



Научная статья
 УДК 630.232.315:634.0.232.3
 doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_549

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ

С.Н. Крючков, А.В. Солонкин, А.С. Соломенцева, С.А. Егоров

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Аннотация. Проводились испытания СПГ (силиконабухающие полимерные гидрогели) и синтетических мульчирующих материалов при вегетативном размножении древесно-кустарниковых пород (айвы японской — *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach., гледичии трехколючковой — *Gleditsia triacanthos* L., скумпии кожевенной — *Cotinus coggygria* Scop.) в открытом грунте. Для размножения отобранного генофонда древесно-кустарниковых пород использовали стеблевые и корневые черенки. В опыт включались следующие варианты: I — СПГ + плёнка; II — плёнка; III — СПГ; IV — контроль. В ходе проведенных исследований авторами установлено, что территория опытного участка на питомнике была сильно засорена вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis* L.), молоканом татарским (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.), амарантом запрокинутым (*Amaranthus retroflexus* L.), марью белой (*Chenopodium album* L.). Применение мульчирующей пленки позволило сократить количество сорной растительности в посевах айвы японской (4 варианта обработки). Выявлено положительное влияние гидрогеля совместно с пленкой на рост и развитие сеянцев гледичии трехколючковой — активность разрушения целлюлозы микрофлорой в варианте опыта гель+ пленка была наивысшей, наблюдалось сокращение численности сорняков (75 ш./ пог. м), высота однолетнего сеянца достигала 42 см по сравнению с другими вариантами опыта. В посевах скумпии кожевенной улучшились почвенные условия, повысилась влажность почвы (поверхностные слои сохраняли влагу гораздо лучше в сравнении с остальными вариантами опыта). Плотность почвы под мульчирующей пленкой также была ниже, что облегчало проникновение корней сеянцев. На участках с плёнкой в присутствии гелей почва постоянно находилась в аэрируемом и чистом от сорняков состоянии, а при дополнительном увлажнении опытные растения хорошо развивались. Укоренённые виды растений, выращенные с применением мульчирующей пленки и гидрогеля по росту и выходу посадочного материала превосходили растения, выросшие в других вариантах опыта, как на контроле, так и на фоне гидрогелей и плёнки.

Ключевые слова: мульчирующая пленка, полимерный гидрогель, культивирование, сухая зона

Благодарности: работа выполнена по теме Государственного задания № 122020100448-6 «Создание новых конкурентноспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Original article

EFFECTIVE METHODS OF GROWING SEEDLINGS OF TREES AND SHRUBS IN ARID CONDITIONS

S.N. Kryuchkov, A.V. Solonkin, A.S. Solomentseva, S.A. Egorov

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation, of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Abstract. LNG and synthetic mulching materials were tested during vegetative reproduction of tree and shrub species (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach., *Gleditsia triacanthos* L., *Cotinus coggygria* Scop.) in the open ground. Stem and root cuttings were used to propagate the selected gene pool of tree and shrub species. The following options were included in the experiment: I — LNG + film; II — film; III — LNG; IV — control. In the course of the conducted research, the authors found that the territory of the experimental site at the nursery was heavily clogged with *Convolvulus arvensis* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L. The use of a mulching film made it possible to reduce the amount of weeds in Japanese quince crops (4 processing options). The positive effect of the hydrogel together with the film on the growth and development of seedlings of gledichia was revealed — the activity of destruction of cellulose by microflora in the gel+ film variant of the experiment was the highest, there was a decrease in the number of weeds (75 w/ sq. m), the height of an annual seedling reached 42 cm compared with other variants of the experiment. Soil conditions improved in the crops of scumpia, soil moisture increased (the surface layers retained moisture much better in comparison with other variants of the experiment). The density of the soil under the mulching film was also lower, which facilitated the penetration of the roots of seedlings. In areas with a film in the presence of gels, the soil was constantly in an aerated and weed-free state, and with additional moisture, the experimental plants developed well. Rooted plant species grown with the use of mulching film and hydrogel were superior in growth and yield of planting material to plants grown in other variants of the experiment, both on the control and against the background of hydrogels and film.

Keywords: mulching film, polymeric hydrogel, cultivation, dry area

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the State task No. 122020100448-6 «Development of the new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated, tree and shrub plants with high productivity, quality and increased resistance to unfavorable environmental factors, new innovative technologies in seed production and nursery-growing, taking into account the variety characteristics and soil and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation».

