

Фомина Е.К.¹, Савельев Н.С.², Черехина Е.В.², Кудрявский Д.Л.¹, Климовцова И.А.¹

¹Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», Минск, Беларусь;
famina@bsu.by.

²РУП «Институт льна», аг. Устье, Беларусь.

МИКРОУДОБРЕНИЕ С ДОБАВКАМИ АМИНОКИСЛОТ «АМИСТИМ»

Разработано микроудобрение «АмиСтим», содержащее бор, цинк, медь, аминокислоты, а также водорастворимый полимер в качестве пролонгирующего средства. Показана высокая эффективность микроудобрения на растениях льна.

Microfertilizer "AmyStim" has been designed comprising boron, zinc, copper, amino acids, as well as a water-soluble polymer as a prolonging agent. The high efficiency of microfertilizer on flax plants has been shown.

Ключевые слова: Микроудобрение; аминокислоты; пролонгирующая способность.

Keywords: Microfertilizer; amino acids; prolonging ability.

Введение

Известно [1], что растения способны синтезировать все необходимые для них аминокислоты (в процессе нормального обмена веществ). Однако в стрессовых состояниях (засуха, холод) обмен веществ замедляется, и синтез аминокислот снижается. Поступление аминокислот извне (со специальными удобрениями на их основе) позволяет растению ускорить метаболические процессы, не тратя при этом дополнительную энергию на собственный синтез аминокислот [2]. Нами было разработано микроудобрение «АмиСтим» для льна с добавками аминокислот. Оно должно было удовлетворять следующим требованиям: содержать оптимальное количество микроэлементов бора, цинка, меди, имеющих хорошую растворимость и усвояемость растениями льна; обеспечивать стрессоустойчивость за счет дополнительного внесения аминокислот; иметь свойство равномерного распределения и фиксации действующих веществ на поверхности растений посредством добавления в состав микроудобрения водорастворимого полимера (сополимера (СП) акриламида (АА) и акрилата натрия (АNa)).

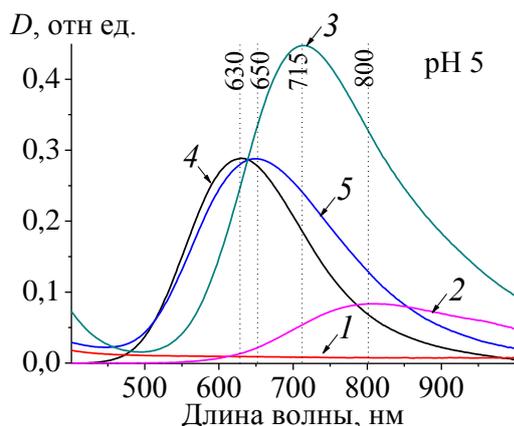
Методы исследования

Для оценки пленкообразующей и удерживающей способности микроудобрения «АмиСтим» на растениях льна были приготовлены модельные растворы, содержащие сополимер АА и АNa с молекулярной массой около $1 \cdot 10^5$ г/моль и содержанием акрилатных звеньев 80 мол %, сульфат Cu(II) и глицин (Gly). Мольные отношения карбоксилатные группы сополимера (COO⁻) : Gly : Cu(II) были равны 16 : 16 : 1. pH растворов контролировалось с помощью pH-метра HI 8314 («Hanna Instruments Inc.», Италия). Формирование комплексов ионов Cu(II) с функциональными группами Gly и сополимера изучали методом абсорбционной спектрофотометрии. Электронные спектры поглощения водных растворов комплексов регистрировали на спектрофотометре РВ2201 производства ЗАО «СОЛАР» (Беларусь).

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведены электронные спектры поглощения водных растворов простых и комплексных солей Cu(II) и сополимера АА и АNa при pH 5. Образование комплекса ионов Cu(II) с сополимером АА и АNa отражается в электронных спектрах поглощения как гипсохромный сдвиг полосы 800 нм (рис. 1, кривая 2), характерной для свободных ионов

Cu(II), к 715 нм (рис. 1, кривая 3), а также значительному повышению интенсивности указанной полосы.



