

УДК 581.14,
УДК 581.1.03
УДК 633/635:58

Н. С. Зеленьчукова, А. Е. Иваницкий, Р. Р. Таюпова

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ *ERUCA SATIVA* ПОД ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМИ ТЕРМИЧЕСКИМИ ПЛЕНКАМИ С НИЗКОЭМИССИОННЫМ ПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ И СЕРЕБРА

Исследована продуктивность *Eruca sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под полиэтиленовыми пленками с термическими свойствами, на поверхность которых методом магнетронного напыления нанесен слой соединений меди (TF-1) и соединений меди и серебра (TF-2). Изменение условий выращивания растений под термической пленкой TF-2 способствовало ускоренному росту, развитию и повышению продуктивности *Eruca sativa* относительно растений, выращенных под немодифицированной пленкой (ПЭВД). Показано, что повышение продуктивности до 60 % сопровождалось увеличением уровня аскорбиновой кислоты (АК) в листьях. Использование термической пленки TF-1 не способствовало изменению скорости роста и развития *Eruca sativa* и не приводило к увеличению продуктивности по сравнению с немодифицированной пленкой.

Ключевые слова: *Eruca sativa*, немодифицированная полиэтиленовая пленка, полиэтиленовая термическая пленка, продуктивность, аскорбиновая кислота.

Введение

Одним из альтернативных методов решения проблемы повышения продуктивности растений является создание эффективных систем защищенного грунта, в которых используется солнечная энергия, а неблагоприятные для растений условия внешней среды изменяются за счет модифицирования свойств укрывных материалов культивационных сооружений. Наиболее доступным материалом для покрытия сооружений защищенного грунта являются полиэтиленовые пленки со специфическими спектральными свойствами, которые меняют микроклиматические условия выращивания в теплице [1–3].

С целью эффективного использования солнечной энергии в условиях резкоконтинентального климата при наличии колебаний температур в ночное и дневное время и когда температура в культивационных сооружениях слишком высокая в летний период, а в холодное время года – ниже биологического оптимума были разработаны полимерные пленки с термическими свойствами [4]. Термические пленки способны отражать до 90 % длинноволнового инфракрасного излучения (ИК = 700–1500 нм), которое не эффективно для фотосинтеза растений, но влияет на тепловой баланс в культивационных сооружениях. В результате использования пленок с термическими свойствами в жаркие дни теплица не перегревается (температура внутри теплицы на 2–3 °С ниже температуры наружного воздуха), а в ночное время тепловые лучи, излучаемые почвой и растениями, отражаются от поверхности пленки и удерживают тепло (температура на 2–4 °С выше наружной) [3]. В основном такие пленки изготавливают путем добавления в полиэтилен различных наполнителей, поглощающих или отражающих ИК, что приводит к ухудшению механических свойств и снижению

светопрозрачности для видимого света [3, 4]. Сотрудниками института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (г. Томск, Россия) были разработаны термические пленки нового поколения, обладающие высокой прозрачностью в видимом диапазоне (380–710 нм) и высоким коэффициентом отражения в ИК диапазоне (700–1400 нм) за счет наличия низкоэмиссионного покрытия на основе соединений серебра и меди, нанесенных на полимерную пленку методом магнетронного распыления [5].

Немногочисленные данные подтверждают, что использование термических пленок при выращивании сельскохозяйственных культур приводит к ускорению вегетативного развития растений и позволяет увеличивать урожайность на 10–40 % [3, 4, 6]. Однако положительные морфогенетические эффекты растений при выращивании под модифицированными пленками зависят от видовой и сортовой специфики сельскохозяйственных растений [4, 7, 8]. При этом степень адаптации растений к изменению световых условий определяется многими физиолого-биохимическими механизмами, в том числе эффективностью работы системы аскорбиновой кислоты (АК), которая играет важную роль в морфогенезе растений и отражает их способность реагировать на воздействия окружающей среды, в том числе на изменение световых условий [9, 10, 11].

Целью работы было установление влияния изменения светового и температурного режима на рост и развитие *Eruca sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под полиэтиленовыми пленками с термическими свойствами.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали растение семейства Brassicaceae – рукола посевная (*Eruca sativa* Mill.) сорта Корсика. Испытания про-

водились в период июня-июля 2013 г. на агробиологической станции Томского государственного педагогического университета путем определения морфометрических и биохимических показателей растений, выращенных в сооружениях защищенного грунта, покрытых немодифицированной полиэтиленовой пленкой (контроль) и полиэтиленовыми термическими пленками, полученными нанесением на поверхность полиэтиленовой пленки соединений металлов на основе соединений меди (TF-1) и соединений меди и серебра (TF-2). Пленки предоставлены сотрудниками института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (г. Томск, Россия).

