



Научная статья

УДК 633.522:632.95:57.023

doi: 10.55186/25876740_2022_65_4_396

ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ РАСТЕНИЙ КОНОПЛИ ПОСЕВНОЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

И.И. Плужникова, Н.В. Криушин, И.В. Бакулова

Федеральный научный центр лубяных культур — Обособленное подразделение «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Лунино, Пензенская область, Россия

Аннотация. Представлен анализ данных полевого опыта, проведенного в течение 2020-2021 гг. на экспериментальном поле ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» в Пензенской области, по оценке действия протравителей семян и опрыскивания по вегетации инсектицидом конопля посевной сорта Надежда на фотосинтетическую деятельность и урожайность растений. Доказано влияние на повышение воздушно-сухой массы растений в фазе созревания семян при применении протравителей Селест Топ, КС и Табу, ВСК на 8,0 и 16,3 %, и при применении препаратов Бенорад, СП; Бункер, ВСК и Альбит, ТПС — на 20,5, 20,7 и 15,1 % по сравнению с контролем. Максимальные значения чистой продуктивности фотосинтеза установлены при использовании протравителей Селест Топ, КС в сочетании с Бункером, ВСК без опрыскивания по вегетации инсектицидом Самурай Супер, КЭ (6,24 г/м² в сут.) и с Бенорадом, СП на фоне опрыскивания (6,28 г/м² в сут.), а также в варианте с обработкой семян Табу, ВСК в сочетании с регулятором роста Альбит, ТПС как при опрыскивании инсектицидом, так и без него (6,30 г/м² в сут.). Применение изучаемых средств защиты улучшало фитосанитарную обстановку в посевах и способствовало сохранности листового аппарата, обеспечивая в дальнейшем получение прибавки урожая растений. Наибольшие прибавки урожайности стеблей формировались при использовании баковых смесей препаратов Селест Топ, КС + Бенорад, СП на фоне опрыскивания инсектицидом и Селест Топ, КС + Бункер, ВСК — 27,7 и 28,8 %, а урожайности семян — при применении протравителей Табу, ВСК + Альбит, ТПС; а также на фоне опрыскивания растений инсектицидом при обработке семян препаратами Селест Топ, КС + Бункер, ВСК; Табу, ВСК в сочетании с препаратами Бенорад, СП и Бункер, ВСК — от 12 до 24 % по сравнению с контролем.

Ключевые слова: конопля посевная, протравливание, опрыскивание, воздушно-сухая масса растений, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность растений

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Original article

INFLUENCE OF MEANS OF PROTECTION ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND YIELD OF HEMP PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

I.I. Pluzhnikova, N.V. Kriushin, I.V. Bakulova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division "Penza Research Institute of Agriculture", Lunino, Penza region, Russia

Abstract. An analysis of the data of the field experience conducted during 2020-2021 at the experimental field of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division "Penza Research Institute of Agriculture" in the Penza region to assess the effect of seed protectants and spraying on vegetation with insecticide hemp seed variety Nadezhda on photosynthetic activity and plant productivity. The influence of factor A on the increase in the air-dry weight of plants in the phase of seed ripening was proved when using disinfectants Celeste Top, CS and Tabu, VSK by 8.0 and 16.3 %, factor B — when using Benorad, WP preparations; Bunker, VSK and Albit, FP — by 20.5, 20.7 and 15.1 % compared to control. The maximum values of the net productivity of photosynthesis were established when using the disinfectants Celeste Top, CS in combination with the Bunker, VSK without spraying the vegetation with the insecticide Samurai Super, CS (6.24 g/m² per day) and with Benorad, WP against the background of spraying (6.28 g/m² per day), as well as in the variant with seed treatment Tabu, VSK in combination with the growth regulator Albit, FP both with and without insecticide spraying (6.30 g/m² per day). The use of the studied means of protection improved the phytosanitary situation in the crops and contributed to the preservation of the leaf apparatus, providing a further increase in the yield of plants. The largest increase in the yield of stems was formed when using tank mixtures of preparations Celeste Top, CS + Benorad, WP against the background of spraying with insecticide and Celeste Top, CS + Bunker, VSK 27.7 and 28.8 %, seed yield — when using Tabu, VSK + Albit, FP; as well as against the background of spraying plants with an insecticide when treating seeds with Celeste Top, CS + Bunker, VSK; Tabu, VSK in combination with Benorad, WP and Bunker, VSK from 12 to 24 % compared to the control without treatments.

Keywords: hemp seed, seed etching, spraying, air-dry mass of plants, net photosynthesis productivity, plant yield

Acknowledgments: the work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (topic No. FGSS-2022-0008). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Введение. Продуктивность фотосинтетической деятельности посевов определяется совокупностью метеорологических факторов, где ведущее место занимают солнечная радиация,

температурный режим и условия увлажнения в комплексе с условиями питания [1-3]. Оптимизация питания обеспечивает лучшее использование продуктов фотосинтеза и влияет

на процессы роста и развития растений. Высокие и стабильные урожаи могут быть получены только при создании посевов с оптимальными архитектурой и радиационным режимом,



способных поглощать поступающую фотосинтетически активную радиацию (ФАР) с высоким КПД [4-9].