Наряду с изучением вопросов оптимального режима питания растений немаловажное значение имеет вопрос стимуляции их роста и развития, мульчирования посевов, установления наиболее рационального режима по уходу за посевами. Основные объекты защитного лесоразведения — районы с чрезвычайно трудными лесорастительными условиями [1, 2, 3, 7, 8, 9, 15]. Недостаток влаги, часто повторяющиеся засухи, суховеи, повышенная плотность тяжелых суглинистых и низкая влагоёмкость бурых песчаных

почв сухой степи и полупустыни — все это создает трудности выращивания здесь посадочного материала, ЗЛН и культур различного целевого назначения [5, 6, 10, 15, 16, 23]. Их выращивание связано с большими затратами труда и средств, обусловленными необходимостью тщательного ухода за почвой с целью уничтожения сорняков и сохранения влаги. Существующие химические средства борьбы с сорняками в сочетании с современной техникой позволяет повысить производительность труда в сельском и лесном

хозяйстве, однако их использование представляет определенную опасность для человека и окружающей среды [11, 20, 17, 19]. Таким образом, требуются принципиально новые решения, позволяющие подавлять сорняки без применения ручного труда, улучшить водно-физические свойства песчаных и тяжелосуглинистых почв, создать оптимальные условия для роста и развития растений. Это может быть достигнуто на основе использования полимерных материалов [13]. В настоящее время синтезированы новые

материалы — сильнонабухающие полимерные гидрогели (СПГ), из пропилен и других высокомолекулярных соединений изготавливаются тканые материалы — водонепроницаемые пленки. СПГ — вещества, способные накапливать влагу в почве при поливе или естественных осадках и постепенно отдавать ее растениям. Тканые материалы свободно пропускают влагу осадков, принимают на себя механическую нагрузку воды, предотвращая уплотнение и образование корки на почве, подавляют рост сорняков. [14]. Эти свойства СПГ и водонепроницаемых пленок привлекают внимание исследователей и практиков по использованию их в сельском и лесном хозяйстве в тяжелых почвенно-климатических условиях [4, 12, 18, 21, 22, 24, 25].

Цель работы — определение эффективности применения сильнонабухающих полимерных гидрогелей и синтетических мульчирующих материалов при вегетативном размножении древесно-кустарниковых пород (айвы японской — *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Sprach., гледичии трехколючковой — *Gleditsia triacanthos* L., скумпии кожевенной — *Cotinus coggygia* Scop.) в открытом грунте, и определение биологической активности и плотности светло-каштановой легкосуглинистой почвы в засушливых условиях Волгоградской области.

Материалы и методы исследования. В системе мероприятий, направленных на повышение выхода посадочного материала с единицы площади и снижение его себестоимости, важное место отводится борьбе с сорняками. Сорняки — конкуренты сеянцев за влагу, свет, питательные вещества. На борьбу с сорной растительностью при выращивании посадочного материала затрачивается много труда и средств. Особенно трудоёмки ручные прополки, без которых не обойтись на ранних стадиях развития сеянцев. Нередко при прополке сорняков гибнет часть всходов культурных растений. Эту проблему можно решить, если использовать для подавления роста сорняков синтетические мульчирующие плёнки.

Учитывая дефицит пресной воды на ЮВ ЕТР, для уменьшения её расхода при выращивании сеянцев древесно-кустарниковых пород на светло-каштановой легкосуглинистой почве питомника ФНЦ агроэкологии РАН использовали в качестве СПГ пространственно-сшитый полиакриламид «Гидросоурц», из мульчирующих материалов — чёрная водонепроницаемая плёнка «Санбелт».

Сеянцы (в период 2021-2023 гг.) выращивали по вариантам: I — СПГ + плёнка; II — плёнка; III — СПГ; IV — контроль. Почву готовили по системе раннего пара. На вариантах I и III сухие гранулы СПГ в дозе 100 г/м² вносили осенью в 0...25 см слой почвы. После тщательной подготовки поверхность почвы на вариантах I и II покрывали плёнкой шириной 1,2...1,3 м, на которой через 25 см делали разрезы для посева семян в строчки шириной 2...3 см. Края плёнки заделывали в почву на глубину 10 см, а между строчками закрепляли проволочными скобами.

Семена айвы японской высевали 14 ноября 2021 г. с нормой высева 5 г на 1 п. м. строчки. Глубина заделки семян 2...3 см.

