

ӘОЖ 575.24.1:633.11.16

¹С. Мапанбек*, ^{1,2}А.М. Кохметова

¹Қазақ Ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан

² Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: sairana_0705@mail.ru

Күздік бидай сорттарының сары татқа *P.striiformis West.f.sp.tritici*. төзімділігін генетикалық, селекциялық және фитопатологиялық зерттеу

Бидайдың сары тат ауруы маңызды экономикалық зиян келтіретін аурулардың бірі. Тәжірибелік егіс алқабында фитопатологиялық зерттеулер жүргізу барысында сары татқа төзімді, Қарлығаш, Егемен, Тунғыш және Таза сорттары анықталды. Өнімнің құрылымын сараптауда күздік бидайдың Алмалы, Қарлығаш, Сапалы, Таза, Егемен және Одесская-120 сорттары жоғарғы көрсеткіш көрсетті. Сары татқа төзімділігі мен шаруашылық құнды белгілері бойынша жергілікті күздік бидайдың Қарлығаш, Таза, Егемен және Алмалы сорттары ерекшеленді.

Түйінді сөздер: бидай, сорт, сары тат, төзімділік генетикасы.

С. Мапанбек, А.М. Кохметова

Генетико-селекционные и фитопатологическое изучение сортов озимой пшеницы устойчивости к желтой ржавчине *P.striiformis West.f.sp.tritici*.

Желтая ржавчина пшеницы является – опасным заболеванием наносящие серьезный экономический ущерб. На основе результатов проведенных на полевых условиях выявлено сорта Карлыгаш, Егемен, Тунгыш және Таза сорта пшеницы устойчивый к желтой ржавчине. Анализ элементов продуктивности позволили отобрать Алмалы, Карлыгаш, Сапалы, Таза, Егемен және Одесская-120 сорта пшеницы с высоким уровнем этих показателей. По данным фитопатологического анализа и оценки хозяйственно-ценных признаков выделено Карлыгаш, Таза, Егемен және Алмалы местных сорта озимой пшеницы.

Ключевые слова: пшеница, сорт, желтая ржавчина, генетика устойчивости.

S.Mapanbek., A.M.Kokhmetova

Genetic, breeding and phytopathological study of winter wheat cultivars resistance to yellow rust *P.striiformis West.f.sp.tritici*.

Yellow rust is harmful wheat disease causing severe economic damage. Based on the results of the field evaluation identified four wheat varieties resistant to yellow rust (перечислить сорта) were identified. 6 wheat cultivars showed exceeding in most of productivity traits. According to phytopathological analysis and agronomic traits evaluation four cultivars of winter wheat were selected.

Keywords: wheat, grade, yellow rust, genetics of resistance

Бидай Қазақстан Республикасының негізгі дақылы болып саналады. Елімізде жыл сайын 15 млн. гектардан астам жерде дәнді дақылдар өсіріледі. Дәнді астық дақылдарының ішінде егістік аумағының ең көп бөлігін бидай алып жатыр. Ол жыл сайын 12-14 млн. га алқапта өсіріледі және негізгі бөлігі Солтүстік Қазақстанның облыстарында шоғырланған [1].

Аймақта бидайды өндіру кезінде астықтың өніміне өте қауіпті зиян келтіретін аурудың таралуы және зиянкес болуы қиындықтар тудырады. Одан басқа, арамшөптердің таралуы және құрғақшылық, температураның төмендеуі немесе жоғарылауы, топырақтың тұздануы секілді кейбір абиотикалық

факторлар астықтық өндірісіне кері әсерін тигізеді. Күздік бидайдан жоғары өнім алуды шектейтін факторлардың бірі өсімдіктердің әртүрлі аурулармен зақымдалуы. Осы аурулардың ішіндегі ең зияндысы сары тат ауруы (*Puccinia striiformis West.*) болып табылады. Бидай сары тат қоздырғышы Орталық Азияның Тәжікстан, Түркменстан, Өзбекстан, Қырғызстан және Қазақстан республикаларында өте кең таралған [2].