Фотосинтетический аппарат конопли посевной, как и других культур, имеет свои особенности. В начальный период площадь листьев в посевах нарастает медленно. К фазе бутонизации темпы ее прироста возрастают, и максимум приходится на период цветения растений. Примерно три четверти органического вещества урожая создается растениями в очень короткий срок — от начала бутонизации до конца цветения [10].

Изучение влияния отдельных технологических приемов на рост и развитие сельскохозяйственных культур, как правило, сопровождается наблюдениями за особенностями фотосинтетической деятельности в посевах. Знания данного аспекта важны, поскольку изменение условий произрастания растений неизбежно, прямо или косвенно, оказывает воздействие на продукционный процесс, а значит и формирование урожая.

Одной из причин, лимитирующих фотосинтез растений в посевах, является наносимый урон вредными организмами. На конопле посевной ежегодные потери клетчатки конопли от вредителей составляют 13% и от болезней — до 11% [11].

Меры борьбы с вредителями и болезнями, оздоравливая растения, способствуют повышению продуктивности фотосинтеза [12]. Данные, представленные в литературных источниках,

свидетельствуют о влиянии в разной мере средств защиты на фотосинтетическую деятельность сельскохозяйственных культур [13-15].

В связи с этим представляется актуальным изучение фотосинтетической деятельности растений в посевах конопли в зависимости от применения протравителей и опрыскивания растений инсектицидом.

Материалы и методы. Целью исследований являлось изучение влияния средств защиты на ранних этапах развития конопли посевной от корневых гнилей и конопляной блошки на фотосинтетическую деятельность растений. Для этого были проведены учеты площади листовой поверхности листьев, воздушно-сухой массы растений в течение вегетационного периода и рассчитана чистая продуктивность фотосинтеза. Изучена взаимосвязь фотосинтетической деятельности растений с урожайностью конопли посевной.

Эксперимент проводили в 2020-2021 гг. на полях ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» в условиях Пензенской области (табл. 1).

Посевной материал обрабатывали препаратами вручную, путем встряхивания в круглодонной колбе объемом 2 л суспензии препаратов с семенами (300 г) в течение 5-10 минут; расход рабочей жидкости — из расчета 10 л/т.

Инсектицидное опрыскивание посевов осуществлялось в фазе 2-3 пар настоящих листьев ранцевым опрыскивателем «Kwazar» со щелевым распылением. Объем расхода рабочей жидкости — 200 л/га.

Исследования велись на сорте однодомной конопли среднерусского экотипа Надежда. Контроль и анализ данных осуществляли в соответствии с методологическими рекомендациями по регистрационным испытаниям фунгицидов и инсектицидов, методическими указаниями по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей, а математический анализ результатов опыта — по Б.А. Доспехову [16-19].

Площадь листьев определяли методом высечек, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали с учетом накопления сухого вещества по формуле, предложенной L. Briggs, F. Kidd и C. West [20].

Площадь учетной делянки 10 м², повторность 4-кратная. Расположение делянок последовательное ярусами. Предшественник чистый пар. Норма высева — 0,8 млн всхожих семян на 1 га. Посев проводили сеялкой СН-16 с междурядьем 45 см.

Химический анализ почвенных образцов проводили на глубину пахотного горизонта (0-30 см). Почва опытного участка — тяжелосуглинистый среднемощный выщелоченный чернозем с рН_{кон} — 5,0; содержание гумуса — 4,6%, легкогидролизуемого азота — 140,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора — 200,0 мг/кг почвы, обменного калия — 60,0 мг/кг почвы.

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия во время проведения эксперимента были неодинаковыми. В 2020 г. межфазный период от посева до всходов характеризовался как избыточно увлажненный (ГТК 1,9).

Таблица 1. Схема опыта (ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ», 2020-2021 гг.)

Table 1. Scheme of experience (Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division “Penza Research Institute of Agriculture”, 2020-2021)

Варианты опыта		
Фактор А — протравливание препаратами, в составе которых имеется инсектицид	Фактор В — обработка семян препаратами фунгицидного действия	Фактор С — обработка растений в фазе 2-3 пар листьев инсектицидом
Контроль (обработка семян водой)	Контроль (обработка семян водой)	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Бенорад, СП (500 г/кг беномина) в норме расхода 2 кг/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Бункер, ВСК (60 г/л тебуконазола) в норме расхода 0,4 л/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Альбит, ТПС (PPP) в норме расхода 0,05 л/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
Селест Топ, КС (92,3 тиаметоксама + 36,92 дифеноконазола + 3,08 мефеноксама, г/л) в норме расхода 3,0 л/т	Контроль (обработка семян водой)	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Бенорад, СП (500 г/кг беномина) в норме расхода 2 кг/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Бункер, ВСК (60 г/л тебуконазола) в норме расхода 0,4 л/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Альбит, ТПС (PPP) в норме расхода 0,05 л/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
Табу, ВСК (500 г/л имидаклоприда) в норме расхода 3,0 л/т	Контроль (обработка семян водой)	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Бенорад, СП (500 г/кг беномина) в норме расхода 2 кг/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Бункер, ВСК (60 г/л тебуконазола) в норме расхода 0,4 л/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)
	Альбит, ТПС (PPP) в норме расхода 0,05 л/т	Контроль (без опрыскивания) Самурай Супер, КЭ (1,5 л/га)