Семена гледичии намачивали в горячей воде и набухшими высевали в первой декаде мая 2021 г. Норма высева 11 г на 1 п. м. строчки, глубина заделки семян 3...4 см.

Уход за посевами включал трёхкратную прополку сорняков и рыхление почвы на вариантах без плёнки, двухкратную подкормку минеральными удобрениями и шесть поливов за вегетационный период.

Результаты и обсуждение. По данным обследований питомник сильно засорён многолетними и однолетними сорняками — вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis* L.), одноклоном татарским (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.), амарантом запрокинутым (*Amaranthus retroflexus* L.), марью белой (*Chenopodium album* L.). Применение плёнки «Санбелт» способствовало уменьшению как видового состава сорной растительности, так и её численности (табл. 1).

Мульчирование почвы плёнкой совместно с гидрогелями улучшает почвенную экологию, усиливает активность микрофлоры, что положительно влияет на рост и развитие сеянцев, особенно гледичии трёхколючковой (табл. 2). На фоне гидрогелей и плёнки особенно активно развивалось развитие корневой системы сеянцев. Наблюдалось массовое образование корней второго и третьего порядка, а значит повышалось качество посадочного материала.

Такой же опыт по использованию полимеров был проведён в 2022 г. при выращивании сеянцев скумпии кожевенной. Семена скумпии, собранные в насаждениях Элистинского лесхоза в третьей декаде февраля 2022 г. замачивали в течение 3 суток в сменяемой воде при температуре 30 °С, затем их помещали в морозильную камеру и выдерживали до полного промерзания в течение 35 дней. После семена вынимали из холодильника и ставили на проращивание при комнатной температуре 20...25 °С, начиная с 1 апреля. Семена интенсивно прорастали через 12...15 суток. Семена высевали 16 апреля в посевные бороздки на глубину 2 см с нормой высева 3,0 г на 1 п. м. строчки.

Таблица 1. Влияние мульчирующей плёнки и гидрогелей на сорняки и рост сеянцев айвы японской
Table 1. The effect of mulching film and hydrogels on weeds and the growth of seedlings of Japanese quince

Показатели	Ед. изм.	Варианты			
		I	II	III	IV
Количество сорняков на 1 м ² за вегетационный период	шт.	50	65	320	450
Сырая масса сорняков на 1 м ²	г	900	550	6000	4000
Биологическая активность почвы (активность разрушения целлюлозы)	%	77	57,5	50,0	40,0
Длина 1-летнего сеянца	см	32,1	29,4	26,1	19,1
Корневая шейка	мм	3,52	3,20	3,12	2,02
Длина главного корня	см	45,5	41,5	38,8	31,4
Биомасса одного сеянца,	г	8,92	6,85	6,07	3,86
в т. ч. листьев	г	3,58	2,85	2,52	1,25
стволика	г	1,62	1,20	1,0	0,79
корней	г	3,72	2,80	2,55	1,82
Количество сеянцев на 1 п. м. строчки	шт.	55	63	36	34
в т. ч. стандартных	шт.	54	59	34	27

Таблица 2. Влияние гидрогелей и плёнки на рост сеянцев гледичии
Table 2. The effect of hydrogels and films on the growth of gledichia seedlings

Показатели	Ед. изм.	Варианты		
		Гель + плёнка	Гель	Контроль
Количество сорняков на 1 м ² за вегетационный период	шт	75	500	690
Сырая масса сорняков на 1 м ²	г	450	5350	1800
Активность разрушения целлюлозы микрофлорой	%	92,0	100	79,0
Высота однолетних сеянцев	см	42,0	39,0	14,5
Диаметр корневой шейки	мм	5,6	5,0	3,0
Длина главного корня	см	43	40	22
Биомасса одного сеянца,	г	12,92	10,81	3,15
в т. ч. листьев	г	3,28	2,91	1,37
стволика	г	4,48	3,26	0,74
корней	г	5,16	4,64	1,14
Количество сеянцев на 1 п. м. строчки	шт.	30	28	30

Таблица 3. Влияние гидрогелей (Г) и мульчирующей плёнки (Пл) на влажность и биологическую активность светло-каштановой легкосуглинистой почвы
Table 3. Effect of hydrogels (G) and mulching film (PI) on humidity and biological activity of light chestnut light loamy soil