Дәнді дақылдардан жоғары және сапалы түсім алуға саңырауқұлақ қоздыратын әр түрлі аурулар орасан кедергі келтіреді. Қазақстанның бидай егістігінде сабақ таты (*Puccinia graminis tritici*), қоңыр тат (*P.*

recondita tritici) және сары тат (*P. striiformis tritici*) аурулары кеңінен таралған және аса зиянды болып есептеледі. Бидай сорттарының сары татпен зақымдануы егін түсуінің кемуіне және дән сапасының төмендеуіне әкеледі. Бұл ауру салдарынан өсімдіктің бойы, сабағының жуандығы, масақ ұзындығы қысқарып, масақтағы масақша саны, дән саны және дәннің салмағы кемиді [3].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу жұмысы Алматы облысы, Алмалыбақ ауылы, Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институтының тәжірибелік танап алқабында және Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институтының генетика және селекция зертханасында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде: Қарлығаш, Сапалы, Наз, Алмалы, Арап, Таза, Купава, Уманка, Безостая 1, Мереке, Егемен, Тұңғыш, Княжна, Одесская 120, Стекловидная 24 және Прогресс күздік бидай сорттары алынды. Бақылау ретінде күздік бидайдың Алмалы сорты қолданылды. R.A.McIntosh et al., 1995 [4] әдістемесі бойынша сары татқа төзімділікті фитопотологиялық бағалау жүргізілді. Бұл әдістеме бойынша “R”- төзімді реакция (Resistant) , “MR”- орташа төзімді реакция

(Moderately Resistant), “MS”- орташа төзімсіз реакция (Moderately Susceptible), “S”- төзімсіз реакция (Susceptible). Өсімдіктің фенологиясын бақылау және егінді жинап алып баршаға ортақ әдістеме бойынша жүргізілді. Өнімнің құрылымын сараптауда мынадай белгілер қарастырылды: өсімдіктің ұзындығы, өсімдіктегі масақ саны, масақтың ұзындығы, масақтағы масақшалардың саны, негізгі масақтағы дәннің саны, негізгі масақтағы дәннің салмағы, өсімдіктегі дәннің салмағы және 1000 дәннің салмағы. Мәліметтерді статистикалық өңдеу Excell бағдарламасы бойынша жүзеге асырылды [5].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Табиғи егіс алқабында фитопатологиялық зерттеулердің нәтижесінде сары тат ауруына Қарлығаш, Егемен, Тұңғыш сорттары төзімділік көрсетті(R), орташа төзімді реакция Таза сортында (MR), орташа төзімсіз реакция Сапалы, Арап, Алмалы және Одесская-120 сорттарында анықталса (MS), төзімсіз реакция (S) Наз, Купава, Уманка, Безостая-1 Мереке, Егемен, Стекловидная-120 және Прогресс сорттарында байқалды. Шаруашылық құнды белгілеріне құрылымдық талдау жасау барысында Алмалы, Қарлығаш, Таза, Егемен сорттары жоғары өнімділікпен ерекшеленді.

Кесте 1 – Күздік бидай сорттарының құрылымдық талдауы және сары татқа фитопотологиялық баға беру, Алмалыбақ, 2013 ж