Наиболее интенсивный рост конопля протекает от начала бутонизации до массового цветения и в значительной степени определяется среднесуточными температурами воздуха и количеством выпавших осадков. В это время соотношение тепла и влаги было неблагоприятным (ГТК 0,05). Прохождение межфазных периодов цветение-созревание и всходы-созревание характеризовались как оптимально увлажненные (ГТК 1,06) и недостаточно увлажненные (ГТК 0,86).

В 2021 г. за время посев-массовые всходы установлен дефицит осадков (ГТК 0,48). В критический для роста растений период начала бутонизации-массового цветения соотношение тепла и влаги было благоприятным (ГТК 1,09). Межфазный период цветение-созревание семян характеризовался также как оптимально увлажненный (ГТК 1,11). Однако период от всходов до массового созревания семян являлся недостаточно увлажненным (ГТК 0,97).

В годы исследований погодные условия во время вегетации способствовали на ранних этапах развития конопля посевной распространности корневых гнилей (40,9% в контрольном варианте) и заселению растений конопляной блошкой (поврежденность растений 2 балла в контрольном варианте). Установлено, что использование при обработке семян регулятора роста Альбит, ТПС как отдельно, так

и в сочетании с протравителями Селест Топ, КС и Табу, ВСК через 14 дней после опрыскивания инсектицидом Самурай Супер, КЭ обеспечивало защитный эффект от конопляной блошки 60,0%. Фунгицидные компоненты в баковых смесях протравителей способствовали уменьшению распространенности корневых гнилей при обработках препаратами Табу, ВСК в сочетании с Бенорадом, СП; Бункером, ВСК и Альбитом, ТПС от 69,2 до 71,4%, при протравливании препаратами Селест Топ, КС в сочетании с Бенорадом, СП и Бункером, ВСК — на 67,5 и 68,0% по сравнению с контролем.

Основными показателями, характеризующими продукционный процесс в посевах, являются площадь листьев, фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза. Наблюдение за накоплением сухого вещества в растениях показало, что интенсивность данного процесса во многом зависела от погодных условий, фазы развития, а также применения средств защиты (табл. 2).

В фазе бутонизации повышению воздушно-сухой массы растений способствовало применение протравителей Селест Топ, КС + Бункер, ВСК и Табу, ВСК + Бенорад, СП (на 6,4 и 11,8% по сравнению с контролем). В фазе цветения на исследуемых вариантах отмечено увеличение изучаемого показателя на 36,5 и 26,7% соответственно.

В фазе цветения определено взаимодействие факторов АВС при применении протравителя Селест Топ, КС в сочетании с препаратом Бенорад, СП и протравителя Табу, ВСК в сочетании с регулятором роста Альбит, ТПС на фоне опрыскивания инсектицидом, обеспечивающее повышение воздушно-сухой массы растений на 16,6 и 29,2% по сравнению с контролем.

Наибольшее воздействие изучаемые приемы защиты оказали на воздушно-сухую массу растений в фазе созревания семян. Установлено достоверное влияние фактора А на повышение данного параметра при применении протравителей Селест Топ, КС и Табу, ВСК на 8,0 и 16,3%, фактора В — при применении препаратов Бенорад, СП; Бункер, ВСК и Альбит, ТПС — на 20,5, 20,7 и 15,1% по сравнению с контролем. На протяжении вегетационного периода стабильное повышение воздушно-сухой массы растений по сравнению с контролем обеспечивало совместное действие препаратов Селест Топ, КС + Бункер, ВСК и Табу, ВСК + Бенорад, СП. В фазе созревания семян масса растений в данных вариантах возросла на 57,8 и 54,8% по сравнению с контролем. Достоверного влияния фактора С на воздушно-сухую массу растений не отмечено, однако наблюдалось взаимодействие его с другими факторами. Совместное действие всех факторов АВС при применении

Таблица 2. Влияние средств защиты на фотосинтетическую деятельность конопля посевной сорта Надежда (2020-2021 гг.)
Table 2. The influence of protective agents on the photosynthetic activity of hemp seed variety Nadezhda (2020-2021)