Вариант опыта	Влажность почвы (% на абсолютно сухой вес) на глубине						Активность разрушения целлюлозы микроорганизмами, %
	5 см	15 см	25 см	35 см	45 см	0-50 см	
Г + Пл	9,46	9,12	7,20	9,00	11,12	9,21	88
Г	9,08	9,11	9,26	8,65	8,81	8,98	67
Пл	9,07	7,64	7,50	11,95	8,60	8,95	56
Контроль	4,24	7,29	7,01	6,50	8,93	6,79	46

Таблица 4. Влияние гидрогелей (Г) и плёнки (Пл) на плотность почвы по состоянию на 12.VIII. 2021 г. (твёрдость почвы определяли через 15 дней после полива)
Table 4. Effect of hydrogels (G) and films (PI) on soil density as of 12.VIII. 2021 (soil hardness was determined 15 days after watering)

Вариант опыта	Твёрдость почвы (кг/см ²) на глубине					
	5 см	10 см	15 см	20 см	25 см	0...25 см
Г + Пл	14	18	23	34	41	26,0
Г	18	24	26,5	37	41	29,3
Пл	24	27,5	29	38	41	31,9
Контроль	37	41	41	41	41	40,2



Таблица 5. Влияние гидрогелей (Г) и плёнки (Пл) на водный режим сеянцев скумпии в период засухи по состоянию на 13.08.2022 (в 11 ч. — t = 31,6 °С, влажность воздуха = 66%; в 14 ч. — t = 33,4 °С, влажность воздуха = 53,4%)

Table 5. The effect of hydrogels (G) and films (Pl) on the water regime of scumpia seedlings during the drought period as of 13.08.2022 (At 11 h — to = 31.6 oc, air humidity = 66%; at 14 h — to = 33.4 °C, air humidity = 53.4%)

Вариант опыта	Интенсивность транспирации, мг/г в час		Оводнённость, % от сырой массы		Водоудерживающая способность, % оставшейся воды через 3 часа		Водный дефицит, % в 14 ч.
	11 ч	14 ч	11 ч	14 ч	11 ч	14 ч	
Г + Пл	630	460	69,3	67,2	82,3	88,7	8,3
Г	515	383	66,8	66,5	85,9	89,8	12,1
Пл	423	360	65,8	65,4	87,2	87,5	17,8
Контроль	293	195	60,5	61,5	84,5	90,0	22,6

Таблица 6. Влияние плёнки (Пл) и гелей (Г) на сорняки и качественные показатели сеянцев скумпии кожевенной в 2022 г.

Table 6. Influence of film (Pl) and gels (G) on weeds and quality indicators of seedlings of scumpia leatherworm in 2022

Показатели	Ед. изм.	Варианты			
		Г + Пл	Пл	Г	Контроль
Количество сорняков на 1 м ² за вегетационный период	шт.	70	65	520	630
Длина однолетнего сеянца	см	47,9	43,0	46,3	30,1
Корневая шейка	мм	5,01	4,26	4,50	3,30
Главный корень	см	45	40	41	31
Биомасса одного сеянца,	г				
в т. ч. листьев	г	11,3	9,7	10,7	5,5
стволика	г	4,7	3,6	4,1	1,6
корней	г	7,0	4,8	5,5	2,2
Количество сеянцев на 1 п. м. строчки,	шт.	52	19	44	15
в т. ч. стандартных	шт.	44	18	37	12

В течение лета провели 8 поливов, две подкормки минеральными удобрениями (из расчёта 20 кг/га д. в. по азоту), три прополки и рыхления почвы на вариантах без плёнки. На опытных делянках в напряжённый период вегетации при атмосферной и почвенной засухе определяли: влажность 0...50 см слоя почвы — высушиванием образцов почвы до постоянного веса при температуре 105 °С; твёрдость 0...25 см слоя почвы — плотномером Ревякина; микробиологическую активность почвы — весовым методом Унгер. Пользуясь лабораторно-полевым методом, изучали характер изменения водного режима в период засухи: оводнённость тканей (высушиванием листьев до постоянной массы при температуре 105 °С), интенсивность транспирации, водоудерживающей способности (потерей воды образцами листьев за 3 часа завядания) и полуденного водного дефицита (отношение поглощённой после 24-часового насыщения листьями воды к общему содержанию воды в листьях при полном насыщении).

Проведённые исследования показали, что под влиянием гидрогелей и мульчирующей плёнки «Санбелт» улучшаются почвенные условия для выращивания сеянцев скумпии. В засушливый период августа влажность 0...50 см слоя почвы в межстрочном пространстве на вариантах с гидрогелями и плёнкой была значительно выше, чем на контроле (табл. 3). Особенно это относится к поверхностным слоям почвы.