Үлгілердің атауы	Морфологиялық сипаттамасы	Өсімдіктің ұзындығы, см	Өсімдіктегі масақ саны, дана	Масақтың ұзындығы, см	Масақтағы масақшалардың саны, дана	Негізгі масақтағы дәннің саны, дана	Негізгі масақтағы дәннің салмағы, г	Өсімдіктегі дәннің салмағы, г	1000 дәннің салмағы, г	Сары татқа фитопотологиялық баға беру
Қарлығаш	<i>Erythrospermum</i>	75,1±4,93	6,6±1,326	11,3±0,94	18,7±8,15	57±8,15	2,8±0,36	15,8±4,62	46,4±0,89	R
Сапалы	<i>Erythrospermum</i>	90,2±6,54	4,9±1,40	12,6±1,32	18,2±1,60	50,9±5,83	2,5±0,30	8,6±1,88	46,2±0,87	30 MS
Наз	<i>Ferrugineum</i>	63,5±3,81	7,1±1,45	11,1±0,96	17,2±2,15	47,9±13,14	2,5±0,30	13,6±1,32	41,7±0,46	20 S
Алмалы	<i>Erythrospermum</i>	97,5±7,82	7,6±0,97	13,5±1,04	19,7±2,45	66,3±13,07	3,2±0,27	14,2±2,13	48,5±0,68	20 MS
Арап	<i>Erythrospermum</i>	67,3±5,80	4,9±1,52	11,9±1,30	19,1±2,13	54,3±9,84	2,7±0,28	9,6±2,72	44,5±1,15	30 MS
Таза	<i>Lutescens</i>	84,8±5,85	7,3±1,42	12,8±1,32	26,9±4,46	59,1±14,46	3,1±0,44	15,1±2,53	42,9±0,41	10 MR
Купава	<i>Lutescens</i>	62,7±4,81	5±2,21	9,9±1,56	16,8±3,01	56,6±15,27	2,1±0,37	7±2,39	32,2±0,78	40 S
Уманка	<i>Erythrospermum</i>	64,8±4,54	7,8±2,16	10,2±0,77	16,6±2,17	50,4±9,83	2,2±0,27	12,6±4,24	40,9±0,80	50 S
Безостая-1	<i>Lutescens</i>	64,5±7,38	4,4±0,97	10,4±1,49	17,1±2,38	40,4±13,28	1,9±0,32	6,4±1,27	34,3±0,60	60 S
Мереке	<i>Barbarossa</i>	64,9±9,12	5,1±0,99	9,4±0,74	17,7±1,95	51,8±8,13	2,3±0,35	8,3±2,38	34,9±0,77	50 S
Егемен	<i>Erythrospermum</i>	73,8±2,15	5,5±1,08	11,6±2,02	20,2±1,55	54,7±10,22	3,3±0,70	13,7±3,96	40,9±0,72	R
Тұңғыш	<i>Lutescens</i>	59,8±3,88	6,2±2,25	9,3±0,88	16±1,70	52,8±7,13	1,8±0,25	12,3±2,91	30,2±0,92	R
Княжна	<i>Lutescens</i>	70,3±4,97	5,2±1,81	9,5±0,78	19,3±1,42	57,1±6,56	2,3±0,15	7,3±1,01	34,6±0,69	40 S
Одесская-120	<i>Erythrospermum</i>	82,8±4,34	4,7±0,95	11,7±1,55	19,4±0,97	57,7±10,71	2,8±0,34	9,3±1,97	43,1±0,99	20 MS
Стекловидная-24	<i>Erythrospermum</i>	72,5±3,69	4,4±1,26	10,7±1,08	18,3±1,83	64,3±8,93	2,9±0,57	9,3±2,86	42,4±0,98	80 S
Прогресс	<i>Erythrospermum</i>	81,6±9,56	7,7±1,64	10,5±1,03	19,9±1,29	66,9±9,45	3±0,43	15,6±4,39	41,6±0,78	60 MS

Бірінші кестеде бидай сорттарының шаруашылық құнды белгілеріне құрылымдық талдауы және сары татқа фитопотологиялық бағалаудың нәтижесі көрсетілген. Зерттеу нәтижесінде өсімдіктің биіктігі зерттелген

сорттар арасында 59,8-97,5 см ауытқыды. Бойының биіктігі бойынша Алмалы, Сапалы (97,5-90,2см) сорттары ерекшеленді. Орташа бойлы сорттарға Қарлығаш, Таза, Егемен, Княжна, Одесская 120, Стекловидная 24 және