Варианты опыта			Воздушно-сухая масса растений по фазам развития, г/м ²			Чистая продуктивность фотосинтеза по межфазным периодам, г/м ² в сут.	
Фактор А — протравливание инсектицидом	Фактор В — обработка семян препаратами фунгицидного действия	Фактор С — обработка растений в фазе 4-5 листьев инсектицидом	бутонизация	цветение	созревание семян	бутонизация-цветение	цветение-созревание семян
Контроль (обработка семян водой)	Контроль (обработка семян водой)	Контроль (без опрыскивания)	371,2	487,2	789,0	4,14	1,95
		Самурай Супер, КЭ	282,0	418,7	822,0	4,14	1,84
	Бенорад, СП	Контроль (без опрыскивания)	264,0	413,0	929,6	4,66	2,73
		Самурай Супер, КЭ	325,6	517,6	1064,0	5,19	2,29
	Бункер, ВСК	Контроль (без опрыскивания)	255,2	425,5	1022,9	5,49	2,86
		Самурай Супер, КЭ	222,6	399,4	1021,0	5,89	2,62
Альбит, ТПС	Контроль (без опрыскивания)	384,0	540,0	1026,0	4,59	1,89	
	Самурай Супер, КЭ	235,0	384,3	998,3	4,31	2,41	
Селест Топ, КС	Контроль (обработка семян водой)	Контроль (без опрыскивания)	307,2	483,6	1003,2	4,41	2,30
		Самурай Супер, КЭ	220,8	435,8	1104,0	4,67	2,24
	Бенорад, СП	Контроль (без опрыскивания)	348,1	533,8	1357,0	4,76	2,84
		Самурай Супер, КЭ	343,6	568,1	1071,0	6,24	1,73
	Бункер, ВСК	Контроль (без опрыскивания)	395,0	665,0	1245,0	6,28	2,37
		Самурай Супер, КЭ	259,9	491,4	1151,0	5,65	2,30
Альбит, ТПС	Контроль (без опрыскивания)	330,6	525,0	1170,0	5,55	2,54	
	Самурай Супер, КЭ	300,4	529,2	1186,0	5,08	2,44	
Табу, ВСК	Контроль (обработка семян водой)	Контроль (без опрыскивания)	355,0	531,5	1000,0	5,04	1,71
		Самурай Супер, КЭ	278,4	483,2	955,2	5,39	1,82
	Бенорад, СП	Контроль (без опрыскивания)	415,0	617,4	1221,0	4,82	2,25
		Самурай Супер, КЭ	237,6	490,7	1197,0	5,50	2,34
	Бункер, ВСК	Контроль (без опрыскивания)	264,8	533,4	1131,2	5,97	2,10
		Самурай Супер, КЭ	249,1	511,8	1274,0	5,84	2,87
Альбит, ТПС	Контроль (без опрыскивания)	285,0	529,6	1000,0	6,3	2,29	
	Самурай Супер, КЭ	349,9	629,2	1148,0	6,3	1,94	
НСР ₀₅			24,6	70,8	99,6	—	—



протравителей Табу, ВСК и Бункер, ВСК на фоне опрыскивания инсектицидом позволило увеличить исследуемый показатель на 61,5% по сравнению с контролем.

С помощью корреляционного анализа установлена положительная связь между воздушно-сухой массой растений в фазах цветения, созревания семян и урожайностью стеблей ($0,468 \pm 0,19$ и $0,569 \pm 0,18$), а также между воздушно-сухой массой растений в фазе созревания семян и урожайностью семян ($0,511 \pm 0,18$).

Результаты фотосинтетической деятельности в межфазный период бутонизация-цветение коррелировали с урожайностью стеблей, семян ($0,577 \pm 0,17$ и $0,577 \pm 0,17$). Максимальные значения чистой продуктивности фотосинтеза зафиксированы в исследуемый период и колебались от 4,14 до 6,3 г/м² в сутки. Более высокими по уровню чистой продуктивности фотосинтеза посевов конопли оказались варианты, показавшие значительную эффективность при защите от корневых гнилей при применении протравителя Селест Топ, КС в сочетании с препаратами Бункер, ВСК без опрыскивания по вегетации инсектицидом и в сочетании с Бенорадом, СП на фоне опрыскивания (6,24 и 6,28 г/м² в сутки), а также варианты, показавшие высокую эффективность в подавлении конопляной блошки при применении протравителя Табу, ВСК в сочетании с регулятором роста Альбит, ТПС, как при опрыскивании инсектицидом, так и без него (6,30 г/м² в сутки). Можно предположить, что лучшая сохранность растений и листовых пластинок на ранних этапах развития конопли посевной играла положительную роль в появлении и формировании последующих ярусов листьев.

Анализ урожайности растений конопли показал аналогичную закономерность. На увеличение урожайности стеблей доказано влияние фактора А при применении протравителей Селест Топ, КС и Табу, ВСК на 1,19 и 1,16 т/га, фактора С при опрыскивании инсектицидом Самурай Супер, КЭ — на 0,31 т/га по сравнению с контролем (рис. 1). Наибольшие прибавки урожайности стеблей формировались при использовании баковых смесей препаратов Селест Топ, КС + Бенорад, СП на фоне опрыскивания инсектицидом растений и Селест Топ, КС + Бункер, ВСК (+2,02 и +2,10 т/га к контролю).