Температуру воздуха внутри и снаружи сооружений защищенного грунта измеряли при помощи спиртового термометра с интервалом 6 часов в дневное время.

Спектральное пропускание в области ФАР исследовали на спектрометре AvaSpec 2048 (Avantes, Нидерланды), ИК-спектры пленок регистрировали с помощью ИК-Фурье спектрометра Nicolet 6700 (Thermo Scientific, USA) (табл. 1).

Таблица 1
Некоторые фотофизические свойства немодифицированной (контроль) и термических (TF-1 и TF-2) полиэтиленовых пленок (толщина 120 мкм)

Область спектра, нм	Светопропускание, %		
	контроль	TF-1	TF-2
ФАР (380–710)	76,6 ± 1,8	58,4 ± 0,6	55,2 ± 0,8
ИК (750–1400)	81,05 ± 1,63	36,5 ± 6,7	12,3 ± 4,6

Семена руколы высевали в грунт в культивационные сооружения арочного типа размером 1 м², высотой 0,6 м и выращивали в течение 30 суток. В качестве грунта использовали смесь равных количеств чернозема, перегноя и торфа. На протяжении всего периода вегетации у растений отмечали основные фенологические фазы периодов роста – прорастание семян, всходы, появление первой пары и последующих настоящих листьев. Площадь поверхности листьев определяли бумажно-весовым методом. Сырую массу и массу сухого вещества растений определяли на аналитических весах с точностью 0,1 мг. Для определения массы сухого вещества растения высушивали до постоянного веса при температуре 103–105 °С. Продуктивность растений определяли по приросту биомассы. Определение содержания фотосинтетических пигментов проводили на спектрометре AvaSpec-2048FT-2-SPU (Avantes, Нидерланды) в 100 % ацетоновых экстрактах растительного материала, рассчитывая по формулам Хольма [12]. Содержание аскорбиновой кислоты (АК) в листьях определяли методом титрования растительного экстракта щелочным раствором 2,6-дихлорфенолин-дофенола (краска

Тильманса) [13]. Измерения морфометрических параметров и биохимические исследования были выполнены на 30 растениях в 3 повторностях. Для статистической обработки экспериментальных результатов использовали программу Excel. Оценку достоверности результатов исследований проводили при 95 %-м уровне надежности (уровень значимости – 0,05). В таблицах и на рисунках приведены средние арифметические значения с двусторонним доверительным интервалом.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали различные ростовые ответы растений в зависимости от используемой в качестве укрывного материала сооружений защищенного грунта пленки. При использовании в качестве укрывного материала полиэтиленовой термической пленки (TF-2) при выращивании *Erica sativa* Mill. сорта Корсика первые две недели достоверных отличий по всем морфометрическим параметрам не наблюдали (табл. 2). В дальнейшем отметили интенсификацию ростовых процессов, что проявилось у 20-суточных растений в увеличении количества листьев на 4,8 % по сравнению с контролем и было сопряжено с увеличением площади поверхности листовых пластинок – на 39,4 % (рис. 1, 2). Интенсивный рост листьев руколы на 20 сутки под пленкой (TF-2) сопровождался увеличением сырой и сухой биомассы на 65 % и 40 % соответственно по сравнению с контролем (рис. 3, 4).

Таблица 2
Морфометрические параметры *E. sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под немодифицированной (контроль) и термическими (TF-1 и TF-2) полиэтиленовыми пленками