Водные растворы: 1 – СП АА и АNa, 2 – CuSO₄, 3 – CuSO₄ с добавкой СП АА и АNa, 4 – CuSO₄ с добавкой Gly, 5 – CuSO₄ с добавкой Gly и СП АА и АNa.

Рисунок 2. Участки электронных спектров поглощения водных растворов простых ионных и комплексных солей Cu(II)

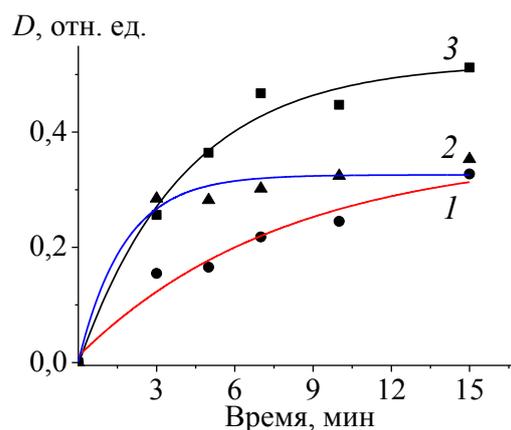
величина оптической плотности (*D*) прямо пропорциональна концентрации в растворе Cu(II), комплексов Cu(II) с Gly или сополимером, а также смешанных комплексов.

Обнаружили, что образцы пленок, приготовленных высушиванием водных растворов комплекса Cu(II) с Gly, не содержащих в своем составе сополимер, практически полностью растворяются за 15 минут. На рис. 2 видно, что кривая 2, характеризующая кинетику растворения комплекса Cu(II) с Gly, быстро выходит на насыщение. Наименьшая скорость растворения пленки на основе смешанного комплекса Cu(II) с сополимером и Gly (рис. 2, кривая 1).

Чтобы определить удерживающую способность микроудобрения на растениях, льняную солому обработали растворами вышеуказанных комплексов Cu(II), высушили и поместили в дистиллированную воду. Растворение пленок, образовавшихся на поверхности растений льна, приводило к изменению pH и электродвижущей силы растворов, поскольку комплексы ионов Cu(II) с Gly и сополимером являются электролитами. Было обнаружено, что быстрее всего происходит растворение нанесенного на растения льна комплекса Cu(II) с Gly, поскольку в первые 20–30 минут наблюдали рост pH растворов, полученных при помещении в воду льняной соломы, обработанной составом на основе комплекса Cu(II) с

Для комплекса ионов Cu(II) с Gly характерна полоса поглощения 630 нм (рис. 1, кривая 4). Максимум полосы поглощения продукта взаимодействия ионов Cu(II) с сополимером и Gly (рис. 1, кривая 5) расположен при длине волны 650 нм. Появление новой полосы поглощения свидетельствует о том, что формируется смешанный комплекс. В смешанном комплексе ионы Cu(II) образуют координационную связь как с функциональными группами сополимера, так и аминокислоты.

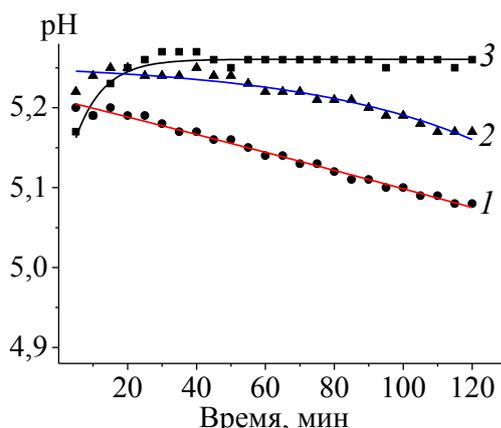
Кинетику высвобождения Cu(II) из пленок, полученных путем испарения растворителя из водных растворов, нанесенных на полистирольные подложки, изучали, используя метод абсорбционной спектрофотометрии. Предполагали, что