Влажность почвы определяли 12 августа 2021 г. через 15 дней после полива (25 л/м²). Изменение водного режима почвы под влиянием полимеров сказало на её биологической активности. Разложение целлюлозы микроорганизмами шло более активно под плёнкой в присутствии гидрогелей в почве, чем на контроле.

Одновременно с влажностью определяли плотность (твёрдость) 0...25 см слоя почвы (табл. 4).

Почву под мульчирующей плёнкой не обрабатывали, на вариантах без плёнки обработка шла по обычной агротехнике выращивания сеянцев. Несмотря на это, плотность под плёнкой была значительно ниже по сравнению с контролем. Повышенный режим влажности, создаваемый плёнкой и гелями, значительно снижает сопротивляемость почвы проникновению корневой системы сеянцев. Почва под плёнкой в присутствии гелей оставалась рыхлой в течение вегетации, а на поверхности не было корки. На открытом участке из-за большой испаряемости влаги после полива почва сильно уплотнялась и это отрицательно влияло на физиологическое состояние сеянцев (табл. 5).

В период засухи сеянцы на контроле были угнетены, листья испытывали постоянный водный дефицит, низкую тургоресцентность, имели небольшое содержание воды в тканях растений. На фоне гидрогелей и плёнки сеянцы по сравнению с контрольными растениями не испытывали полуденного водного дефицита, имели высокую оводнённость и транспирацию.

Благоприятный гидротермический и воздушный режим почвы, создаваемый гелями и плёнкой, способствовал более дружному появлению всходов, увеличивал темпы роста и развития сеянцев. Применение плёнки «Санбелт» значительно снижало численность сорняков на посевах. Прополку сорняков проводили только в строчках. Поэтому сохранность всходов скумпии на вариантах с плёнкой была достаточно высокой. Сеянцы, выращенные под влиянием плёнки и гелей, по росту и выходу в 1,5...2,5 раза превосходили контрольные (табл. 6).

Улучшая гидротермический режим почвы, гидрогели и плёнка способствовали активизации деятельности личинок майского хруща на питомнике. В поисках пищи они быстрее передвигались в почве там, где внесены гидрогели и поэтому наносили вред сеянцам айвы

японской, подгрызая корни ниже корневой шейки. Поэтому, используя полимерные материалы при выращивании сеянцев, необходимо принимать профилактические и истребительные меры борьбы с вредителями и болезнями посадочного материала.

Таким образом, внесение в корнеобитаемый слой почвы гидрогелей и мульчирование межстрочного пространства водопроницаемой мульчирующей плёнкой улучшают водно-физические свойства почвы, сокращают расход поливной воды при выращивании сеянцев, повышают их устойчивость к дефициту влаги, ускоряют темпы роста и развития на всех стадиях органогенеза, повышают выход и качество посадочного материала. Применение плёночной мульчи на 70...85% сокращает затраты ручного труда по уходу за посевами по сравнению с базовой технологией.

Список источников

- Адамова Р.М., Казиев М.-Р.А. Биологические ресурсы древесно-кустарниковой растительности и его значение для защитного лесоразведения // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-4. С. 250-262. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_250.
- Гурьева Е.И., Кругляк В.В. To the issue of renovation of green spaces of sanatorium parks // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т. 8, № 1. С. 12-28. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.002.
- Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю., Агафонов О.М. Повышение продуктивности сои и озимой пшеницы путем улучшения влагообеспеченности посевов // Масличные культуры. 2019. № 4(180). С. 80-88. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-80-88.
- Li H., Zeng S., Luo X., Fang L. [et al.]. Effects of small ridge and furrow mulching degradable film on dry direct seeded rice // Scientific Reports. 2021. <http://doi.org/10.1038/s41598-020-79227-9>.
- Королева С.В., Лазыко, В. Э., Козлова, И. В. [и др.] Применение мульчирующей черной полимерной био-разрушаемой пленкой фирмы BASF на овощебахчевых культурах // Рисоводство. 2020. № 1(46). С. 71-77. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-46-1-64-70.
- Крючков С.Н., Беляев А.И., Пугачева А.М. [и др.]. Научно-методические указания по сортовому семеноводству деревьев и кустарников для лесомелиорации аридных территорий (научно-методические рекомендации). Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. 52 с.
- Кулик К.Н., Манаенков А.С., Кузенко А.Н., Салугин А.Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1(57). С. 23-33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02.
- Кулик К.Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-аграрный журнал. 2022. № 3(118). С. 8-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13.
- Кулик К.Н. Защитные лесные насаждения — основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18-21.
- Мелихов В.В., Кулик К.Н. Защитное лесоразведение как основной элемент комплексных мелиораций и фактор экологической и продовольственной безопасности РФ // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 6-7. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-1.
- He G., Wang, Z., Hui X., Tingmiao, H. [et al.]. Black film mulching can replace transparent film mulching in crop production // Field Crops Research. 2021. <http://doi.org/10.1093/nsl/nwaa146>.
- Mi Y.W., Gon C.W., Shao W.P., Dun Z.H. Effects of plastic film mulching on soil quality, growth of *Angelica sinensis*, and weed occurrence in cold and humid areas // The journal of applied ecology. № 32: 2021. 3152-3158. <http://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202109.026>.
- Носова А.О., Успенская М.В. Микропластик в почве: воздействие на экосистемы, потенциальные источники и аналитические методы исследования (обзор) //