Время от посева, сутки	Вариант пленки	Кол-во листьев, шт.	Сырая масса, г	Сухая масса, г	Площадь листьев, см ²
10	контроль	3,20 ± 0,24	0,085 ± 0,01	0,01 ± 0,0001	1,40 ± 0,10
	TF-2	3,00 ± 0,37	0,08 ± 0,01	0,004 ± 0,0001	1,72 ± 0,51
	TF-1	3,60 ± 0,29	0,14 ± 0,03	0,01 ± 0,0001	1,86 ± 0,19
20	контроль	5,40 ± 0,29	0,84 ± 0,08	0,09 ± 0,01	28,62 ± 3,19
	TF-2	6,20 ± 0,24	1,66 ± 0,14	0,15 ± 0,01	52,00 ± 7,65
	TF-1	5,80 ± 0,24	0,95 ± 0,01	0,10 ± 0,01	36,90 ± 4,21
30	контроль	6,40 ± 0,60	3,85 ± 0,60	0,37 ± 0,05	128,00 ± 10,30
	TF-2	6,60 ± 0,47	4,68 ± 0,20	0,38 ± 0,03	151,50 ± 7,62
	TF-1	6,80 ± 0,58	3,92 ± 0,39	0,38 ± 0,05	119,09 ± 14,10

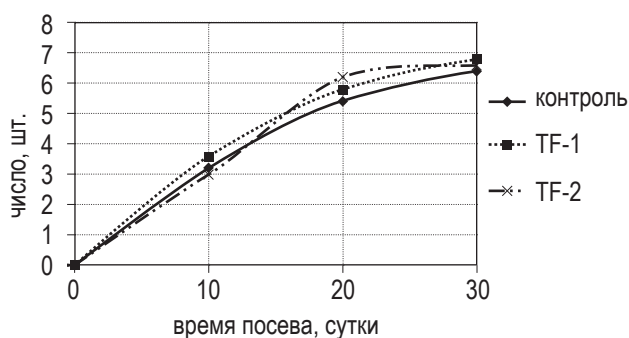


Рис. 1. Динамика числа листьев *E. sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под немодифицированной (контроль) и термическими (TF-1 и TF-2) полиэтиленовыми пленками

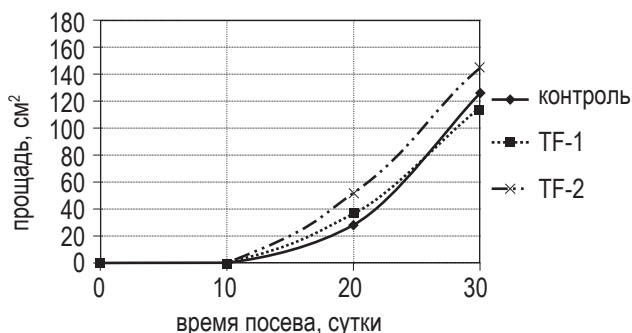


Рис. 2. Динамика площади поверхности листьев *E. sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под немодифицированной (контроль) и термическими (TF-1 и TF-2) полиэтиленовыми пленками

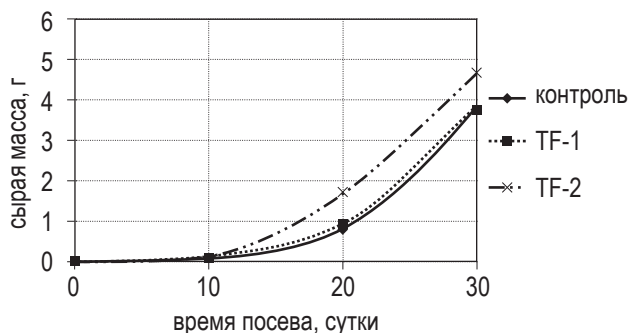


Рис. 3. Динамика сырой массы *E. sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под немодифицированной (контроль) и термическими (TF-1 и TF-2) полиэтиленовыми пленками

Интенсификацию ростовых процессов при выращивании руколы сорта Корсика под термической пленкой (TF-2) можно объяснить более благоприятным по сравнению с контролем световым и температурным режимом, что обусловлено оптимальным уровнем уменьшения интенсивности светового потока и отражения части ИК излучения низкоэмиссионным покрытием (табл. 1). На протяжении всего

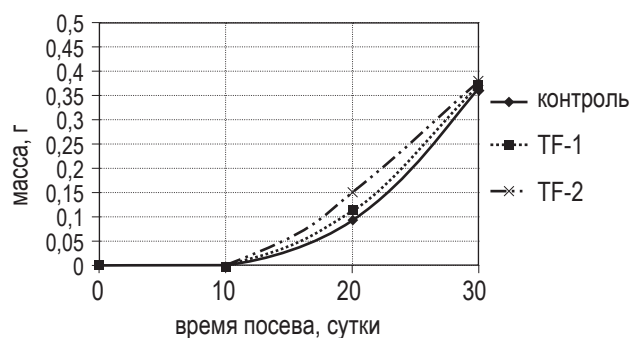


Рис. 4. Динамика массы сухого вещества *E. sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под немодифицированной (контроль) и термическими (TF-1 и TF-2) полиэтиленовыми пленками