Прогресс (70,3-84,8см) жатады. Қысқа бойлы ретінде Наз, Арап, Купава, Уманка, Безостая 1, Мереке және Тұңғыш сорттары байқалды. Өсімдіктегі масақ саны бойынша шамамен 5-8 дана болды. Масақ санының ең жоғары көрсеткіші Наз, Алмалы, Таза, Уманка, Тұңғыш және Прогресс (8-7 дана) сорттарында жақсы көрсеткіш көрсетті. Өсімдіктегі масақ санының орташа көрсеткіші Қарлығаш, Купава, Мереке, Егемен және Княжна (5-6 дана) сорттарында байқалды. Масақ саны ең жоғары болған сорттар Сапалы, Арап, Одесская 120 және Стекловидная 24 (4-5 дана). Масақтың ұзындығы 9,3-13,5 см аралығында ауытқыды. Зерттелген сорт үлгілер арасынан ең ұзын масақ Алмалы (13,5 см) сортында ерекшеленіп, ұзындығы орташа Одесская 120 (11,7 см), және қысқа масақ Тұңғыш сорттарында анықталды. Масақтағы масақшалардың саны 23-16 дана аралығында ауытқыды, жоғары көрсеткіш Егемен сортында 23 дана, орташа көрсеткіш Қарлығаш сортында 19 дана, ал Уманка сортында 16 дана, ең төменгі көрсеткіш көрсетті. Негізгі масақтағы дәннің саны 47-67 дана аралығында, жоғары дән саны Алмалы сортында (67 дана), орташа Арап (55 дана) және төменгі көрсеткіш Наз (47 дана) сортында болды. Негізгі масақтағы дәннің салмағы 1,9-3,3 г аралығында, жоғары көрсеткішпен Алмалы және Егемен (3,2-3,3 г) сорттары ерекшеленді. Арап сортында орташа көрсеткіш 2,7 г, төменгі көрсеткіш Безостая-1 сортында 1,9 г болды. Өсімдіктегі дәннің салмағы 6,4-15,8 г аралығында ауытқыды, дәннің жоғары салмағы Қарлығаш, Алмалы, Таза және

Прогресс сорттары (15,8-14,2 г) ерекшеленді. Орташа дәннің салмағы Наз, Уманка, Егемен және Тұңғыш сорттарында (12,3-13,7 г) байқалды, ал Сапалы, Арап, Купава, Мереке, Княжна, Одесская 120 және Стекловидная 24 сорттарында ең төменгі көрсеткіш (6,4-9,6) көрсетті. Жалпы зерттелген бидай сорттарында 1000 дәннің салмағы 30,2-48,5 г аралығында болды. Ең жоғарғы 1000 дәннің салмағы Қарлығаш, Сапалы, Алмалы және Арап сорттарында (44,5-48,5 г) байқалды. 1000 дәннің салмағы бойынша орташа көрсеткіш Наз, Таза, Уманка, Мереке, Егемен, Одесская 120, Стекловидная 24 және Прогресс сорттарында (40,9-43,1 г) байқалды. Ал Купава, Безостая-1, Тұңғыш және Княжна бидай сорттары төменгі көрсеткіштер (30,2-34,6 г) көрсетті.

Сонымен, табиғи егіс алқабында фитопатологиялық зерттеулердің нәтижесінде сары тат ауруына Қарлығаш, Егемен, Тұңғыш сорттары төзімділік көрсетті, орташа төзімді реакция Таза сортында, орташа төзімсіз реакция Сапалы, Арап, Алмалы және Одесская-120 сорттарында анықталса, төзімсіз реакция Наз, Купава, Уманка, Безостая-1 Мереке, Егемен, Стекловидная-120 және Прогресс сорттарында байқалды. Шаруашылық құнды белгілеріне құрылымдық талдау жасау барысында Алмалы, Қарлығаш, Сапалы, Таза, Егемен және Одесская-120 сорттары жоғары өнімділік белгілерімен ерекшеленді. Қорыта келе, сары татқа төзімді және шаруашылық құнды белгілері жағынан жоғары көрсеткіштерімен Қарлығаш, Таза, Егемен және Алмалы сорттары ерекшеленді.

Әдебиеттер

- 1 Кохметова А.М. Генетические аспекты адаптивности пшеницы. – Алматы, – 2005. – 225б.
- 2 Койшибаев М. Болезни зерновых культур.- Алматы: «Бастау», 2002 - 367 с.
- 3 Уразалиев Р.А., Жангазиев А.С. Селекция озимой пшеницы на устойчивость к твердой головне. // Физиолого-генетические основы повышения устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных растений. - Алма-Ата, - 1988. - С. 45-46.
- 4 McIntosh R.A., Welling C.R., Park R.F. 1995. Wheat Rusts: An atlas of Resistance Genes. – CSIRO, Australia, – 1995. – 241p.
- 5 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Изд. 4-е, – М.: Колос, 1985. 416 с.