Урожайность семян увеличивалась также под влиянием фактора А при применении протравителей Селест Топ, КС и Табу, ВСК — на 0,06 и 0,1 т/га и фактора В при применении препарата Бункер, ВСК — на 0,08 т/га по сравнению с контролем (рис. 2). Взаимодействие всех изучаемых факторов позволило при использовании протравителя Селест Топ, КС в сочетании с препаратом Бункер, ВСК; протравителя Табу, ВСК в сочетании с препаратами Бенорад, СП и Бункер, ВСК на фоне опрыскивания растений инсектицидом сформировать прибавку урожайности семян 0,13, 0,15 и 0,24 т/га по сравнению с контролем. Взаимодействие факторов А и В обеспечивало при обработке семян препаратами Табу, ВСК и Альбит, ТПС повышение урожайности семян на 0,12 т/га по сравнению с контролем.

Выводы. Применение изучаемых средств защиты против вредных организмов на ранних этапах развития конопли посевной оздоравливало растения и обеспечивало им стимуляцию физиологических процессов.

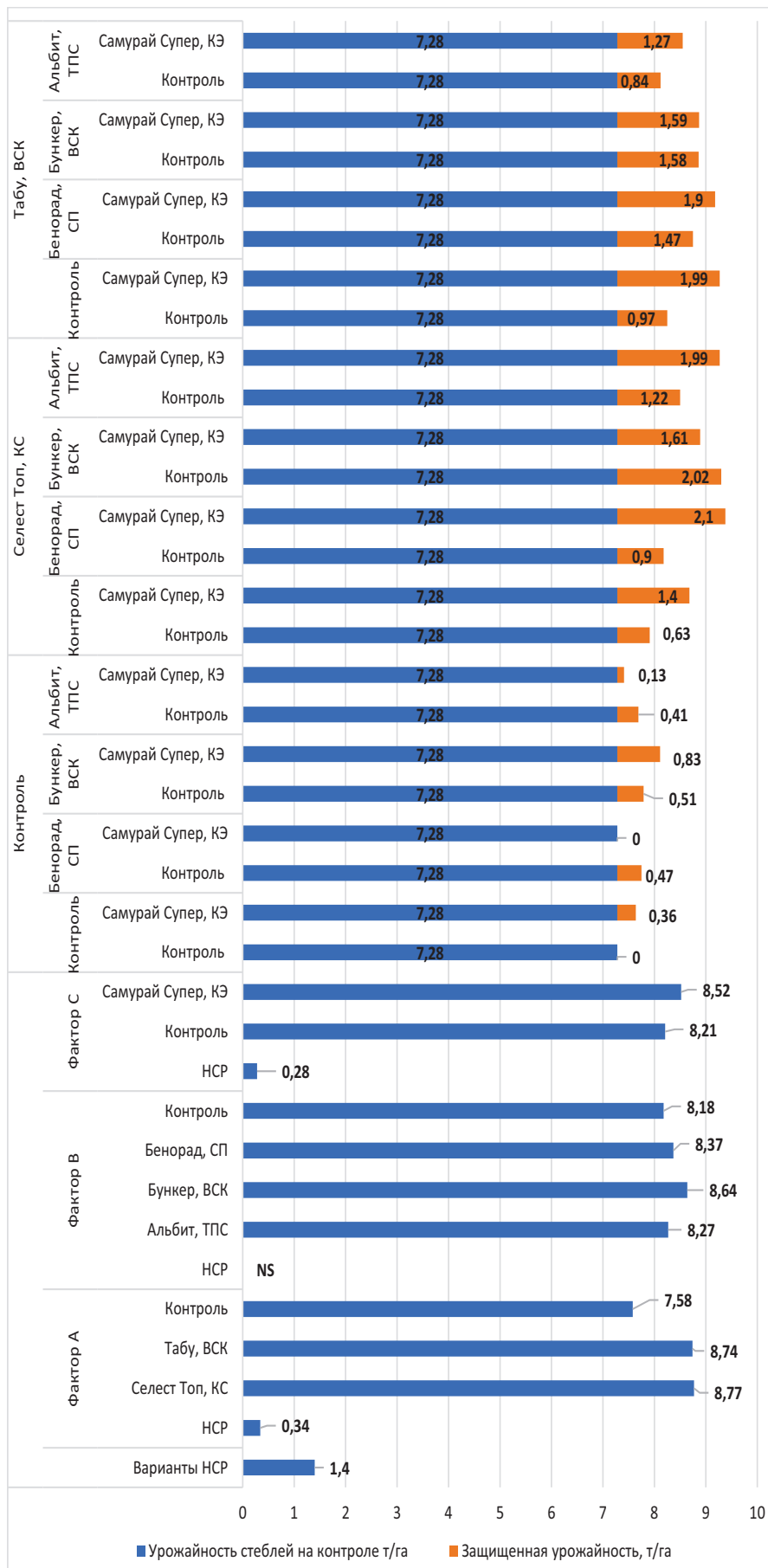


Рисунок 1. Урожайность стеблей конопли в зависимости от применения приемов протравливания и опрыскивания растений инсектицидом (2020-2021 гг.)
Figure 1. The yield of hemp stems depending on the application of methods of etching and spraying plants with insecticide (2020-2021)



