

УДК 631.8

## КОНСТРУИРОВАНИЕ НОВЫХ ФОРМ ДОСТАВКИ УДОБРЕНИЙ

Цыремпилов В.Ц.

Научный руководитель - д-р биол. наук, проф. Т. Г. Волова

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

### Введение

Бурное развитие химии и переход сельского хозяйства на интенсивные технологии привели к появлению и применению огромного разнообразия химических веществ для борьбы с вредителями, сорняками и возбудителями болезней культивируемых видов. Традиционное применение пестицидов вступило в противоречие с глобальной проблемой защиты окружающей среды. Используемые в большинстве случаев в виде порошков, суспензий и эмульсий, пестициды и удобрения зачастую не обеспечивают адресную доставку препаратов, что ведет к их рассеиванию и последующей аккумуляции в биосфере. Новым направлением исследований, ориентированных на снижение риска неконтролируемого распространения и аккумуляции ксенобиотиков в биосфере, является разработка экологически безопасных препаратов нового поколения с адресным и контролируемым выходом активного начала за счет использования специальных покрытий и/или матриц из биоразрушаемых материалов.

Среди материалов, которые могут оказаться пригодными для этих целей, - разрушаемые полиэфиры микробиологического происхождения (полигидроксиалканоаты, ПГА). ПГА характеризуются биоразрушаемостью в почве под воздействием типичной почвенной микрофлоры, обладающей ПГА-деполимеризующими ферментами до безопасных для природы конечных продуктов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в аэробных условиях и до  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$  – в анаэробных условиях).

Цель работы – исследование применимости биоразрушаемых полигидроксиалканоатов в качестве носителя для конструирования экологически безопасных и долговременных форм удобрений для грунтового применения, пригодных для внесения в почву вместе с семенами, т.е. в довсходовом периоде.

Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

1. Сконструировать форму удобрения, депонированную в резорбируемый полимерный матрикс из ПГА.
2. Сконструировать лабораторную модельную систему для выращивания растений и оценки разработанной долговременной формы азота на основе ПГА.
3. Исследовать биодegradацию полимерных матриц из ПГА и кинетику выхода в среду азота в лабораторной почвенной модельной системе.
4. Оценить влияние на рост растений полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera* L.) сконструированной долговременной формы азотного удобрения, депонированного в полимерный матрикс из ПГА в сопоставлении с прямым внесением в почву источника азота.

## 2. Материалы и методы.

### 2.1. Объекты исследования.

Для получения долговременной формы азотного удобрения использовали полигидроксибутират (ПГБ- $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ), который является гомополимером D(-)-3- $\beta$ -оксимасляной кислоты.

## **2.2. Изготовление формы удобрения, депонированного в полимерный матрикс в виде пленок.**

В работе использовали гранулированное удобрение карбамид (мочевина,  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , содержание азота 46%) – универсальное концентрированное азотное удобрение, которое применяется для азотного питания всех типов сельскохозяйственных культур.

Депонирование с/х препаратов проводили с использованием полимерных пленок.

Для получения пленок использована техника испарения растворителя из раствора полимера. Раствор полимера (концентрация 2 % по весу) смешивали с удобрением (карбамидом) - и выливали на поверхность обезжиренных чашек Петри, далее высушивали при комнатной температуре в беспылевом боксе-ламинаре в течение 3-4 суток. Из полученных пленок высекали образцы весом в 40 мг. Соотношение полимер: удобрение в пленке было различным и составило 90,9:9,1; 82:18; 76:24 (в % от общей массы).

## **2.3. Исследование сельскохозяйственных препаратов на основе ПГБ в почве.**

Для исследования разработанной долговременной формы азотного удобрения была сконструирована модельная система (рис.5), которая представляет собой пластиковый контейнер объемом  $400 \text{ см}^3$ , заполненный садово-огородной почвой (масса 80 г). В качестве растения использована полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera* L.) - Многолетний низкорослый короткокорневищный злак, образующий многочисленные, стелющиеся по поверхности почвы стеблевые побеги длиной 30-40 см и более, с приподнимающимися концами.