УДК 581.132

¹Д.Н. Маторин*, ²Б.К. Заядан, ¹Ф.Ф. Протопопов, ¹Д.Т. Габбасова., ³А.А. Алексеев¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г.Москва, РФ²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан³Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова, РФ

*e-mail: matorin@biophys.msu.ru

Защитное действие гуминовых веществ в отношении токсического эффекта наночастиц серебра и золота на микроводоросли

Отработана методика токсикологического эксперимента с регистрацией параметров индукционных кривых флуоресценции в микро и миллисекундном интервале для систем, содержащих наночастицы серебра и золота и растворенные формы гуминовых веществ из чернозема и дерново-подзолистых почв. Впервые показано защитное действие гуминовых веществ в отношении токсического эффекта наночастиц серебра и золота на микроводоросли.

Ключевые слова: *Scenedesmus quadricauda*, наночастицы серебра и золота, гуминовых вещества, флуоресценция хлорофилла, фотосинтез, экология.

Д.Н. Маторин, Б.К. Заядан, Ф.Ф. Протопопов, Д.Т. Габбасова., А.А. Алексеев

Микробалдырларға күміс және алтын нанобөлшектерінің улы әсеріне гуминдік заттардың қорғаныш әсері

Күміс және алтын нанобөлшектері мен қара және шымды күлгін топырақтарынан алынған гумин тектес заттардың еріген формадағы жүйесіне микро және мили секунд интервалындағы флуоресценцияның индукциялық сызбаларының параметрлерін тіркеу арқылы токсикологиялық эксперименттің тәсілі өңделді. Алғаш рет микробалдырларға күміс және алтын нанобөлшектерінің улы әсеріне гуминдік заттардың қорғаныш қасиеті көрсетілді.

Түйін сөздер: *Scenedesmus quadricauda*, күміс және алтын нанобөлшектері, гуминдік заттар, флуоресценция, хлорофилл, фотосинтез, экология.

D.N. Matorin, B.K. Zayadan, F.F. Protopopov, D.T. Gabbasova, A.A. Alekseev

Protective effect of humic substances on microalgae in relation to the toxic effect of silver and gold nanoparticles

The technique of toxicological experiment was developed for registration of fluorescence induction curve parameters in the millisecond range in systems containing nanoparticles of silver and gold, as well as dissolved forms of humic substances from black and sod-podzolic soils. A protective effect of humic substances in relation to the toxic effect of silver and gold nanoparticles on microalgae was demonstrated for the first time.

Keywords: *Scenedesmus quadricauda*, silver and gold nanoparticles, humic substances, chlorophyll fluorescence, photosynthesis, ecology

В настоящее время при развитии нанотехнологий вопросы потенциальных рисков использования наноматериалов представляется первостепенной задачей. При изготовлении различных товаров все шире используют металлические наночастицы серебра (AgНЧ) и наночастицы золота. Появилось большое количество серебросодержащих медицинских препаратов, в которых используется AgНЧ.

Микроводоросли являются главными продуцентами в водоемах и мишенями для антропогенных загрязнений, поступающих в

водные экосистемы. Водоросли рекомендованы как объект биотестирования [1]. Для выявления действия токсикантов на водоросли применяются методы измерения флуоресценции хлорофилла. Хлорофилл, находящийся в фотосинтетических мембранах, через флуоресценцию служит своего рода природным датчиком состояния клеток водорослей [2-3]. В последнее время для оценки работы фотосинтетического аппарата высших растений и культур водорослей начинают использовать методы измерения индукционных кривых флуоресценции с

высоким временным разрешением (от 10 мкс) [4].

Целью данной работы явилось отработка методики токсикологического эксперимента с регистрацией основных параметров флуоресценции для систем, содержащих наночастицы серебра и золота и растворенные формы гуминовых веществ из чернозема и дерново-подзолистых почв, и выявление наиболее информативных показателей оценки состояния клеток при токсическом воздействии наноматериалов.