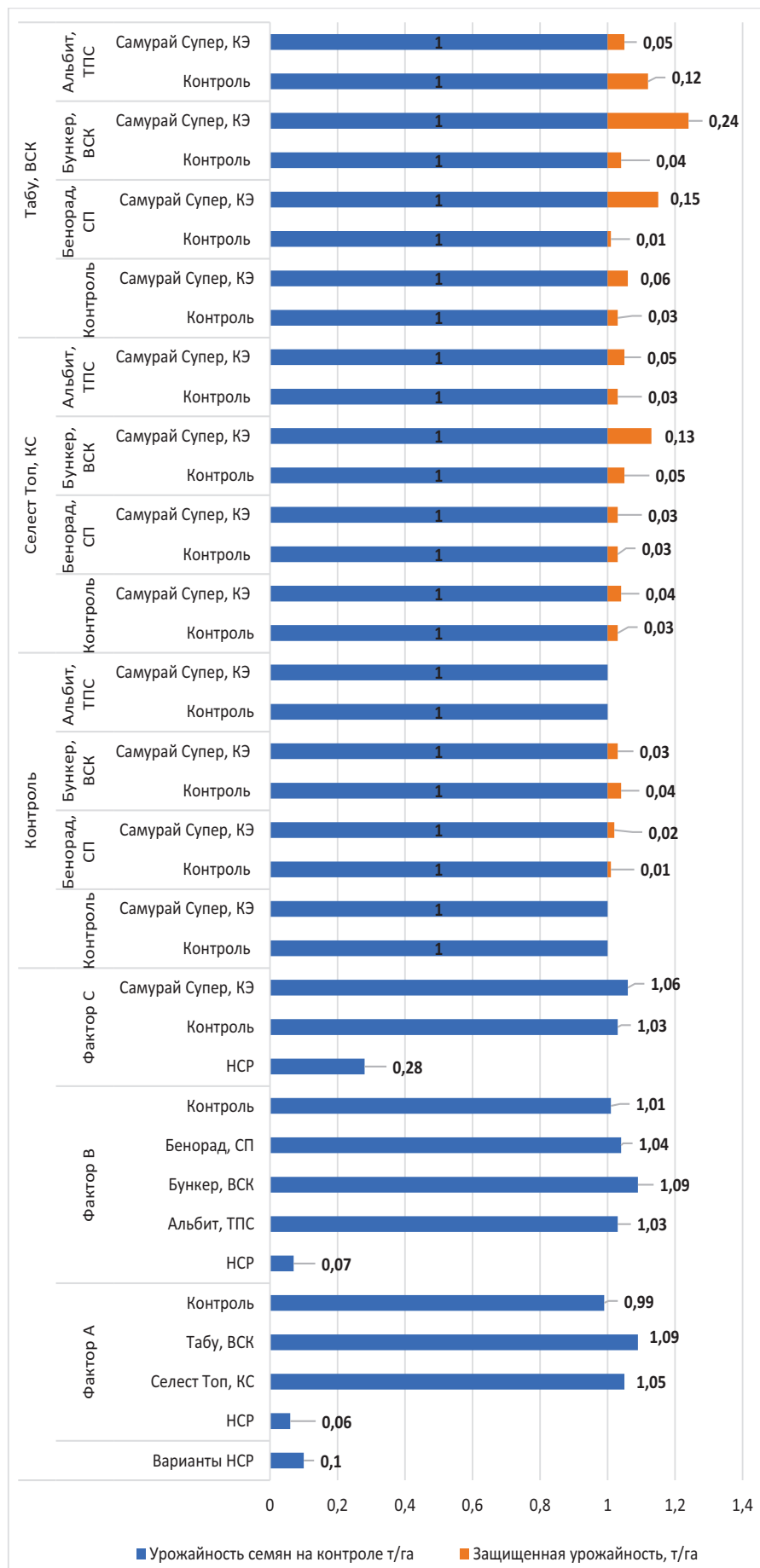


Рисунок 2. Урожайность семян конопли в зависимости от применения приемов протравливания и опрыскивания растений инсектицидом (2020-2021 гг.)
Figure 2. The yield of hemp seeds depending on the application of methods of etching and spraying plants with insecticide (2020-2021)

Сравнительная оценка влияния применения различных сочетаний протравителей и опрыскивания инсектицидом Самурай Супер, КЭ на интенсивность работы фотосинтетического аппарата растений показала, что лучшими вариантами оказались обработки семян препаратами Селест Топ, КС в сочетании с Бункером, ВСК без опрыскивания по вегетации инсектицидом и Бенорадом, СП на фоне опрыскивания, а также варианты с использованием протравителя Табу, ВСК в сочетании с регулятором роста Альбит, ТПС как при опрыскивании инсектицидом, так и без него.

Улучшение фитосанитарной обстановки в посевах способствовало сохранности листового аппарата растений и в дальнейшем обеспечивало получение прибавки урожая стеблей и семян. Наибольшие прибавки урожайности стеблей формировались при использовании баковых смесей препаратов Селест Топ, КС + Бенорад, СП на фоне опрыскивания инсектицидом растений и Селест Топ, КС + Бункер, ВСК без опрыскивания по вегетации — 27,7 и 28,8 %.