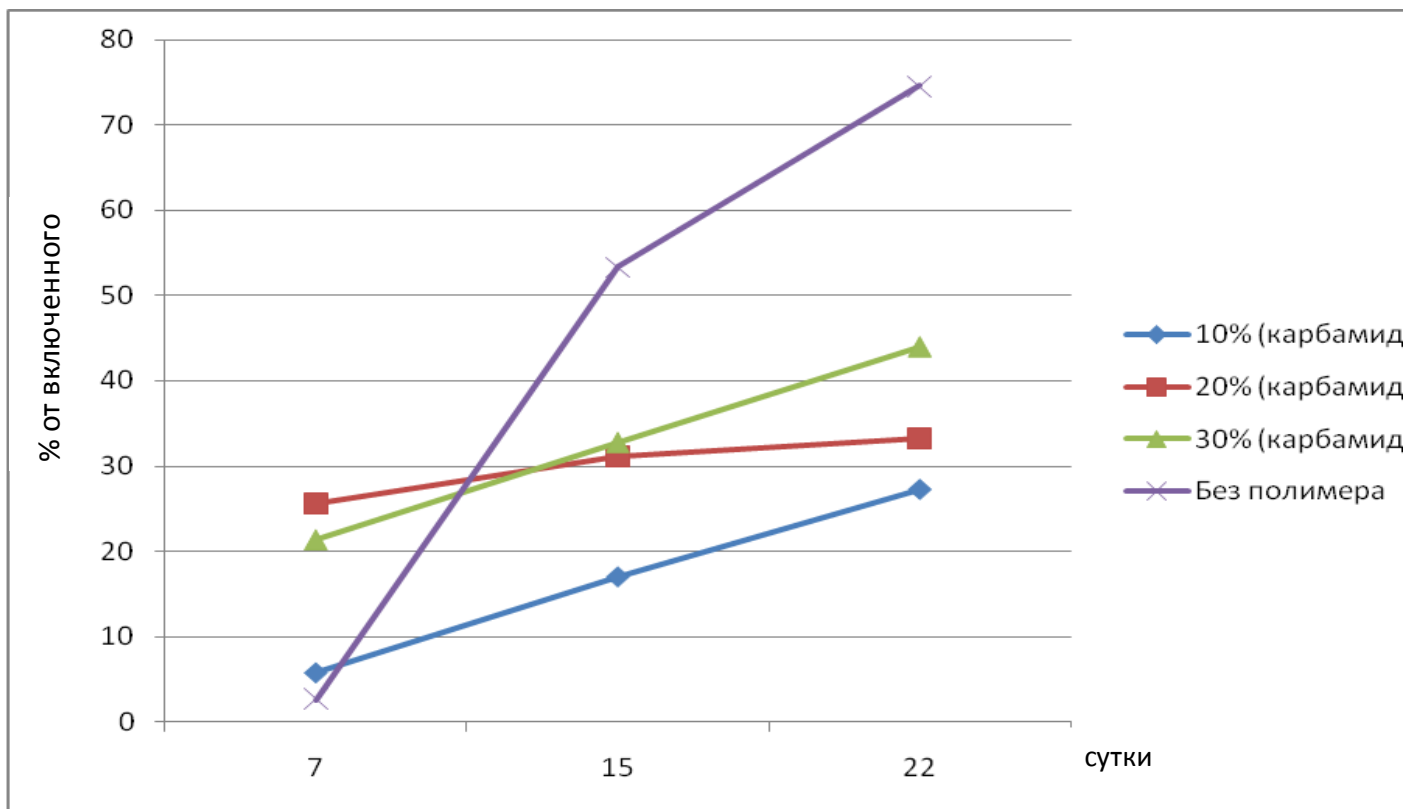
### **2.3.1. Изучение деградации ПГБ и выхода удобрения из полимерной формы в почве.**

Для изучения динамики выхода карбамида и исследования биodeградации ПГБ вносили полимерные пленки, нагруженные удобрением. Исходная масса вносимых образцов составила 150; 75; 50 мг для загрузки солью азота на 10, 20 и 30 %, соответственно (по норме расхода). Одновременно в контрольные контейнеры (положительный контроль) вносили свободное удобрение в рекомендуемой дозе, - 15 мг/контейнер, по норме расхода  $6,9 : 80 = 0,0862$  мг азота на 1 г почвы. Негативным контролем служила почва без внесения удобрения.

