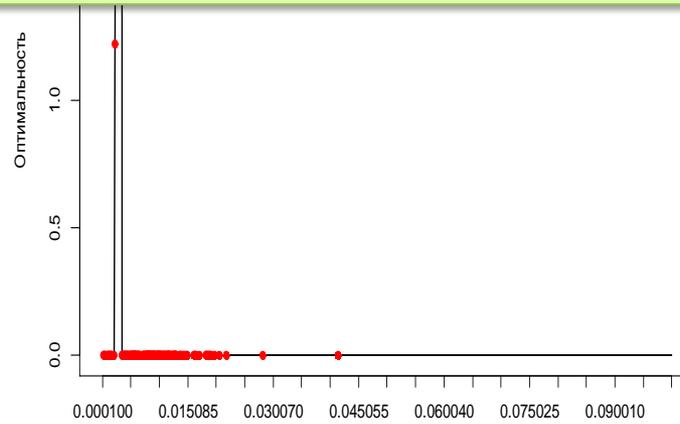
Лабораторный эксперимент: температура пиролиза и дозы

Наименование образца	Характеристики эксперимента			Вид засеваемой культуры					
	Вид эксперимента	Доза биочара	Пиковая температура пиролиза, °C	Ячмень	Пшеница				
Kw	Выбор температуры пиролиза	-	-						
B3П1%w		1%	300						
B4П1%w			400						
B5П1%w			500						
B6П1%w			600						
B7П1%w			700						
Kb			1%			-			
B3П1%b	300								
B4П1%b	400								
B5П1%b	500								
B6П1%b	600								
B7П1%b	700								
Kw	Выбор дозы биочара	-		-					
B4П0,5%w		0,5%	400						
B4П1%w		1%	400						
B4П2%w		2%	400						
B4П5%w		5%	400						
Kb		-							
B4П0,5%b								0,5%	400
B4П1%b								1%	400
B4П2%b								2%	400
B4П5%b								5%	400



Выбор вида биочара с использованием интегральной функции оптимальности

Группа параметров	Параметр	Критерий оптимальности	Приоритет
Качество пироугля	Содержание Нобщ	Максимум	3
	Содержание Собщ	Максимум	1
	Содержание подвижного Р	Максимум	3
	Содержание подвижного К	Максимум	3
	Токсичность по отношению к <i>Paramecium caudatum</i>	Минимум	3
	Токсичность по отношению к <i>Daphnia magna</i>	Минимум	3
Агрохимические свойства почвы	Содержание Нобщ	Максимум	3
	Содержание Собщ	Максимум	1
	Содержание подвижного Р	Максимум	3
	Содержание подвижного К	Максимум	3
	Электропроводность	±30% от контроля	2
	рН	6,5–7,5	1
Состояние почвенной микробиоты	Респираторная активность	±20% от контроля	2
	Метаболическая активность (на основании AWCD)	Максимум	1
	Численность грибов	Максимум	1
	Численность бактерий	Максимум	1
	Соотношение численности бактерий и грибов	10^2-10^3	3
	Активность аминопептидазы	Среднее значение из трех, ±50% от контроля	2
	Активность 1,4-β-глюкозидазы		
	Активность кислой фосфатазы		
Рост растений	Биомасса	Максимум	3
	Содержание хлорофилла	Максимум	1
	Длина стебля	Максимум	1
	Длина корня	Максимум	1