Южно-Сибирский научный вестник. 2022. № 4(44). С. 19-37. DOI: 10.25699/SSSB.2022.44.4.001.

14. Подорожный В.Н. Беспалерно-кустовая технология хранения сортов ежевики — росяники плетевидной в коллекционных посадках Крымской ОСС филиала ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180, № 2. С. 12-17. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-12-17.

15. Романенко А.К., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Егоров С.А. Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе // Аграрный вестник Урала. 2022. № 6(221). С. 2-15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15.

16. Сучков Д.К. Видовое разнообразие деревьев и кустарников в защитном лесоразведении аридной зоны // Промышленность и сельское хозяйство. 2020. № 12(29). С. 34-39.

17. Yang B., Feng L., Li X.F., Yang G., [et al.]. Effects of plastic film mulching on the spatiotemporal distribution of soil water, temperature, and photosynthetic active radiation in a cotton field // Peer J. 2022. <http://doi.org/10.7717/peerj.13894>.

18. Yan C., He W., Liu E., Lin T., [et al.]. Concept and estimation of crop safety period of plastic film mulching. *Nongye Gongcheng Xuebao* // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, № 31. 2015. pp. 1-9. <http://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2015.09.001>.

19. Morra L., Bilotto M., Mignoli E., Sicignano M., [et al.]. New Mater-Bi, Biodegradable Mulching Film for Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.): Effects on Film Duration, Crop Yields, Qualitative, and Nutraceutical Traits of Fruits // *Plants*. № 11. 2022. pp. 1726. <http://doi.org/10.3390/plants11131726>.

20. Ding Ya., Zhang Z., Li L., Zeng F. Effects of film mulching and irrigation on biomass of leaves, roots and tubers and soil nutrient characteristics of *Cyperus esculentus* L. 2022. <http://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2312169/v1>.

21. Hu Z., Xiao M.L., Ding J.N., Ji J.H., [et al.]. Response characteristics of soil microbial community under long-term film mulching. *Huan jing ke xue = huanjing kexue*. 2022. <http://doi.org/10.13227/j.hj.kx.202201237>.

22. Xiao L., Wei X., Chunying W., Zhao R. Plastic film mulching significantly boosts crop production and water use efficiency but not evapotranspiration in China // *Agricultural Water Management*. 2023. pp. 275: 108023. <http://doi.org/10.1093/nsw/nwaa146>.

23. Чернявский Ю.В. Перспективы защитного лесоразведения на территории России в контексте агролесомелиоративной науки и практики // *Мелиорация*. 2021. № 2(96). С. 69-74.

24. Zhou X., Li C., Qiang X., Guo D. Effects of liquid film mulching on dry matter accumulation and water use efficiency of maize with sprinkler irrigation // *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2010. <http://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.008>.

25. Zihan L., Li Z., Huang F., Wang B., [et al.]. Plastic film mulching and biochar amendment enhance maize yield and nitrogen fertilizer use efficiency by reducing gaseous nitrogen losses // *Field Crops Research*. № 289. 2022. pp. 108714. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108714>.

References

1. Adamova R.M., Kaziev M.-R. A. (2022). *Biologicheskie resursy drevesno-kustarnikovoј rastitel'nosti i ego znachenie dlya zashchitnogo lesorazvedeniya* [Biological resources of tree and shrub vegetation and its importance for protective afforestation]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrar-*

nogo universiteta, no. 59-4, pp. 250-262. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_250.