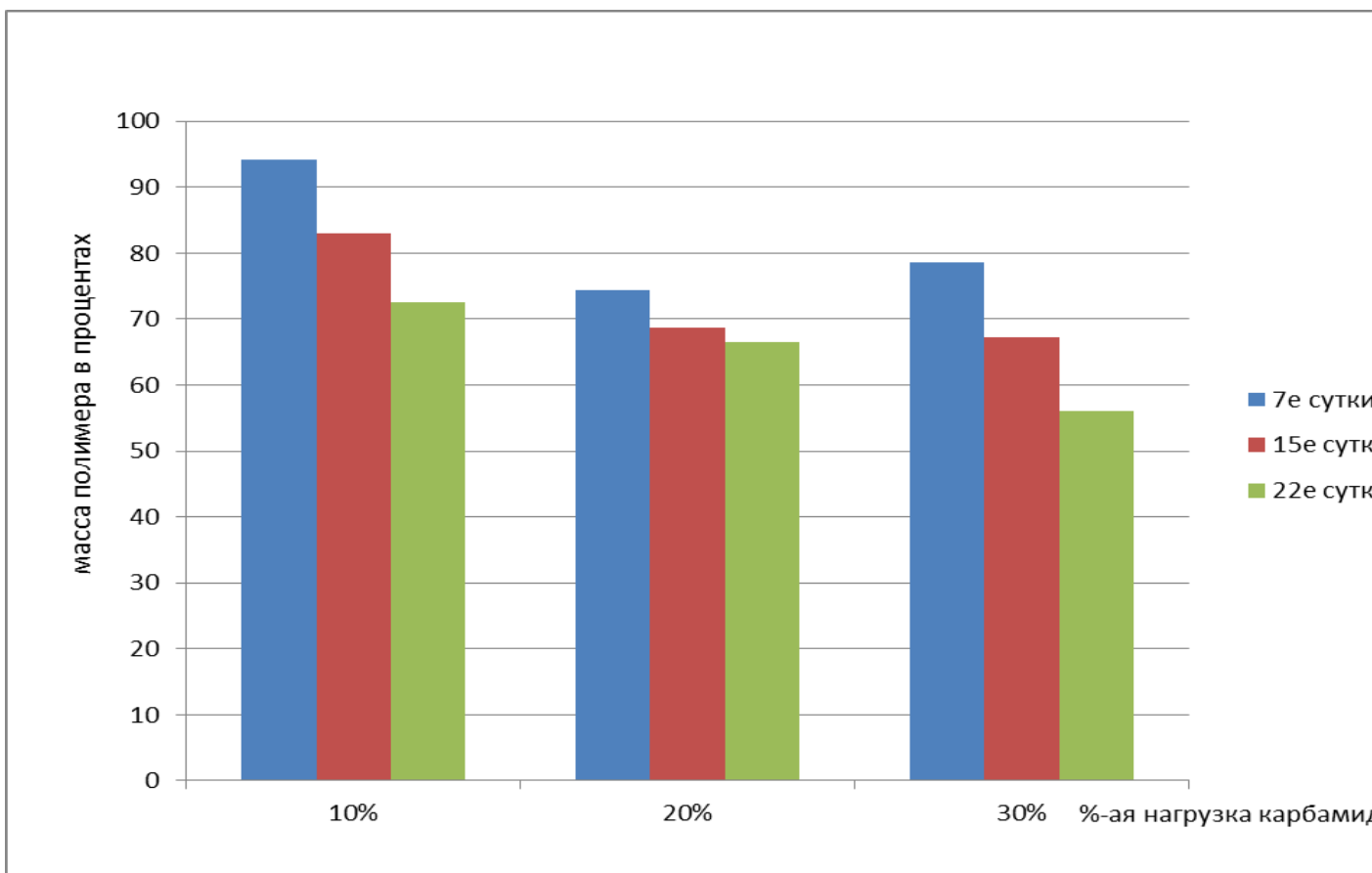
На протяжении всего эксперимента поддерживали влажность почвы 65 %. Образцы вынимали из почвы на 7-е, 15-е и 22-е сутки, высушивали при комнатной температуре и взвешивали на аналитических весах.