эксперимента среднесуточная температура под немодифицированной пленкой была выше наружной в среднем на 2 °С. Температура внутри культивационных сооружений, укрытых термическими пленками, за счет отражения ИК излучения низкоэмиссионным покрытием была ниже среднесуточной температуры наружного воздуха в среднем ниже на 3 °С (TF-1) и на 4 °С (TF-2). При этом в период испытаний наблюдали резкие колебания температуры воздуха, достигающие в ночное время +5 °С. Известно, что повышение и резкие колебания температур отрицательно сказываются на основных хозяйственно-ценных признаках руколы, так как начинается стрелкование, листья грубеют и становятся горькими [15]. Тогда как термические пленки способны уменьшать резкие перепады температур воздуха в дневное и ночное время, в результате чего формируются благоприятные условия для растений [3, 4].

При выращивании *E. sativa* сорта Корсика под термической пленкой (TF-1) статистически значимые отличия по ростовым параметрам не наблюдались в течение всего вегетационного периода (табл. 2, рис. 1–5). Отсутствие положительного эффекта при применении в качестве укрывного материала сооружений защищенного грунта термической пленки (TF-1) при выращивании руколы сорта Корсика можно объяснить формированием менее благоприятного по сравнению с контролем световыми условиями, что связано с фотофизическими свойствами данного укрывного материала (табл. 1). Опытная пленка (TF-1) имеет более низкий уровень светопропускания ФАР по сравнению с контролем и более высокий уровень светопропускания ИК излучения по сравнению с пленкой TF-2 (табл. 1). Это обуславливало более высокую среднесуточную температуру и более низкую в ночное время, чем под пленкой TF-2. Вероятно, уровень облученности растений, соотношение прямых солнечных лучей и рассеянного света и температурный режим под термической пленкой (TF-1) не являются достаточно оптимальными для развития руколы сорта Корсика, так как известно, что максимальное накопле-

ние биомассы растений происходит при оптимальных интенсивностях, когда наблюдается сбалансированный фотосинтез и рост [16].

Изменение продуктивности *E. sativa* в контроле и опыте было сопряжено с динамикой накопления АК в листьях растений. При выращивании руколы под пленкой (TF-2) первые две недели наблюдали замедление синтеза АК по сравнению с контролем (рис. 5). Уменьшение уровня АК в листьях опытных растений на 6 % связано с ее расходом на процессы роста и развития, что подтверждается литературными данными и данными исследований на других культурах [9, 17]. Известно, что АК принимает участие в биохимических реакциях, лежащих в основе роста, причем пониженное содержание АК способствует активации ростовых процессов растений. Далее отметили усиление синтеза АК в листьях руколы, выращиваемой под термической пленкой (TF-2), что привело к увеличению количества АК в листьях 30-суточных растений на 5 % по сравнению с контролем.

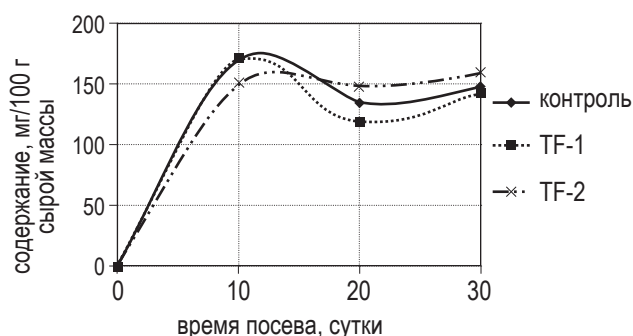


Рис. 5. Динамика уровня АК в листьях *E. sativa* Mill. сорта Корсика при выращивании под немодифицированной (контроль) и термическими (TF-1 и TF-2) полиэтиленовыми пленками

Повышение АК, сопряженное с интенсификацией ростовых процессов, позволяет предположить высокую адаптивную реакцию руколы сорта Корсика к изменению световых и температурных условий термической пленкой (TF-2). Это подтверждают литературные данные [10, 18, 19]. Известно, что усиление синтеза АК под влиянием абиотических факторов чаще всего является неспецифической реакцией на неблагоприятные условия и обычно сопровождается заторможенным ростом растений. Отсутствие усиления синтеза АК в листьях руколы при выращивании под пленкой с покрытием на основе соединений меди (TF-1), не сопряженное с угнетением ростовых процессов, также можно объяснить достаточно высоким уровнем адаптации к изменению условий выращивания, что согласуется с данными исследований адаптационных способностей других культур [20].