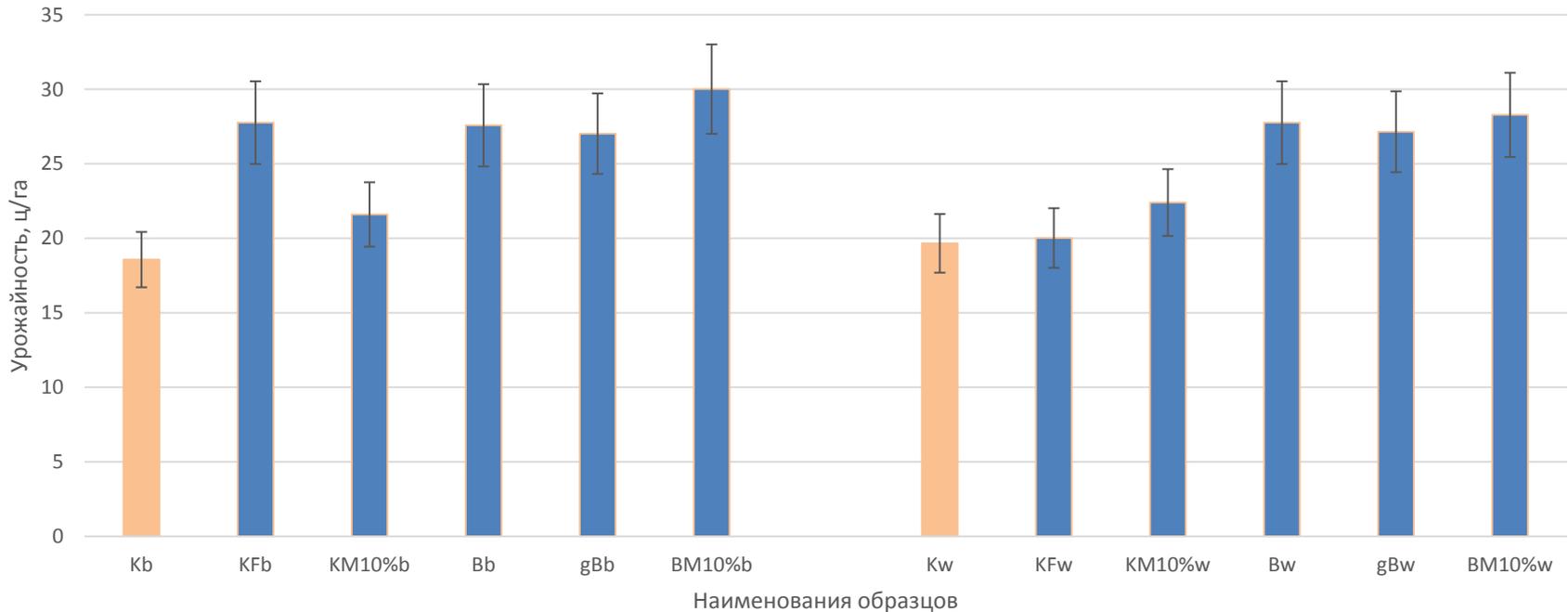
Мелкоделяночный эксперимент



Вид обработки	Вариант	
	Пшеница	Ячмень
-	Kw	Kb
Внесение биопрепарата	KM10%w	KM10%b
Внесение удобрения и пестицида	KFw	KFb
Внесение порошкообразного биочара	Bw	Bb
Внесение порошкообразного биочара с иммобилизованными микроорганизмами биопрепарата	BM10%w	BM10%b
Внесение гранулированного биочара	gBw	gBb