Количество азота определяли колориметрическим методом с реактивом Несслера. Для этого в колбу отобрали 10 г экспериментальной почвы и добавили к ней 2% раствор KCl (100 мл). Колбу встряхнули в течение часа, и содержимое отфильтровали через фильтр «белая лента». Затем отобрали 5 мл вытяжки и разбавили ее дистиллированной водой (35 мл). После этого прибавили 2 мл сегнетовой соли (50%), 2 мл реактива Несслера и разбавили дистиллированной водой (6 мл). Через 2-3 минуты раствор колориметрировали на фотоколориметре (длина волны 425 нм). Содержание азота в растворе установили по калибровочной кривой с пересчетом на 80 г почвы.

В результате эксперимента проследили динамику выхода удобрения Карбамид в почву и изучили биodeградацию ПГБ (рис. 4).



а



б

Рис 1. Динамика выхода удобрения в почву (а) и биодegradации ПГБ (б)

Выход удобрения из пленок в первые 7 суток был резким и составил порядка 20 % от включенного, хотя в случае нагружения полимерного матрикса на 10 % выход составил 5,7 %, что связано большой массой самих пленок по сравнению с более высоким нагружением ( 20 и 30 % по массе). Далее на 15-е сутки кинетика выхода происходила медленно и достигла 17%,31,2%, 32,8% от включенного для трех экспериментальных систем ( нагрузка на 10, 20 и 30 % соответственно). А через 22 суток 27,3 33,3 и 44% от включенного при исследованных уровнях нагрузок матрикса солью азота. При внесении свободного удобрения без полимерного покрытия в почву, выход препарата на 7-е сутки составил 2,6%, но уже на 15-е сутки резко возрос до 53,3% и на 22-ые сутки он составил 74,6%.

Табл.1 Прирост биомассы растения при различных условиях азотного питания.

	Биомасса (мг)	Без удобрения	Удобрение без полимерного покрытия	10%	20%	30%
<b>7е</b> <b>сутки</b>	Сырая	41	42	168,5	175,8	140,7
	Сухая	3,3	4	17,6	18,8	15,5
<b>15е</b> <b>сутки</b>	Сырая	210	401	237,5	126,7	384,6
	Сухая	20,6	41	26,4	15,8	38
<b>22е</b> <b>сутки</b>	Сырая	704	857,8	1585	1085	1470
	Сухая	<b>72,6</b>	<b>81,4</b>	<b>153,8</b>	96,8	<b>135</b>

При добавлении разработанной формы удобрения. Депонированного в полимерный матрикс прирост биомассы происходил значительно быстрее и эффективнее, в отличие от стандартного введения удобрения: на 22е сутки биомасса в варианте со свободным удобрением биомасса составила 81,4 мг, а в варианте с разработанной долговременной формой - 153,8 мг; 96,8 мг; 135 мг (нагрузка 10, 20, 30 % соответственно).

### 2.3.2. Исследование роста растения.

Оценка эффективности применения разработанной формы депонированного азота проведена на примере модельного растения *Agrostis stolonifera* L. Продуктивность роста растений (прироста растительной биомассы) в эксперименте оценивали следующим образом: периодически на сроках 7, 15, 22 суток вегетации срезали вегетативную часть растения и измеряли сырую и сухую биомассу (высушенную до постоянного веса при 105°). В результате выявили позитивное влияние депонированного в полимерный матрикс азотного удобрения на рост биомассы растения (рис.5, таблица 1).



1.