Растворы были получены при выдерживании в воде пленок на основе комплексов: 1 – Cu(II) с Gly и СП АА и АNa, 2 – Cu(II) с Gly, 3 – Cu(II) с СП АА и АNa

Рисунок 2. Кинетические кривые изменения величины оптической плотности максимумов полос поглощения электронных спектров растворов, полученных при выдерживании в воде пленок на основе комплексов Cu(II)

аминокислотой, а затем кислотность растворов практически не менялась (рис. 3, кривая 3), то есть процесс растворения полностью завершился.



Комплексы Cu(II): 1 – с СП АА и АNa; 2 – с Gly и СП АА и АNa; 3 – с Gly

Рисунок 3. Кинетические кривые изменения pH растворов, полученных при выдерживании в воде льняной соломы, обработанной составами на основе комплексов Cu(II)

Наиболее медленно растворялись нанесенные на растения льна составы на основе комплекса Cu(II) с сополимером, а также на основе смешанного комплекса (рис. 3, кривые 1 и 2), что обусловлено первоначальным набуханием полимера, приводящим к замедлению растворения.

В РУП «Институт льна» НАН Беларуси в 2018–2019 годах проведены полевые испытания микроудобрения «АмиСтим» на растениях льна-долгунца сорта Грант. Микроудобрение использовалось в количествах 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0 л/га в фазе «елочки» и фазе «быстрого роста». В качестве эталона применяли микроудобрение «Гисинар Линум» при норме расхода – 2 л/га. Сравнение проводили с контролем без обработки.

Урожайность льносемян в контрольном

опыте составила 11,0 ц/га. Обработка растений микроудобрением в зависимости от варианта опыта обеспечила прибавку семян от 0,6 до 1,7 ц/га ($НСР_{05}=0,7$). Установлено, что урожайность общего льноволокна в контрольном варианте составляла 12,8 ц/га, а при обработке микроудобрением «АмиСтим» в зависимости от варианта опыта находилась в пределах 13,6–14,8 ц/га ($НСР_{05}=0,7$), а длинного волокна – 8,3 ц/га и 8,8–10,8 ц/га ($НСР_{05}=0,6$) соответственно. В контрольном варианте качество волокна соответствовало номеру 9, а при применении микроудобрения во всех остальных вариантах опыта и при использовании эталона – номеру 10. Внекорневые подкормки микроудобрением увеличивали горстевую длину на 2,0–5,0 см, гибкость – на 6,0–12,0 мм, разрывную нагрузку – на 5–40 Н в зависимости от варианта опыта.

Выводы

Проведены модельные опыты по определению удерживающей способности на растениях льна микроудобрения «АмиСтим» с добавками аминокислот и водорастворимого полимера. Установлено, что добавление сополимера акриламида с акрилатом натрия и аминокислот в водные растворы солей микроэлементов (показано на примере Cu(II)) приводит к формированию смешанных комплексов биогенных металлов с функциональными группами аминокислот и сополимера. Это способствует замедлению растворения нанесенного на растения микроудобрения и пролонгации высвобождения действующих веществ. Применение микроудобрения «АмиСтим» на растениях льна-долгунца оказало положительное влияние на урожайность льносемян, выход общего и длинного волокна и его качество. Существенных различий по номеру волокна от норм расхода и сроков применения микроудобрения не установлено.

Библиографические ссылки

1. Amino acids distribution in economical important plants: a review / V. Kumar [at al] // *Biotech. Res. Innov.* – Vol. 3, №. 2. –2019. –С. 197–207.
2. Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings / A. Ertani [at al] // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* – 2009. Vol. 172, №. 2. –С. 237–244.