Материалы и методы

В качестве материала для исследований выбраны альгологически чистые культуры одноклеточных пресноводных водорослей *Scenedesmus quadricauda* из коллекции микроорганизмов КазНУ им. аль-Фараби, выращенные на среде Успенского. До начала экспериментов водоросли культивировали при температуре 24°C и периодическом освещении (30 мкЕ/м²с).

Измерения флуоресцентных показателей водорослей проводили на приборе Aqua-Pen (Photon Systems Instruments, Czech Republic), который позволяет регистрировать индукцию быстрой флуоресценции непосредственно в культуре водорослей [1].

В опытах использовали препарат наночастиц серебра (Sigma-Aldrich). Средний размер частиц, определенный на приборе Zetasizer NanoZS (Malvern, UK), составил около 15 нм. Наночастицы золота (10 нм) синтезированы на химическом факультете МГУ по методу Туркевича, основанном на восстановлении золотохлористоводородной кислоты цитратом натрия. Данный метод широко применяют при синтезе наночастиц золота в виду его простоты и доступности, тем самым наночастицы, синтезируемые именно данным способом, чаще всего попадают в окружающую среду.

Препараты ГВ чернозема. Гуминовые препараты типичного чернозема были выделены из образцов почвы, отобранных на участке степи в Курской области. Выделены препараты гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК), которые были маркированы как SHA-CtK04 и SFA-CtK04, соответственно. В препаратах было определено содержание элементов и распределение углерода по функциональным группам (спектроскопия ЯМР на ядрах ¹³C).

Препараты ГВ дерново-подзолистых почв. Гуминовые вещества дерново-подзолистых почв выделяли из образца почвы, на территории Звенигородской биологической станции МГУ Препараты ГК и ФК обозначали SHA-PwZ и SFA-PwZ, соответственно.

Выделение препаратов гуминовых веществ. Препараты гуминовых веществ (гуминовые кислоты и фульвокислоты) выделяли согласно методике, рекомендованной Международным гуминовым обществом IHSS и апробированной авторами в статье [5]. ГК чернозема характеризовались наименьшим значением соотношения Н/С (0.7), а ГК дерново-подзолистых почв – наибольшим (1.1), что указывает на превалирование ароматических структур в ГК чернозема и алифатических – в ГК дерново-подзолистых почв.

Результаты и обсуждение

Параметр флуоресценции Fv/Fm характеризует эффективность процессов фотосистемы 2 и представляет собой безразмерную энергетическую характеристику фотосинтеза, аналогичную коэффициенту полезного действия, не зависящую от видовой специфики организма [1].

Изучено влияние гуминовых и фульвокислот из чернозема и дерново-подзолистых почв на токсикологический эффект наночастиц серебра. Соответствующие результаты показаны на рисунке 1. Виден токсический эффект наночастиц серебра и защитное действие гуминовых веществ. Обнаружено, что в концентрации 50 мг/л гуминовые кислоты из обеих исследованных почв проявляли защитный эффект. Однако препарат ФК из черноземных почв (SFA-CtK04) в этих же концентрациях оказывал меньшее защитное действие. Учитывая, что по данным ЯМР ¹³C этот препарат характеризовался максимальным содержанием карбогидратных фрагментов и, следовательно, минимальной гидрофобностью, можно сделать предположение о ведущем вкладе гидрофобных взаимодействий в формирование поверхностного слоя ГВ на наночастицах серебра.

Проанализировано влияние наночастиц серебра и золота на кинетику индукции флуоресценции. В кинетике индукции флуоресценции водорослей в ответ на включение света наблюдается несколько

компонент, т.е. O-J-I-P переходы [1,4]. Начальный уровень O соответствует интенсивности флуоресценции хлорофилла при «открытых» РЦ ФС2 (F_0), когда все Q_A окислены. Фаза O-J обусловлена светоиндуцированным восстановлением Q_A ,

тогда как следующие фазы отражают, главным образом, дальнейшее накопление восстановленного Q_A^- , обусловленное снижением его реокисления в результате восстановления акцепторов Q_B и пула хинонов.