2. Gur'eva E.I., Kruglyak V.V. (2018). *To the issue of renovation of green spaces of sanatorium parks*. *Nauka. Mysl': elektronnyj periodicheskij zhurnal*, vol. 8, no 1. pp. 12-28. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.002.

3. Zaitsev N.I., Revenko V.Yu., Agafonov O.M. (2019). *Povyshenie produktivnosti soi i ozimoy pshenicy putem uluchsheniya vlagooobespechennosti posevov* [Increasing the productivity of soybeans and winter wheat by improving the moisture supply of crops]. *Maslichnye kul'tury*, no 4 (180), pp. 80-88. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-80-88.

4. Li H., Zeng S., Luo X., Fang L. [et al.]. (2021). *Effects of small ridge and furrow mulching degradable film on dry direct seeded rice*. *Scientific Reports*, <http://doi.org/10.1038/s41598-020-79227-9>.

5. Koroleva S.V., Lazko, V. E., Kozlova, I. V. [et al.]. (2020). *Primenenie mul'chiruyushchej chernoj polimernoј biorazrushaemoј plenki firmy BASF na ovoshchebahchevyh kul'turah* [The use of a mulching black polymer biodegradable film from BASF on vegetable crops]. *Risovodstvo*, no 1(46), pp. 71-77. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-46-1-64-70.

6. Kryuchkov S.N., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. [et al.]. (2022). *Nauchno-metodicheskie ukazaniya po sortovomu semenovodstvu derev'ev i kustarnikov dlya lesomelioracii aridnyh territorij (nauchno-metodicheskie rekomendacii)*. [Scientific and methodological guidelines on varietal seed production of trees and shrubs for forest reclamation of arid territories (scientific and methodological recommendations)]. *Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences*, 52 p.

7. Kulik K.N., Manaenkov A.S., Kuzenko A.N., Salugin A.N. (2020). *K voprosu o sostoyanii zashchitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoj oblasti* [On the issue of the state of protective afforestation in the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, no 1(57), pp. 23-33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02.

8. Kulik K.N. (2022). *Sovremennoe sostoyanie zashchitnyh lesonasazhdenij v Rossijskoј Federacii i ih rol' v smyagchenii posledstvij zasuh i opustynivaniya zemel'* [The current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the effects of droughts and land desertification]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, no. 3(118), pp. 8-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13.

9. Kulik K.N. (2018). *Lesnye nasazhdeniya — osnova ekologicheskogo karkasa agroterritorij* [Protective forest plantations are the basis of the ecological framework of agroterritories]. *Vestnik rossijskoј sel'skohozyaystvennoј nauki*, no. 1, pp. 18-21.

10. Melikhov V.V., Kulik K.N. (2020). *Zashchitnoe lesorazvedenie kak osnovnoј element kompleksnyh melioracij i faktor ekologicheskoi i proizvodstvennoј bezopasnosti RF* [Protective afforestation as the main element of complex land reclamation and a factor of ecological and food security of the Russian Federation]. *Oroschaemoe zemledelie*, no. 1, pp. 6-7. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-1.

11. He G., Wang, Z., Hui X., Tingmiao, H. [et al.]. (2021). *Black film mulching can replace transparent film mulching in crop production*. *Field Crops Research*, <http://doi.org/10.1093/nsw/nwaa146>.

12. Mi Y.W., Gon C.W., Shao W.P., Dun Z.H. (2021). *Effects of plastic film mulching on soil quality, growth of *Angelica sinensis*, and weed occurrence in cold and humid areas*. *The Journal of applied ecology*. № 32: 3152-3158, <http://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202109.026>.

13. Nosova A.O., Uspenskaya M.V. (2022). *Mikroplastik v pochve: vozdeјstvie na ekosistemy, potencial'nye istochniki i*

analiticheskie metody issledovaniya (obzor) [(Microplastics in soil: impact on ecosystems, potential sources and analytical research methods (review)]. *Yuzhno-Sibirskij nauchnyj vestnik*, no. 4(44), pp. 19-37. DOI: 10.25699/SSSB.2022.44.4.001.