Заключение

Использование в качестве покрытия сооружений защищенного грунта полиэтиленовой термической пленки TF-2 с низкоэмиссионным покрытием на основе соединений меди и серебра способствует развитию благоприятных световых и температурных условий в теплице, что приводит к ускоренному росту, развитию, повышению продуктивности *Eruca sativa* сорта Корсика до 60 % и сопровождается увеличением количества АК в листьях. Выращивание *Eruca sativa* под термической пленкой TF-1 с низкоэмиссионным слоем на основе соединений меди не способствует изменению скорости роста и развития и не приводит к увеличению продуктивности, что связано с особенностями фотофизических свойств пленки.

Список литературы

1. Brown R. P. Polymers in agriculture and horticulture // *Rapra Review Reports*. 2004. V. 15. № 2. P. 1–92.
2. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Garcaand Y., Real A. I. Plastic films for agricultural applications // *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 2006. V. 22. P. 85–102.
3. Semida W. M., Hadley P., Sobeih W., El-Sawah N. A. and Barakat M. A. S. The influence of thermic plastic films on vegetative and reproductive growth of iceberg lettuce «Dublin» // *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering*. 2013. V. 7. № 7. P. 243–248.
4. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Garcia-Alonso Y. and Real A. I. New ultrathermic films for greenhouse covers // *Journal of Plastic Film & Sheeting*. 2006. V. 22. P. 59–68.
5. Захаров А. Н., Ковшаров Н. Ф., Оскомов К. В., Работкин С. В., Соловьев А. А., Сочугон Н. С. Свойства низкоэмиссионных покрытий на основе Ag и Cu, нанесенных на полимерную пленку методом магнетронного распыления // *Перспективные материалы*. 2012. № 2. С. 62–69.
6. Zabeltitz C. von. *Integrated greenhouse systems for mild climates*. Springer-verlag Berlin Heidelberg, 2011. 361 p.
7. Минич А. С., Минич И. Б., Зеленчукова Н. С., Райда В. С. Особенности роста растений и продуктивность у гибридов огурца при выращивании под фотолюминесцентной и гидрофильной пленками // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. № 1. С. 81–85.
8. Минич А. С., Минич И. Б., Пермьякова Н. Л. Продуктивность различных видов и сортов растений семейства Solanaceae под флуоресцентными пленками // *Вестн. Томского гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin)*. 2012. Вып. 7 (122). С. 100–105.
9. Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений: монография. Калининград: КГУ, 1997. 120 с.
10. Иванова Т. С. Эколого-биохимическая характеристика растений рода *Juglans L.* с различными адаптационными возможностями: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2006. 20 с.

11. Gallie D. R. L-Ascorbic acid: a multifunctional molecule supporting plant growth and development // Scientifica. 2013. V. 2013. 24 p.
12. Шлык А. А. Биосинтез хлорофилла и формирование фотосинтетических систем // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности: сб. М.: Наука, 1972. 460 с.
13. Чупахина Г. Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений: практикум. Калининград: Изд-во КГУ, 2000. 59 с.
14. Зеленьчукова Н. С., Иваницкий А. Е., Агаева С. А., Тишкина В. Н. Синтез аскорбиновой кислоты, активность каталазы в листьях и продуктивность *Lactuca sativa* L. при выращивании под полимерными пленками // Вестн. Томского гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin). 2012. Вып. 8 (136). С. 55–60.
15. Циунель М. М. Рукола – перспективная зеленая культура // Гавриш. 2011. № 4. С. 6–9.
16. Протасова Н. Н. Светокультура как способ выявления потенциальной продуктивности растений // Физиология растений. 1987. Т. 34. Вып. 4. С. 812–822.
17. Minich A. S., Minich I. B., Shaitarova O. V., Permyakova N. L., Zelenchukova N. S., Ivanitsky A. E., Filatov D. A., Ivlev G. A. Vital activity of *Lactuca sativa* and soil microorganisms under fluorescent films // Вестн. Томского гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin). 2011. Вып. 8 (110). С. 78–84.
18. Чупахина Г. Н. Абиотические факторы, определяющие пул антиоксидантов растений // Вестн. Балтийского федерального ун-та им. И. Канта. 2009. № 7. С. 55–63.
19. Горюнова Ю. Д. Влияние экологических факторов на содержание в растениях некоторых антиоксидантов: автореф. дис... канд. биол. наук. Калининград, 2009. 26 с.
20. Манин К. В., Гончарова Л. И. Действие низких доз УФ-В радиации на биохимические показатели и рост растений ячменя // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 5. С. 103–106.