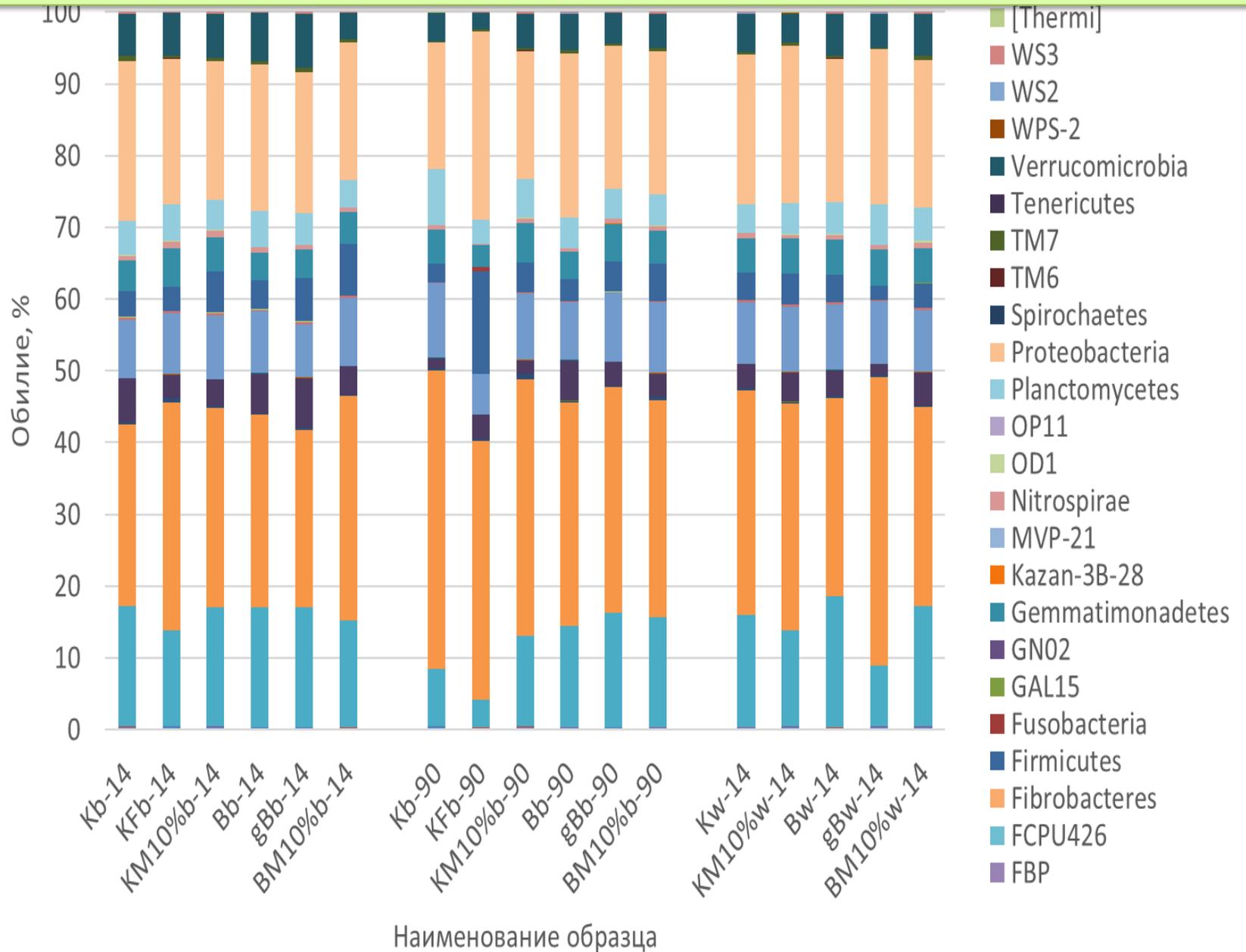
Влияние биочара на растения и микроорганизмы (мелкоделяночный эксперимент)



Респираторная активность, метаболическая активность и функциональное разнообразие, активность ферментов не претерпели значимых изменений при внесении биочара и биопрепарата.

Внесение удобрения с пестицидом привело к увеличению респираторной активности в начале эксперимента (14 сутки).

Обилие бактериальных типов в почвах под пшеницей и ячменем (мелкоделяночный эксперимент)



Обилие бактериальных ОТЕ в почвах под пшеницей и ячменем (мелкоделяночный эксперимент)