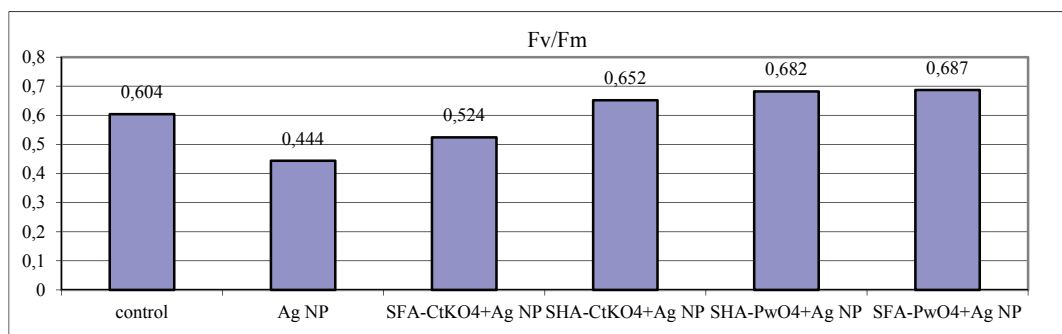


Рисунок 1- Влияние наночастиц серебра (AgNP, $5 \times 10^{-5} M$) в сочетании с ГВ почв различной зональности (концентрация 50 мг/л) на фотосинтетическую активность (параметр Fv/Fm быстрой флуоресценции хлорофилла) культуры водорослей *Scenedesmus quadricauda*. (Время инкубации - 24 ч. Использовались препараты ФК (SFA-CtKO4) и ГК (SHA-CtKO4) черноземов, а также ФК (SFA-PwO4) и ГК (SHA-PwO4) дерново-подзолистых почв.)

При действии наночастиц серебра ($2 \times 10^{-5} M$) и золота ($2 \times 10^{-5} M$) изменялась форма кривой O-J-I-P и наблюдалось снижение вклада фотохимической фазы J-I-P, что свидетельствует о нарушении потока электронов от ФС2 в пул хинонов. Для проведения количественного анализа на основе параметров кинетической кривой O-J-I-P использовали, так называемый, «JР-тест» [1,4]. Анализ индукционных кривых флуоресценции в присутствии низких концентраций наночастиц показал ингибирование электронного транспорта в ФС2 и увеличение доли Q_B - невозстанавливающихся центров. Обнаружено влияние на процессы энергизации

фотосинтетических мембран по рН-индуцированному нефотохимическому тушению флуоресценции ($q_E = (F_m - F_{6s}) / F_v$).

На индукционных кривых флуоресценции микроводорослей отмечено защитное действие некоторых гуминовых кислот к действию наночастиц золота.

Предлагается использовать параметры индукционных кривых быстрой флуоресценции для раннего обнаружения в среде наночастиц серебра и золота и в присутствии гуминовых кислот и фульвокислот. Статья поддержана Грантом РФФИ- N 13-04-01853

Литература

1. Маторин Д.Н., Рубин А.Б. Флуоресценции хлорофилла высших растений и водорослей. – М. – Ижевск: ИКИ-РХД. – 2012. – 256 с.
2. Il'yash L.V., Belevich T.A., Matorin D.N. Fluorescence parameters of White Sea phytoplankton under different nitrogen sources // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2013.-V. 68 (1). -P. 44-48
3. Matorin D.N., Osipov V.A., Seifullina N.Kh., Zayadan B.K., Rubin A.B. Chlorophyll fluorescence changes as an indicator of nanomaterials toxic effects on natural phytoplankton // Water: chemistry, ecology. 2012.-V. 1. -P.74 –78.
4. Matorin D. N., Todorenko D.A., Seifullina N. Kh., Zayadan B.K., Rubin A. B. Effect of silver nanoparticles on the parameters of chlorophyll fluorescence and P700 reaction in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* // Microbiology. -2013.-V. 82(6). -P.862-867.
5. Холодов В.А., Константинов А.И., Беляева Е.Ю., Куликова Н.А., Кирюшин А.В., Перминова И.В. Строение гуминовых кислот, извлекаемых в ходе последовательной щелочной экстракции из чернозема // Почвоведение. 2009.- № 10.- С. 1177-1183