Зеленьчукова Н. С., кандидат биологических наук.

Томский государственный педагогический университет.

Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.

E-mail: natazel@sibmail.com

Иваницкий А. Е., кандидат технических наук, доцент.

Томский государственный педагогический университет.

Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.

E-mail: aleiv@tspu.edu.ru

Таюпова Р. Р., студент.

Томский государственный педагогический университет.

Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.

Материал поступил в редакцию 17.12.2014.

N. S. Zelenchukova, A. E. Ivanitskiy, R. R. Tayupova

FEATURES OF ERUCA SATIVA MILL. GROWTH AND DEVELOPMENT UNDER THERMIC POLYETHYLENE FILMS WITH LOW-EMISSION COATINGS BASED ON COMPOUNDS OF COPPER AND SILVER

The use of photoselective polyethylene films with thermic properties used as greenhouse cover materials at cultivation of *Eruca sativa* Mill., Korsika resulted in change of vegetative growth and plants development. The thermic films have IR-reflecting properties (700–1400 nm) due to low-emission coatings with copper compounds (film TF1) and compounds of silver and copper (film TF2) on the surface of polyethylene films. The use of thermic films was conducive to decrease in wide fluctuations in day and night temperatures in greenhouses, because of increase in night temperatures up to 2 °C compared to unmodified polyethylene film. The change of light and temperature growth conditions of *E. sativa* by thermic film (TF-2) resulted in increase the yield (leaf number, fresh weight, and dry weight). Increase in productivity up to 60 % was followed by the rise in ascorbic acid level in plant leaves. Thermic film TF-1 did not contribute to change of plant growth, development and productivity of *Eruca sativa* compared to unmodified polyethylene film.

Key words: *Eruca sativa*, unmodified polyethylene film, polyethylene thermic film, productivity, ascorbic acid, rucola.

References

1. Brown R. P. Polymers in agriculture and horticulture. *Rapra Review Reports*, 2004, vol. 15, no. 2, pp. 1–92.
2. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Garcaand Y., Real A. I. Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 2006, vol. 22, pp. 85–102.
3. Semida W. M., Hadley P., Sobeih W., El-Sawah N. A. and Barakat M. A. S. The influence of thermic plastic films on vegetative and reproductive growth of iceberg lettuce «Dublin». *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering*, 2013, vol. 7, no. 7, pp. 243–248.

4. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Garcia-Alonso Y. and Real A. I. New ultrathermic films for greenhouse covers. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 2006, vol. 22, pp. 59–68.
5. Zakharov A. N., Kovsharov N. F., Oskomov K. V., Rabotkin S. V., Solov'ev A. A., Sochugov N. S. Svoystva nizkoemissionnykh pokrytiy na osnove Ag i Cu, nanesennykh na polimernuyu plenku metodom magnetronnogo raspyleniya [Properties of low-emission coatings based on Ag and Cu layers, deposited on polymeric film by method of magnetron deposition]. *Perspektivnye materialy – Journal of Advanced Materials*, 2012, no. 2, pp. 62–69 (in Russian).
6. Zabeltitz C. von. *Integrated greenhouse systems for mild climates*. Springer-verlag Berlin Heidelberg, 2011. 361 p.
7. Minich A. S., Minich I. B., Zelen'chukova N. S., Rayda V. S. Osobennosti rosta rasteniy i produktivnost' u gibrinov ogurtsa pri vyrashchivaniy pod fotoluminescentnoy i gidrofil'noy plenkami [Feature of growth and productivity in cucumber hybrids during growing under photoluminescent and hydrophilic films]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 2010, no. 1, pp. 81–85 (in Russian).
8. Minich A. S., Minich I. B., Permyakova N. L. Produktivnost' razlichnykh vidov i sortov rasteniy semeystva Solanaceae pod fluorestsennymi plenkami [Productivity of different plants species and varieties of family Solanaceae under fluorescent films]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – TSPU Bulletin*, 2012, no. 7 (122), pp. 100–105 (in Russian).
9. Chupakhina G. N. *Sistema askorbinovoy kisloty rasteniy. Monografiya* [System of plants ascorbic acid. Monograph]. Kaliningrad, KGU Publ., 1997. 120 p (in Russian).
10. Ivanova T. S. *Ekologo-biohimicheskaya karakteristika rasteniy roda Juglans L. s razlichnymi adaptatsionnymi vozmozhnostyami. Avtoref. dis... kand. biol. nauk* [Ecobiochemical plants characteristics of genus Juglans L. with different adaptive capacities. Abstract of thesis cand. of biol. sci.]. Kaliningrad, 2006. 20 p (in Russian).
11. Gallie D. R. L-Ascorbic acid: a multifunctional molecule supporting plant growth and development. *Scientifica*, 2013, vol. 2013. 24 p.
12. Shlyk A. A. *Biosintez khlorofilla i formirovanie fotosinteticheskikh system. Teoreticheskie osnovy fotosinteticheskoy produktivnosti* [Chlorophyll biosynthesis and generation of photosynthetic systems. Theoretical basis for photosynthetic productivity]. Moscow, Nauka Publ., 1972. 460 p. (in Russian).
13. Chupakhina G. N. *Fiziologicheskiye i biohimicheskiye metody analiza rasteniy: praktikum* [Physiological and biochemical methods of analysis of plants: practical training session]. Kaliningrad, KGU Publ., 2000. 59 p (in Russian).
14. Zelen'chukova N. S., Ivanitskiy A. E., Agaeva S. A., Tishkina V. N. Sintez askorbinovoy kisloty, aktivnost' katalazy v list'yakh i produktivnost' *Lactuca sativa* L. pri vyrashchivaniy pod polimernymi plenkami [Productivity, ascorbic acid synthesis and catalase activity in *Lactuca sativa* L. leaves under plastic films]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – TSPU Bulletin*, 2012, no. 8 (136), pp. 55–60 (in Russian).
15. Tsiunel' M. M. *Rukola – perspektivnaya zelenaya kul'tura* [Rucola – promising green vegetables]. Gavrish, 2011, no. 4, pp. 6–9 (in Russian).
16. Protasova N. N. Svetokul'tura kak sposob vuyavleniya potencial'noy produktivnosti rasteniy [Photoculture as a method of identifying of potential plants productivity]. *Fiziologiya rasteniy – Russian Journal of Plant Physiology*, 1987, vol. 34, no. 4, pp. 812–822 (in Russian).
17. Minich A. S., Minich I. B., Shaitarova O. V., Permyakova N. L., Zelenchukova N. S., Ivanitskiy A. E., Filatov D. A., Ivlev G. A. Vital activity of *Lactuca sativa* and soil microorganisms under fluorescent films. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – TSPU Bulletin*, 2011, no. 8 (110), pp. 78–84.
18. Chupakhina G. N. *Abioticheskiye faktory, opredelyayushchiye pul antioksidantov rasteniy* [Abiotic factors determining pool of plant antioxidants]. *Vestnik baltiyskogo federal'nogo universiteta im. – I. Kanta I. Kant Boltic federal university Publ.*, 2009, no 7, pp. 55–63 (in Russian).
19. Goryunova Yu. D. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na sodержanie v rasteniyakh nekotorykh antioksidantov. Avtoref. dis... kand. biol. nauk.* [The effect of environmental factors on the content of some antioxidants in plants. Abstract of thesis cand. of biol. sci.]. Kaliningrad, 2009. 26 p (in Russian).
20. Manin K. V., Goncharova L. I. Deystvie nizkikh doz UF-B radiatsii na biokhimicheskiye pokazateli i rost rasteniy yachmenya [The effect of low irradiation doses on biochemical parameters and growth of barley]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 2011, no. 5. pp. 103–106 (in Russian).

Zelenchukova N. S.
Tomsk State Pedagogical University.
Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.
E-mail: natazel@sibmail.com

Ivanitskiy A. E.
Tomsk State Pedagogical University.
Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.
E-mail: aleiv@tspu.edu.ru

Tayupova R. R.
Tomsk State Pedagogical University.
Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.