№	Таксономическая принадлежность по результатам идентификации						Обилие*, %																
	Тип	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Kb-14	KFb-14	KM10%b-14	Bb-14	gBb-14	BM10%b-14	Kb-90	KFb-90	KM10%b-90	Bb-90	gBb-90	BM10%b-90	Kw-14	KM10%w-14	Bw-14	gBw-14	BM10%w-14
1	Actinobacteria	Thermoleophila	Gaiellales	Gaiellaceae			5	8	5	5	5	6	5	7	6	5	7	3	6	7	6	6	6
2	Acidobacteria	Acidobacteria-6	iii-15				6	3	6	7	5	6	3	2	4	4	3	1	6	5	6	6	4
3	Verrucomicrobia	[Spartobacteria]	[Chthoniobacterales]	[Chthoniobacteraceae]	DA101	DA101	4	4	4	5	6	3	2	2	2	3	2	2	3	4	4	4	2
4	Planctomycetes	Phycisphaerae	WD2101				2	3	2	3	2	2	3	3	3	3	4	2	2	2	2	2	2
5	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Hyphomicrobiaceae	Rhodoplanes		3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	1	2	3	3	3	3
6	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Nocardioideaceae			2	3	1	2	2	2	2	6	3	2	4	3	2	1	1	2	2
7	Chloroflexi	Ellin6529					2	3	2	2	2	2	4	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
8	Actinobacteria	Thermoleophila	Solirubrobacterales				1	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
9	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Micrococcaceae			2	1	2	2	2	3	4	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2
10	Actinobacteria	MB-A2-108	0319-7L14				1	2	2	1	1	2	3	2	2	3	2	1	1	2	2	2	2
11	Chloroflexi	Thermomicrobia	JG30-KF-CM45				2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
12	Bacteroidetes	[Saprosirae]	[Saprosirales]	Chitinophagaceae			3	1	2	3	3	2	1	0	1	1	1	0	2	2	2	2	2
13	Gemmatimonadetes	Gemm-1					1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2
14	Proteobacteria	Betaproteobacteria	SC-I-84				2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2
15	Acidobacteria	[Chloracidobacteria]	RB41				2	1	2	2	3	1	1	0	1	1	1	0	1	2	2	3	1
16	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Bradyrhizobiaceae			2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
17	Acidobacteria	Solibacteres	Solibacterales	Solibacteraceae	Candidatus Solibacter		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1
18	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Streptomycetaceae			1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhodospirillales	Rhodospirillaceae			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	Acidobacteria	Acidobacteriia	Acidobacteriales	Koribacteraceae			1	1	1	1	1	2	1	0	0	1	1	0	1	2	2	2	1
21	Acidobacteria	Solibacteres	Solibacterales				1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1
22	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus		1	1	2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	Actinobacteria	Thermoleophila	Solirubrobacterales	Solirubrobacteraceae			1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Geodermatophilaceae			1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1
25	Acidobacteria	[Chloracidobacteria]	RB41	Ellin6075			1	0	2	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
26	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Mycobacteriaceae	Mycobacterium		1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Micrococcaceae	Arthrobacter		1	1	1	1	0	1	3	2	1	2	1	1	1	0	1	0	1
28	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Kaistobacter		2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus	flexus	1	0	1	1	1	2	1	0	2	1	1	0	1	2	1	1	1
30	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Intrasporangiaceae			1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1

* красным отмечены виды с наибольшим обилием, белым - со средним, синим - с низким

Некоторые факты

- Урожайность (ц/га) – ячмень - контроль 15, ячмень с удобрениями 21, ячмень в пироуглем 26
- Качество зерна (содержание белка, масса 100 зерен) – на 20% выше с пироуглем
- Микробное разнообразие (физиологический профиль, метагеном) – выше контрольного, намного выше, чем при использовании пестицидов и удобрений
- Микробная активность (ферментативная и респираторная) – не нарушена по сравнению с контролем, в отличие от вариантов с удобрениями и пестицидами
- Гранулированный и порошкообразный пироугли – достоверно не различаются по эффектам
- Пироуголь вносит значительно больший вклад в урожайность, чем микроорганизмы – при нормальном фитопатогенном фоне