14. Podorozhny V.N. (2019). *Beshpalerno-kustovaya tekhnologiya hraneniya sortov ezheviki — rosyanki pletevidnoј v kollekcionnyh posadkach Krmyskoј OSS filiala VIR*. (Beshpalerno-bush technology of storage of blackberry varieties — rosyanka pletevidnaya in collection plantings of the Crimean OSS branch of VIR). *Trudy po prikladnoј botanike, genetike i selekcii*, vol. 180, no. 2, pp. 12-17. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-12-17.

15. Romanenko A.K., Solonkin A.V., Solomentseva A.S., Egorov S.A. (2022). *Ispol'zovanie guminovyh preparatov dlya vyrashchivaniya posadochnogo materiala drevesnyh rastenij v aridnom regione* [The use of humic preparations for the cultivation of planting material of woody plants in the arid region]. *Agrarnyј vestnik Urala*, no. 6(221), pp. 2-15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15.

16. Suchkov D.K. (2020). *Vidovoe raznoobrazie derev'ev i kustarnikov v zashchitnom lesorazvedenii aridnoј zony* [Species diversity of trees and shrubs in the protective afforestation of the arid zone]. *Promyshlennost' i sel'skoe hozyaystvo*, no. 12 (29), pp. 34-39.

17. Yang B., Feng L., Li X.F., Yang G., [et al.]. (2022). *Effects of plastic film mulching on the spatiotemporal distribution of soil water, temperature, and photosynthetic active radiation in a cotton field*. *Peer J*, <http://doi.org/10.7717/peerj.13894>.

18. Yan C., He W., Liu E., Lin T., [et al.]. (2015). *Concept and estimation of crop safety period of plastic film mulching*. *Nongye Gongcheng Xuebao*. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, no. 31, pp. 1-9, <http://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2015.09.001>.

19. Morra L., Bilotto M., Mignoli E., Sicignano M., [et al.]. (2022). *New Mater-Bi, Biodegradable Mulching Film for Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.): Effects on Film Duration, Crop Yields, Qualitative, and Nutraceutical Traits of Fruits*. *Plant*, no. 11, pp. 1726, <http://doi.org/10.3390/plants11131726>.

20. Ding Ya., Zhang Z., Li L., Zeng F. (2022). *Effects of film mulching and irrigation on biomass of leaves, roots and tubers and soil nutrient characteristics of *Cyperus esculentus* L*. <http://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2312169/v1>.

21. Hu Z., Xiao M.L., Ding J.N., Ji J.H., [et al.]. (2022). *Response characteristics of soil microbial community under long-term film mulching*. *Huan jing ke xue = huanjing kexue*. <http://doi.org/10.13227/j.hj.kx.202201237>.

22. Xiao L., Wei X., Chunying W., Zhao R. (2023). *Plastic film mulching significantly boosts crop production and water use efficiency but not evapotranspiration in China*. *Agricultural Water Management*, pp. 275: 108023, <http://doi.org/10.1093/nsw/nwaa146>.

23. Chernyavskiy Yu.V. (2021). *Perspektivy zashchitnogo lesorazvedeniya na territorii Rossii v kontekste agrollesomeliorativnoј nauki i praktiki* [Prospects of protective afforestation in Russia in the context of agroforestry science and practice]. *Melioraciya*, no. 2(96), pp. 69-74.

24. Zhou X., Li C., Qiang X., Guo D. (2010). *Effects of liquid film mulching on dry matter accumulation and water use efficiency of maize with sprinkler irrigation*. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. <http://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.008>.

25. Zihan L., Li Z., Huang F., Wang B., [et al.]. (2022). *Plastic film mulching and biochar amendment enhance maize yield and nitrogen fertilizer use efficiency by reducing gaseous nitrogen losses*. *Field Crops Research*, № 289, pp. 108714. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108714>.

Информация об авторах:

Крючков Сергей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8338-6460>, kryuchkov@vfanc.ru

Солонкин Андрей Валерьевич, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, mishamax73@mail.ru

Соломенцева Александра Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5857-1004>, alexis2425@mail.ru

Егоров Сергей Анатольевич, аспирант, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8234-7355>, egorov-sa@vfanc.ru

Information about the authors:

Sergei N. Kryuchkov, doctor of agricultural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8338-6460>, kryuchkov@vfanc.ru

Andrei V. Solonkin, doctor of agricultural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, mishamax73@mail.ru

Aleksandra S. Solomentseva, candidate of agricultural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5857-1004>, alexis2425@mail.ru

Sergei A. Egorov, postgraduate student, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8234-7355>, egorov-sa@vfanc.ru