Формированию существенной прибавки урожайности семян способствовало применение протравителей Табу, ВСК + Альбит, ТПС, а также на фон опрыскивания растений препаратами Селест Топ, КС + Бункер, ВСК; Табу, ВСК в сочетании с препаратами Бенорад, СП и Бункер, ВСК — от 12 до 24 % по сравнению с контролем без обработок.

Список источников

- Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М.: Агропромиздат, 1990. 216 с.
- Никитин С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов // Успехи современного естествознания. 2017. № 1. С. 33-38.
- Кшникаткина А.Н., Прахова Т.Я., Крылов А.П. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность масличных культур в условиях Средневолжского региона // Нива Поволжья. 2018. № 2 (47). С. 65-69.
- Burgess, A.J., Retkute, R., Herman, T., Murchie, E.H. (2017). Exploring relationships between canopy architecture, light distribution, and photosynthesis in contrasting rice genotypes using 3D canopy reconstruction. *Front. Plant Sci.*, no. 8, pp. 734.
- Gspaltl, M., Bauerle, W.L., Binkley, D., Sterba, H. (2013). Leaf area and light use efficiency patterns of Norway spruce under different thinning regimes and age classes. *For. Ecol. Manag.*, no. 288, pp. 49-59.
- Bielczynski, L.W., Lacki, M.K., Hoefnagels, I., Gambin, A., Crocea, R. (2017). Leaf and plant age affect photosynthetic performance and photoprotective capacity. *Plant Physiol.*, no. 175, pp. 1634-1648.
- Wright, I.J., Michell, A.C., Leishman, R., Cassia, A., Read, A.B., Westoby, M. (2006). Gradients of light availability and leaf traits with leaf age and canopy position in 28 Australian shrubs and trees. *Funct. Plant Biol.*, no. 33, pp. 407-419.
- Han, Q., Kawasaki, T., Nakano, T., Chiba, Y. (2008). Leaf-age effects on seasonal variability in photosynthetic parameters and its relationships with leaf mass per area and leaf nitrogen concentration within a *Pinus densiflora* crown. *Tree Physiol.*, no. 28, pp. 551-558.
- Ничипорович А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1966. С. 5-7.



10. Гатаулина Г.Г., Бугаев П.Д., Долгодворов В.Е. Рас-тениеводство. М.: ИНФРА-М, 2019. С. 37-45.

11. Bakro, F., Wielgusz, K., Bunalski, M., Jedryczka, M. (2018). An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin*, no. 136, pp. 9-20.

12. Ничипорович А.А. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. М.: ВАСХНИЛ, 1969. С. 3-24.

13. Потапова Н.В., Смолин Н.В., Савельев А.С., Суркова А.И. Фотосинтетическая деятельность и урожайность озимой пшеницы в зависимости от применения регуляторов роста и фунгицида // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 9 (107). С. 10-14.

14. Еряшев А.П., Нефедов В.Н., Еряшев П.А., Фомина М.А. Влияние средств защиты растений и регулятора роста «альбит» на рост, развитие, фотосинтетическую деятельность, урожайность и качество зерна гороха // Огарев-Online. 2016. № 2 (67). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sredstv-zashchity-rasteniy-i-regulyatora-rosta-albit-na-rost-razvitiye-fotosinteticheskuyu-deyatelnost-urozhaynost-i-achestvo> (дата обращения: 08.04.2022).

15. Асеева Т.А., Тишкова А.Г., Золотарева Е.В., Паланица С.Р. Влияние средств защиты на фотосинтетическую деятельность, продуктивность и качество сои сорта Иван Караманов // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 9-17.

16. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВНИИЗР, 2009. 378 с.

17. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВНИИЗР, 2009. 318 с.

18. Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей / сост. Г.Р. Бедак и др. М.: ВАСХНИЛ, 1980. 34 с.

19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.

20. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 137 с.

References

1. Kulakovskaya, T.N. (1990). *Optimizatsiya agrokhimicheskoi sistemy pochvennoy pitaniya rastenii* [Optimization of agrochemical system of soil nutrition of plants]. Moscow, Agropromizdat Publ, 216 p.

2. Nikitin, S.N. (2017). *Fotosinteticheskaya deyatelnost' rastenii v posevakh i dinamika rostovykh protsessov pri primeneni biologicheskikh preparatov* [Photosynthetic activity of plants in crops and dynamics of growth processes in the use of biological preparations]. *Uspekhi sovremenno-go estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], no. 1, pp. 33-38.

3. Kshnikatkina, A.N., Prakhova, T.Ya., Krylov, A.P. (2018). *Fotosinteticheskaya deyatelnost' i produktivnost' maslichnykh kul'tur v usloviyakh Srednevolzhskogo regiona* [Photosynthetic activity and productivity of oilseeds in the conditions of the Middle Volga region]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], no. 2 (47), pp. 65-69.

4. Burgess, A.J., Retkute, R., Herman, T., Murchie, E.H. (2017). Exploring relationships between canopy architecture, light distribution, and photosynthesis in contrasting rice genotypes using 3D canopy reconstruction. *Front. Plant Sci.*, no. 8, pp. 734.