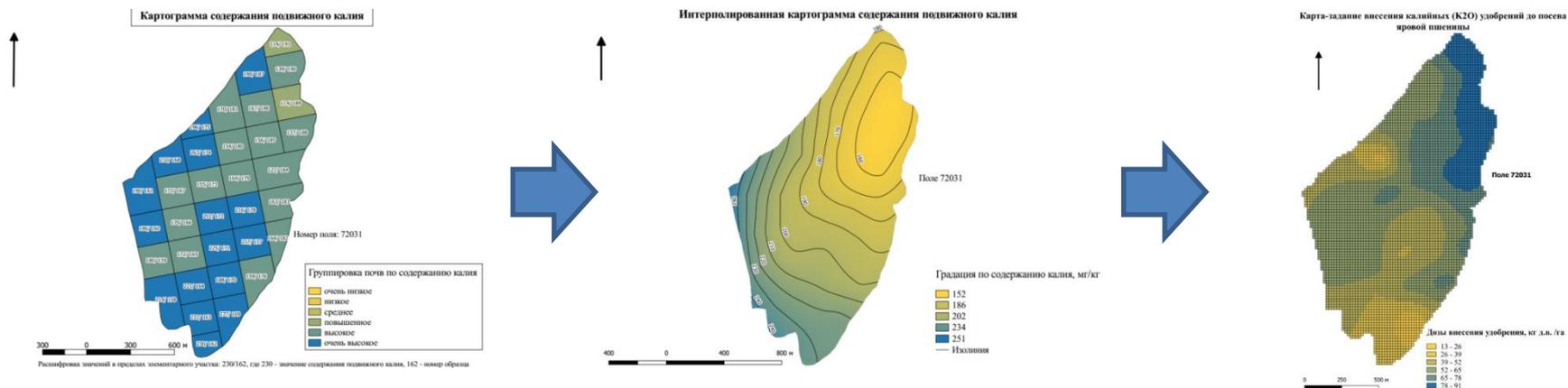


Полевой эксперимент



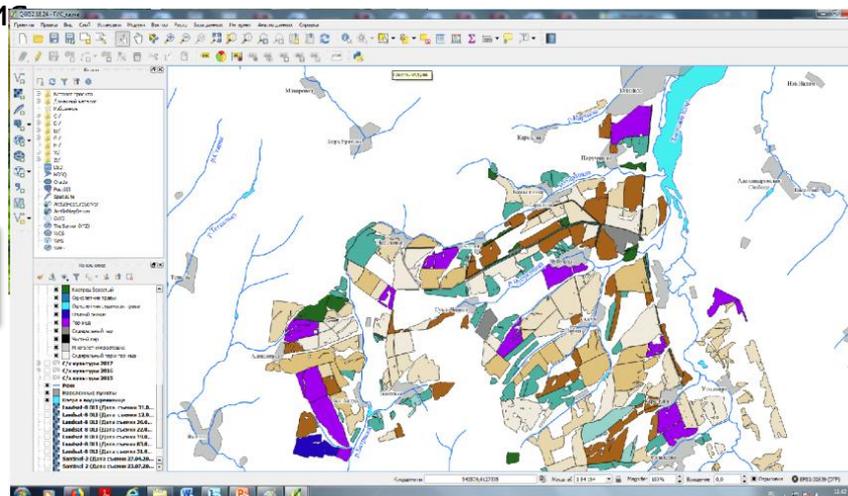
В полевом эксперименте использованы приемы точного земледелия
(для внесения минеральных удобрений)

Цифровое земледелие это комплекс технологий точного земледелия, позволяющий адаптировать агротехнику выращивания сельскохозяйственных культур под неоднородность пахотных угодий по агрономическим и агрохимическим свойствам.



Интерполированные картограммы и карты-задания составлены в программе SMS Advanced, окончательное формирование карт произведено в программе QGIS

ГИС (атлас) агрохозяйства



Урожайность яровой пшеницы Экада 109 и характеристика качества зерна

Условное обозначение	Расшифровка варианта	Урожайность, ц/га	Урожайность, ц/га (на 14% влажности)	Сорность, %	Белок, %	Число падения, с	Натура, г/л	Количество клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК
gBw	гранулированный биочар	45.8	44.8	2.5	14.6	216	765	28	82
BM1%w	порошковый биочар с нанесенными микроорганизмами	38.0	37.2	1.3	12.3	182	775	-	-
gBM1%w	гранулированный биочар с нанесенными микроорганизмами	44.6	43.7	1.4	11.9	167	772	-	-
gBchX2%w	гранулированный биочар с химической модификацией йодом	46.7	45.8	0.8	13.1	182	784	-	-
gBFPw	гранулированный биочар на фоне минеральных удобрений и пестицидов (традиционная обработка почвы и посевов)	54.7	53.6	0.6	16.2	205	759	36	77
KFPw	контроль - минеральные удобрения и пестициды (традиционная обработка почвы и посевов)	45.5	44.5	1.3	12.3	193	763	23	84
Kw	Контроль без внесения минеральных удобрений и пестицидов	17.9	17.6	1.4	10.8	175	768	-	-

Результаты определения класса пшеницы

Показатель	Вариант обработки			
	Kw	KFPw	gBw	gBFPw
	Класс по ГОСТ 9353-2016			
Массовая доля белка не менее, %	4	3	1	1
Количество клейковины не менее, %	5	3	2	1
Качество клейковины, ед. ИДК	5	от 3 до 4	от 3 до 4	от 1 до 2
Число падения, с, не менее	3	3	от 1 до 2	от 1 до 2
Натура, г/л, не менее	от 1 до 2	от 1 до 2	от 1 до 2	от 1 до 2
Сорная примесь, %, не более	от 1 до 4	от 1 до 4	от 1 до 4	от 1 до 4
Зерновая примесь, %, не более	от 1 до 4	от 1 до 4	от 1 до 4	от 1 до 4
Итоговое значение	5	3	3	2

Спасибо за внимание!

***Приглашаем Вас
в Казанский федеральный университет***

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