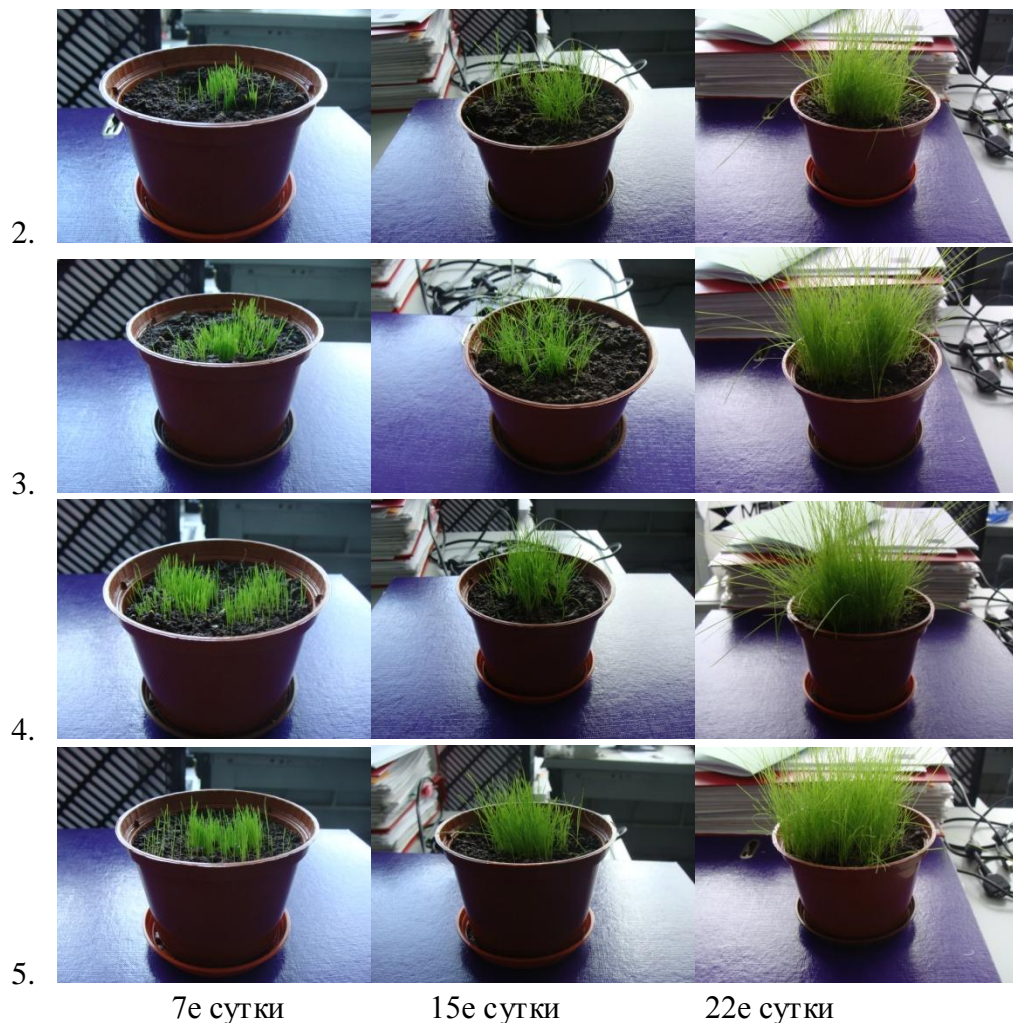


Рис 2. Сравнительный визуальный анализ роста растения Полевица Побегоносная (*Agrostis stolonifera*L.): 1 – негативный контроль, 2 – позитивный контроль, свободное удобрение, 3 – пленки с 10, 20 и 30 %-ым нагрузкой солью азота.

### **Выводы:**

1. Разработаны полимерные матрицы из ПГБ в виде пленок.
2. Депонировано азотное удобрение (Карбамид) в пленки.
3. Исследована биодegradация полимерных матриц из ПГА в почве и кинетика выхода азота. Показано, что полимерный матрикс с нагруженным удобрением разрушился на 27,4%, 33,4%, 44% (нагрузка удобрения 10%, 20%, 30% соответственно). Кинетика выхода азота показала, что матрицы могут сильно замедлить выход удобрения, что актуально в современном сельском хозяйстве.
4. Оценена эффективность использования ПГБ матриц на рост растения. Установлено, что рост биомассы растения, в случае, когда было применены матрицы из полимера, был существенно быстрее и больше.
5. Показана эффективность применения ПГБ в качестве матрикса для контролируемой и долговременной доставки сельскохозяйственных препаратов.