5. Gspaltl, M., Bauerle, W.L., Binkley, D., Sterba, H. (2013). Leaf area and light use efficiency patterns of Norway spruce under different thinning regimes and age classes. *For. Ecol. Manag.*, no. 288, pp. 49-59.

6. Bielczynski, L.W., Lacki, M.K., Hoefnagels, I., Gambin, A., Crocea, R. (2017). Leaf and plant age affect photosynthetic performance and photoprotective capacity. *Plant Physiol.*, no. 175, pp. 1634-1648.

7. Wright, I.J., Michell, A.C., Leishman, R., Cassia, A., Read, A.B., Westoby, M. (2006). Gradients of light availability and leaf traits with leaf age and canopy position in 28 Australian shrubs and trees. *Funct. Plant Biol.*, no. 33, pp. 407-419.

8. Han, Q., Kawasaki, T., Nakano, T., Chiba, Y. (2008). Leaf-age effects on seasonal variability in photosynthetic parameters and its relationships with leaf mass per area and leaf nitrogen concentration within a *Pinus densiflora* crown. *Tree Physiol.*, no. 28, pp. 551-558.

9. Nichiporovich, A.A. (1966). O putyakh povysheniya produktivnosti fotosinteza rastenii v posevakh [On ways to increase the productivity of photosynthesis of plants in crops]. *Fotosintez i voprosy produktivnosti rastenii* [Photosynthesis and plant productivity issues]. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., pp. 5-7.

10. Gataulina, G.G., Bugaev, P.D., Dolgodvorov, V.E. (2019). *Rastenievodstvo* [Crop production]. Moscow, INFRA-M Publ., pp. 37-45.

11. Bakro, F., Wielgusz, K., Bunalski, M., Jedryczka, M. (2018). An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin*, no. 136, pp. 9-20.

12. Nichiporovich, A.A. (1969). *Metodicheskie ukazaniya po uchetu i kontrolyu vazhneyshikh pokazatelei protsessov fotosinteticheskoi deyatelnosti rastenii v posevakh* [Methodological guidelines for accounting and control of the most

important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops]. Moscow, All-Union academy of agricultural sciences, pp. 3-24.

13. Potapova, N.V., Smolin, N.V., Savelyev, A.S., Surkova, A.I. *Fotosinteticheskaya deyatelnost' i urozhainost' ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot primeneniya regulyatorov rosta i fungitsida* [Photosynthetic activity and yield of winter wheat depending on the use of growth regulators and fungicide]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 9 (107), pp. 10-14.

14. Eryashev, A.P., Nefedov, V.N., Eryashev, P.A., Fomina, M.A. (2016). Vliyanie sredstv zashchity rasteniy i regulyatora rosta «al'bit» na rost, razvitiye, fotosinteticheskuyu deyatelnost', urozhainost' i kachestvo zerna gorokha [The effect of plant protection products and growth regulator "albit" on the growth, development, photosynthetic activity, yield and quality of pea grain]. *Ogarev-Online*, no. 2 (67). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sredstv-zashchity-rasteniy-i-regulyatora-rosta-albit-na-rost-razvitiye-fotosinteticheskuyu-deyatelnost-urozhaynost-i-kachestvo/> (accessed: 08.04.2022).

15. Aseeva, T.A., Tishkova, A.G., Zolotareva, E.V., Palanitsa, S.R. (2017). Vliyanie sredstv zashchity na fotosinteticheskuyu deyatelnost', produktivnost' i kachestvo soi sorta Ivan Karamanov [The effect of protective agents on photosynthetic activity, productivity and quality of soybeans of the Ivan Karamanov variety]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik* [Far East agrarian bulletin], no. 3 (47), pp. 9-17.

16. VNIIZR (2009). *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve* [Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture]. Saint-Petersburg, VNIIZR Publ., 378 p.

17. VNIIZR (2009). *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam insektitsidov, akaritsidov, mollyuskotsidov i rodentitsidov v sel'skom khozyaistve* [Guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, molluscocides and rodenticides in agriculture]. Saint-Petersburg, VNIIZR Publ., 318 p.

18. Bedak, G.R. i dr. (ed.) (1980). *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh i vegetatsionnykh opytov s konoplei* [Guidelines for conducting field and vegetation experiments with cannabis]. Moscow, VASHNIL Publ., 34 p.

19. Dospikhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Al'yans Publ., 351 p.

20. Nichiporovich, A.A., Stroganova, L.E., Chmora, S.N., Vlasova, M.P. (1961). *Fotosinteticheskaya deyatelnost' rastenii v posevakh* [Photosynthetic activity of plants in crops]. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 137 p.

Информация об авторах:

Плужникова Ирина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9161-4803>, i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru

Криушин Николай Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6597-2543>, n.kriushin.pnz@fncl.ru

Бакулова Ирина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агротехнологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8504-1001>, i.bakulova.pnz@fncl.ru

Information about the authors:

Irina I. Pluzhnikova, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9161-4803>, i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru

Nikolay V. Kriushin, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6597-2543>, n.kriushin.pnz@fncl.ru

Irina V. Bakulova, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of agricultural technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8504-1001>, i.bakulova.pnz@fncl.ru

